



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master
en Architecture

Option : Architecture et environnement

THEME

**L'impact de l'isolation thermique sur
l'efficacité énergétique dans l'habitat collectif
à Tébessa**

Présenté par : Mr. ZAIDI AHCENE

Sous la direction de : Mr. LAID HICHEM

Membres du jury :

1. Dr. Gherbi Mohamed :.....Président de jury
2. Mr. LAID HICHEM :.....Encadreur
3. Mme Hamimed Sabah :..... Examineur

Année universitaire 2018/2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents.

À ma sœur et mon frère.

À mafemme.

À tous ceux qui me sont chers.

Ahcene

Remerciement

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Tout d'abord, ce travail n'aurait pas été possible sans l'appui et le soutien de nombreuses personnes que je souhaite ici vivement remercier ;

Avant toute chose, je tiens à remercier Monsieur LAID Hichem, mon directeur de mémoire, pour ses conseils avisés, sa sympathie, et surtout, sa volonté de rencontrer durant toute la période du travail.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury Dr. Gherbi Mohamed et Mme. Hamimed Sabah d'avoir accepté de porter leurs apports en examinant le travail de recherche du présent mémoire, en espérant que leurs remarques, orientations et conseils me seront utiles pour la continuité de mon processus de formation.

Mes remerciements sont adressés également à toute l'équipe du département d'Architecture de la faculté des Sciences et de la Technologie de l'Université Larbi Tébessi à Tébessa (Administration, bibliothèque, enseignants...etc.), pour leur disponibilité et encouragements tout au long de notre formation.

Un grand merci à Monsieur BOULKAMEH Mourad qui m'a aidé à maîtriser le logiciel de simulation thermique TRNSYS.

Merci à Monsieur ZAIDI Ammar chef service à l'OPGI et Monsieur Jaloule, le directeur de l'AADL pour la fourniture de la documentation graphique liée au projet d'étude.

Enfin, merci à ma famille et mes amis qui m'ont toujours soutenu par leurs prières et encouragements, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Introduction générale

1. Introduction.....	01
2. Problématique.....	02
3. Hypothèses.....	03
4. Objectifs.....	04
5. Méthodologie de la recherche.....	04
6. Structure du mémoire.....	06

Chapitre I : L'habitat collectif en Algérie et l'efficacité énergétique

Introduction.....	07
I.1. L'habitat collectif en Algérie	07
I.1.1. L'habitat.....	07
I.1.2. Définition de l'habitat collectif.....	07
I.1.3. L'histoire de l'habitat collectif.....	08
I.1.4. Les types des logements collectifs existant en Algérie.....	08
I.1.4.1. Logement social.....	08
I.1.4.2. Logement participatif.....	08
I.1.4.3. Le logement promotionnel.....	08
I.1.4.4. La location-vente (AADL).....	09
I.1.4.5. Le logement évolutif.....	09
I.1.5. Les principaux systèmes constructifs en béton en Algérie.....	09
I.1.5.1. Murs porteurs longitudinaux et transversaux.....	09
I.1.5.2. Poteaux-poutres.....	09
I.1.5.3. Voile ou murs de contreventement.....	10
I.1.6. Matériaux de constructions utilisées.....	10
I.2. L'efficacité énergétique de l'habitat	11
I.2.1. La consommation énergétique en Algérie.....	11
I.2.2. La consommation énergétique en Algérie Par type d'énergie.....	11
I.2.2.1. Produits pétroliers.....	11
I.2.2.2. Gaz naturel.....	11
I.2.2.3. Electricité.....	12
I.2.3. La consommation énergétique en Algérie par secteur.....	12
I.2.3.1. Le secteur industriel.....	12
I.2.3.2. Le secteur de transport.....	12
I.2.3.3. Le secteur ménages et autres.....	12
I.2.3.4. L'énergie dans le résidentiel.....	13
I.3. L'efficacité énergétique du bâtiment	14
I.3.1. C'est quoi l'efficacité énergétique ?.....	14
I.3.2. Les solutions d'efficacité énergétique pour les bâtiments.....	14
I.3.2.1. Solutions passives et actives : une première vision.....	14
I.3.2.2. Solutions passives et actives : une deuxième vision.....	15
I.3.3. Amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment.....	15
I.3.4. Classification des bâtiments efficaces énergétiquement.....	16
I.3.4.1. Bâtiments performants « basse énergie ».....	17

I.3.4.2. Bâtiments très performants « très basse énergie ».....	17
I.3.4.3. Bâtiments zéro énergie ou à énergie positive.....	18
I.3.5. Les différentes démarches pour l'efficacité énergétique.....	18
I.3.5.1. La méthode BREEAM en Angleterre.....	18
I.3.5.2. La démarche HQE Haute Qualité Environnementale en France.....	19
I.3.5.3. Le standard suisse « Minergie ».....	20
I.3.5.3.1. Les différents standards énergétiques du Minergie.....	22
I.3.5.4. Le label allemand « habitat basse énergie ».....	22
I.3.5.5. BBC-Effinergie (française).....	23
I.3.5.5.1 Principes d'un bâtiment basse consommation	24
I.3.5.6. Autre labels.....	24
Conclusion.....	25

Chapitre II :L'isolation thermique du bâtiment

Introduction.....	26
II.1. L'enveloppe thermique	26
II.1.1. Modes de propagation de chaleur.....	26
II.1.1.1. La conduction thermique.....	27
II.1.1.2. La convection thermique.....	27
II.1.1.3. La Convection thermique.....	27
II.1.1.4. Le rayonnement thermique.....	27
II.1.1.5. L'évaporation-condensation.....	28
II.1.2. Les matériaux de construction et leurs choix.....	28
II.1.3. Propriété et performances thermiques des matériaux.....	28
II.1.3.1. La conductivité thermique (λ).....	29
II.1.3.2. La résistance thermique(R).....	29
II.1.3.3. La capacité thermique (ρc).....	29
II.1.3.4. La diffusivité thermique (a).....	30
II.1.3.4. L'effusivité thermique (b).....	30
II.1.4. L'inertie thermique.....	30
II.1.4.1. Les Types de l'inertie thermique.....	31
II.1.4.2. L'inertie d'absorption.....	31
II.1.4.3. L'inertie de transmission.....	31
II.1.5. L'impact de l'inertie.....	31
II.1.6. Propriétés thermiques des vitrages.....	31
II.1.6.1. Facteur solaire (g).....	32
II.1.6.2. La transmission lumineuse τ (tau).....	32
II.1.6.3. Coefficient de transmission thermique (U).....	32
II.1.7. Déperdition thermique du vitrage.....	33
II.1.8. Les défauts de l'enveloppe thermique.....	33
II.1.8.1. Les ponts thermiques.....	34
II.1.8.2. lesTypes des ponts thermiques.....	33
II.1.8.2.1. Ponts thermiques linéaires ou 2D.....	33
II.1.8.2.2. Ponts thermique ponctuels ou 3D.....	34
II.1.8.2.3. Ponts thermiques structurels.....	34
II.1.8.3. Les effets des ponts thermiques.....	35
II.1.8.4. Les traitements des ponts thermiques.....	35
II.1.9. Les défauts d'étanchéité à l'air.....	35
II.1.9.1. Les effets d'étanchéité à l'air.....	36
II.1.9.2. Le traitement de l'étanchéité à l'air.....	36

II.2. L'isolation thermique du bâtiment	36
II.2.1.Définition.....	36
II.2.2.La certification ACERMI.....	37
II.2.3.Espaces tampons non vitrés.....	37
II.2.4.Les principes de l'isolation thermique.....	37
II.2.4.1.L'isolation par l'intérieure.....	37
II.2.4.2.L'isolation par l'extérieur.....	38
II.2.4.3.L'isolation répartie.....	38
II.2.5.Les différents types d'isolants thermiques.....	38
II.2.5.1.L'isolants Naturelles.....	39
II.2.5.1.1.L'isolants d'origine végétale.....	39
II.2.5.1.2.L'isolants d'origine animale.....	40
II.2.5.2.L'isolants Minéraux.....	41
II.2.5.3.L'isolants Synthétiques.....	42
II.2.5.4.Les isolantes nouvelles générations.....	43
II.2.5.5.L'isolation réparties.....	44
II.2.5.6.L'isolants du vitrage et de menuiserie extérieure.....	46
II.2.6.L'isolation thermique en Algérie.....	48
II.2.6.1.Les types d'isolants disponibles en Algérie.....	48
II.2.6.2.La réglementation thermique algérienne.....	48
II.3.Les recherches antécédentes	49
Conclusion.....	52

Chapitre III : Méthodologie et présentation du cas d'étude

Introduction.....	53
III.1. Présentation du cas d'étude	53
III.1.1. Situation et caractéristique climatique.....	53
III.1.1.1.Classification du climat en Algérie.....	53
III.1.2. Présentation de la wilaya de Tébessa.....	53
III.1.2.1. Situation géographique et astronomique de la wilaya.....	53
III.1.2.2. Caractéristique du climat de la ville de Tébessa.....	54
III.1.2.3. Les données climatiques de la région de Tébessa.....	55
III.1.2.3.1. Rayonnement solaire et durée d'insolation.....	55
III.1.2.3.2. Température.....	56
III.1.2.3.3.Humidité.....	57
III.1.2.3.4. Précipitation.....	57
III.1.2.3.5. Vents.....	57
III.2. Présentation des échantillons d'étude	57
III.2.1.Présentation du premier bâtiment (ossature poteau –poutre).....	57
III.2.1.2. Présentation du quartier.....	57
III.2.1.3. Plan de masse.....	58
III.2.1.4. Quelques photos sur le quartier.....	59
III.2.1.5. Les plans des logements - bloc d'angle -.....	59
III.2.1.6. Plan de logement à étudiée.....	59

III.2.1.7. Description générale.....	60
III.2.1.8. Les caractéristiques constructive de la maison.....	60
III.2.2.Présentation du deuxième bâtiment (système constructif mixte).....	60
III.2.2.1.Présentation du quartier.....	60
III.2.2.1.Plan de masse.....	61
III.2.2.1.Quelques photos sur le quartier.....	62
III.2.2.1.Les plans des logements -bloc barre-.....	62
III.2.2.1.Plan de logement à étudiée.....	62
III.2.2.1.Description générale.....	62
III.2.2.1.Les caractéristiques constructive de la maison.....	63
III.3. Méthodologie de recherche.....	63
III.3.1.Technique et méthode d'investigation.....	63
III.3.2.Présentation de la technique.....	63
III.3.2.1.Qu'est-ce que une STD.....	63
III.3.2.2.Les avantages de la STD.....	64
III.3.2.3.Objectif de la STD.....	64
III.3.2.4.Quelques logiciels de la STD.....	64
III.3.2.5.Pourquoi nous avons choisi TRNSYS.....	65
III.4. Présentation du logicielde simulation (TRNSYS).....	65
III.4.1. Fonctionnement pratique du programme.....	66
Conclusion.....	67

Chapitre IV : Simulation et interprétation des résultats

Introduction.....	68
IV.1.Description du protocole de la simulation.....	68
IV.1.1. Le premier logement (ossature poteau –poutre).....	68
IV.1.1.1. Composition de l'élément constitutif de l'enveloppe du cas de base....	69
IV.1.2. Le deuxième logement (système constructif voile).....	69
IV.1.2.1.Composition de l'élément constitutif de l'enveloppe du cas de base....	69
IV.2.Le déroulement de la simulation.....	70
IV.2.1.La création du fichier climatique (TMY 2).....	70
IV.2.2.Insertion de nouveaux matériaux.....	71
IV.2.3.Simulation.....	71
VI. 3. Présentation des résultats de la simulation.....	72
IV.3.1.Simulation thermique du cas de base du premier logement.....	72
IV.3.1.1. L'impact de l'isolation.....	74
IV.3.1.1.1.Premier partie (type des vitrages).....	74
IV.3.1.1.2.Deuxième partie (Plancher Bas, Mur Extérieur, Toiture).....	75
IV.3.1.1.3.Troisième partie.....	77
IV.3.2.Simulation thermique du cas de base du deuxième logement.....	79
IV.3.2.1. L'impact de l'isolation.....	81

IV.3.2.1.1.Premier partie (type des vitrages).....	81
IV.3.2.1.2.Deuxième partie (Plancher Bas, Mur Extérieur, Toiture).....	82
IV.3.2.1.3.Troisième partie.....	84
Conclusion.....	87
Conclusion générale	
1. Conclusion.....	88
2. Recommandations.....	89
3. Axe de recherche.....	90
Liste des figures	91
Liste des tableaux	94
Abréviations	95
Bibliographie	96
Annexe1	101
Annexe2	107
Annexe3	111
Résumé	114

Introduction générale

1. Introduction :

Face à l'épuisement des ressources fossiles et à la menace du changement climatique, l'efficacité énergétique est aujourd'hui l'un des principaux enjeux de notre société. Nous le savons, le secteur du bâtiment, notamment le résidentiel-tertiaire, est l'un des plus gros consommateurs d'énergie¹. En Algérie, il consomme plus de 40% du total de l'énergie, contre 46% en Europe, et il génère à lui seul plus de 19% des émissions de gaz à effet de serre (GES), contre 25% ailleurs².

L'habitat collectif a toujours été le type dominant dans le secteur résidentiel, grâce à des avantages qu'il présente tel que la résorption de la crise du logement ; l'exploitation rationnelle des terrains et les coûts économiques des viabilisations....etc. mais la quasi-totalité de ce modèle de construction a été réalisé en négligeant les caractéristiques climatiques des régions d'implantations produisant ainsi un habitat non intégré climatiquement et dont le bilan thermique est incontestablement négatif. Les déperditions thermiques en période de froid et les apports calorifiques en période de chaleur font que cet habitat est loin d'être confortable, et pour assurer le bien-être, l'utilisateur aura recours aux appareils mécaniques de chauffage et de climatisation qui aboutissent des consommations énergétiques exagérées.

Ce problème de consommation successive d'énergie se présente à la wilaya de Tébessa (espace type Hauts Plateaux-Est) qui se détermine par un climat froid et long en hivers et des étés sont chauds et secs. Compte tenu des statistiques sur la valeur de la consommation d'énergie on a remarqué une grande différence dans le rapport de la consommation énergétique, Puisque le rapport de la consommation énergétique dans la période d'été (électricité) et d'hiver (gaz) à augmenter plus de le double par rapport à les autres saisons.

Cette hausse consommation a brutalement mis l'accent sur l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation, ce qui signifie que ces habitat ont de fortes déperditions thermiques à cause de : l'absence de l'isolation thermique , le choix inadapté des matériaux de construction utilisés , et par la ventilation (renouvellement d'air), ce qui provoque des Perturbations d'alimentation électrique durant la saison estivale ainsi que l'influence sur les factures énergétiques

1 « Rapport sur le marché du bâtiment en 2017 et 2018 face à l'efficacité énergétique », IDEAGENCY, Avril 2017 .P 08
2 KABOUCHE.A «architecture et efficacité énergétique des panneaux solaire : cas d'étude simulation sous TRNSYS16.1 d'un appartement d'une tour multifonctionnelle à Constantine» » mémoire de magister, université de Mentouri Constantine, 2012 P 01

Introduction générale

des citoyens et sur l'ensemble de l'économie du pays. Pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettent la réduction des dépenses énergétiques.

La Règlementation Thermique 2012 définit ses exigences autour de la consommation énergétique, l'efficacité énergétique et la température intérieure du bâtiment. La consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs est limitée à un maximum de 50 KWhep/m².an d'énergie en moyenne. Les bâtiments basse consommation (BBC) deviennent la norme de construction. Cette réglementation met notamment l'accent sur les énergies renouvelable, les équipements durables et la conception bioclimatique...etc.³ Par contre la réglementation thermique algérienne a pour objectif d'introduire la performance énergétique pour les constructions neuf ou lors de réhabilitation en minimisant les besoins calorifiques par 40% selon l'APRUE. (Maouj, Y. sans date).

2. Problématique :

Le besoin urgent d'économiser l'énergie en assurant le confort thermique peut être résolue par le choix de la démarche bioclimatique qui apparait comme l'une des réponses pour réduire la consommation énergétique et donc les émissions de CO₂ en profitant au maximum des apports bénéfiques de l'environnement .De façon générale, construire un habitat bioclimatique consiste à adapter le bâtiment au climat et aux caractéristiques du terrain sur lequel il est situé. Ceci consiste également à concevoir une enveloppe économe en énergie qui limite en hiver les déperditions de chaleur , en profitant au maximum des apports solaires, et protège en été des fortes températures ,dans ces conditions, les besoins en chauffage diminuent et la température reste agréable en été sans recourir à la climatisation, très consommatrice d'énergie.

La maîtrise des éléments passifs, tels que l'isolation thermique, l'implantation, l'orientation des façades, les ouvertures, la compacité de l'édifice, minimisera sans aucun doute les déperditions et gains thermiques dont souffrent l'habitat collectif à Tébessa.

Les recherches au niveau de la thermique du bâtiment se sont accentuées, en particulier savoir l'orientation du bâtiment et l'isolation thermique de l'enveloppe qui joue un rôle important dans la maîtrise de la consommation d'énergie. Pour cela, les recherches s'orientent principalement dans l'amélioration des performances thermiques des bâtiments à ces niveaux.

³ Fragos .M et Trouillez. Le guide de l'isolation .Fine media ,2012.P.28

Introduction générale

D'ailleurs les recherches s'accroissent pour viser une meilleure isolation et orientation de l'enveloppe et minimiser les pertes thermiques. L'isolation est le mot clé qui vise à limiter les déperditions des logements et à préserver le confort en réduisant les échanges avec l'ambiance extérieure : si celle-ci est froide, l'isolation garde la chaleur, si celle-ci est chaude, l'isolation préserve la fraîcheur. Mais il ne s'agit pas seulement de poser un maximum de plaques d'isolants : il faut penser son projet pour qu'il soit efficace énergétiquement. (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

« Il n'y a donc pas à rechercher une isolation maximale mais une isolation optimale qui tienne compte des besoins en énergies pour un climat déterminées des possibilités constructive et d'un optimum financier qui dépend du coût de construction et du coût de l'énergie ». (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

Dans le cadre de la réalisation des logements, la wilaya de Tébessa a lancé des projets couvrant les différentes nouvelles extensions, l'extension Dokkan : les logements sont réalisés en système constructif poteaux-poutres tandis que l'extension bouhraf edir : sont réalisés en système constructif voile, les OPGI et AADL sont désigné en tant que maitres d'ouvrage.

Le présent travail de recherche tente d'évaluer l'impact de l'isolation thermique sur la consommation énergétique dans deux bâtiments de système constructif différent (Ossature poteaux-poutres et voile en béton armé) afin de déterminer le système constructif (matériaux de construction) le plus répandu avec l'isolant pour une efficacité énergétique.

Dans cette optique, la question suivante nous interpelle:

- ❖ **Quel est le rôle de l'isolation thermique et son impact réel sur la Consommation de l'énergie dans l'habitat collectif à Tébessa?**

3. Hypothèse :

A cet effet, pour atteindre les objectifs de ce travail, je propose l'hypothèse principale :

- **L'absence de l'isolation thermique est la cause des pertes chaleurs et la surconsommation d'énergie dans l'habitat collectif à Tébessa**

Introduction générale

L'hypothèse secondaire aussi considérée, c'est que :

- **L'isolation thermique minimise les échanges thermique entre le bâtiment et l'extérieure, en hiver comme en été, et c'est aussi une source d'économie d'énergie.**

4. Objectifs :

L'objectif consiste à l'étude des performances énergétiques en termes d'économie d'énergie de deux bâtiments collectifs de système constructif différents (Ossature poteaux-poutres et voile en béton armé) situé à la ville de Tébessa (région semi-aride) vis-à-vis les conditions climatiques extérieures, Cela concerne l'impact de l'isolation thermique sur l'efficacité énergétique dans l'habitat collectif

Pour cela trois objectifs sont fixés comme cibles :

- le choix de l'isolant thermique utiles pour l'enveloppe du bâtiment
- de déterminer une épaisseur optimale de ce type d'isolant qui assure une bonne efficacité énergétique
- l'emplacement idéal d'isolant dans l'enveloppe du bâtiment.

Sous forme de recommandations quantifiées, les objectifs visés qui influent sur l'efficacité énergétique seront établis dans le cadre de l'enrichissement d'une réglementation thermique en secteur du bâtiment en Algérie.

5. Méthodologie de la recherche :

Afin de répondre aux objectifs assignés au préalable, l'étude a concerné deux parties distinctes :

- ❖ Une première partie théorique consiste à l'analyse des différentes situations s'est faite à l'aide des méthodes suivantes :

1-la collecte des données

- Pour mieux comprendre le corpus théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche, à travers un état de l'art sur les recherches au niveau de la thermique du bâtiment en particulier savoir l'orientation du bâtiment et l'isolation thermique de l'enveloppe qui joue un rôle important dans la maîtrise de la consommation d'énergie.
- Les définitions, les divers modes de transfert de chaleur, les différents matériaux de construction, les techniques d'isolation thermique et les défauts de l'enveloppe thermique, voire nécessaire de consulter : des documents bibliographiques (ouvrages, thèses, Revues, internet, article divers etc.) se rapportant au sujet.

2- Des observations successives de tout bâtiment utilisant l'isolation thermique

Introduction générale

- ❖ Une deuxième partie concerne l'application de la simulation thermique dynamique à l'aide d'un logiciel informatique TRNSYS.V16 (Transient System Simulation)
 - Une simulation « du cas de base », de notre projet initial on déduit la consommation du cas de base.
 - Des simulations pour des cas optimisés, qui a pour but de chercher les cas les plus optimaux par la variation des mesures d'efficacité énergétique (en augmentant l'épaisseur de l'isolant et en changeant la disposition. La qualité du vitrage en passant d'un simple à un double vitrage) et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.

6. Structure du mémoire

L'étude est structurée en deux grandes parties, la première partie est un développement théorique alors que la deuxième est un pratique sous forme d'analyse du cas d'étude et simulation, les deux parties balisées d'une introduction générale et d'une conclusion générale.

La partie théorique comporte deux chapitres, le premier chapitre, intitulé : **l'habitat collectif en Algérie et l'efficacité énergétique**, il présente des définitions des concepts concernant l'habitat collectif en Algérie, ainsi que l'efficacité énergétique de l'habitat « les principaux labels» .il présente ainsi les solutions technique (passive, active), la conception architectural et performance énergétique et le bâtiment performant.

Le deuxième concerne **l'isolation thermique du bâtiment**, il présente notre référence particulière qui est l'isolation thermique, les notions de base liées au thermique du bâtiment, la définition de l'enveloppe thermique, l'isolation thermique, les propriétés des matériaux isolants, leurs performance, leur différentes types, la réglementation thermique en Algérie, et enfin les recherches antérieures

En ce qui concerne la deuxième partie pratique. Elle est composée de deux chapitres :

- Le troisième chapitre comprend **la méthodologie de la recherche adoptée et une présentation du cas d'étude**, ce chapitre présente les spécificités de la ville de Tébessa, surtout ces caractéristiques climatiques nécessaires pour ce genre de travaux, comme il s'agit aussi de la présentation de l'logiciel pour la simulation thermique dynamique **TRNSYS**.

-Le quatrième chapitre, consiste essentiellement sur la simulation thermique et l'interprétation des résultats obtenues à travers le logiciel.

Une conclusion qui vient couronne la présente recherche avec des recommandations pour les futures recherches et pour arriver à concevoir des bâtiments plus performants du point de vue thermique et énergétique.

Introduction générale

La structure du mémoire est présentée sur le schéma suivant :

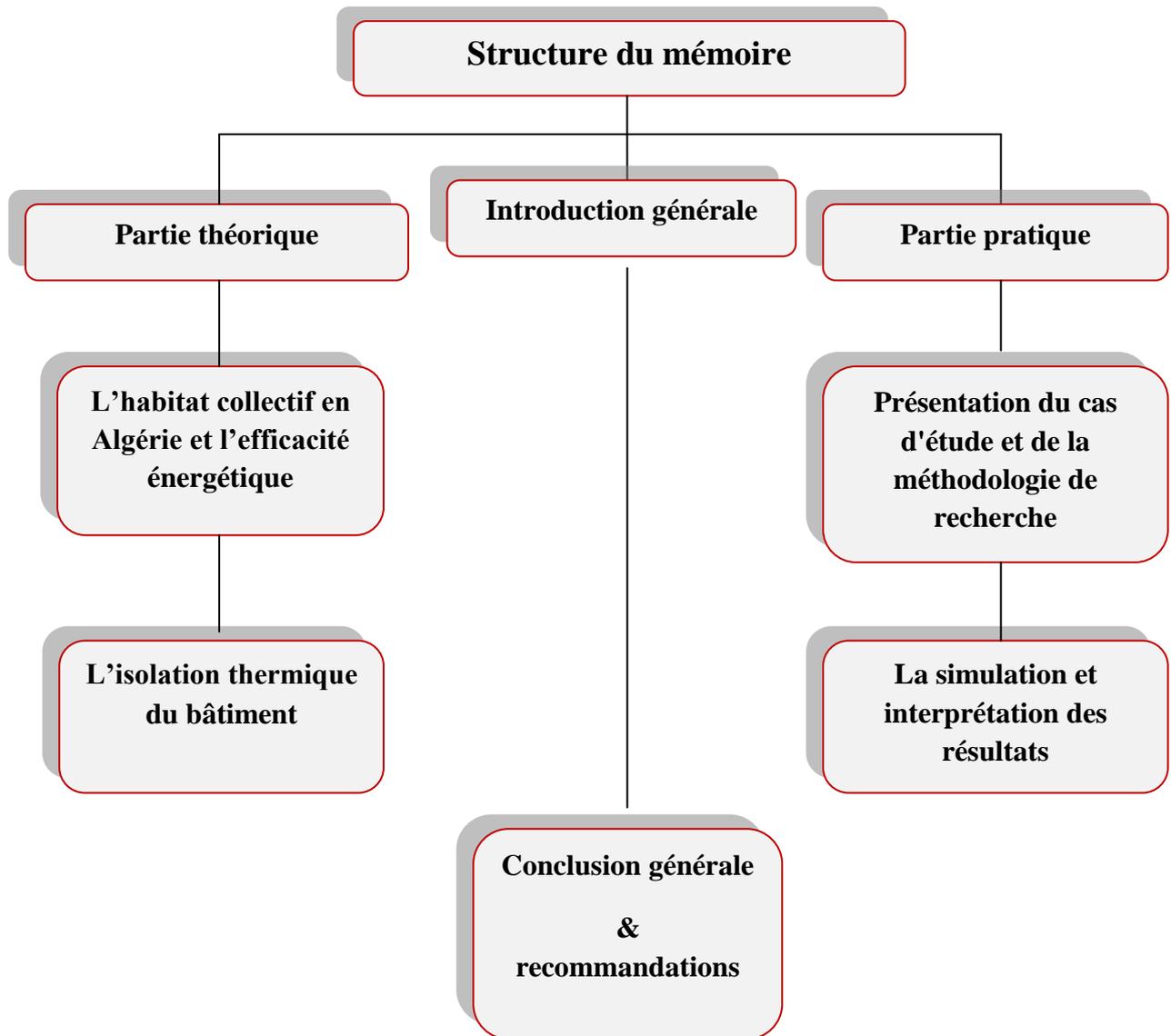


Figure 00-1.: Structure du mémoire Source : auteur

CHAPITRE I

L'habitat collectif en Algérie et l'efficacité énergétique

Introduction :

L'amélioration du comportement énergétique d'une maison consiste principalement à minimiser les consommations de l'énergie ,et les émission de gaz à effet de serre qui polluent notre environnement .tout ça à travers l'application des solutions , et des principes bien connues et bien déterminés .ces solution et ces principes font parties du présente chapitre qui constitue un cumul d'information sur l'état de l'art en matière de recherches récentes dans le domaine des nouvelles constructions.les différents labels internationaux et leur exigences pour des nouvelles construction ,ou même pour la réhabilitation énergétique des anciennes constructions

I.1. L'habitat collectif en Algérie**I.1.1. L'habitat :**

Le dictionnaire Robert (2001) définit l'habitat comme un milieu géographique propre à la vie d'une espèce animale ou végétale.

D'après J-Havel : C'est l'espace résidentiel et le lieu d'activité privée de repos ; de travail ; de récréation et de vie familiale avec leur prolongement d'activités publiques ou communautaires d'échange sociaux et d'utilisation d'équipement et de consommation de bien et de services.

I.1.2. Définition de l'habitat collectif:

C'est un Forme d'habitat comportant plusieurs logements (appartements) locatifs ou en propriété dans un même immeuble, par opposition à l'habitat Individuel qui n'en comporte qu'un (pavillon).

La taille des immeubles d'habitat collectif est très variable : il peut s'agir de tours, de barres, mais aussi le plus souvent d'immeubles de petite taille. Quantitativement, l'habitat collectif se rencontre presque uniquement en milieu urbain. C'est un mode d'habitat qui consomme moins d'espace¹ .

I.1.3. L'histoire de l'habitat collectif:

Lapremièrehabitation collective à appartements multiples fut construite en 1835. L'habitation couvrait 90% du terrain, il devait être habité par des familles ouvrières de condition très modeste².

¹BENAICHA, A. « L'inadéquation du cadre bâti aux pratique sociales : cas de l'habitat collectif à Batna» mémoire du Magister, Université de Batna 2010.P36

²Hendel .M : Habitat et Qualité Environnementale : cours Master Académique : 2015 - 2016

Tandis que la petite maison disparaît du paysage urbain, l'immeuble collectif commence à se faire de plus en plus massif, donc l'habitat change dans cette période puisqu'il est influencé par des nouvelles logiques comme :

- la densité
- la rareté d'assiette de terrain
- les nouvelles techniques de la construction, et le manque de logements après la 2ème guerre mondiale

I.1.4. Les types des logements collectifs existant en Algérie:

I.1.4.1. Logement social:

Le logement social est réservé à la catégorie des personnes dont les ressources ne permettent pas de payer un loyer libre et encore moins d'acquiescer un logement en propriété.

La maîtrise d'ouvrage des opérations d'habitat social est souvent confiée à L'O.P.G.I qui choisit librement le bureau d'étude le plus compétent pour faire la conception architecturale et l'entreprise la plus performante pour exécuter les travaux de réalisation³.

I.1.4.2. Logement participatif:

Ce type de logement est pour les catégories qui ont des revenus intermédiaires, sans l'aide de l'état ne pourraient pas accéder à la propriété du logement.

C'est un logement réalisé ou acquis grâce à une aide de l'Etat dite aide à l'accession à la propriété en application de l'arrêté interministériel du 09 avril 2002, modifiant et complétant celui du 15 Novembre 2000 définissant les règles d'intervention de la CNL en matière de soutien financier des ménages⁴.

I.1.4.3. Le logement promotionnel:

Au regard de l'énormité de la charge financière et devant l'impossibilité des pouvoirs publics d'assumer le financement du logement, l'état a voulu insuffler une nouvelle dynamique au secteur par le lancement d'une nouvelle formule qui est la location-vente dont une partie du financement sera supportée par les acquiesceurs⁵.

I.1.4.4. La location-vente (AADL):

Ce type de logement constitue un nouveau segment d'offre de logement. La location-vente est un mode d'accès à un logement, avec option de préalable pour son acquisition en toute propriété, au terme d'une période de location fixé dans le cadre d'un contrat écrit.

³HAFNAOUI R, A. L, « L'habitat et le développement durable Cas d'étude quartier de 1er Novembre à Tébessa ». Mémoire de master, université de Tébessa, 2015 P31.

⁴ Idem

⁵ Idem

Ce type de logement est destiné aux couches moyennes de la population. Il s'agit donc de citoyen (cadre moyen notamment). Qui ne peuvent postuler ni au logement social (réservé aux démunis), ni au logement promotionnel (trop chère)⁶.

I.1.4.5. Le logement évolutif:

L'évolutivité est assurée par la flexibilité (possibilité d'aménager ou de réaménager l'espace à surface donnée) et l'élasticité (faculté d'accroître ou diminuer une surface". L'évolutivité permet de faire face à une certaine obsolescence des besoins et des goûts

En effet, si l'habitat évolutif est toujours très présent dans les préoccupations et les projets des étudiants d'architecture, il est beaucoup moins dans ceux des architectes installés, et les réalisations effectives sont en nette régression. Dans les années 80, la problématique du logement évolutif s'est progressivement dissoute dans celle de la participation des habitants à la réalisation du cadre bâti, considéré comme un moyen efficace de retrouver la complexité perdue de la ville traditionnelle⁷.

I.1.5. Les principaux systèmes constructifs en béton armé en Algérie: « OPGI TEBESSA »

I.1.5.1. Murs porteurs longitudinaux et transversaux:

Ce système constructif, coulé en place ou constitué d'éléments préfabriqués assemblés, incorpore la plus grande masse constructive d'un gros œuvre. Le poids propre des planchers et les charges d'exploitation se concentrent sur les murs intermédiaires. Coulés en place, les voiles de béton assurent un très bon niveau d'étanchéité à l'air, et facilitent l'obtention de performances conformes à la 2012.

I.1.5.2. Poteaux-poutres:

Ce système constructif s'est surtout développé pour l'édification des immeubles de bureaux, mais l'ossature poteaux-poutres, qui génère des espaces variables et appropriés aux changements d'usages futurs, est également adaptée aux logements. Les modifications concernent alors seulement les partitions, l'enveloppe et l'équipement technique.

I.1.5.3. Voile ou murs de contreventement:

Les voiles ou murs de contreventement peuvent être généralement définis comme des éléments verticaux à deux dimensions dont la raideur hors plan est négligeable. Dans leur plan, ils présentent généralement une grande résistance et une grande rigidité vis-à-vis des forces horizontales. Par contre, dans la direction perpendiculaire à leur plan, ils offrent très peu de résistance vis-à-vis des forces horizontales

I.1.6. Matériaux de constructions utilisées:

⁶HERAOU .A « évolution des politique de l'habitat en Algérie le L.S.P comme solution à la crise chronique du logement cas d'étude la ville de chelghoum laid »Mémoire de magisteruniversité de Sétif, 2012 P39

⁷ BELAARBI .L "Habitat évolutif, entre règlement et réalité " université de Constantine 2008, p 05

I.1.6.1. Le mortier : Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de⁸:

- solidariser les éléments entre eux
- assurer la stabilité de l'ouvrage
- combler les interstices entre les blocs de construction.

I.1.6.2. Le béton: Le béton est un matériau composite aggloméré constitué de granulats durs de diverses dimensions collés entre eux par un liant. Dans les bétons courants, les granulats sont des grains de pierre, sable, gravier, cailloux et le liant est un ciment⁹.

I.1.6.3. La Briques : Les briques sont les produits céramiques, dont les matières premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle. Elles sont couramment utilisées dans la construction des bâtiments et des travaux publics. Par rapport aux autres matériaux, c'est un des plus anciens matériaux de construction. Les briques peuvent se diviser en 3 groupes principaux¹⁰ :

- Brique poreuses
- Brique ordinaire
- Briques d'argiles creuses à perforation.

I.2. L'efficacité énergétique de l'habitat

I.2.1. La consommation énergétique en Algérie:

Le bâtiment est le secteur le plus énergivore. Selon l'APRUE (l'Agence de la promotion et de rationalisation de l'utilisation de l'énergie), devant les transports et l'industrie. De nombreuses mesures ont été mises en place pour diminuer la consommation d'énergie des installations du bâtiment tout en conservant un bon niveau de confort.

La hausse consommation énergétique a généré des émissions des gaz à effet de serre (GES) qu'ont atteint 40 milliers de Teq CO₂ en 2005. Le secteur d'industrie énergétique est le plus gros émetteur des gaz à effet de serre (GES) avec 47% des émissions globales, suivi du secteur du transport de 24% et en suite le secteur du bâtiment avec 16%.

⁸ Zèle-Marie D, Richard B, « Le ciment - les mortiers et les bétons », Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement, Mai 1998.

⁹ Mazari, M. « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) », Université Tizi-Ouzou. 2012.

¹⁰ Mekhermeche A, « Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des ksours sahariennes », Thèse de Magister, Université KasdiMerbah de ourgla, 2012.

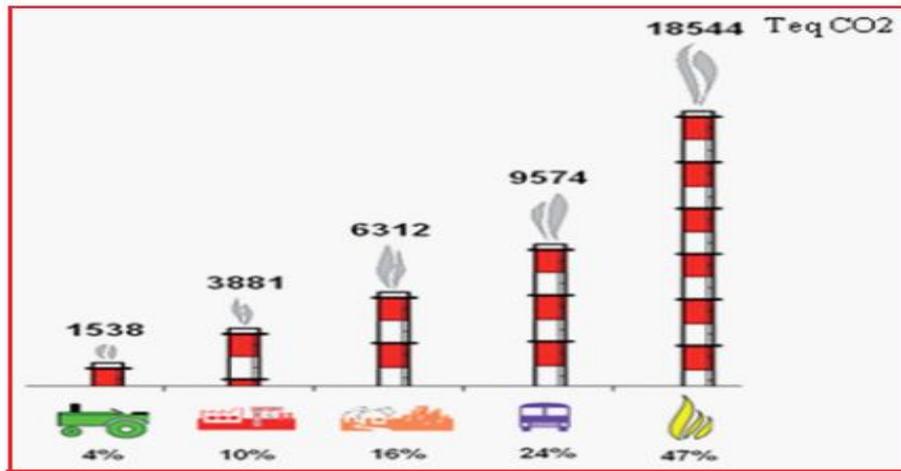


Figure I.1: Consommation Énergétique Finale de l'Algérie Chiffres clés Année 2005
Source :APRUE Edition 2007

I.2.2. La consommation énergétique en Algérie Par type d'énergie:

La consommation finale par type d'énergie est répartie comme suit (APRUE, 2007) (Figure I.2) :

I.2.2.1. Produits pétroliers:

La consommation finale de ce produit a augmenté de 7.9 million de TEP en 2005 à 12.3 millions de TEP en 2010. Ce produit est utilisé dans des usages multiples et différents et presque dans tous les secteurs d'activités (la production de chaleur pour l'industrie, le chauffage pour les ménages, le tertiaire et le transport...).

I.2.2.2. Gaz naturel:

La consommation finale du gaz naturel a connu un taux de croissance annuel moyen (TCAM) de 6.14% entre 2000 et 2005, ce TCAM est élevé jusqu'à 12.42% entre 2005 et 2010 ce qui est exprimé par l'augmentation de 4.9 million de TEP en 2005 à 8 million de TEP en 2010.

I.2.2.3. Electricité:

La consommation finale d'électricité a augmenté de 2.1 million de TEP en 2005 à 8.6 millions de TEP en 2010. La consommation de l'électricité en Algérie a été en forte progression, notamment dans le secteur résidentiel, à cause de la croissance démographique élevée, l'amélioration du niveau de vie, et le phénomène de l'urbanisation qui est de plus en plus important¹¹. (Figure I.2)

¹¹ <http://www.djazairss.com>

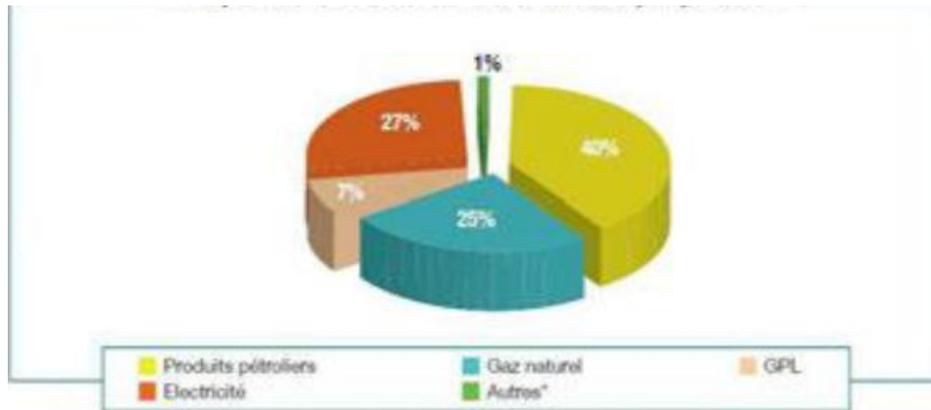


Figure I.2 : Répartition de la consommation finale par produit en 2010

Source : Ministère d'énergie des mines, 2011

I.2.3. La consommation énergétique en Algérie par secteur:

La consommation énergétique par secteur d'activité est donnée comme suite (APRUE, 2007) (Figure I.3)

I.2.3.1. Le secteur industriel:

La consommation énergétique de ce secteur a un taux de croissance annuel moyen de 5.86% entre 2000 et 2005 pour atteindre 3.2 million de TEP qui est augmenté à 8.0 million de TEP en 2010.

I.2.3.2. Le secteur de transport:

Le taux de croissance annuel moyen de la consommation finale de ce secteur entre 2000 et 2005 est de 4.49% pour atteindre 5.5 million TEP. En 2010 la consommation est élevée jusqu'à 11.2 million TEP.

I.2.3.3. Le secteur ménages et autres:

La consommation énergétique est augmentée de 31.4% entre 2000 et 2005 pour atteindre 7 million TEP. Cette consommation a atteint 12.4 million TEP en 2010. Ce qui est expliqué par les efforts d'électrification et amélioration du confort des ménages en matière d'équipement et d'appareils.

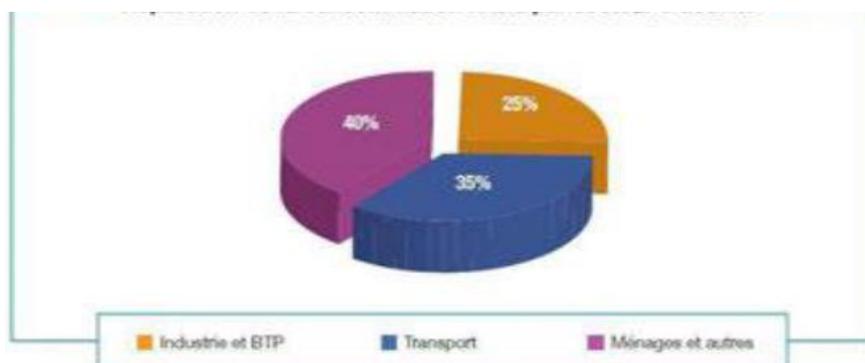


Figure I.3 : Répartition de la consommation finale par secteur en 2010

Source : (MEM, 2011)

I.2.3.4. L'énergie dans le résidentiel:

Avec un taux d'équipement des ménages de 70% et un taux d'électrification de 98% ainsi qu'un taux de raccordement au réseau gaz naturel est de 36%, la consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est arrivée à 1,050 tep¹².

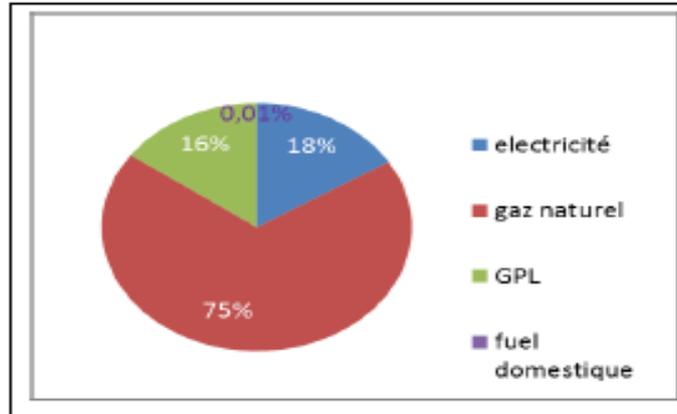


Figure I.4: Répartition de la consommation du secteur résidentiel Par types d'énergie
Source : APRUE, 2015

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 1690 KTep. Elle représente 40% de la consommation totale d'électricité. Il a atteint 8756 KTep en produits gazeux soit 60% de la consommation totale des produits gazeux, Il représente, de ce fait, le premier secteur grand consommateur d'énergie au niveau national. (APRUE, 2015)

Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages¹³ :

- ✓ Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique.
- ✓ L'éclairage, l'électroménager, l'audio-visuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie.
- ✓ L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%. .
- ✓ La cuisson représente près de 5%.

I.3. L'efficacité énergétique du bâtiment:

I.3.1. C'est quoi l'efficacité énergétique ?

L'efficacité énergétique d'un bâtiment, aussi appelée performance énergétique est le rapport de l'énergie utile produite par le bâtiment et celle qu'il consomme, Elle est d'autant meilleure que le système énergétique utilise le moins d'énergie possible pour une meilleure rentabilité, que

¹² MERZEG, A. « La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie » mémoire du magister, Université de TIZI OUZOU 2010. P64.

¹³ TALBI .W et ZAMOULI .R « L'impact de l'isolation thermique sur les performances thermiques et énergétiques des bâtiments résidentiels : cas de MACOMAES à Oum El Bouaghi » .Mémoire de master, université Oum El Bouaghi ,2016 .P23.

cela soit le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et toute sorte de besoin énergétique.¹⁴

L'objectif est tout simplement de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant des conditions d'utilisation et de confort satisfaisantes.

I.3.2. Les solutions d'efficacité énergétique pour les bâtiments:

Le secteur du bâtiment possède aujourd'hui le plus fort potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique, en Algérie, le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie, il est également l'un des plus grands responsables des émissions de CO₂. Réduire la consommation énergétique dans les bâtiments représente donc un enjeu économique et écologique majeur.

Pour contribuer à la performance énergétique des bâtiments, tout le monde s'accorde à dire qu'il existe principalement deux leviers qui peuvent être activés : les solutions « passives » et les solutions « actives ». En revanche, personne ne s'accorde encore sur la catégorisation de ces deux solutions¹⁵.



Figure I.5: les leviers de l'efficacité énergétique
Source : (IDEAGENCY, Avril 2017).

I.3.2.1. Solutions passives et actives : une première vision

Pour certains, l'**efficacité énergétique passive** concerne le bâti, c'est-à-dire l'enveloppe du bâtiment uniquement. Cela consiste à éviter les déperditions d'énergie en renforçant la performance technique du bâtiment (isolation des murs, isolation des combles, étanchéité à l'air, triple vitrage...).

Et les **solutions actives** combinent une amélioration du rendement énergétique des équipements techniques (chaudière, éclairage...) et une gestion de l'énergie basée sur la mesure, le pilotage et la régulation des énergies du bâtiment selon les usages

I.3.2.2. Solutions passives et actives : une deuxième vision

¹⁴ OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017.P29

¹⁵ « Rapport sur le marché du bâtiment en 2017 et 2018 face à l'efficacité énergétique », IDEAGENCY, Avril 2017 .P14

Pour d'autres, et c'est celle que nous retiendrons dans ce rapport, **les solutions passives** englobent toutes les actions d'amélioration du bâti mais aussi des systèmes énergétiques (équipements de chauffage, d'éclairage...). Et **les solutions actives** agissent sur l'exploitation, les usages et l'optimisation des flux énergétiques par l'intermédiaire de systèmes efficaces/intelligents de mesure, de contrôle et de régulation (variateurs de vitesse, détecteurs de présence, variateurs d'éclairage...) ¹⁶.

I.3.3. Amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment:

Diverses actions d'amélioration du bilan énergétique, répartie entre des passifs et actifs, sont présentées de façon indépendante, en fonction des niveaux de consommation des équipements, les actions concernent :

- **Axe passifs :**
 - **L'architecture du bâti :** isolation, ouvrants, toiture, plancher, perméabilité à l'air...)
 - **le chauffage :** pompe à chaleur, chaudière à condensation, équipements d'eau chaude sanitaire.
 - **La production de l'énergie :** les panneaux solaires et thermiques
 - **La régulation :** réglage des programmes de chauffage, de ventilation et d'ECS, gestion technique du bâtiment.
 - **La ventilation :** système de coupure, récupération d'énergie, asservissement
 - **Favoriser l'éclairage naturel :** à travers les fenêtres et les baies.

Ainsi, par l'installation de systèmes plus efficaces qui rendent le même service en consommant moins et l'utilisation de matériaux plus performants, il est désormais possible de réaliser des économies d'énergie importantes.

- **Axe actifs :**

ont pour objectif de superviser, gérer et optimiser le fonctionnement des systèmes et des équipements afin de diminuer la consommation d'énergie et améliorer la qualité de l'énergie en consommant l'énergie « juste nécessaire » permettant ainsi de réduire la facture énergétique.

- **L'éclairage économe :** ampoules basses consommations, détecteurs
- **Les équipements qui optimisent la consommation de l'énergie :** chaudière, récupérateur d'énergie,

¹⁶ Ibid.

- **La production de l'énergie** : les panneaux photovoltaïqueetc.¹⁷.

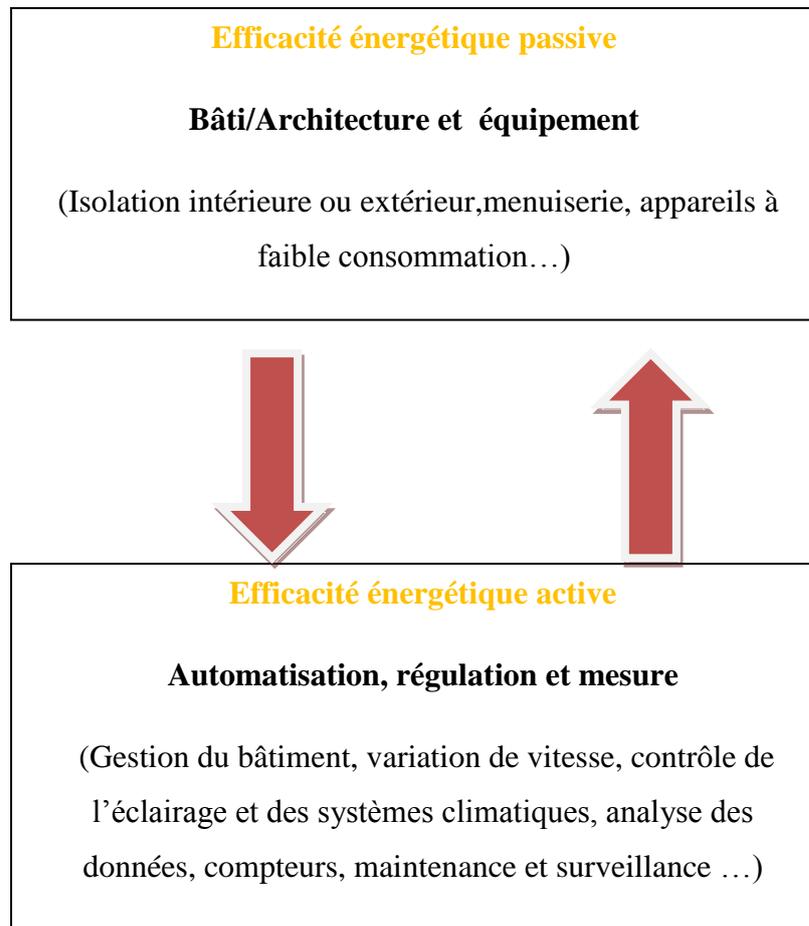


Figure I.6: les axes d'intervention pour améliorer l'efficacité énergétique
Source : (IDEAGENCY, Avril 2017).

I.3.4. Classification des bâtiments efficaces énergétiquement:

Suivant leurs niveaux de performances énergétiques, les bâtiments sont classés en trois familles : bâtiments performants, bâtiments très performants et bâtiments zéro énergie ou à énergie positive.

Il existe une multitude d'opérations (programmes de recherche, labels, réalisations), pour chaque famille. Ces opérations sont fréquemment basées sur la définition de concepts de bâtiments qui définissent à la fois un niveau de performance à atteindre et des exemples de solutions permettant d'atteindre ce niveau. Elles partent d'une même analyse du bilan énergétique orientée par la triade : réduire les besoins énergétiques, utiliser des énergies renouvelables, produire le complément d'énergie de façon efficace¹⁸.

¹⁷ Ibid.

I.3.4.1. Bâtiments performants « basse énergie »:

Les bâtiments performants, souvent appelés bâtiments basse énergie, existent à plusieurs milliers d'exemplaires. Ils se caractérisent principalement par une conception architecturale bioclimatique, une bonne isolation thermique (15 à 20 cm d'isolant), des fenêtres performantes, un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait, parfois associé à un puits climatique, un système de génération performant (pompe à chaleur, chaudière bois, chaudière à condensation...) et une attention particulière est portée à la perméabilité à l'air et aux ponts thermiques.

On a également recours à des sources d'énergies renouvelables pour la production d'énergie, comme le solaire, l'air, la géothermie ou le bois. Les opérations les plus connues de ce type de bâtiments sont les labels Suisse MINERGIE et MINERGIE-ECO¹⁹.

I.3.4.2. Bâtiments très performants « très basse énergie»:

Il s'agit en général de bâtiments passifs dont le concept a été défini par le Dr. Wolfgang Feist de l'institut de recherche allemand Passivhaus. Ils sont définis comme étant des bâtiments dans lequel l'ambiance intérieure est confortable tant en hiver qu'en été, sans devoir faire appel ni à un système conventionnel de chauffage ou de refroidissement²⁰.

I.3.4.3. Bâtiments zéro énergie ou à énergie positive:

Un bâtiment zéro énergie ou à énergie positive est défini comme étant un bâtiment qui produit autant ou plus d'énergie qu'il n'en consomme. Ces bâtiments sont la combinaison de bâtiments basse énergie ou passifs avec des systèmes d'énergies renouvelables tels que les toits solaires photovoltaïques²¹.



Figure I.7: Exemple des bâtiments à énergie positive Dans les pays alpins,
Source (Nicole S, Christoph S, Harald G Avril 2014).

¹⁸Chlela. F.. Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie. Thèse de doctorat. Université de La Rochelle. 2008. p. 3.

¹⁹MERZEG, A. « La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie » mémoire du magister, Université de TIZI OUZOU 2010. P67.

²⁰ Ibid.

²¹BOUAMAMA .W, au sujet de la politique de l'efficacité énergétique en Algérie approche systémique pour un développement durable cas de programme Eco bat, université Aboubakerbelkaid Tlemcen, 2013, P09

I.3.5. Les différentes démarches pour l'efficacité énergétique:

On distingue différents labélisation et certification en matière de performance énergétique des bâtiments neufs ou rénovés, voici une présentation des désignations les plus courantes :

I.3.5.1. La méthode BREEAM en Angleterre:

La méthode BREEAM « building Research Establishment Environmental Assesment Méthode » proposé en Angleterre en 1990 par le BRE « building Research Establishment » permet d'évaluer les performances environnementales d'un bâtiment depuis sa conception jusqu'à sa démolition, cette méthode de type « éco - point » composé d'une liste de critère et d'indicateur, développée pour les différents types de bâtiments :immeubles de bureaux, logements, surfaces commerciales et bâtiment industriels.(Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

Seul le référentiel « BREEAM international » est utilisé en France parmi la différente version existantes su BREEAM

Un premier processus de certification se déroule lors des phases de programmation et de conception.la certification BREEAM recouvre quant à elle 10 catégories²² :

- Management,
- Santé et bien-être,
- Energie,
- Transport,
- Eau,
- Matériaux,
- Déchets,
- Etudes de site et écologie,
- Pollution et innovation,

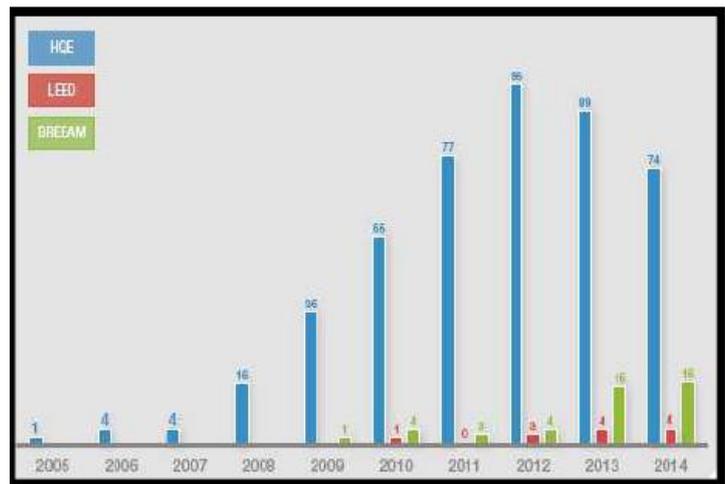


Figure I.8: Evolution du nombre de certifications par an en France
Source : (Barometre de la certification environnementale Edition 2015 une étude réalisée par Green Soluce, en partenariat avec France GBC)

²²OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017 P39.

Au niveau mondial, c'est la certification LEED qui est la plus diffusée dans le monde avec environ 51700 projet.

Au niveau Européen, c'est la certification HQE qui domine le marché avec environ 44 millions de m² certifiés, devant BREEAM²³.

I.3.5.2. La démarche HQE Haute Qualité Environnementale en France:

Est une démarche globale de management du projet visant à Minimiser les impacts d'un bâtiment sur son environnement extérieur et assurer à ses occupants des conditions de vies saines et confortables durant l'ensemble de son cycle de vie. (GUINARD et A-HAJJI, K ,2009).

La démarche HQE Haute Qualité Environnementale propose une méthode de travail et des objectifs pour intégrer l'environnement et à toutes les étapes de la vie du bâtiment durant l'ensemble de son cycle, deux composantes de la démarche : HQE=QE+SMS (GUINARD et A-HAJJI, K ,2009).

- QE : objectif de qualité environnementale.
- SMS : système de management environnemental des opérations.

I.3.5.2.1. Les 14 cibles de la HQE :

Les 14 cibles sont classées en 2 domaines et chaque domaine 2 familles :

Domaine I : préserver l'environnement

Première famille : L'éco - construction

Cible 1 : Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat

Cible 2: Choix intégré des procédés et produits de construction

Cible 3: Chantier à faibles nuisances

Deuxième famille : L'éco- gestion

Cible 4 : Gestion de l'énergie

Cible 5 : Gestion de l'eau

Cible 6 : Gestion des déchets d'activité

Cible 7: Gestion de l'entretien et de la maintenance

²³ OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017P39.

Domaine II : privilégier la qualité de vie

Troisième famille 1 : Confort

Cible 8: Confort hygrothermique

Cible 9: Confort acoustique

Cible 10: Confort visuel

Cible 11: Confort olfactif

Quatrième famille 2 : Santé

Cible 12: Qualité sanitaire des espaces

Cible 13: Qualité sanitaire de l’air

Cible 14: Qualité sanitaire de l’eau

I.3.5.3. Le standard suisse « Minergie » :

Le standard de construction « Minergie » destiné à la construction ou la réhabilitation de bâtiments vise à réduire la consommation énergétique de plus de 30 % et d’atteindre 42kWh /m².an pour le chauffage et l’eau chaude dans les habitations neuves et 17 kWh /m².an

Pour les appareils électroménagers(Figure I.9).

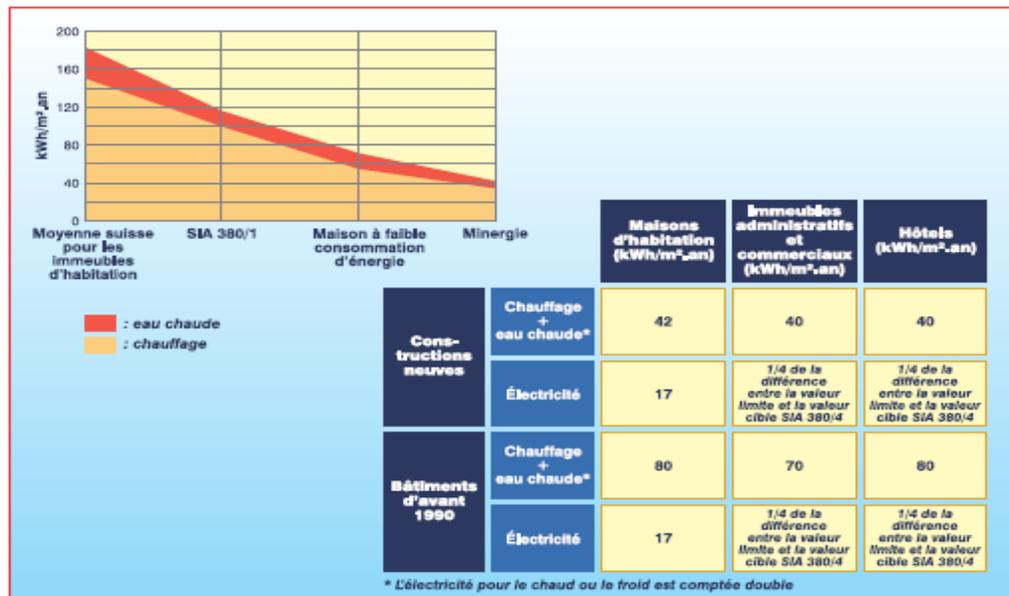


Figure I.9: Les différentes valeurs limites du standard Minergie,

Source :(Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

Les objectifs du standard Minergie peuvent être atteints en respectant les mesures suivantes : (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

- L'optimisation des gains d'énergie passive par : l'orientation sud pour les pièces de vie, l'optimisation des surfaces vitrées en fonction des orientations, la régulation des températures en fonction de condition climatique.
- La réduction des déperditions thermique par : Le coefficient de déperdition thermique des murs et de la toiture doit être au minimum $0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (isolation d'environ 15 et 25 cm), et $0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ au minimum de sol (isolation d'environ 12 cm), et $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ au maximum de fenêtre
- L'utilisation de l'énergie de manier rationnelle par : l'installation d'une (VMC) équipé d'un échangeur de chaleur avec un ventilateur de 30 à 50W, l'utilisation de (chaudière à condensation) pour la production de chaleur ,et la réduction de la longueur du réseau d'eau chaude.
- L'utilisation des énergies renouvelable tel que : la pompe à chaleur ou chauffage au bois pour la production de chaleur, et les panneaux solaire pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire.

I.3.5.3.1. Les différents standards énergétiques du Minergie:

Le standard MINERGIE s'est imposé en Suisse pour caractériser les constructions optimisées sur le plan énergétique et offrant un grand confort. Il est plus sévère que les valeurs limites définies par la loi et s'appuie sur une longue expérience portant sur plus de 25 000 bâtiments ayant reçu le label MINERGIE.

❖ MINERGIE-P :

Le standard MINERGIE-P pose des exigences beaucoup plus élevées concernant l'enveloppe du bâtiment et l'étanchéité à l'air. Il faut aussi respecter certaines règles concernant le choix des appareils afin de diminuer la consommation de courant.

❖ MINERGIE-A :

Le standard MINERGIE-A exige, outre une bonne enveloppe du bâtiment, que le bilan énergétique annuel entre production et consommation soit nul. Par exemple, le bâtiment

comprend une installation solaire permettant de produire du courant. Ce standard comporte également des exigences concernant l'énergie grise et le courant électrique consommé dans le ménage²⁴.

I.3.5.4. Le label allemand « habitat basse énergie »

Le label allemand « habitat basse énergie » définit un standard de construction afin de réduire la consommation énergétique des immeubles d'habitation tout en assurant un climat intérieur sain et confortable, il a donné naissance en 2002 à une nouvelle réglementation thermique allemande qui reprend les objectifs-cible du label :

- 65 kWh /m².an pour le chauffage
- 25 kWh /m².an pour l'eau chaud sanitaire
- 30 kWh /m².an pour la consommation électrique

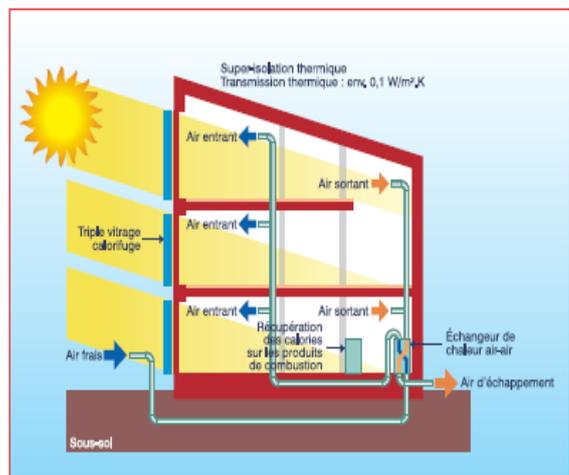


Figure I.10: Schématisation des principes de la conception d'un bâtiment passif d'après Wolfgang feist
Source (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

La réglementation demande qu'une « carte d'identité énergétique » du bâtiment lors de la location ou de l'achat d'un bâtiment. (Liébard, A. et André. De Herde. 2005),

Ce label se développe selon 4 axes²⁵ :

1. assurer une conception solaire passive des bâtiments, dans ce cas le bâtiment doit être orienté au sud pour bénéficier des apports solaires, le coefficient de déperdition thermique du vitrage sera inférieur à 0,75 W /m².k, d'un triple vitrage cabrifuge et des châssis sera au maximum de 0,8 W /m².k,
2. une bonne isolation des bâtiments visant à limiter les ponts thermique et la réalisation d'une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe afin de garantir un fonctionnement optimum de l'isolation et de la ventilation. les ponts thermique seront limités à 0,01 W /m².k au maximum, et le coefficient de déperdition thermique de l'enveloppe doit être d'environ 0,1 W /m².k,

²⁴ « Guide pratique pour l'achat et la construction d'immeubles », Suisse Energie, Office fédéral de l'énergie OFEN, Mai 2014 P13/14

²⁵ OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017 P 34.

3. Un système de ventilation mécanique à échangeur de chaleur (double flux) récupérant la chaleur de l'air vicié évacué vers l'extérieur
4. Une conception bioclimatique : calcul des apports solaires gratuits, contrôle de la surchauffe, compacité volumétrique, orientation des espaces et des ouvertures,

Etude de l'environnement (ombrage des bâtiments voisins, de la végétation, etc.). Le besoin net en chauffage de la maison devra être inférieur à 15 kWh /m².an

I.3.5.5. BBC-Effinergie (française) :

Effinergie est un label français qui présente l'un des niveaux de performance du label haut performance énergétique qui sont : région Languedoc Roussillon, CEFIIM, région Franche-Comté, Ajena, région Alsace, Rhonalpennergie-Environnement, collectif isolons la terre contre le CO₂, groupe Banque Populaire, CDC et CSTB

Afin d'obtenir ce label, la consommation d'énergie dans le cas de logements neufs, ne doit pas dépasser les 50 kWh/m².an et quant aux cas de bâtiments résidentiels existants, le label prévoit 50 kWh/m².an

L'association Effinergie a pour objectif de démontrer qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à des équipements exceptionnels et coûteux pour réaliser un bâtiment « basse consommation ». Il est possible d'atteindre les performances par « l'addition harmonieuse et intelligente d'une bonne conception et d'équipements largement diffusés sur le marché »²⁶.

I.3.5.5.1 Principes d'un bâtiment basse consommation :

Un BBC fait appel à plusieurs technologies dont la combinaison permet d'obtenir une performance énergétique globale particulièrement élevée.

- **Une ventilation améliorée :** une ventilation double flux est présente 45 % des bâtiments neufs, et une ventilation hydro dans plus de 60 % des bâtiments de logements en réhabilitation.
- **Une très forte utilisation des énergies renouvelables :** dans le neuf, 90 % des bâtiments résidentiels ont recours au solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire, et 45 % des bâtiments tertiaires ont recours au photovoltaïque
- **Une forte étanchéité à l'air :** Dans le neuf, tous bâtiments confondus, la perméabilité à l'air moyenne est de 1 m³/h/ m².
- **Une enveloppe très performante :** une isolation thermique renforcée des toitures et des parois, de plus en plus, une isolation par l'extérieur (Plus de 60 % de l'ensemble

²⁶Nazia .K. Hannachi-B« développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie », Thèse de doctorat 2010.

des bâtiments – neuf et réhabilitation), permettent d'obtenir un Ubat moyen de 0.41 dans le neuf, et de 0.57 en réhabilitation.

- **Un mode de chauffage performant et adapté aux besoins** : en installant des pompes à chaleur (40 % de l'ensemble des bâtiments tertiaires neufs), des chaudières gaz à condensation (70 % des bâtiments de logement collectif en réhabilitation), ou des chaudières bois (de 15 à 25 % des bâtiments tertiaires, suivant leur destination)²⁷.

I.3.5.6. Autre labels:

D'autres labels et approches globales prennent en compte l'interaction du bâtiment avec l'environnement selon un point de vue plus large, l'aspect énergétique ne forme qu'une partie de ces interactions, tel que : la méthode LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) en États-Unis d'Amérique, CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) au Japon,; CES méthodes permettent d'évaluer l'impact environnemental de différents types de bâtiments (immeubles de bureaux, logement, surface commerciales et bâtiments industriels). Ainsi, elle intègre la dimension de performance énergétique comme exigence environnementale à satisfaire, sans fixant aucun objectif de performances, seulement les organismes certificateurs qui proposent des référentiels²⁸.

Conclusion

Le secteur du bâtiment constitue une priorité dans l'élaboration de la stratégie et des programmes de maîtrise de l'énergie. Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment et une performance des équipements de chauffage, ventilation et climatisation.

Dans ce chapitre nous avons analysé les différents labels et certifications connus à l'échelle mondiale et l'usage de chacun d'eux ainsi leurs avantages et leurs limites. L'isolation thermique est un paramètre plus important et plus efficace à la maîtrise énergétique du bâtiment. C'est le but des prochains chapitres.

²⁷ Bâtiment basse consommation un bilan énergétique passif ADEM 2011

²⁸SEMAHI. S, « Op, Cit », p.35/36.

CHAPITRE II

L'isolation thermique des bâtiments

Introduction

La démarche bioclimatique s'attache à optimiser l'enveloppe bâtie qui n'est pas seulement une frontière entre l'espace habitable et l'extérieur, mais aussi un organe de transformation des éléments du climat extérieur changeant et quelque fois inconfortable en climat intérieur agréable. Dans ce chapitre nous allons analyser la fonction principale de l'enveloppe du bâtiment. L'isolation thermique comment ils doivent résister à de nombreuses forces mécaniques et environnementales et comment il doit conserver cette résistance tout au long de sa vie et comment il s'applique ce dernier aux différents éléments qui composent l'enveloppe d'une construction : Les murs, le toit, les planchers et les fenêtres (parois transparentes), éléments qui sont la cause de déperditions et d'apports calorifiques¹.

II.1. L'enveloppe thermique :

L'enveloppe thermique d'un bâtiment est la surface qui sépare le volume intérieur chauffé du bâtiment de l'environnement non chauffé. Les échanges de chaleur se font autour de cette enveloppe. Les besoins de chauffage dépendent de la qualité de l'isolation de l'enveloppe thermique. Il est très important de garantir une continuité de l'isolation.

Le rôle de l'enveloppe du bâtiment gère les flux thermiques. C'est elle qui d'abord va capter l'énergie calorifique du soleil, la stocker, la conserver et la distribuer, il aussi qui protège des rayons solaires en été, et stocke les calories excédentaires pour les évacuer la nuit, enfin c'est elle qui aura la fonction de conserver et de gérer la chaleur fournie par le chauffage et les autres apports internes ainsi que la fraîcheur issue des éventuels systèmes de rafraîchissement. (Courgey, S. et Oliva, J. P. 2007).

Une conception adéquate d'enveloppe du bâtiment permet d'assurer le confort tout au long de l'année en minimisant le recours aux grandes installations de chauffage et de climatisation.

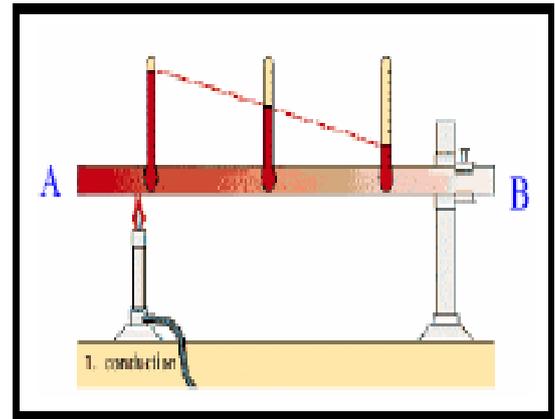
II.1.1. Modes de propagation de chaleur:

Lorsque deux systèmes sont à des températures différentes, le système le plus chaud cède de la chaleur au plus froid. Il y a échange thermique ou encore transfert thermique entre ces deux systèmes, il existe quatre modes essentiels d'échange thermique

¹MERZEG, A. « La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie » mémoire du magister, Université de TIZI OUZOU 2010. P92

II.1.1.2. La conduction thermique:

Est spécifique aux solides (bois, métaux, etc.), elle est un transfert direct au sein d'un milieu matériel, qui se fait par propagation de proche en proche de la chaleur. Le mouvement d'agitation thermique (flux de chaleur) va toujours des zones chaudes vers les zones froides

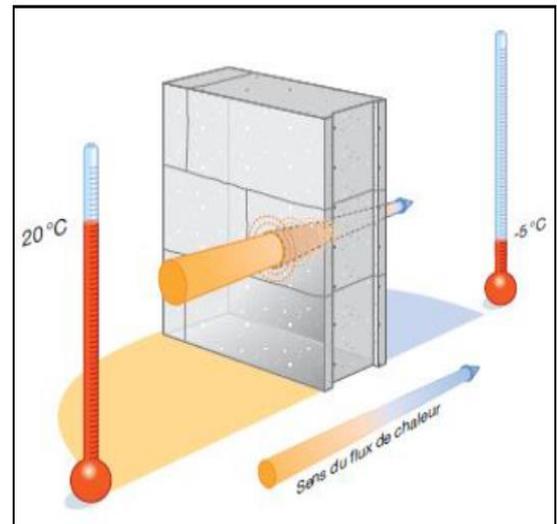


FigureII.1: Transfert de chaleur par conduction, Source (Mémoire de Magister Medjelekh, D, Université de Constantine 2006 p74)

II.1.1.3. La Convection thermique:

Est spécifique aux fluides (liquide, gaz, air), ainsi qu'aux éléments déformables (comme les roches à hautes pressions dans le manteau terrestre), elle est liée au mouvement du fluide, donc à un transport de matière.

L'état fluide regroupe l'état gazeux et l'état liquide qui ont la faculté d'être déformables. Ils s'adaptent à la forme du récipient offert, et peuvent s'écouler.



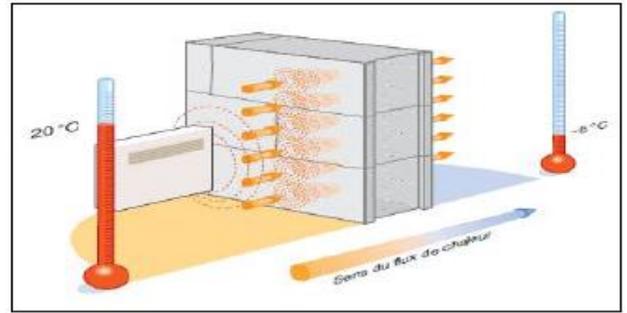
FigureII.2: Transfert de chaleur par convection, Source (Mémoire de Master Académique DIDA. M, Université de Ouargla 2016 p23)

- Convection naturelle (ou libre) : Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température
- Convection forcée : Lorsque le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur,

II.1.1.4. Le rayonnement thermique:

Est une émission de rayonnement électromagnétique par un corps chaud, le rayonnement a la particularité de se déplacer dans le vide (rayonnement solaire). L'énergie électromagnétique reçue par le système est absorbée et convertie en énergie thermique (chaleur).

Par exemple, le rayonnement solaire est capable d'échauffer la terre bien que le milieu traversé soit à une température plus basse que la terre².

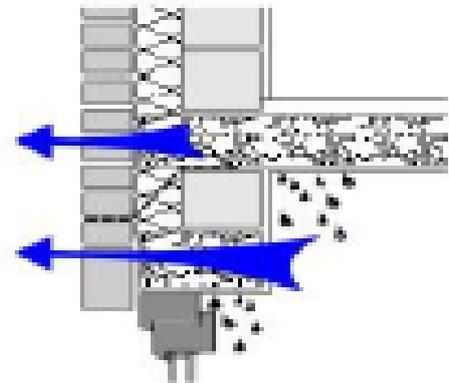


FigureII.3: Transfert de chaleur par rayonnement,
Source (Mémoire de Master Académique
DIDA. M, Université de Ouargla 2016 p23)

II.1.1.5. L'évaporation-condensation:

La chaleur cédée à un matériau pour l'évaporer est restituée à la surface sur laquelle la vapeur se condense

Ce dernier phénomène implique une migration combinée de chaleur et d'eau. Il peut être la source de problèmes d'humidité (moisissures, gel, dégâts) rencontrés dans des bâtiments³



FigureII.4 : Transfert de chaleur par évaporation-condensation
Source (Mémoire de Master TOUIL. A, MERGHACHE. S,
Université Aboubaker BelkaidTlemcen, 2017 P18)

II.1.2. Les matériaux de construction et leurs choix:

Le choix des matériaux joue un rôle important dans le confort des locaux de construction, ce sont en deux critères. Le premier est un critère objectif qui dépend des propriétés physiques ou chimiques, les dimensions ou le coût. Bien que l'autre critère est de type individuel et subjectif par le contact et l'aspect de sa surface. Les matériaux idéaux sont ceux qui offrent une grande capacité calorifique. Favorisant ainsi une absorption du rayonnement solaire le jour et assurant une restitution de la chaleur la nuit, (Hegger, M. et al 2011).

II.1.3. Propriété et performances thermiques des matériaux:

Les matériaux reçoivent différemment les rayons solaires selon leur degré de transparence ou d'opacité, leur couleur et leur texture de surface. et également ont des caractéristiques thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permet de gérer

²PERROT, O. «COURS DE RAYONNEMENT», I.U.T. de Saint-Omer Dunkerque Département Génie Thermique et énergie université littoral d'opale, Les Hauts-de-France 2010-2011P08

³TOUIL A, MERGHACHE .S, « AU SUJET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE -VERS DES BÂTIMENTS MOINS ÉNERGIVORES- » université aboubakerbelkaid Tlemcen, 2017, P18

différemment les apports calorifiques. Ces caractéristiques seront prises en compte lors d'une conception bioclimatique des parois d'un habitat bioclimatique. (Courgey, S. et Oliva, J. P. 2007).

La première mission de ces matériaux sera de capter les calories, les stocker et les transmettre ou les conserver. Ses caractéristiques thermiques sont de deux ordres :

- ❖ Les caractéristiques statiques : c'est le comportement d'un matériau en présence d'un flux thermique indépendamment de temps de réaction. Ce sont la **conductivité** et la **capacité thermique**. (Courgey, S. et Oliva, J. P. 2007).
- ❖ Les caractéristiques dynamiques : à quelle vitesse tel matériau gère-t-il le flux thermique ce sont la **diffusivité** et l'**effusivité**. Dérivées des caractéristiques qui font intervenir le facteur temps. (Courgey, S. et Oliva, J. P. 2007).

II.1.3.1. La conductivité thermique (λ) :

C'est le flux de chaleur, par mètre carré, traversant un matériau d'un mètre d'épaisseur pour une différence de température de un degré entre les deux faces. Elle s'exprime en watts par mètre et par degré Celsius (**W/m. °C**). C'est une donnée intrinsèque à chaque matériau, qui caractérise donc uniquement ses performances isolantes. Le coefficient λ (lambda) d'un matériau caractérise sa capacité à transmettre la chaleur par conduction, plus λ est grand, plus le matériau est conducteur de chaleur. Plus λ est petit, plus le matériau est isolant thermiquement⁴.

II.1.3.2. La résistance thermique (R) :

Elle exprime la capacité d'un matériau ou d'une paroi à résister au froid et à la chaleur. Plus l'indice R est élevé, plus le produit est isolant. La résistance thermique d'un matériau est le rapport de son épaisseur et sa conductivité thermique (Fragos, M. et Trouilleux .2012)

La résistance thermique est habituellement indiquée par la lettre R et exprimée en m².K/W (Kelvin par Watt).

II.1.3.3. La capacité thermique (pc) :

La capacité thermique d'un matériau est sa capacité à emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Plus la capacité thermique est élevée, plus la quantité d'énergie que peut stocker le matériau pour que sa température s'élève d'un degré est grande. Les variations de températures des parois et de l'air seront d'autant plus faibles que la capacité thermique des matériaux sera

⁴F. Jadoul, La Terre est notre maison, Construire, rénover, habiter en respectant l'Homme et l'environnement, Ed. Luc Pire, Bruxelles 2002, p.50.

plus forte. D'une manière générale, les matériaux à forte capacité thermique sont aussi les plus lourds. (Fragos, M. et Trouilleux .2012)

Elle dépend de trois paramètres : (Oliva, J. P. 2007).

La conductivité thermique du matériau (λ).

La chaleur spécifique du matériau.

La densité ou masse volumique du matériau.

II.1.3.4. La diffusivité thermique (a):

La diffusivité thermique caractérise la vitesse à laquelle la chaleur se propage, par conduction, dans un corps. Plus elle est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau, et donc, plus le temps entre le moment où la chaleur est arrivée sur une face d'un mur et le moment où elle atteindra l'autre face est important.

La diffusivité est le rapport de la conductivité d'un corps à sa capacité thermique⁵.

II.1.3.4. L'effusivité thermique (b):

L'effusivité caractérise la capacité des matériaux à réagir plus ou moins rapidement à un apport de chaleur intérieur au logement, que cet apport soit le fait d'une source interne ou du rayonnement solaire. Plus l'effusivité est grande, plus la chaleur interne à la pièce sera absorbée rapidement par le mur, et donc, plus l'élévation de température dans le local sera limitée. On privilégiera les matériaux ayant une grande effusivité⁶.

Cette capacité ne signifie pas que la température du mur s'élève rapidement, puisqu'une grande effusivité implique une valeur élevée de la capacité thermique, ce qui garantit de faibles variations de température de paroi et une grosse quantité d'énergie stockée.

II.1.4. L'inertie thermique:

C'est la propriété d'un matériau lui permettant de stocker l'énergie dans la masse du bâtiment et d'amortir les variations de température⁷. Les matériaux à forte inertie thermique dits « lourds » ont un double rôle : stocker la chaleur en hiver et amortir les surchauffes en été. La masse des matériaux permet de maintenir la fraîcheur le jour en été, et de restituer de la chaleur la nuit en hiver. Le retard des variations internes par rapport aux variations externes est appelé déphasage et s'exprime en heures.

⁵ A. Degiovani. « Diffusivité et méthode flash ». in revue générale de thermique n° 185. France 1977.

⁶ J. L. Izard. Architecture d'été – construire pour le confort d'été. Ed. Edisud. Paris 1993. P. 68

⁷T. Salomon et S. Bedel. (2004). Op.cit. p. 16

Associée à l'isolation thermique des bâtiments, l'inertie thermique est un critère majeur du confort hygrométrique, car, à eux deux, ils favorisent à la fois le bien-être des personnes et les économies d'énergie grâce aux matériaux qui emmagasinent et restituent petit à petit chaleur ou fraîcheur, permettant un réchauffement ou un refroidissement progressif⁸.

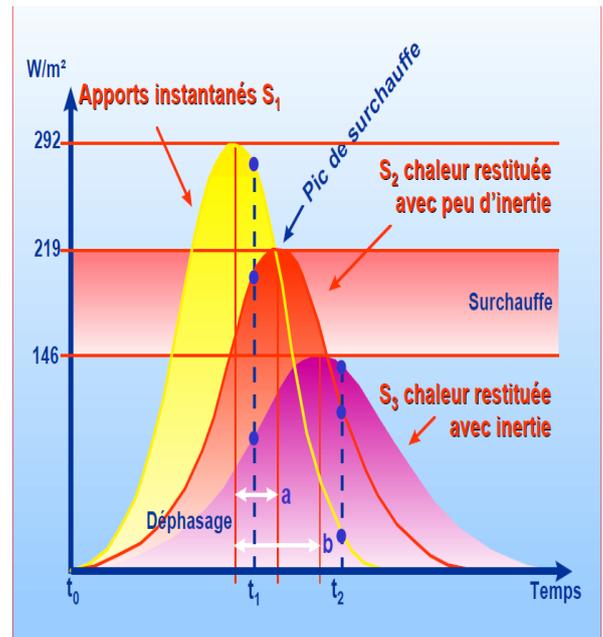


Figure II.5 : l'inertie thermique

Source (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

II.1.4.1. Les type de l'inertie thermique:deux types d'inertie existent :

II.1.4.2. L'inertie d'absorption: Elle décrit dans quelle mesure une paroi de l'enveloppe diminue l'amplitude d'une oscillation de la température extérieure et la retarde dans sa transmission vers l'intérieur. Ce type d'inertie augmente avec l'épaisseur et avec la diffusivité de la paroi. (Bernstein, D. et al 1997).

II.1.4.3. L'inertie de transmission: Elle décrit comment la température de la face d'une paroi intérieure en contact avec l'air du local, réagit à une oscillation du flux de chaleur intérieur. Ce type d'inertie augmente avec l'épaisseur et diminue avec la diffusivité de la paroi. (Bernstein, D. et al 1997).

II.1.5. L'impact de l'inertie :

Au pays chaud l'inertie thermique régule les écarts de température entre le jour et la nuit. Les masses inertielles de la maison absorberont la chaleur du soleil pendant la journée pour la restituer pendant la nuit. En outre l'inertie thermique combinée à la sur ventilation nocturne est le moyen le plus efficace, économique et écologique pour assurer la fraîcheur intérieure durant les mois chauds (M.M Fragos .et Trouillez .2012).

⁸ MERZEG, A. « La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie » mémoire du magister, Université de TIZI OUZOU2010. P58

II.1.6. Propriétés thermiques des vitrages:

L'importance stratégique des vitrages et leur fonctions multiples dans la conception des constructions ont été et encore l'objet de constatées améliorations .celles-ci ont abouti à une offre très vaste de produit spécialises (vitrages phonique, vitrage anti-effraction, vitrage auto nettoyants, etc.), Les propriétés spécifiques de vitrage sont : (Courgey, S. et Oliva, j. P. 2007).

II.1.6.1. Facteur solaire (g):

Le rayonnement solaire qui atteint une paroi vitrée est réfléchi, transmis et absorbé dans des proportions variables selon la nature du verre et son aspect de surface .le " facteur solaire" représente le pourcentage du flux énergétique que le vitrage laisse passer

II.1.6.2. La transmission lumineuse τ (tau):C'est le pourcentage d'énergie solaire incidente transmise à travers une vitre à l'intérieur d'un local. (Liébard, A. et André. De Herde. 2005)

II.1.6.3. Coefficient de transmission thermique (U):

Ce coefficient exprime la quantité de chaleur transmise par un mètre carré d'une paroi vitré par un degré de différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. (Mazari, M. 2012).

Plus ce coefficient est faible, plus l'isolation de vitrage. Augmente.

L'amélioration de ce coefficient (U) d'un vitrage se fait grâce à une ou plusieurs des solutions suivants : (Courgey, S. et Oliva, j. P. 2007).

- L'utilisation un vitrage en double ou en triple
- L'augmentation des lames d'air entre les vitres.
- L'utilisation des revêtements d'une couche à faible émissivité à une des faces du verre intérieur
- En remplaçant l'air entre les vitrages par un gaz plus lourd comme l'argon ou le krypton. Afin de minimiser les effets de la convection

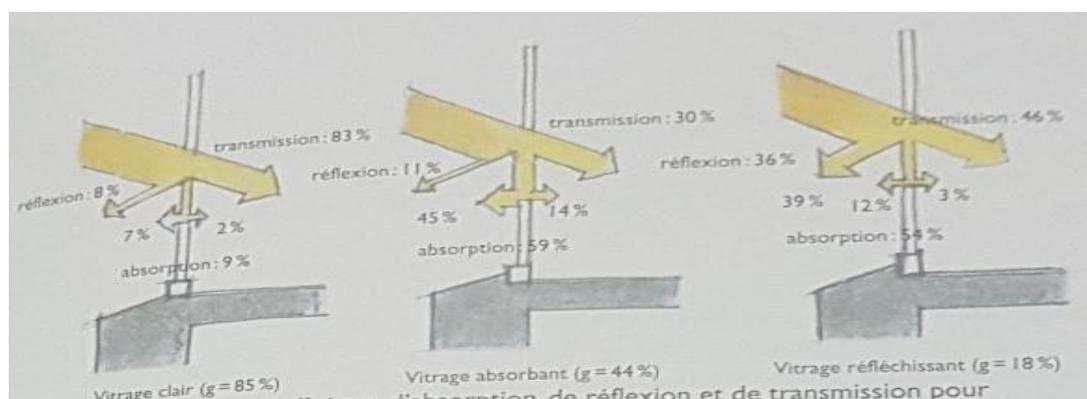


Figure II.6: facteur solaire et coefficients d'absorption, de réflexion et de transmission des différents types des vitrages

Source (Courgey, S. et Oliva, j. P. 2007).

II.1.7. Déperdition thermique du vitrage:

Le vitrage est les points faible d l'isolation thermique du bâtiment mais leurs performance ne cessent de s'améliore, mais peut jouer leur rôle en assurant une bonne isolation thermique, plus le coefficient de déperdition thermique (K) faible, plus le vitrage est isolant et les déperditions thermique à travers sa surface sont réduit en hiver et chaud en face intérieure.

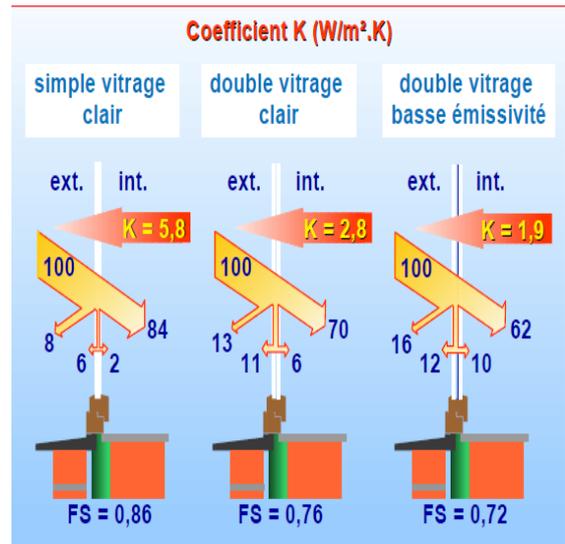


Figure II.7: performance thermique de vitrage
Source(Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

Ce coefficient de déperdition thermique se réduit selon la nature de vitrage : Simple vitrage clair. , Double vitrage clair, Double vitrage basse émissivité.

II.1.8. Les défauts de l'enveloppe thermique :

L'enveloppe du bâtiment représente l'élément protecteur de l'espace intérieur des impacts néfastes de l'extérieur. Les déperditions thermiques au travers de l'enveloppe constituent la première source de refroidissement des édifices Ces derniers liés aux défauts d'étanchéité à l'air ou des ponts thermiques.

II.1.8.1. Les ponts thermiques:

Les ponts thermiques sont des défauts dans l'enveloppe isolante d'un bâtiment ou sa résistance thermique est affaiblie de façon sensible responsable de problème d'inconfort, de consommation supplémentaire et de dégradations éventuelle dans le bâtiment. (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

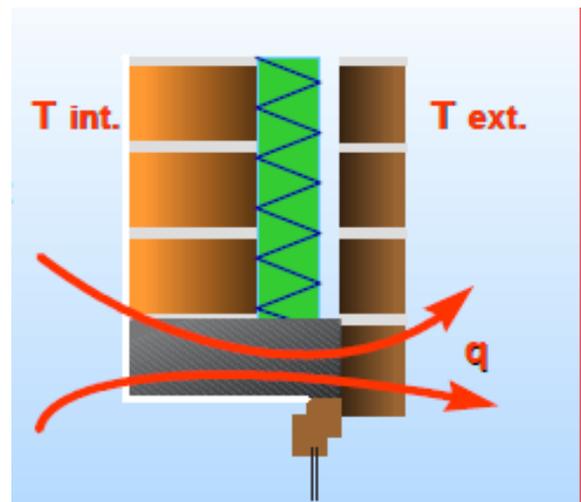


Figure II.8: les ponts thermiques
Source(Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

II.1.8.2. les Types des ponts thermiques:

II.1.8.2.1. Ponts thermiques linéaires ou 2D:

Ils se situent généralement aux points de jonction des différentes parties de la construction, où l'isolation fait défaut, les principaux ponts thermiques se situent au niveau des liaisons entre :
Les murs et les planchers, les refends et les planchers, les refends et les murs, linteaux à la périphérie des ouvertures

Ce type de pont thermique caractérisé par un coefficient (ψ) exprimé en $W / (m \cdot K)$. Ce coefficient représente la transmission linéique de la chaleur, ramenée à un écart d'un Kelvin entre l'ambiance intérieure et extérieure.

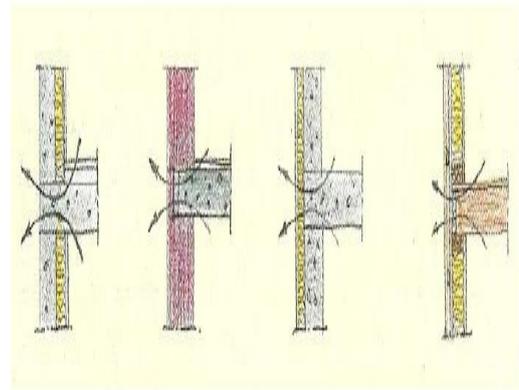


Figure II.9: les ponts thermiques linéaires
Source (Courgey, S. et Oliva, j. P. 2007).

II.1.8.2.2. Ponts thermique ponctuels ou 3D:

Ce type de pont thermique se crée à cause de La pénétration totale ou partielle de l'enveloppe du bâtiment par des matériaux ayant une conductivité thermique différente.

Les ponts thermiques ponctuels sont caractérisés par un coefficient ponctuel χ exprimé en W/K .

Ce coefficient représente la déperdition due à une perturbation ponctuelle de l'isolation pour une différence de température d'un Kelvin entre l'ambiance intérieure et extérieure.
(Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

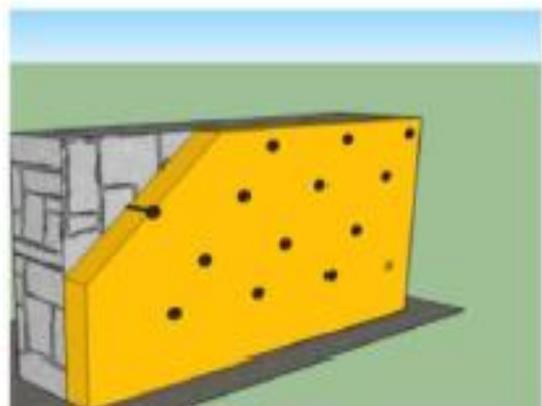


Figure II.10: pont thermique ponctuels ou 3D
Source : (Mémoire de Master CHIBOUB.L,
Université de Bejaïa 2017 p21)

II.1.8.2.3. Ponts thermiques structurels:

Est une déperdition énergétique engendrée par la technique de mise en œuvre d'un isolant thermique d'un ou plusieurs isolants sur une paroi peut causer des ponts thermiques si la technique employée n'est pas adéquate.

Le calcul s'effectue en prenant en compte le coefficient de déperditions surfaciques U (en W/m².K).

II.1.8.3. Les effets des ponts thermiques:

Le pont thermique est souvent inhérent au système constructif et aussi lié à un problème de conception ou de mise en œuvre. Ces derniers provoquent des pertes de chaleur et des fuites calorifiques, donc des surconsommations énergétiques, ils peuvent également engendrer des dégradations insidieuses sur le bâtiment comme la condensation de l'humidité, l'apparition de moisissures, ou le décollement des revêtements intérieurs.

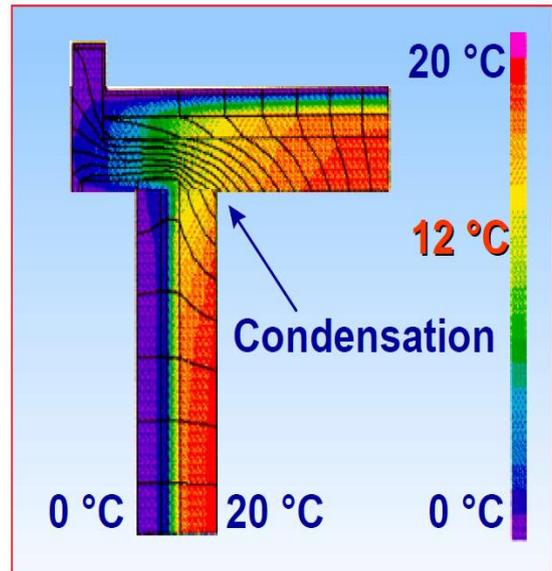


Figure II.11: risque de condensation

Source (Liébard, A. et André. De Herde. 2005)

II.1.8.4. Les traitements des ponts thermiques:

Pour minimiser le risque lié à la présence des ponts thermiques, l'enveloppe isolante du bâtiment ne doit pas être interrompue. Lorsque l'interruption est inévitable, la résistance thermique du matériau employé doit être la plus élevée possible pour limiter les transfère de chaleur par conduction avec l'intérieur (crépis isolant, béton cellulaire, brique monomur, etc.). ADEM 2014

La thermographie permet de visualiser les points de déperditions de chaleur il s'agit d'une photographie infrarouge du logement, réalisée en hiver.

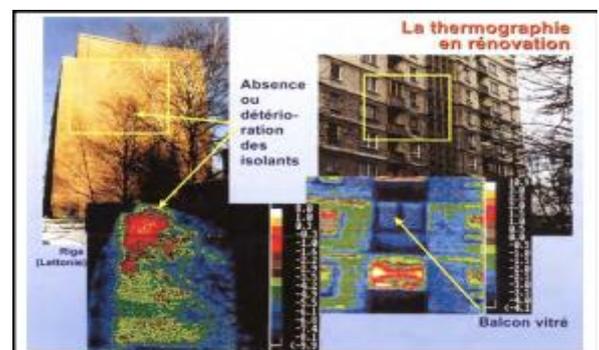


Figure II.12: une photographie infrarouge du bâtiment

Source (Mémoire de Magister Medjelekh, D, Université de Constantine 2006 p141)

II.1.9. Les défauts d'étanchéité à l'air:

Des défauts d'étanchéité à l'air sont souvent rencontrés, au niveau des fenêtres, du passage des câbles et des évacuations. Dans une maison classique, ces fuites peuvent générer un grand gaspillage d'énergie. Ce dernier peut être estimé à 10% des déperditions totales pour un bâtiment récent conforme à la réglementation. ADEM 2014 .

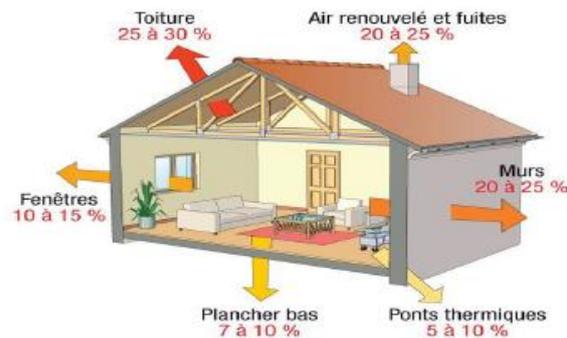


Figure II.13: les déperditions thermiques
Source(ADEM 2014)

II.1.9.1. Les effets d'étanchéité à l'air :

Les effets relatifs à la déperdition thermique sont à prendre en considération lors de la conception et de la réalisation d'une construction. Il s'agit de l'augmentation d'inconfort thermique et acoustique suite aux courants d'air avec La surconsommation énergétique pour chauffer ou climatiser l'intérieur. La pollution de l'air intérieur est due aux isolants, les moisissures ou à la poussière surtout avec la ventilation simple flux. La détérioration du bâtiment est suite à la condensation. (Courgey, S. et Oliva, J. P. 2007).

II.1.9.2. Le traitement de l'étanchéité à l'air:

Le traitement de l'étanchéité à l'air nécessite une mise en œuvre de qualité et une prise en compte de cet aspect dès la phase de conception. Comme il est possible d'utiliser des produits spécifiques pour traiter les points sensibles du bâtiment (rubans adhésifs, manchons, toilé, d'étanchéité). Et on peut également réduire ces déperditions énergétiques par faire attention lors de la pose des isolants, la pose des menuiseries extérieures (seuils de porte, liaisons en linteau...) et les équipements électriques (interrupteurs et prise de courant sur parois extérieures).

Le test d'infiltrométrie « test de la porte soufflante » consiste à vérifier l'étanchéité à l'air de la maison, en mesurant la quantité d'air extérieur qui y entre.

II.2. L'isolation thermique du bâtiment :

II.2.1. Définition :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour limiter significativement ces pertes de chaleur. Elle a pour but de protéger les bâtiments et leurs occupants contre les effets de variations de température et des conditions atmosphériques ainsi que de l'humidité (A. Bonhomme. 1979).

L'isolation permet de **réduire les déperditions** à travers les parois, ce que permet de réduire les consommations d'énergie de chauffage et / ou de climatisation et d'accroître le confort. Elle permet également 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. ADEME 2008

II.2.2. La certification ACERMI: La

certification ACERMI des isolants (Agence de certification des matériaux isolants en France) comporte les niveaux de caractéristiques selon les normes européennes ou selon le classement de performances thermiques **ISOLE** afin d'évaluer les aptitudes des produits isolants, Elles sont à minima La résistance thermique avec la conductivité thermique, le comportement à l'eau, le comportement mécanique (et, selon les cas, la réaction au feu). ADEME 2008

	Caractéristique physique	Faible	Forte
I	➤ Incompressibilité	I1	I5
S	➤ Stabilité des dimensions	S1	S4
O	➤ Comportement à l'eau	O1	O3
L	➤ Traction	L1	L4
E	➤ Perméance à la vapeur d'eau	E1	E4

Figure II.14: Caractéristiques Isole –R selon l'ACERMI
Source (T. Salomon et S. Bedel (2004)

II.2.3. Espaces tampons non vitrés:

Ce sont des pièces non chauffées fait tampon entre l'intérieur chauffé et l'extérieur de la maison, ou ils jouent le rôle d'isolant entre l'extérieur et les pièces à vivre qui sont besoin d'être chauffées, les espaces tampons sont généralement comme le garage, la buanderie, cellier....etc.

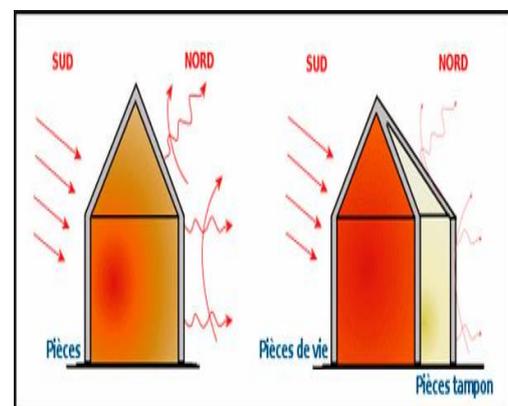


Figure II.15: la zone thermique et les espaces tampons,
Source (Mémoire du magister, OULDZEMIRLI, M, A
Université de Biskra 2017.P24)

II.2.4. Les principes de l'isolation thermique :

Trois possibilités s'offrent au concepteur et réalisateur pour isoler une paroi :

II.2.4.1. L'isolation par l'intérieure :

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en mettant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de la facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie⁹.



Figure II.16: application d'une isolation intérieure
Source :<http://www.finexto.com/>

II.2.4.2. L'isolation par l'extérieur :

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques, Mais son inconvénient majeur reste son coût est élevé et le besoin d'une main d'œuvre qualifiée pour son application.

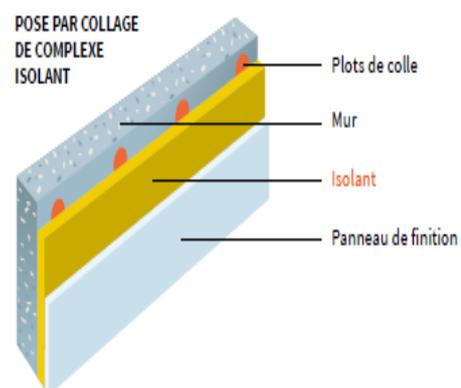


Figure II.17: l'isolation par l'extérieur
Source : <http://www.ademe.fr>

II.2.4.3. L'isolation répartie :

Elle est caractérisée par l'utilisation de l'isolation en tant que matériau de construction. Son rôle majeur est la stabilité de la construction, le remplissage et l'isolation en même temps. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.18: l'isolation répartie
source : <http://isolation.maison-matériaux.com/>

⁹DIDA, M. «Contribution à l'étude de l'effet d'isolation thermique sur la consommation énergétique des bâtiments» Mémoire de Master Académique Université de Ouargla 2016 P25

II.2.5. Les différents types d'isolants thermiques:

On distingue trois familles principales d'isolants : les isolants naturels, minéraux et synthétiques.

II.2.5.1. Les isolants Naturelles:

Les isolants naturels sont réputés pour participer à la biodiversité et au développement durable. Créés à base de fibres animales ou végétales.

II.2.5.1.1. Les isolants d'origine végétale : Parmi les isolants d'origine végétale, on peut citer :

II.2.5.1.1.1. Le lin : il s'agit d'une plante annuelle à petites feuilles et jolies fleurs bleu violacé de 1m de hauteur. Elle est très sensible aux conditions de sol, de climat et de mauvaises herbes. Il est écologique. Sa performance thermique est entre 0,037 et 0,040 W/m.K. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.19: le lin

Source : MM. Fragoset Trouillez 2012

II.2.5.1.1.2. La laine de coton : le cotonnier de culture est un arbuste à croissance rapide, elle peut atteindre 1.5m. Elle est polluante. Il est préférable d'utiliser le coton recyclé pour des raisons écologiques. Il est très perméable à la vapeur d'eau. Elle est un bon régulateur hygrométrique. Elle offre une véritable source du confort pour l'habitat. Sa performance thermique est de 0.037 à 0.040 w/m .k. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.20: la laine de coton

Source :MM. Fragos et Trouillez 2012

II.2.5.1.1.3. Le liège : Le liège est un matériau présent dans l'écorce de quelques arbres, et notamment celle du chêne-liège. Il a une faible densité, antistatique, résiste relativement bien au feu, bon isolant thermique, acoustique et vibratoire, et résistant à l'eau grâce à la subérine qui imprègne les cellules. [Jürgen Gänßmantel, et al.2010],

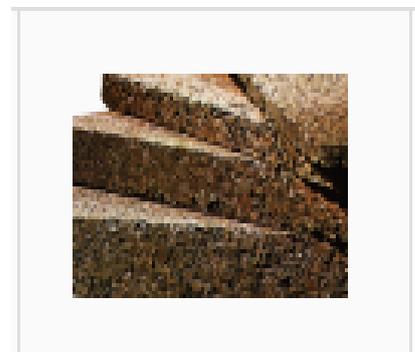


Figure II.21: le liège

Source :MM. Fragos et Trouillez 2012

Pour Sa performance thermique, le liège expansé en tant que panneaux 0.035 - 0.045 w/m.k et granulats entre 0.043 -0.055 w/m.k. Pour le liège aggloméré λ est entre 0.044 - 0.049 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

II.2.5.1.1.4.Le chanvre : il est une laine naturelle, Sa performance thermique est de 0.039 à 0.042 w/m .k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

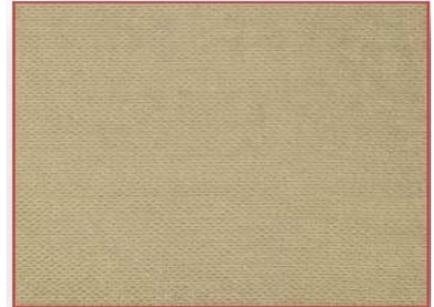


Figure II.22: le chanvre
Source : MM. Fragoset Trouillez 2012

II.2.5.1.1.5.Les fibres de coco et le corkoco : les fibres de coco sont des fibres multicellulaires dures issues de la bourre entourant la coque de noix de cocotier. C'est un épais mésocarpe fibreux composé en majeure partie en cellulose. Il est un produit écologique. Sa performance thermique est de 0.037 à 0.045 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.23: la fibre de coco
Source : MM. Fragoset Trouillez 2012

Les isolants en fibre de bois :

- ❖ **Fibragglos:** il s'agit d'un matériau naturel fabriqué à partir des fibres longues minéralisées des résineux et enrobées du ciment, de chaux ou du plâtre. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

- ❖ **Le bois minéralisé :** il est issu du bois d'éclaircie du petit diamètre et des déchets d'entretien des forêts (l'épicéa). (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.24: la fibre de bois
Source :MM. Fragos et Trouillez 2012

II.2.5.1.2. Les isolants d'origine animale: Parmi les isolants d'origine animale, on peut citer :

II.2.5.1.2.1. La laine de mouton : C'est un isolant naturel, sain et écologique. Il faut pour sa préparation après la tonte, un trempage, un dégraissage, un rinçage et un traitement contre le feu, les moisissures et les insectes. Sa performance thermique est de 0.035 à 0.042 w/m.k. (Fragos, M. M. et Trouilleux, 2012).



Figure II.25: La laine de mouton
Source : MM. Fragos et Trouilleux 2012

II.2.5.1.2.2. La laine de plume du canard : cet isolant est composé de 70% des plumes du canard, 10% de laine de mouton et 20% des fibres textiles thermo fusibles (polyester). Sa performance thermique est de 0.040 à 0.042 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.26: la plume du canard
Source : MM. Fragos et Trouilleux 2012

II.2.5.1.2.3. Les isolants réflecteurs multicouches :

Les parements sont généralement composés d'aluminium ou d'un produit aluminé. Les couches intermédiaires sont de diverses natures d'origine animale ou végétale... Etc.). Les différentes couches des matériaux sont collées ou soudées. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.27: les isolants réflecteurs multicouches
Source : <http://www.isowebmatériaux.com/>

II.2.5.2. L'isolants Minéraux:

Peu chers, les isolants minéraux ont des qualités thermiques importantes et sont généralement les plus utilisés lors de travaux d'isolations. Parmi les isolants minéraux on trouve :

II.2.5.2.1. La laine de roche : (MW) : elle est transformée à partir du Basalte composé d'une roche volcanique, de fondant et de coke. Sa performance thermique est de 0.032 à 0.040 w/m .k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.28: la laine de roche
Source :MM. Fragoset Trouillez 2012

II.2.5.2.2. La laine de verre : elle est composée de la silice (sable), du verre de récupération (ou calcaire) transformé par fusion, fibrage, et polymérisation. Sa performance thermique est de 0.030 à 0.040 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.29: La laine de verre,
Source (Mémoire de Master Académique DIDA. M, Université de Ouargla 2016 p28)

II.2.5.2.3. Le verre cellulaire : (CG) elle est composée des millions de cellules fermées remplies de gaz inerte. Son origine est verre recyclé. Sa performance thermique est de 0.038 à 0.055 w/m .k. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.30: le verre cellulaire,
Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, université, Biskra. 2017. P46)

II.2.5.3. L'isolants Synthétiques:

Ce sont des matériaux fabriqués de manière synthétique, on peut distinguer :

II.2.5.3.1. Polyuréthanes (PUR) : sont obtenus par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'iso cyanate, de polyol, et d'un gaz expanseur (CO₂) avec ajout de stabilisant et d'ignifugeants.



Figure II.31: La laine de verre,
Source (Mémoire de Master Académique DIDA. M, Université de Ouargla 2016 p31)

II.2.5.3.2. Le polystyrène expansé (PSE) : c'est un dérivé de raffinage de pétrole (naphta). Le polystyrène expansé (PSE) renferme une multitude de billes liées par compression lors du moulage et qui emprisonnent l'air sec immobile. Il est caractérisé par une grande légèreté, son résistance mécanique est élevée mais il est fragile au feu. Sa performance thermique est très faible (entre 0.029 et 0.038 w/m.k) (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.32: le polystyrène expansé
Source :MM. Fragos et Trouillez 2012

II.2.5.3.3. Polystyrène extrudé (XPS) : c'est un dérivé de raffinage de pétrole (naphta). Le polystyrène extrudé est obtenu après polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion grâce à un gaz lourd. Sa performance thermique est entre 0,029 et 0,037 W/m.K.) (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.33: le polystyrène extrudé
Source :MM. Fragos et Trouillez 2012

II.2.5.4. Les isolantes nouvelles générations:

La nouvelle génération d'isolant par une épaisseur raisonnable, a une performance bien meilleure que celle classique¹⁰.

II.2.5.4.1. Les aérogels : sont des matériaux nano-poreux aux caractéristiques futuristes. . Il consiste à extraire l'eau d'un gel de silice et à la remplacer par de l'air, ils présentent des caractéristiques d'isolation exceptionnelles, composés de 99.8% d'air, ils sont extrêmement légers et plus proches de l'apparence d'un nuage de poussière que d'un matériau isolant classique, Sa performance thermique est de 0.011 à 0.013 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

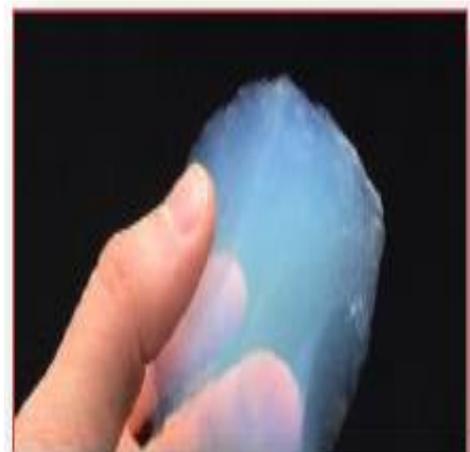


Figure II.34: Les aérogels, Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, université, Biskra. 2017. P50

¹⁰ FERRADJI, K. «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017. P51

II.2.5.4.2. Les panneaux isolant sous vide : Le PIV est composé d'un matériau « âme » confiné dans un film étanche et mis en dépression. Leur performance thermique est de 0.0042 à 0.050 w/m.k. (Fragos, MM. et Trouillez 2012).



Figure II.35: Les panneaux isolant sous vide, Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, université, Biskra. 2017. P50

II.2.5.4.3. Peinture isolante en extérieur : La peinture isolante en extérieur convient pour l'isolation thermique des façades et des toitures. Elle permet de conserver la chaleur en hiver comme elle évite les surchauffes en été en réfléchissant les rayons solaires. Cette peinture résiste aux intempéries, aux moisissures et aux salissures. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.36: la peinture isolante en extérieur. Source : MM. Fragos et Trouillez 2012.

II.2.5.4.4. Peinture isolante en intérieur : La peinture isolante en intérieur est utilisable pour l'intérieur, pour éviter les déperditions de thermique et régule le taux d'humidité. Elle répond aux raisons esthétiques par une large gamme des couleurs. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).



Figure II.37: la peinture isolante en intérieur Source : MM. Fragos et Trouillez 2012

II.2.5.5. L'isolation répartie:

C'est l'utilisation d'un matériau de construction pour la structure, le remplissage et l'isolation thermique¹¹.

¹¹ FERRADJI, K. «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017. P51

II.2.5.5.1. Le béton cellulaire : c'est un matériau fabriqué à partir des ressources naturelles, 64% de sable blanc très pure, 15% de chaux, 20% de ciment, 1% de gypse et 1% des agents d'expansion comme la poudre d'aluminium. Sa performance thermique est entre 0.09 et 0.13 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.38: le béton cellulaire,
Source (Mémoire Du magister FERRADJI, K, université, Biskra. 2017. P53

II.2.5.5.2. Les blocs bi-matières :

Il s'agit des blocs de construction monolithique composée du deux matériaux collés. La partie intérieure est en silico-calcaire. Ou en béton cellulaire pour supporter les charges. la partie extérieure est composés des blocs en béton cellulaire allégé pour assurer plus d'isolation. Sa performance thermique est de 0.064 w/m.k. Pour un mur de 36.5 cm de largeur. U mur est de 0.18 w/m².k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

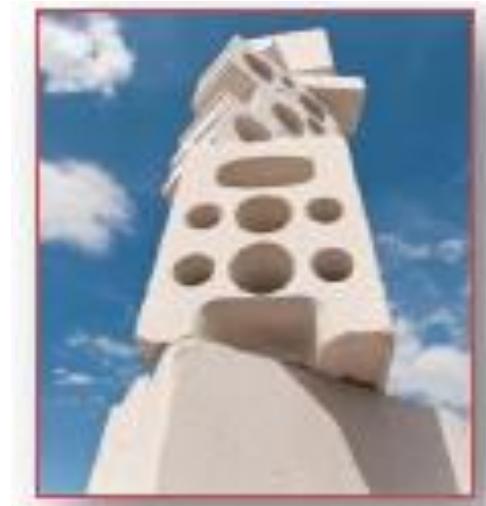


Figure II.39: Les blocs bi-matières,
Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, université, Biskra. 2017. P53

II.2.5.5.3. Les blocs mono-murs en pierre poncé :

il s'agit d'une roche volcanique. Elle contient 85% d'air emprisonné dans des nombreux pores et cellules fermées. D'où elle obtient son pouvoir isolant élevé. Sa performance thermique est de 0.099 à 0.11 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).



Figure II.40: Les blocs mono-murs en pierre poncé
Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, Université, Biskra. 2017. P53

II.2.5.5.4. Les blocs monomurs en billes d'argile expansée :

C'est un mur de 30cm d'épaisseur à un U de 0.038 à 0.47w/m².k.



Figure II.41: Les blocs mono-en billes d'argile expansée:
Source (Mémoire du magister FERRADJI, K, Université, Biskra. 2017. P53

Le meilleur choix des isolants dépend sur plein des caractères tels que la capacité thermique, la résistance thermique, le coût et l'impact sur la santé des occupants et sur l'environnement. Les matériaux les moins énergivores sont les moins polluants avec une bonne efficacité thermique¹².

II.2.5.6. L'isolants du vitrage et de menuiserie extérieure:

L'isolation de la partie compacte de projet ne signifie pas l'arrivée à la performance thermique souhaitée s'il ne soit pas complété par une prise en considération de la partie vitrée de l'enveloppe¹³.

II.2.5.6.1. Les vitrages :

Type de vitrage	Composition [mm]	Valeur U centrale [W/m ² K]	Facteur solaire absolu	Facteur lumineux absolu
Vitrage simple	4	5,80	0,85	0,90
	6	5,73	0,83	0,88
Double vitrage avec lame d'air	4+12+4	2,88	0,76	0,81
Double vitrage, couche basse émissivité, lame d'air	6+12+6	1,75	0,60	0,74
Double vitrage, couche basse émissivité, argon	6+15+6	1,32	0,61	0,74
Triple vitrage, lame d'air	4+6+4+6+4	2,29	0,67	0,73

Figure II.42: Performances énergétiques de divers systèmes de vitrages

Source : F. Simon, 2002

¹²FERRADJI, K. «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017. P53

¹³ Ibid. m.p

Le simple vitrage est caractérisé par une performance thermique (U_g) très faible de 5.7 à 6 $w/m^2.k$. A la fin des années 70, l'apparition du double vitrage afin d'emprisonner l'air entre deux vitres. La performance thermique d'un complexe de 4-12-4 est un U_g de 2.9 $w/m^2.k$. Si les verres sont de 6 mm U_g deviendra 2.8 $w/m^2.k$.

Pour plus d'amélioration du vitrage, le double vitrage à faible émissivité donne un U_g de 1.7 à 1.9 $w/m^2.k$. Le remplacement de l'air entre les deux vitrages par un gaz plus isolant donne un U_g de 1.7 $w/m^2.k$. Le triple vitrage est caractérisé par très bonne performance thermique avec un U_g 0.5 à 0.8 $w/m^2.k$.

L'ajout d'un film de polyester enduit de fines couches métalliques entre les deux verres, U_g devient 0.9 à 1.3 $w/m^2.k$ avec un remplissage d'air. Si le remplissage est par un gaz rare U_g sera de 0.6 à 1.1 $w/m^2.k$.

II.2.5.6.2.Les menuiseries : la performance globale d'une ouverture dépend aussi des châssis qu'ils soient de bonnes qualités isolantes, étanches à l'air et aux intempéries. Les différents matériaux utilisés pour la réalisation des châssis sont¹⁴ :

II.2.5.6.2.1.Le bois : est le matériau le plus anciennement utilisé dont il est caractérisé par sa grande isolation thermique et résistance mécanique. Mais son inconvénient principal est sa fragilité vis à vis les intempéries. Il a besoins d'un entretien fréquent. La solution est d'utiliser un châssis mixte le bois du côté intérieur et l'aluminium vers l'extérieur.



Figure II.43: la menuiserie en bois.
Source : <http://www.symbiose-nature-bois.fr/>

II.2.5.6.2.2.L'acier : le châssis en acier présente une résistance mécanique excellente mais son inconvénient est sa mauvaise isolation thermique.



Figure II.44: une menuiserie en acier
Source : <http://dpa-distribution.fr/>

¹⁴ Ibid.P55

II.2.5.6.2.3.L'aluminium : il est un grand conducteur de la chaleur mais cela peut être corrigé par une rupture des ponts thermiques. L'isolation est assurée par les vides d'air des alvéoles à l'intérieur des profilés.



Figure II.45: une menuiserie en aluminium
source :<http://www.mcr06.com/>

II.2.5.6.2.4.PVC : un matériau très utilisé actuellement dont il présente une bonne propriété isolante.

Les portes en bois : U_w est de 1.2 à 2.9 $w/m^2.k$.

Les portes en aluminium : en ajoutant des ruptures de ponts thermiques U_w est de 1.8 à 2.2 $w/m^2 .k$.

Les portes en fibre de verre : 0.64 à 1.4 $w/m^2 .k$.

II.2.6. L'isolation thermique en Algérie:

II.2.6.1. Les types d'isolants disponibles en Algérie :

L'isolant le plus disponible dans le marché algérien est le polystyrène. Mais son utilisation est très limitée dans le domaine du bâtiment. La laine de verre, le liège et la perlite sont aussi présentes avec des petites¹⁵

II.2.6.2. La réglementation thermique algérienne :

La mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

¹⁵FERRADJI, K. «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017. P53

Dans le cadre de cette réglementation le Centre National de la Recherche de l'industrie du Bâtiment [CNERIB] a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir :

- **Le DTR.C 3-2** qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation.
- **Le DTR.C 3-4** relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usage d'habitation.
- **Le DTR.C 3-31** relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti¹⁶.

La mise en application de cette réglementation permettra d'après nos estimations de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.(MEM, 2011).

II.3. Les recherches antécédentes:

L'isolation thermique joue un rôle principal dans la limitation des transferts de chaleur entre deux milieux ayant des températures différentes et également la réduction des consommations énergétiques, En effet, L'efficacité énergétique dans les bâtiments et l'isolation thermique des enveloppes constituent un domaine de recherche très important et ont connu un grand développement ces dernières années¹⁷.

Plusieurs études numériques et expérimentales ont été réalisées sur l'isolation thermique et sur l'efficacité énergétique. Parmi ces études :

(Mohsen et al)¹⁸ : Ont effectué une recherche sur l'économie d'énergie par l'isolation thermique des bâtiments avec différents matériaux comme le polystyrène, la laine de roche, et par une lame d'air. Ils ont constaté que l'économie d'énergie peut atteindre 77 % en utilisant le polystyrène dans l'isolation des murs et du toit.

¹⁶ TOUIL .A, MERGHACHE .S « ausujet del'efficacitéénergétique–vers des bâtiments moinsénergivores- » université aboubaker belkaid Tlemcen, 2017, P49

¹⁷ Peeters .L., R. de Dear, J. Hensen and W. D'haeseleer, 'Thermal Comfort in Residential Buildings: Comfort Values and Scales for Building Energy Simulation', Applied Energy, Vol. 86, N°5, pp. 772 - 780, 2009.

¹⁸ M.S. Mohsen and B.A. Akash, 'Some Prospect of Energy Saving in Building', Energy Conversion Management, Vol. 42, N°11, pp. 1307 - 1315, 2001.

(Aktacir et al)¹⁹:ont étudié l'effet de l'isolation sur un simple bâtiment situé à Adana en Turquie (climat méditerranéen). Ils ont montré que l'augmentation des épaisseurs de polystyrène extrudé entraîne une réduction des besoins en énergie de rafraîchissement.

(Ozel et al)²⁰:ont utilisé la méthode des différences finies pour déterminer la position et la distribution optimales des isolants sur les murs. Ils ont conclu que l'isolation extérieure des murs constitue la meilleure solution.

(Al-Sanea et al)²¹:ont montré que l'orientation des murs a un effet significatif sur les caractéristiques du transfert de chaleur, alors que cet effet est relativement plus faible sur le coût total et l'épaisseur optimale d'un isolant donné. Dans la même étude, ils ont évoqué le coût total et l'épaisseur optimale d'isolation, ainsi que leurs sensibilités aux changements dans les paramètres économiques.

(Fezzioui et al)²² :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.

(Medjelah et al)²³:Ont 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 résultats ont montré que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région permet d'obtenir un confort hygrothermique et réduire ainsi la consommation d'énergie.

(G.Barrios et al)²⁴ :ont réalisé une étude sur les paramètres d'évaluation de la performance thermique de l'enveloppe mur/toit pour les bâtiments non climatisés, à savoir les bâtiments qui n'utilisent pas les systèmes de climatisation, de chauffage ou de refroidissement. Cinq groupes de paramètres pour l'évaluation de la performance thermique de l'enveloppe

¹⁹ M.A. Aktacir, O. Büyükalaca and T. Yılmaz, 'A Case Study for Influence of Building Thermal Insulation on Cooling Load and Air-Conditioning System in the Hot and Humid Regions', Applied Energy, Vol. 87, N°2, pp. 599 - 607, 2010.

²⁰ M. Ozel and K. Pihtili, 'Optimum Location and Distribution of Insulation Layers on Building Walls with Various Orientations', Building and Environment, Vol. 42, N°8, pp. 3051–3059, 2007.

²¹ S.A. Al-Sanea, M.F. Zedan and S.A. Al-Ajlan, 'Effect of Electricity Tariff on the Optimum Insulation-Thickness in Building Walls as Determined by a Dynamic Heat-Transfer Model', Applied Energy, Vol. 82, N°4, pp. 313 - 330, 2005.

²² N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyamine 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.

²³ D. Medjelah et S. Abdou, 'Impact de l'Inertie Thermique sur le Confort Hygrothermique et la Consommation Énergétique du bâtiment', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°3, pp. 329 - 341, 2008.

²⁴ G. Barriosa, G.Huelsza, J.Rojasa, J.M.Ochoab, I.Marincicb. Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings. Energy and Buildings 50 (2012) 120–127.

murs/toits dans des bâtiments non climatisés ont été analysées à l'aide de simulations numériques du transfert de chaleur périodique à travers cinq différentes configurations de toit. Cette recherche montre la pertinence de l'utilisation de l'énergie transférée à travers l'enveloppe mur/toit pendant un jour, le facteur de diminution, les degrés-heures de l'inconfort et l'indice d'efficacité thermique à chaud ou froid, pour l'évaluation thermique de murs/toits des bâtiments non climatisés. La sensibilité de ces paramètres a été analysée avec les conditions climatiques et avec le facteur d'absorption solaire de la surface extérieure. L'énergie transférée par l'enveloppe mur/toit au cours d'une journée, est un paramètre thermique efficace pour sélectionner les meilleures configurations. Le facteur de diminution de la surface, n'a pas cette propriété, par conséquent, il est déconseillé pour les évaluations dans les bâtiments non climatisés. Bien que, le temps de décalage n'a pas cette propriété, il peut être utilisé comme un paramètre complémentaire pour choisir une configuration appropriée.

(Mohamad Ibrahim et al)²⁵: ont étudié expérimentalement et analytiquement les performances thermiques des murs extérieurs protégés par une couche d'isolation à base de "silice-aérogels". L'objectif de cette étude est de trouver la meilleure matière de construction du mur, et le meilleur type d'isolation entre les différents matériaux utilisés à partir de la comparaison de ces performances, pour les différents cas en chauffage continu, chauffage discontinu et pas de chauffage. Plusieurs paramètres d'évaluation sont utilisés : temps de décalage, le facteur de diminution, la consommation énergétique, et l'indice de confort thermique.

Les résultats montrent que pour les cas en chauffage continu et pas de chauffage, le meilleur mur qui donne un maximal temps de décalage et un minimal facteur de diminution, c'est le mur avec deux couches d'isolation, l'une au milieu de le mur et l'autre placé à la surface extérieure. Pour les espaces chauffés par l'intermittence, le cas pour une matière isolante placée comme une couche sur la surface intérieure du mur est la plus efficace pour la consommation énergétique. La meilleure performance pour l'utilisation de l'indice de confort thermique est obtenue pour le même cas.

Dans la plupart cas étudiés, la couche isolante à base de la matière silice-aérogel présente des meilleures performances par rapport à d'autres matériaux isolants utilisés.

murs/toits des bâtiments non climatisés. La sensibilité de ces paramètres a été analysée avec les conditions climatiques et avec le facteur d'absorption solaire de la surface extérieure.

²⁵ Mohamad I, Pascal H. B, Etienne W, Patrick .A. A study on the thermal performance of exterior walls covered with a recently patented silica-aerogel-based insulating coating. Building and Environment 81 (2014) 112e122.

L'énergie transférée par l'enveloppe mur/toit au cours d'une journée, est un paramètre thermique efficace pour sélectionner les meilleures configurations. Le facteur de diminution de la surface, n'a pas cette propriété, par conséquent, il est déconseillé pour les évaluations dans les bâtiments non climatisés. Bien que, le temps de décalage n'a pas cette propriété, il peut être utilisé comme un paramètre complémentaire pour choisir une configuration appropriée.

Conclusions :

Le choix des matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe représente un enjeu considérable pour assurer la sensation de confort en économisant la consommation énergétique,

Dans ce chapitre nous avons analysé les différents matériaux de construction. Selon les critères objectifs ou individuels, leur choix a un impact direct sur la qualité de l'enveloppe thermique. Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction vont permettre d'augmenter ou de diminuer la performance énergétique.

Pour plus de performance, une isolation thermique peut corriger les défauts d'étanchéité d'une enveloppe thermique. L'isolation va créer une barrière contre les fuites de la chaleur ou de la fraîcheur.

La grande variété des types d'isolants donne à l'utilisateur à choisir selon certains critères. Le respect de la santé de l'occupant, le coût convenable et l'efficacité sont des éléments à prendre en considération lors du choix.

L'isolation thermique est une solution très conseillée pour rendre le bâtiment à base consommation, en Algérie reste à évaluer à cause de l'ignorance presque totale de l'application de la réglementation, mais avant d'intégrer ces solutions nous devons intervenir sur la construction pour le rendre économe en matière d'énergie.

CHAPITRE III

Méthodologie et présentation
du cas d'étude

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter la ville de Tébessa, du point de vu, essentiellement caractéristique climatique avec un enchainement descriptif, autant que possible, ensuite on va définir et connaître la zone d'étude et l'aire d'intervention et nous décrivons les cas d'étude « les logements », enfin, c'est la présentation de la méthodologie de recherche employée dans le but d'évaluer l'efficacité Énergétique des bâtiments choisis en précisant le choix du logiciel de la simulation et le protocole de cette dernière.

III.1. Présentation du cas d'étude :**III.1.1. Situation et caractéristique climatique :****III.1.1.1. Classification du climat en Algérie :**

L'Algérie est le premier pays en Afrique dont la superficie, qui est de 2381741 Km² avec une vaste étendue territoriale et climatique allant de la mer au Sahara .en Algérie on distingue quatre zones principales la figure ?

Zone A : Littoral marin,

Zone B : Arrière littoral montagne,

Zone C : Hauts plateaux ;

Zone D : Présaharien et saharien ;

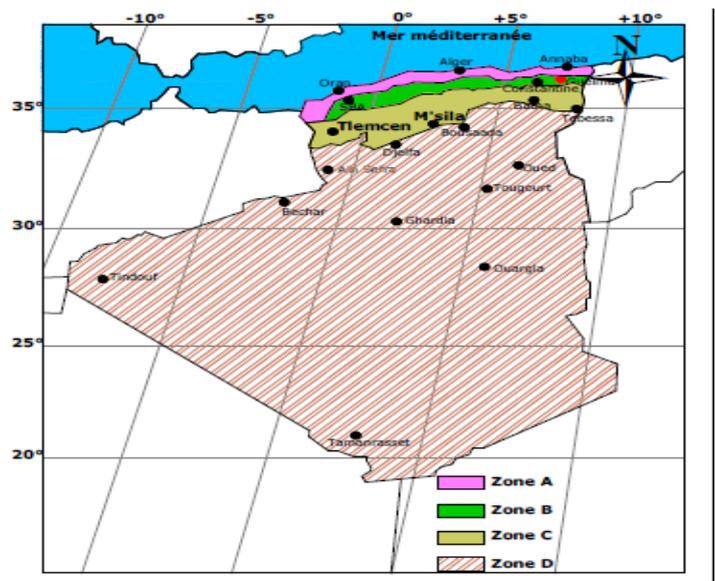


Figure III.01: les différents types du climat en Algérie
Source (Mémoire du magister, Université de Constantine.
Medjelekh, D, 2006 P38)

III.1.2. Présentation de la wilaya de Tébessa :**III.1.2.1. Situation géographique et astronomique de la wilaya :**

À une latitude de 35°24 au nord, une longitude de 08°07 à l'est et une altitude de 867M, La ville Tébessa occupe une position stratégique à l'extrême Est de l'Algérie, c'est une ville carrefour à la frontière du désert et de la Tunisie, aboutissement de voies de circulation

importantes et constitue un point de transit entre l'intérieur et l'extérieur du pays d'une part et entre le Tell et le Sahara d'autre part¹

La wilaya s'étend sur une superficie de 13878 Km² et compte 693 671 habitants (RGPH 2008), elle est considérée comme le 1er producteur de fer et de phosphate du pays (Minerai de fer à Ouenza et Boukhadra, Phosphates de Djebel-Onk). Elle est limitée :

- au nord : par la wilaya de Souk Ahras ;
- au sud : par la wilaya d'El Oued ;
- à l'est : par la Tunisie ;
- à l'ouest : par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchela.

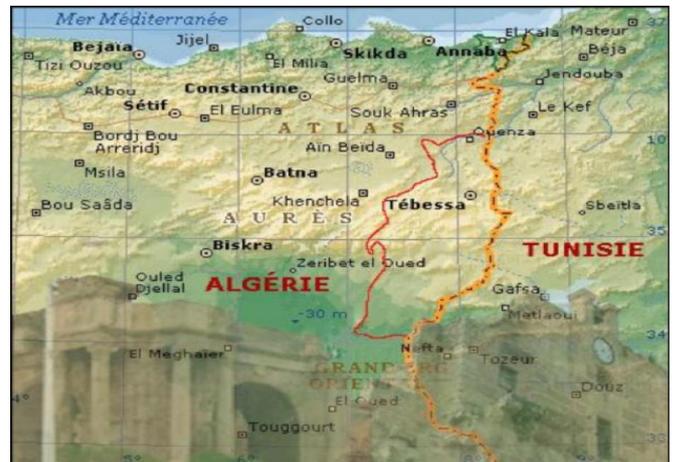


Figure III.02 : position de Tébessa par rapport à la carte d'Algérie
Source : mémoire de Magister Gherzouli. L, Université de Constantine 2007 p38

La commune de Tébessa est située dans la partie nord par rapport au territoire de la wilaya, elle s'étale sur une surface totale de 184 km².

III.1.2.2. Caractéristique du climat de la ville de Tébessa :

Le climat qui règne est de type hauts plateaux, il est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs².

La wilaya de Tébessa se distingue par quatre étages bioclimatiques:

- le sub – humide de (400 à 500mm /an) : très peu étendus, il ne couvre que quelques îlots limités « les sommets des reliefs : djebel-serdiés et djebel Bourornane)
- le semi-aride de (300 à 400mm /an) : représenté par le sous étage frais et froid, il couvre toute la partie nord de la wilaya.

¹ Gherzouli. L « Renouveau du centre ancien de la ville de Tébessa » mémoire de magister, université de Mentouri Constantine, 2007 .P 36

² Medjelekh, D. « 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 du magister, université Mentouri, Constantine. 2006. P38

- Le sub-aride (200 à 300 mm /an) : il couvre les plateaux steppiques : d'oumali, safsaf el Ousrathligene et bir EL Ater)
- L'aride ou sub- saharien (inférieur à 200 mm/an): commence et se prolonge au-delà de l'atlas Saharien et couvre les plateaux de negrine et Férken.

La région d'étude se caractérise par un hiver froid et pluvieux neigeux et un été chaud et sec³.

III.1.2.3. Les données climatiques de la région de Tébessa :

Afin de mieux maîtriser la situation climatique, c'est intéressant de consulter les paramètres liés à l'ambiance de l'individu tel que la précipitation, les vents, les températures...etc.

2018												
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
RRR	0.7	29.6	20.3	26.8	95.5	12.8	3.4	72.1	25.2	91.2	8.8	13.0
EVOP	85.8	63.2	120.9	114.5	109.4	177.6	309.1	116.0	119.4	48.2	39.4	32.0
Tmax	15.9	12.7	18.9	23.9	25.2	30.7	39.1	31.5	30.7	21.9	17.7	14.9
Tmin	2.2	2.2	6.2	8.5	11.0	14.9	20.7	16.9	15.8	10.7	5.5	1.4
U	61.1	68.5	55.6	53.6	62.3	47.4	30.2	60.1	58.4	71.1	66.6	68.4
INSO	218.2	166.4	213.0	207.2	279.5	341.2	326.6	297.3	249.7	212.6	203.7	205.9
VENT	3.7	3.9	4.4	3.7	3.5	3.5	3.2	2.6	2.7	3.2	2.9	2.6

Tableau III.1 : Données météorologiques de la wilaya de Tébessa en 2018

Source : station météorologique de Tébessa

III.1.2.3.1. Rayonnement solaire et durée d'insolation :

À partir des données climatiques recueillis de la station météorologique de la ville de Tébessa. La durée d'ensoleillement est intense est de l'ordre de 7480 Wh/m²/jour sur une surface horizontale pendant le mois de juillet. La durée de jour maximale est de 326h/mois (le mois ou le ciel est plus clair, reçoit une fraction d'insolation importante de 80%).

En hiver le rayonnement solaire global atteint son maximum en janvier est de l'ordre de 2334 Wh/m²/jour avec une durée de 218h/mois (le mois ou le ciel est couvert, une fraction d'insolation de 45%).

Ces valeurs montrent que l'intensité des radiations globale augmente durant la période chaude et sèche et diminue pendant la période froide et humide. L'ensoleillement joue un rôle très important dans la variation de la température.

³ BENHAMLAOUI .R, SAHRAOUI .A « l'efficacité énergétique d'un bâtiment à usage administratif à Tébessa » mémoire de master, université de Tébessa, 2015 P 58

Ce facteur doit être pris en considération lors de la conception afin d'empêcher d'éventuels problèmes de surchauffes en prévoyant des protections ainsi il représente une source d'énergie gratuite pour un chauffage solaire passif en hiver.

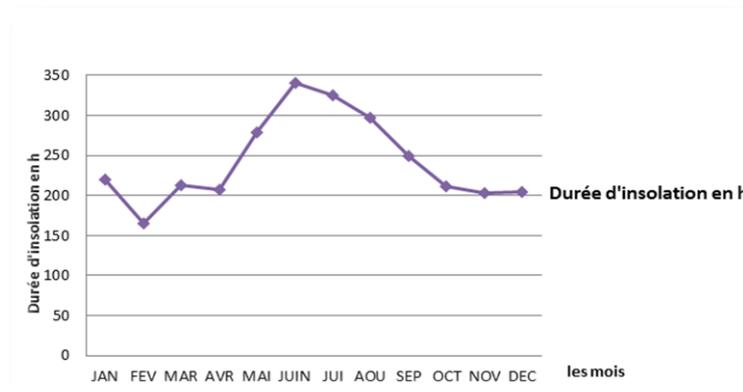


Figure III.03: durée d'insolation de la wilaya de Tébessa en 2018

Source : station météorologique de Tébessa

III.1.2.3.2. Température :

D'après le (tableau ...) et le (graphe ...) la région est soumise à des conditions climatiques de type hauts plateaux se caractérisant par de fortes fluctuations entre l'hiver et l'été, le maximum de température avoisine 39 °C en période estivale, l'hiver est très rigoureux, la température descend jusqu'à 1.4°C en mois de décembre.

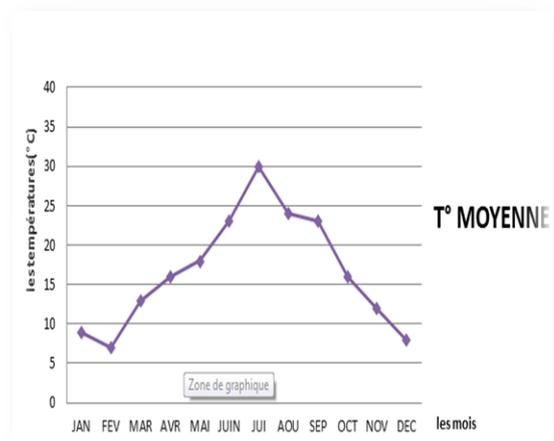


Figure III.04: les températures moyennes de la wilaya en 2018

Source : station météorologique de Tébessa

III.1.2.3.3. Humidité :

La station météorologique de la ville de Tébessa enregistre, le plus haut taux d'humidité (71%) pendant le mois d'octobre, et le plus bas (30%) pendant le mois de juillet. On constate aussi que l'air est sec (au-dessous de 50%) pendant les mois de juin et juillet.

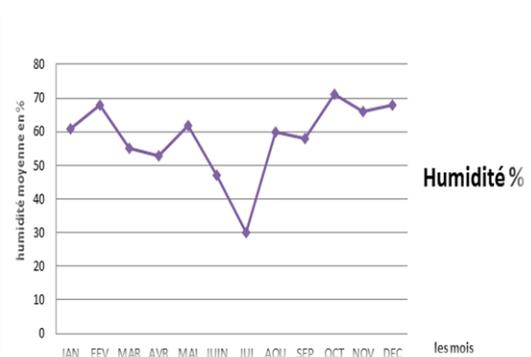


Figure III.05: l'humidité moyenne de la wilaya en 2018,

Source : station météorologique de Tébessa

III.1.2.3.4. Précipitation :

Les précipitations sont influencées notamment par les mouvements des vents et les Changements des régimes de températures. Elles sont considérées comme un élément déterminant dans la classification des climats.

Selon le graff, Les précipitations à Tébessa (figure III.5) sont marquées par une période courte de sécheresse, durant laquelle les précipitations sont très faibles et tombent sous forme d'orage.

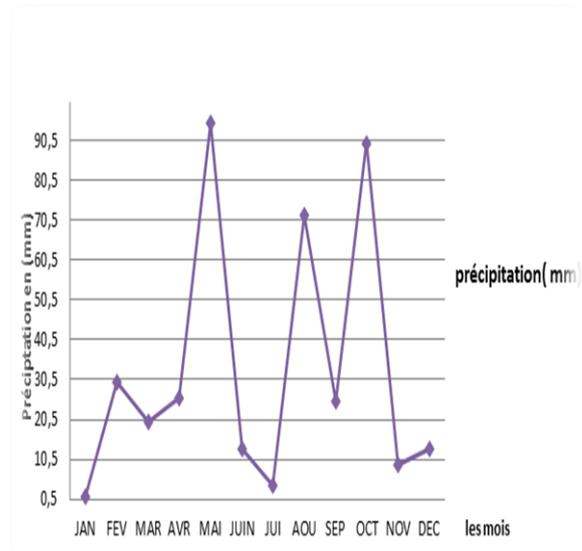


Figure III.06: les précipitations annuelles de la wilaya en 2018
Source : station météorologique de Tébessa

Le mois le plus arrosé est Mai avec 95.5 mm et le mois le plus sec est janvier avec 0.7 mm

III.1.2.3.5. Vents :

Cet élément est défini par deux paramètres :
Sa vitesse moyenne et Sa direction.

Les vents qui prédominent à Tébessa sont ceux de direction Nord-ouest en période Hivernale avec une moyenne de 3.4 m/s, et de direction sud-est en période estivale

Avec une moyenne de 4.0 m/s

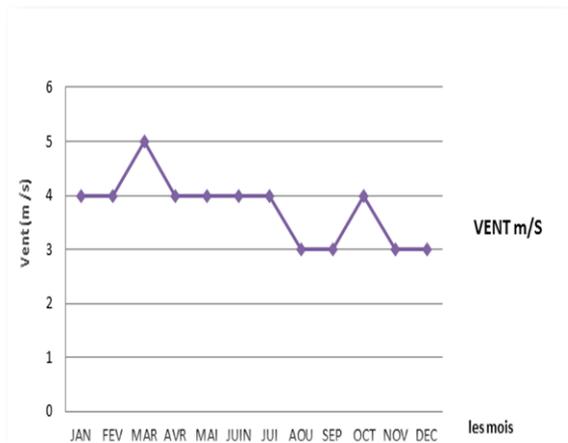


Figure III.07: la vitesse du vent de la wilaya en 2018
Source : station météorologique de Tébessa

III.2. Présentation des échantillons d'étude :

III.2.1. Présentation du premier bâtiment (ossature poteau –poutre) :

III.2.1.2. Présentation du quartier :

Le quartier ORAMI est situé en face de lotissement 4 mars au nord de la ville de Tébessa, exactement au (pos N°4 fatma Zohra) et précisément au nord-ouest du centre-ville, pas loin

de la RN16. Il est construit récemment, programme 2007, par le bureau d'étude MELKIA Hacene. (OPGI TEBESSA)



Figure III.08: situation du quartier l'orami par rapport à la ville

Source : Google / Earth

III.2.1.3. Plan de masse :

Dans la zone choisie, il ya 108 logements collectifs participatifs mixte, (le commerce en RDC)

Les logements sont distribués sur 12 blocs (R+5 et R+4), du type F3, organisés en barres linéaire et angle, les blocs sont allongés de l'ouest à l'est.

Le plan de masse est composé aussi par des espaces extérieurs un parking, un air de jeux.

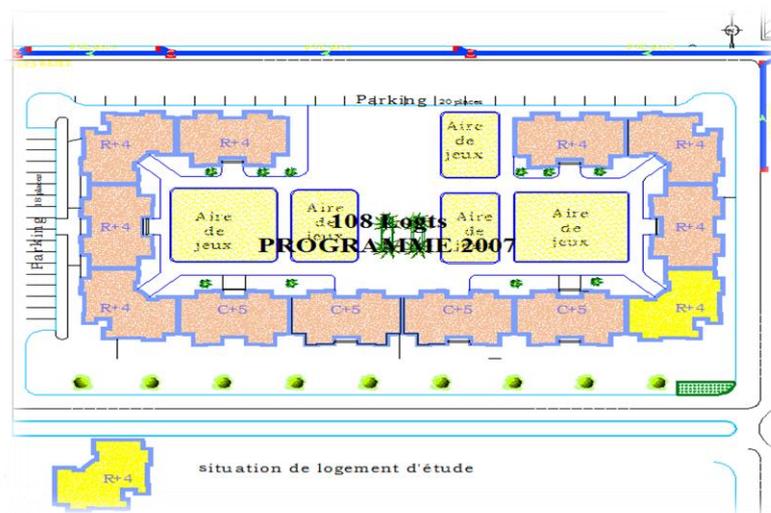


Figure III.09 : plan de masse de la zone

Source : OPGI TEBESSA

III.2.1.4. Quelques photos sur le quartier :

Le présent projet fait partie de l'extension de la ville vers au nord-ouest de la ville de Tébessa



Figure III.10 : vues sur le quartier l'orami

Source : auteur

III.2.1.5. Les plans des logements - bloc d'angle - :

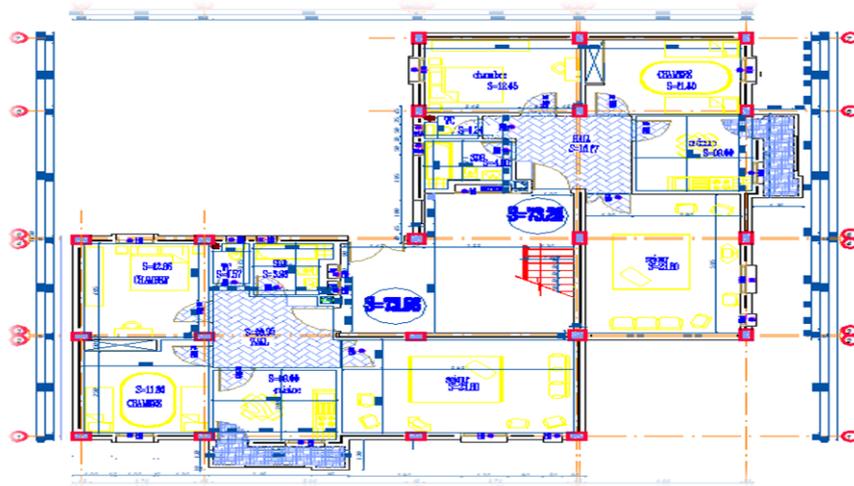


Figure III.11: Plan RDC.

Source OPGI Tébéssa

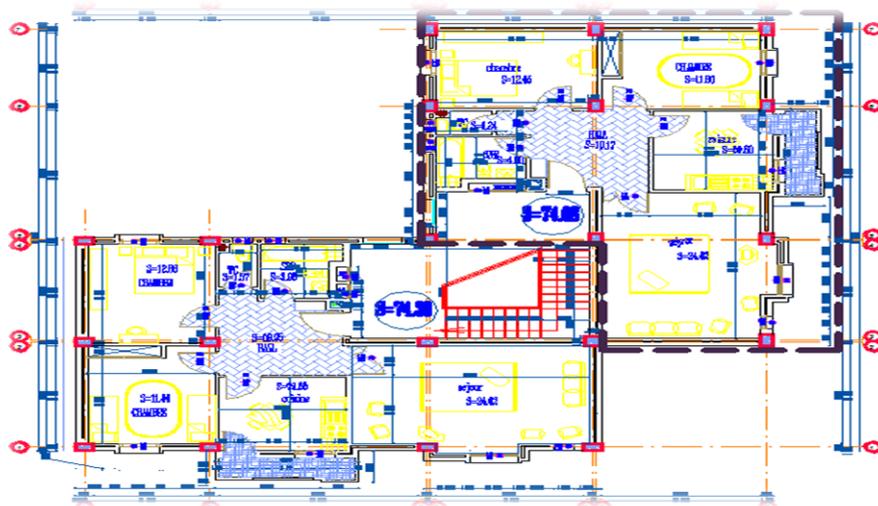


Figure III.12: Plan Courant.

Source OPGI Tébéssa

III.2.1.6. Plan de logement à étudiée :

Le cas choisi est l'appartement de dernier étage. Le critère du choix est sa disposition avec 2 Façades East, Ouest avec sa toiture (trois faces vers l'extérieur). Cette disposition a le potentiel d'augmenter le risque des déperditions thermiques.

..... BLOC ANGLE

TABLEAU DES SURFACES -F3-	
Désignation	Surface(m ²)
Sejour	23.80
Chambre o1	11.80
Chambre o2	12.65
Hall	10.17
Cuisine	9.60
S-D-B	4
W-C	1.24
Total	73.26 m²

Tableau III.2: programme surfacique
Source : OPGI TEBESSA.

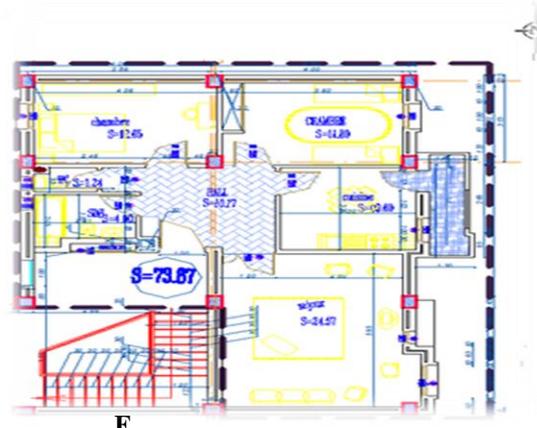


Figure III.13: plan d'étage courant. Source : OPGI Tébessa

III.2.1.7. Description générale :

- Gabarit : R+4 ;
- Deux logements par palier ;
- Logement F3 ;
- La surface habitable est environ 76m² ;
- Les espaces à vivre sont orientés vers l'extérieur East -Ouest ;
- La cuisine et le sanitaire sont orientés East -Ouest ;
- Le logement possède trois façade vers l'extérieur ;

III.2.1.8. Les caractéristiques constructive de la maison :

Selon le devis descriptif (données de l'OPGI) ; les détails de construction de logement d'étude sont :

- ✓ Une structure en poteaux- poutres en béton armé
- ✓ Les murs extérieurs sont construits par un double mur avec une lame d'air de 5cm
- ✓ Les fondations sont en béton armé.
- ✓ Les planchers intermédiaires sont en corps creux, avec une ponte en gros béton 5 cm
- ✓ Les ouvertures sont en simple vitrage avec un cadre en bois.

III.2.2. Présentation du deuxième bâtiment (système constructif mixte) :

III.2.2.1. Présentation du quartier :

Le quartier Sonatiba est situé au nord de la ville de Tébessa, et précisément au nord-ouest du centre-ville, le quartier a été réalisé par bureaux d'étude polonais.



Figure III.14: situation du quartier sonatiba par rapport à la ville

Source : Google / Earth

III.2.2.1. Plan de masse :

Dans la zone choisie, il y a 122 logements collectifs participatifs, Les logements sont distribués sur 15 blocs (R+2 et R+3), du type F3 et F2, organisés en barres linéaires, les blocs sont allongés du nord au sud.

Le plan de masse est composé aussi par des espaces extérieurs un parking, et espace vert



Figure III.15: plan de masse de la zone

Source : OPGI TEBESSA

III.2.2.1. Quelques photos sur le quartier :



Figure III.16: Vus sur le quartier sonatiba

Source : auteur

III.2.2.1. Les plans des logements -bloc barre - :



Figure III.17 : Plan RDC et Courant,

Source OPGI TEBESSA

III.2.2.1. Plan de logement à étudiée :

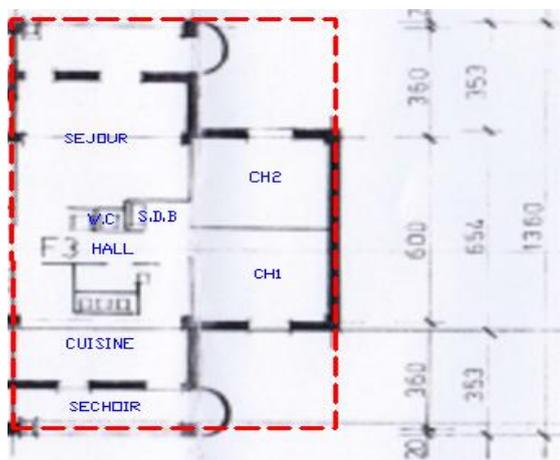


Figure III.18: plan d'étage courant.

Source : OPGI TEBESSA.

..... BLOC BARRE

TABLEAU DES SURFACES -F3-	
Désignation	Surface(m ²)
Sejour	19.20
Chambre o1	11.70
Chambre o2	11.70
Hall	5.20
Cuisine	19.20
S-D-B	2.12
W-C	1.28
Total	70.40

Tableau III.3: programme surfacique

Source : OPGI TEBESSA

III.2.2.1. Description générale :

- Gabarit : R+3 ;
- Deux logements par palier ;
- Logement F3 et F2 ;
- La surface habitable est environ 70m² ;
- Les espaces à vivre sont orientés vers l'extérieur East -Ouest ;
- La cuisine est orientés vers l'East ;
- Le logement possède deux façade vers l'extérieur ;

III.2.2.1. Les caractéristiques constructive de la maison :

Les détails de construction de logement d'étude sont :

- ✓ Une structure mixte en béton armé
- ✓ Les murs extérieurs sont construits par un voile de 20 cm
- ✓ Les fondations sont en béton armé.
- ✓ Les planchers sont en dalle pleine, avec une poutre en gros béton 5 cm
- ✓ Les ouvertures sont en simple vitrage avec un cadre en bois.

III.3. Méthodologie de recherche :**III.3.1. Technique et méthode d'investigation :**

Pour la présente recherche et pour confirmer ou infirmer les hypothèses posée au début de ce mémoire, nous voulons déterminer le niveau de consommation d'énergie de ce type d'habitat, cette consommation concerne le besoin d'énergie en chauffage pour la période hivernale, et le besoin d'énergie pour la climatisation pour l'été, sous des conditions bien précises (le climat, les composantes de l'enveloppe,etc.), à cet effet nous adaptons la simulation comme technique de recherche pour tester ce logement pour obtenir nos besoin tout en essayant de simuler le cas réel, après nous allons intégrer des matériaux isolants dans l'enveloppe du bâtiment (isolation de mur, la toiture, et type de vitrage) tout en allégeant notre bilan énergétique, pour cela nous adaptons logiciels TRNSYS pour la simulation thermique .

III.3.2. Présentation de la technique :**III.3.2.1. Qu'est-ce que une STD :**

Une simulation énergétique dynamique est une simulation effectuée par un ou plusieurs outils numériques, pour calculer la consommation énergétique annuelle du bâtiment, et d'une éventuelle production locale d'énergie (photovoltaïque, cogénération, ...) ⁴.

⁴ « Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED) » APOGEE JUIN 2015 P05

Les avantages de la STD	<ul style="list-style-type: none"> - Permet d'aider aux dimensionnements des équipements techniques : installation des appareils (chauffage, refroidissement). - Permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment de manière dynamique (restitutions de chaleur) - Permet d'intégrer les apports solaires et les apports internes - Permet d'étudier finement le comportement des équipements techniques surtout quand leurs performances dépendent des conditions météo⁵
-------------------------	---

III.3.2.2. Les avantages de la STD

TABLEAU III.19: Les avantages de la STD

Source : auteur

III.3.2.3. Objectif de la STD :

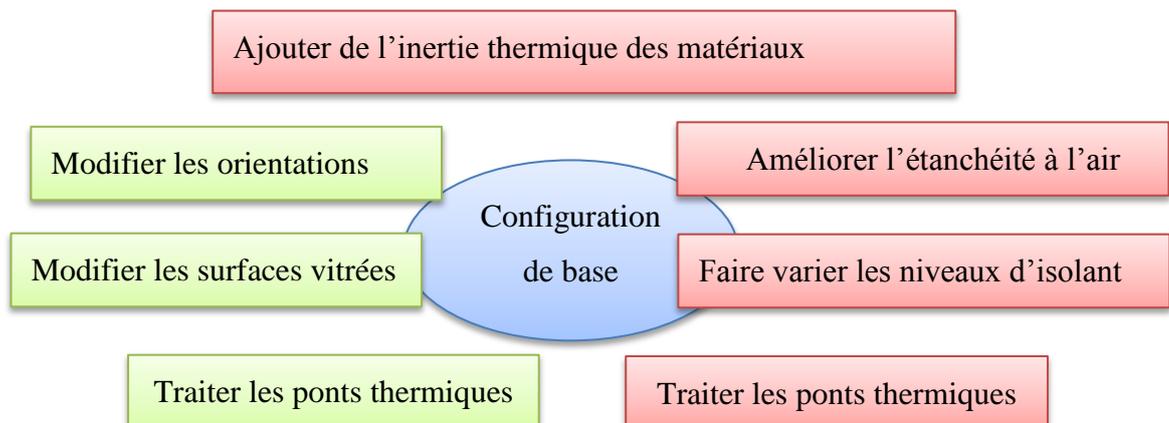


Figure III.19 : Objectif de la STD

Source : auteur

III.3.2.4. Quelques logiciels de la STD :

- **Design-Builder**
 - Interface graphique 3D ergonomique
 - Import /export format gbXML
 - Possibilité d'effectuer un calcul réglementaire + dimensionnement + calcul SED



⁵OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017.P92

- Modélisation couplée bâtiment-éclairage-système-ventilation naturelle.
- La difficulté de prise en main, logiciel très fermé
- Travail plus long⁶

TRNSYS :

- Logiciel international et son approche très scientifique
- Grande flexibilité d'utilisation
- Interface peu intuitive
- Travail plus long et plus laborieux
- La version 16 se présente encore plus ouverte en termes de connexions vers d'autres outils et langages de programmations.

**Pléiades +comfie :**

- Leader sur le marché français, bien adapté à la simulation « classique » (besoin de chauffage, confort d'été)
- Permet de faire des STD assez rapidement
- Intègre un moteur de calcul th-BCE (calcul RT 2012)
- Intègre un outil pour estimer l'énergie grise du bâtiment
- La difficulté de prise en main

**III.3.2.5. Pourquoi nous avons choisi TRNSYS ?**

Nous avons choisi logiciel TRNSYS parce que :

- Logiciel international et son approche très scientifique
- La disponibilité de logiciel
- la disponibilité des profs qui va m'aider pour maîtriser ce logiciel
- est un outil facile d'apprentissage.
- Il permet de saisir très rapidement un projet de simulation

D'autre coté les autres logiciels ont besoins une maîtrise plus poussée (techniques de calculs, phénomènes physiques, programmation informatique) et demandent plus de détails et un temps de calcul plus important et la totalité ne sont pas gratuit.

III.4. Présentation du logiciel de simulation (TRNSYS) :

TRNSYS (TRAnsient SYstems Simulation program with à modular structure) est un programme de simulation des systèmes transitoires. Il était développé par le laboratoire

⁶ « Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED) » APOGEE JUIN 2015 P10

« solar energy » de l'université de WISCONSIN Madison aux Etats Unis depuis Mars 1975. Son utilisation était pour la simulation des systèmes solaires thermiques⁷.

Il est utilisé dans le monde entier par des ingénieurs et des chercheurs des thermiciens afin de valider de nouveaux concepts énergétiques, allant du simple système de chauffe-eau domestique jusqu'au design et la simulation de bâtiments entiers avec leurs équipements, leurs stratégies de contrôle, le comportement de leurs occupants, les systèmes d'énergies renouvelables ...etc.⁸

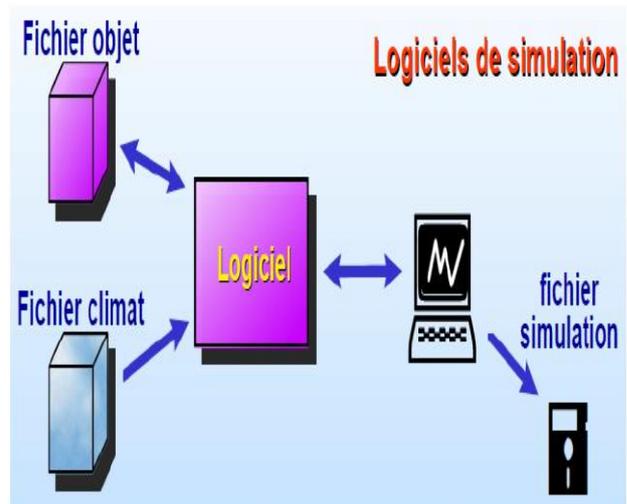


Figure III.20 : Mode de fonctionnement des logiciels de simulation
Source : (Liébard, A. et André. De Herde. 2005).

III.4.1. Fonctionnement pratique du programme :

Le programme nécessite pour son fonctionnement la création de deux (02) sous-programme⁹
Un fichier .BUI (Trnsys Building Description File), à partir du sous-programme TRNBuild, qui contient en fait la partie description géométrique et constructive du prototype (propriétés des matériaux, épaisseurs, hauteurs) et le zonage thermique du bâtiment.

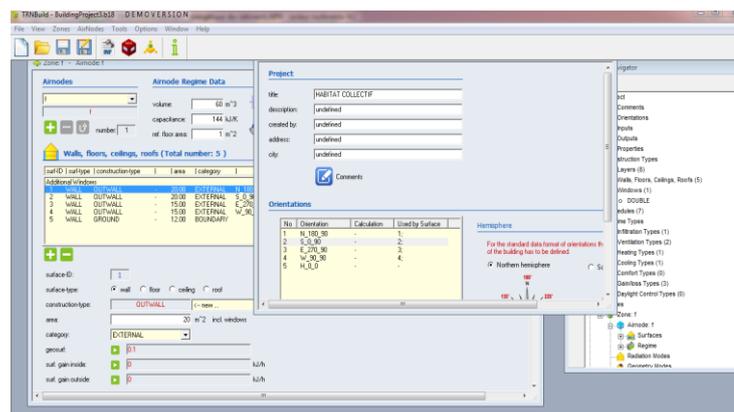


Figure III.21 : Description du bâtiment dans TRNBuild
Source : auteur

⁷ FERRADJI, K. «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017. P140

⁸ Klein, et. al., TRNSYS – A Transient System Simulation Program User Manual, The SolarEnergyLaboratory, University of Wisconsin – Madison, 2005.

⁹ Klein, et. al., TRNSYS – A Transient System Simulation Program User Manual, the SolarEnergyLaboratory, University of Wisconsin – Madison, 2005.

Un fichier .TPF (Trnsys Project File), à partir du sous-programme IISIBAT. Ce fichier est en fait le panneau d'assemblage des composants du prototype. Il contient des éléments, disponibles dans la bibliothèque du programme (TYPES). Dans ce programme il est possible, d'introduire par les types, les données météorologiques du site, les orientations, le descriptif du bâtiment...etc.

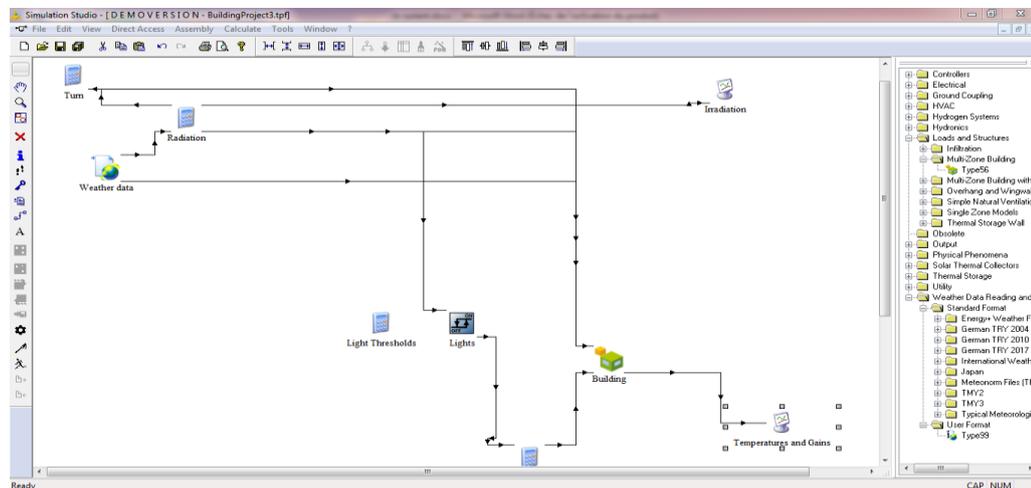


Figure III.22 : Edition du modèle et du projet dans TRNSYS Simulation Studio
Source : auteur

A partir de ces deux fichiers on arrive à mettre les résultats de la simulation en forme de graphiques et de fichiers texte. Dans les dernières versions, le programme SimCad a été introduit permettant de récupérer des documents graphiques de CAO tel que les fichiers .dxf d'Autocad et de les enregistrer en tant que données géométriques du projet (fichier TRNBuild).

Conclusion

Cette étape est primordiale, elle nous a servi comme initiation à la simulation, le climat de la ville de Tébessa est classé comme climat froid et long en hivers et des étés sont chauds et secs.

On a fait une petite recherche, état de l'art, pour justifier l'utilisation des logiciels TRNSYS, c'est un logiciel d'étude et de simulation thermique, Il était développé par le laboratoire « solar energy » de l'université de WISCONSIN aux USA.

Par le choix des échantillons représentants du cas d'étude "Habitat collectif", l'objectif du prochain chapitre sera l'impact de l'isolation thermique sur l'efficacité énergétique algérienne en faisant sortir les recommandations nécessaires pour l'amélioration de cette dernière.

CHAPITRE IV

Simulation et interprétation des résultats

Introduction :

Dans cette partie nous arrivons à finaliser notre travail par un processus de simulation à l'aide de logiciel TRNSYS, c'est le temps de confirmer ou d'infirmer les hypothèses posées dans l'introduction générale. Afin d'arriver aux objectifs posés au préalable, il s'agit d'évaluer la consommation énergétique par rapport à l'état initial, cette étude pratique repose sur la simulation entre deux bâtiment à usage d'habitation de système constructif différent (Ossature poteaux-poutres et voile en béton armé) située à Tébessa région (semi-aride). La simulation thermique consiste à comparer les températures intérieures et la quantité d'énergie consommée en été comme en hiver.

IV. 1. Description du protocole de la simulation :

La méthodologie de recherche consiste à intégrer des matériaux isolant dans l'enveloppe de bâtiment en augmentant l'épaisseur de l'isolant et en changeant son emplacement dans les parois, ainsi que la qualité du vitrage en passant d'un simple vitrage à un double vitrage. L'objectif de cette partie est d'évaluer l'impact réel de l'isolation thermique sur la consommation énergétique.

IV.1.1. Le premier logement (ossature poteau –poutre):

Il s'agit d'un logement représentant la grande majorité du cadre constructif sur le territoire national, il s'agit d'un logement représentant du système constructif (**poteau-poutre**), il a le même système constructif que le plan de **dokan**, La composition du logement s'articule autour d'un espace central « le hall », (Voir annexe)

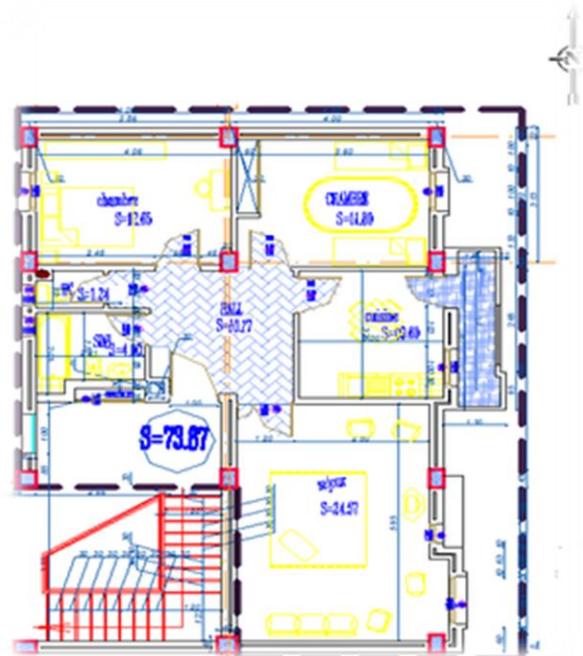


Figure IV.01 : plan générale de cas de base
Source : OPGI TEBESSA

IV.1.1.1. Composition de l'élément constitutif de l'enveloppe du cas de base :

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans l'enveloppe (cas de base) sont représentées dans les tableaux ¹(Voir annexe).

Paroi	Constitution (intérieur vers extérieur)	Epaisseur total (cm)	U (W/m ² .K)
Mur extérieur	Enduit Intérieur (2cm) + Brique creuse (10 cm) + lame d'air (5 cm) + Brique creuse (15 cm) + Enduit extérieur (2 cm)	34	0.73
Plancher bas	carrelage granito (3 cm) + mortier (3 cm) + béton lourd (10 cm)	16	3.82
toiture	Enduit Intérieur (2 cm) + Plancher à entrevous (20 cm) + forme de pente en gros béton (5 cm) + gravier (4 cm)	31	2.2
Baie	Vitrage simple	0.3	5.74

Tableau IV.01: Composition des parois de l'état actuel du premier logement
Source : auteur

IV.1.2. Le deuxième logement (système constructif voile) :

Il s'agit d'un logement représentant du système constructif (mixte de périphérie voile), il a le même système constructif que le plan de **boulhaf dir**, (Voir annexe)

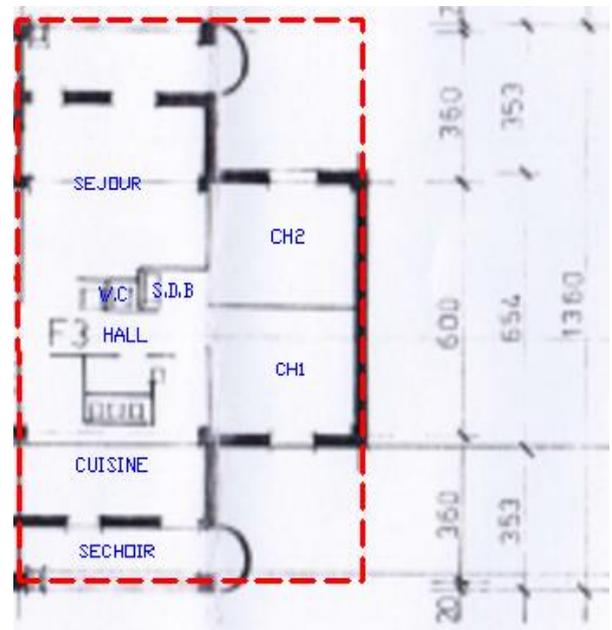


Figure IV.02 : plan générale de cas de base.
Source : OPGI TEBESSA

¹ TRNSYS (Transient Système Simulation)

IV.1.2.1. Composition des éléments constitutifs de l'enveloppe du cas de base :

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans l'enveloppe (cas de base) sont représentées dans les tableaux:

Paroi	Constitution (intérieur vers extérieur)	Epaisseur total (cm)	U (W/m ² .K)
Mur extérieur	Enduit Intérieur (2cm) + béton lourd (20cm) + Enduit extérieur (2 cm)	24	2.94
Plancher bas	carrelage granito (3 cm) + mortier (3 cm) + béton lourd (10 cm)	16	3.82
toiture	Enduit Intérieur (2 cm) + Plancher dalle pleine (20cm) + forme de pente en gros béton (5 cm) + gravier (4 cm)	31	2.5
Baie	Vitrage simple	0.3	5.8

Tableau IV.02: Composition des parois de l'état actuel du deuxième logement
Source : auteur

IV. 2. Le déroulement de la simulation :

Mon travail se devise en trois étapes pour arriver à la simulation

IV.2.1. La création du fichier climatique (TMY 2) :

Le fichier climatique de type (TMY 2) convient avec le TRNSYS. Il est disponible dans la bibliothèque interne du logiciel pour certains pays du monde. L'absence de la ville de Tébessa m'a obligé d'utiliser le logiciel du Météonorm version 5.1 afin d'avoir ce fichier.

Pour les données climatiques acceptées par le logiciel TRNSYS il faut générer des données de valeur horaire, le logiciel fait des interpolations entre des autres stations limitrophes tel que Djelfa, Ghardaïa, Tiaret...etc.

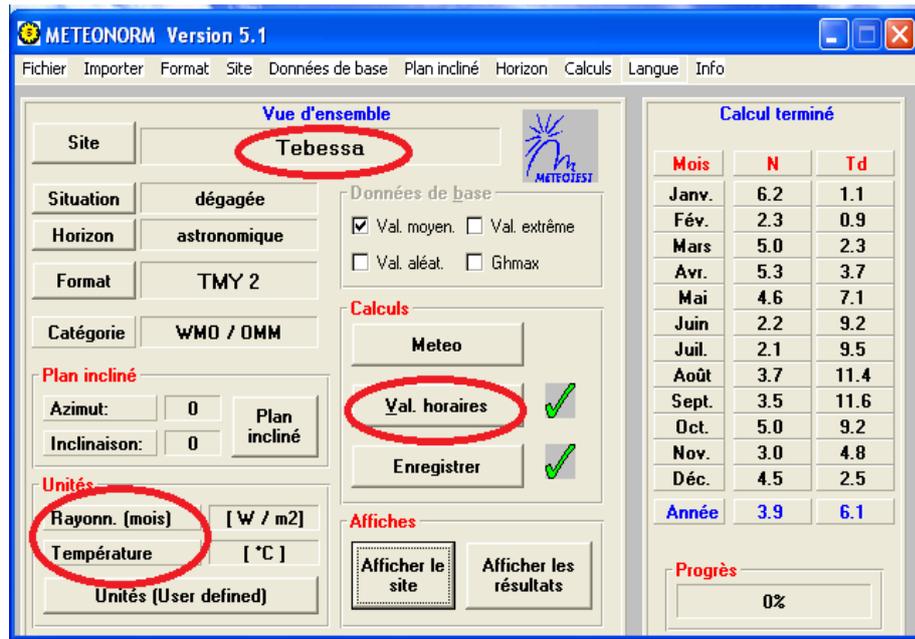


Tableau IV.03 : Génération du fichier climatique Tébraska avec meteonormeà travers meteonorme 5.1

Source : auteur

IV.2.2.Insertion de nouveaux matériaux:

➤ **Isolation :**

Au cœur de cette simulation on va étudier l’effet de l’isolation sur l’efficacité énergétique en utilisant le polystyrène expansé, le choix de ce matériaux est basé sur plusieurs critère, tel que la disponibilité sur le marché algérien et le cout de ce matériaux, les caractéristiques thermiques sont :

Matériaux	Conductivité thermique (KJ/h.m.K)	Masse volumique (kg/m ³)	Capacité thermique (KJ/Kg. K)	Epaisseur (m)
le polystyrène expansé	0.141	25	1.38	0.05

Tableau IV.03: Les caractéristiques thermique du polystyrène expansé

Source : auteur

➤ **Vitrage :** on interviendra sur la qualité de vitrage où on modifier le type de fenêtre, du simple vitrage en bois à double vitrage en bois, les caractéristiques sont² :

² TRNSYS (Transient Système Simulation)

Type de vitrage	Composition (mm)	Valeur U Centrale (W/m^2K)	Facteur solaire absolu	Facteur lumineux absolu
Double vitrage	2.5/12.7/2.5	2.95	0.77	0.72

Tableau IV.04: Les caractéristiques du double vitrage
Source : auteur

IV.2.3.Simulation :

Le travail de simulation se déroule en 2 parties :

Simulation thermique du cas de base :

Dans le cas initial, on fait la simulation du logement tel qu'il est et faire ressortir les besoins en climatisation et en chauffage annuels, ainsi que la température intérieure du logement, cette étape consiste à paramétrer le logiciel TRNSYS avec les données caractéristiques du cas de base à l'aide du TRNBUILD (Type 56) ainsi que les données météorologiques de la ville Tébessa, figure (Voir annexe),

L'impact de l'isolation : Le travail de simulation se déroule en 3 parties :

➤ **Premier partie**

Dans cette partie on va étudier l'effet de vitrage en commençant par simple vitrage en bois à double vitrage, afin de déterminer l'évolution de la température intérieure et les besoins énergétique pour le chauffage et la climatisation.

➤ **Deuxième partie**

L'isolant sera utilisé selon plusieurs épaisseurs qui varient entre 1cm et 10 cm, pour le plancher bas et les façades extérieurs et la toiture, afin de déterminer à la fois la partie qu'il faut isoler en priorité.

➤ **Troisième partie**

Dans cette partie on va étudier l'effet de l'isolation selon la position de l'isolant soit à l'extérieure ou à l'intérieure ou au l'aime d'aire dans les murs extérieurs ou soit à l'extérieure ou à l'intérieure dans la toiture.

VI. 3. Présentation des résultats de la simulation :

IV.3.1. Simulation thermique du cas de base du premier logement:

Les températures ambiantes maximales de la ville de Tébessa arrivent à 39.7°C bien que celle minimale est de 1.4 °C.³

- Le Chauffage et la climatisation sont désactivés :

Le logement testés sont considérés sans aucun gain thermique ni un système de chauffage ou climatisation. L'objectif est de maîtriser le comportement de l'enveloppe seulement. Les résultats de la simulation sur le graphe suivant : (Figure IV.04)

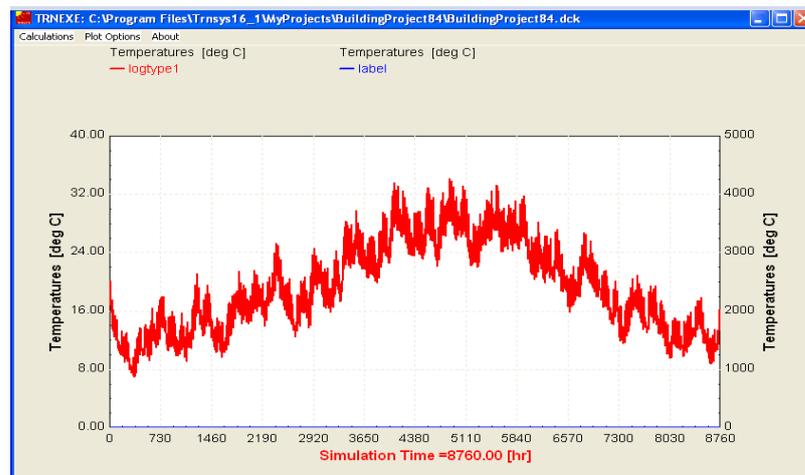


Figure IV.04 : Evolution annuelle de la température intérieure.
Source : auteur.

- Evolution de la température intérieure :

Le graphe situé au-dessus représente l'évolution de la température intérieure et fonction du temps pendant 8760 jours, ce que est remarquable ici c'est que la température intérieur très proche de celle de l'extérieur et donc ce qui traduit que le mur est mal isolé et il n'y a pas d'inertie thermique pour les matériaux utilisé donc les matériaux ne stock pas de la chaleur, ce que provoque des ambiances thermiques plus froides (période hivernal) où la température intérieur baisse jusqu'à 7°C au mois de janvier, le mois le plus froid, Et une surchauffe (période estival) ou la température allant jusqu'à 33°C au mois de juillet, le mois le plus chaud. , (Voir annexe).

La présence d'une lame d'air n'est plus suffisante. Le simple vitrage est une source de déperditions thermiques fatales liées aux défauts de réalisation.

En considérant que la température du confort est de 20°C en été et 26 en hiver, le logement du premier cas est loin d'être confortables. Donc un recours à un chauffage et une

³ Station météorologique de la willaya de Tébessa

climatisation mécanique sont primordial afin d'améliorer les ambiances intérieures.

Le Chauffage et la climatisation sont activés :

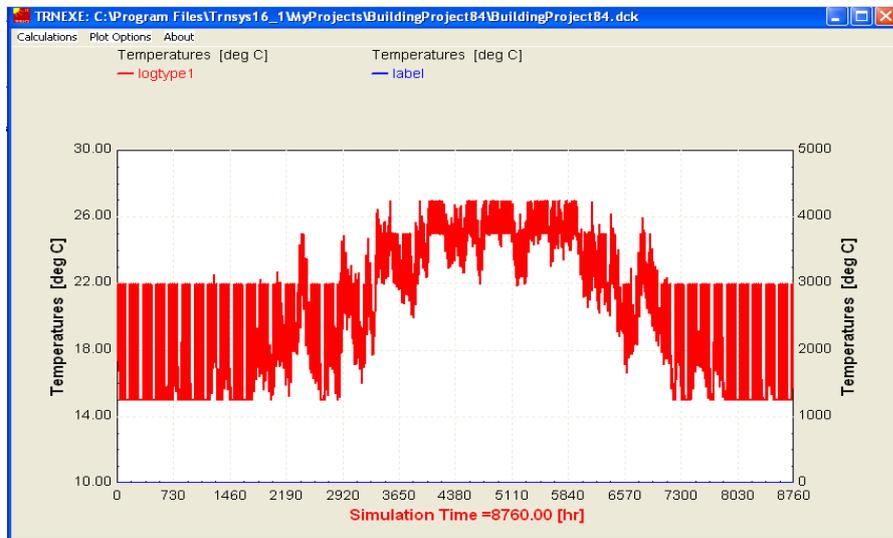


Figure IV.05 : Evolution annuelle de la température intérieure.

Source : auteur.

D'après la ligne de graphe situé au-dessus on remarque que la température intérieure présente une stabilité et diminution pendant un certain temps, c'est dû au système de climatisation et chauffage, après les horaires de fonctionnement, La stabilité de température est montrée par la valeur de température 22 °C pour la période hivernal, et une diminution de la température maximale baisse de 33 °C à 27 °C pour la période estival , (Voir annexe).

En considérant que la température du confort est de de 20°C en été et 26 en hiver, le logement du ce cas est proche d'être confortable avec l'outil mécanique de refroidissement et de chauffage.

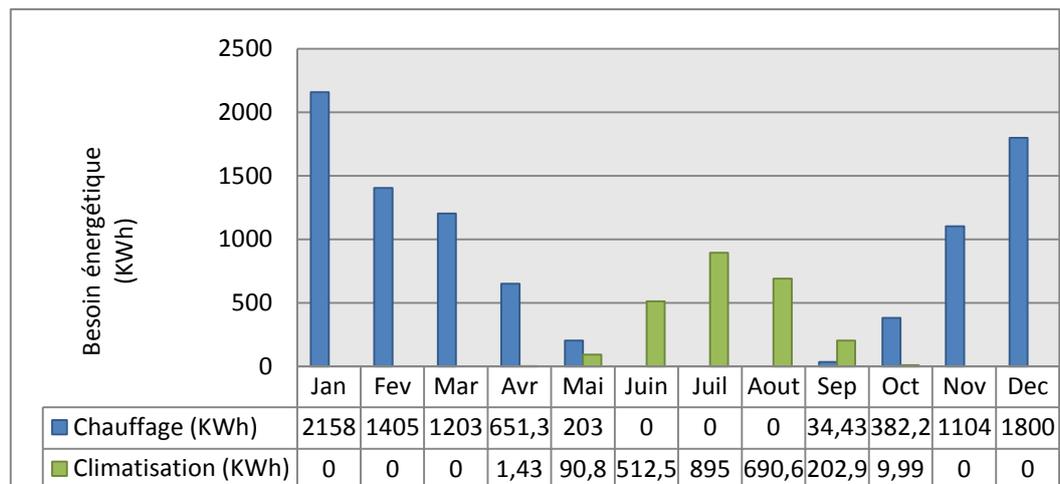


Figure IV.06 : L'évolution mensuelle des besoins énergétiques.

Source : auteur

Le besoin du logement en chauffage est de **8935 KWh** et de **2403 KWh** pour la climatisation soit un besoin total annuel de **11338 KWh**, ce que signifie que le besoin en chauffage est d'environ de quatre fois le besoin de la climatisation, dans ce cas nous pensons que le logement est mal isolé et donc il y a beaucoup de déperdition à travers l'enveloppe, la performance énergétique de notre cas est de l'ordre de **104 KWhEU/m².an**

D'après le graphe :

- La période de climatisation est de mai jusqu'à septembre, et la journée les plus chaudes sont en mois de juillet.
- D'autre part la période de chauffage est plus longue que la période de climatisation, et cela se traduit par le besoin en chauffage qui est plus considérable que pour la climatisation, par exemple le max de consommation pour le chauffage est de **2158 KWh** le mois de janvier, et le besoin max de climatisation est d'environ de **895 KWh** en juillet, presque un tiers.

IV. 3.1.1. L'impact de L'isolation

IV.3.1.1.1. Premier partie

- **L'impact du vitrage:** (Voir annexe)

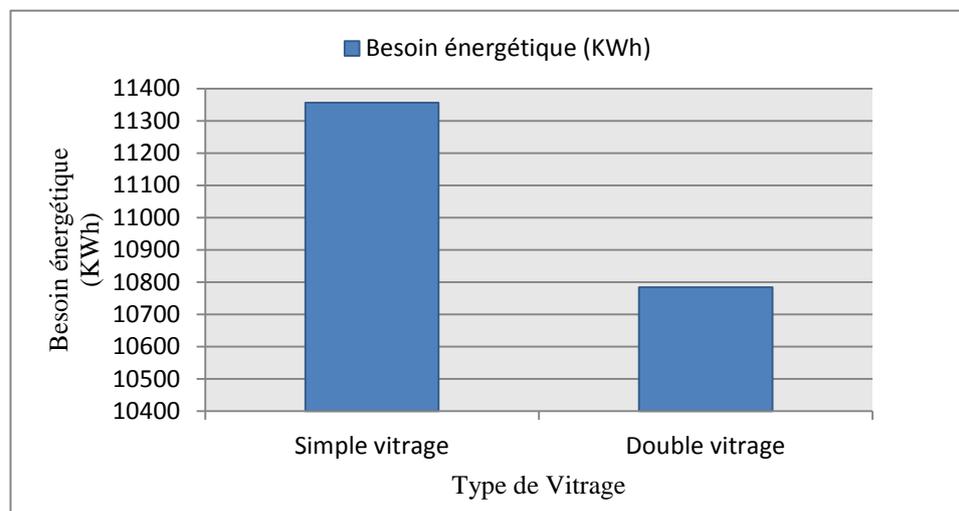


Figure IV.07 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact le type de fenêtre).
Source : auteur

Les résultats montrent que l'utilisation du double vitrage dans la composition de l'enveloppe a un effet non négligeable sur le gain énergétique total, l'utilisation du double vitrage à un gain de l'ordre de **4.88%**, (146 KWh/m².an pour la climatisation et 426 KWh/m².an pour le chauffage). Donc une économie d'énergie plus importante par rapport le cas de base qui contient le simple vitrage.

On peut conclure que le double vitrage au niveau de fenêtre, comme isolation a un impact beaucoup plus considérable durant la période hivernal que pendant la période estivale.

IV.3.1.1.2. Deuxième partie (Voir annexe)

Comparaison de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment

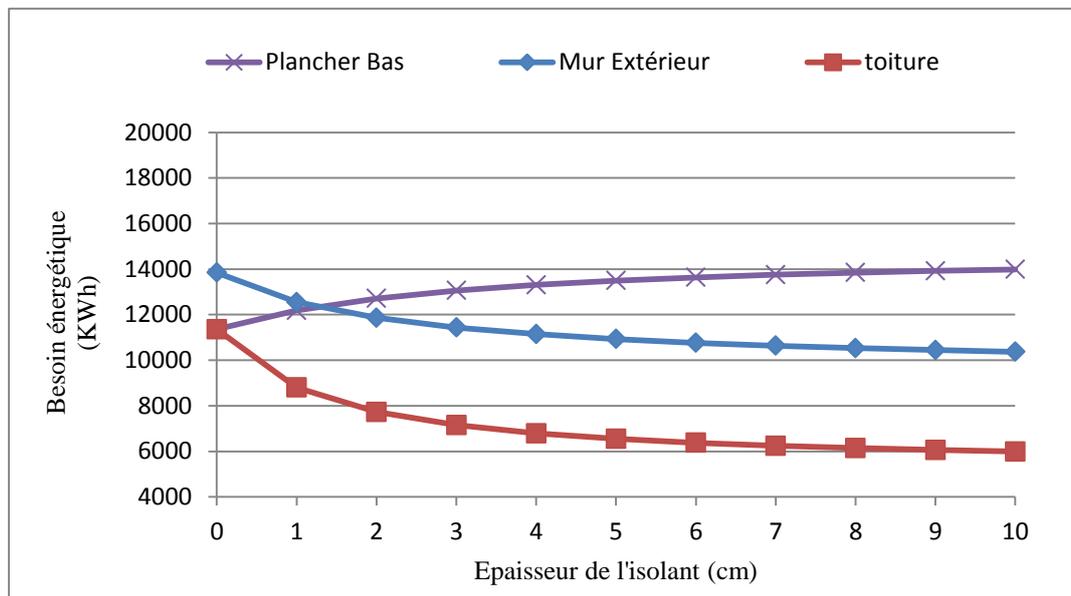


Figure IV.08 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation).

Source : auteur

Discussions

Les résultats montrent que l'isolation du plancher bas a un impact négatif, il augmente la consommation énergétique de l'ordre de **23.3%**, (**2650 KWh/m².an** pour la climatisation), l'isolation des murs extérieurs a un effet important qui peut apporter un gain de l'ordre de **8.51%**, (**690 KWh/m².an** pour le chauffage, **275 KWh/m².an** pour la climatisation), alors que l'isolation de la toiture a une effet très remarquable dans le cas d'isoler de la toiture et beaucoup plus important que les murs extérieurs, une diminution d'environ la moitié de la consommation du cas initial, elle peut apporter un gain de l'ordre de **47.15%**, (**3228 KWh/m².an** pour le chauffage, **2118 KWh/m².an** pour la climatisation).

IV.2.1.5. L'épaisseur optimale d'isolation

L'épaisseur optimale d'isolation est l'épaisseur qui donne une meilleur économie d'énergie avec un moins cout d'isolation.

Pour déterminer l'épaisseur optimale de l'isolant, l'étude a été faite sur les variations des coûts (isolation, énergie et total) durant la période d'été et d'hiver par une isolation extérieure de la toiture et des murs extérieurs avec une épaisseur d'isolation variable de polystyrène expansé de (1cm à 10 cm) (Figure IV.09). Voir annexe

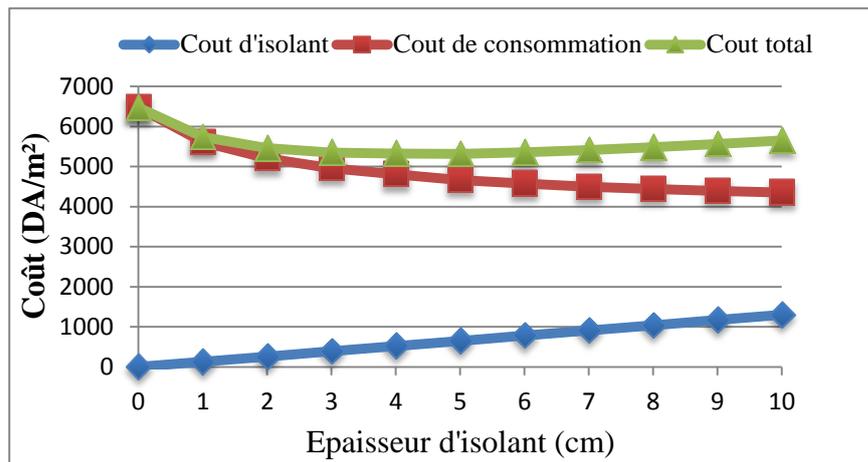


Figure IV.09 : variation du coût d'isolation, d'énergie et total en fonction d'épaisseur d'isolation.
Source : auteur

Discussions

D'après les courbes des variations des coûts situé au-dessus on remarque que le coût d'isolation a été augmenté avec l'augmentation de l'épaisseur d'isolation, le coût d'énergie consommé a été diminué, et le coût total a diminué jusqu' à une valeur minimale à 5 cm d'épaisseur d'isolation, et puis commencer à augmenter après cette valeur.

Les résultats ont montré que l'épaisseur optimale d'isolation est de l'ordre de 5 cm (isolation des murs extérieurs et de la toiture en polystyrène expansé).

IV.3.1.1.3. Troisième partie : (Voir annexe)

- **Mur :** Comparaison des types d'isolation

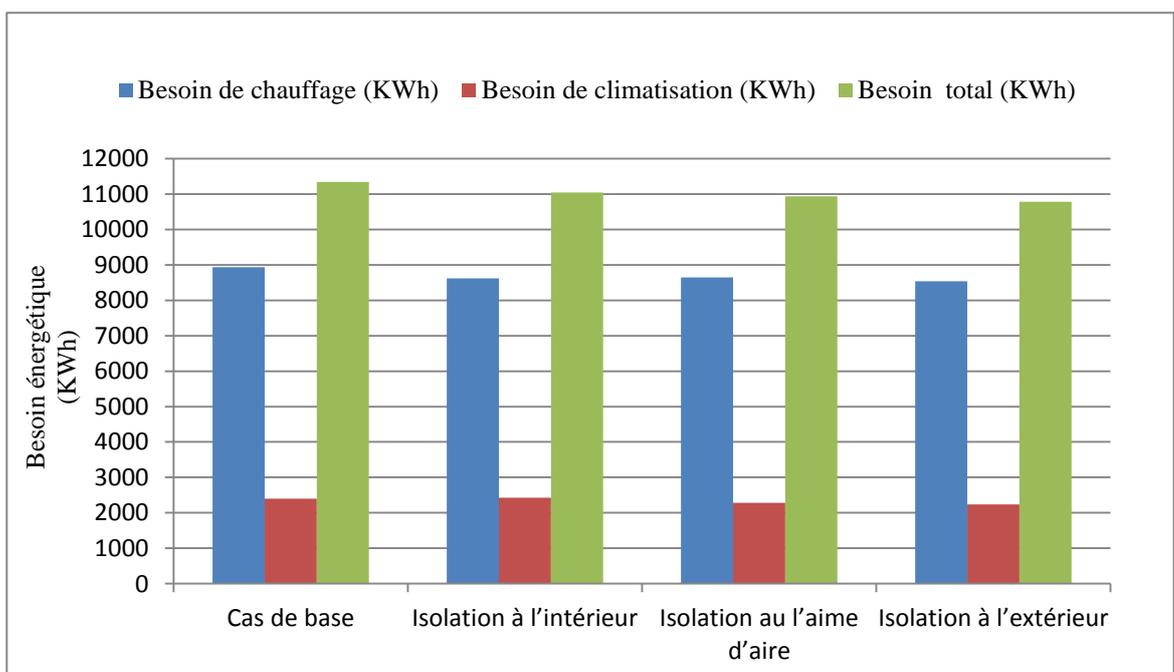


Figure IV.10 : l'effet énergétique de type d'isolation.
Source : auteur

Discussions

À partir de ces résultats l'isolation par l'extérieur est un moyen efficace parce qu'elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température intérieure dans le logement, par l'accumulation de la chaleur journalière dans la masse thermique et la restituer durant les heures les plus froides. L'inconvénient est qu'elle nécessite un temps plus important pour réchauffer une pièce froide. D'autre part, elle évite les pontes thermique et conserve la fraîcheur intérieure en été.

Par contre on remarque que l'isolation par l'intérieure a un gain énergétique faible que l'isolation par l'extérieur et elle ne résout pas les ponts thermiques.

➤ **Toiture** : Comparaison des types d'isolation

	Cas de base	Isolation à l'intérieur	Isolation à l'extérieur
Besoin de chauffage (KWh)	8935	5944	6095
Besoin de climatisation (KWh)	2403	512,9	455,2
Besoin total (KWh)	11338	6556,9	6550,2
Performance (KWh/m².an)	104	60,15	60,09

Tableau IV.05 : Besoin énergétique annuel (type d'isolation).
Source : auteur

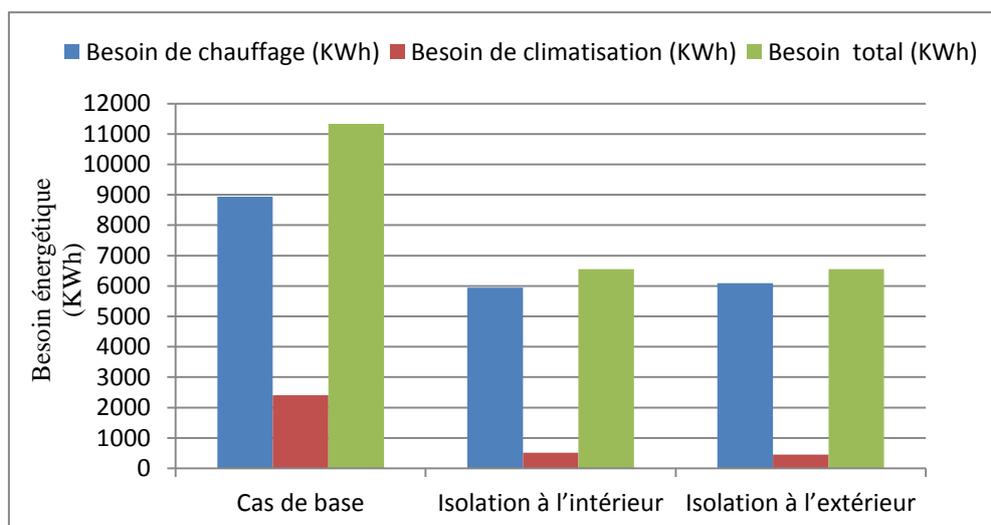


Figure IV.11 : l'effet énergétique de type d'isolation.
Source : auteur

Discussions

À partir de ces résultats l'isolation par l'extérieur du toit est la façon la plus efficace parce qu'elle permet d'éviter les ponts thermiques, que se traduit par une meilleure performance thermique et une baisse de consommation énergétique et aucune perte de surface habitable,

IV.3.2.Simulation thermique du cas de base du deuxième logement :

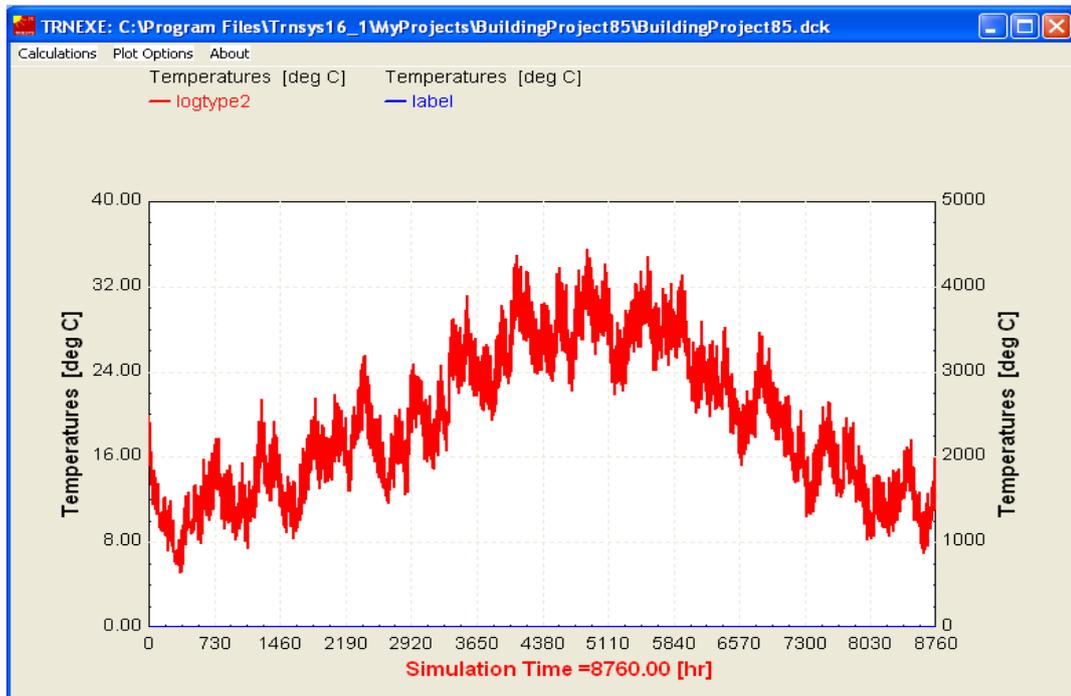


Figure IV.12 : Evolution annuelle de la température intérieure.

Source : auteur

Le Chauffage et la climatisation sont désactivés :

Le graphe situé au-dessus représente l'évolution de la température intérieure et fonction du temps pendant 8760 jours, ce que est remarquable ici c'est qu'il n'y a pas un grand différence entre la température intérieure et extérieure et donc ce qui traduit que le mur est mal isolé et il n'y a pas d'inertie thermique pour le béton donc le matériaux ne stock pas de la chaleur, ce que provoque des ambiances thermiques plus froides (période hivernal) où la température intérieur baisse jusqu'à 5.8°C au mois de janvier, le mois le plus froid, Et une surchauffe (période estival) ou la température allant jusqu'à 34.6 °C au mois de juillet, le mois le plus chaud. (Voir annexe).

En considérant que la température du confort est de 20°C en été et 26 en hiver, le logement du deuxième cas est loin d'être confortables. Donc un recours à un chauffage et une climatisation mécanique sont primordial afin d'améliorer les ambiances intérieures.

Le Chauffage et la climatisation sont activés :

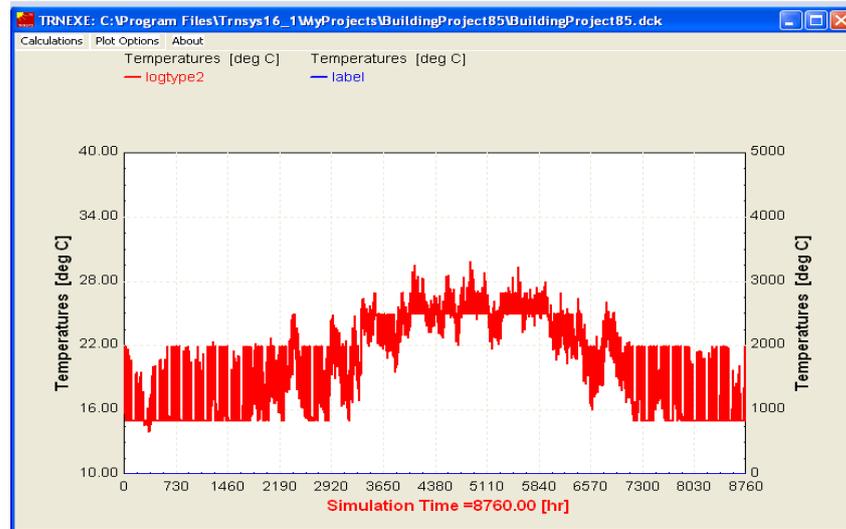


Figure IV.13 : Evolution annuelle de la température intérieure.

Source : auteur

D’après la ligne de graphe situé au-dessus on remarque que la température intérieure présente une stabilité et diminution pendant un certain temps, c’est dû au système de climatisation et chauffage, après les horaires de fonctionnement,

La stabilité de température est montrée par la valeur de température 22 °C pour la période hivernal, et une diminution de la température maximale baisse de 34.6 °C à 28 °C pour la période estival, (Voir annexe).

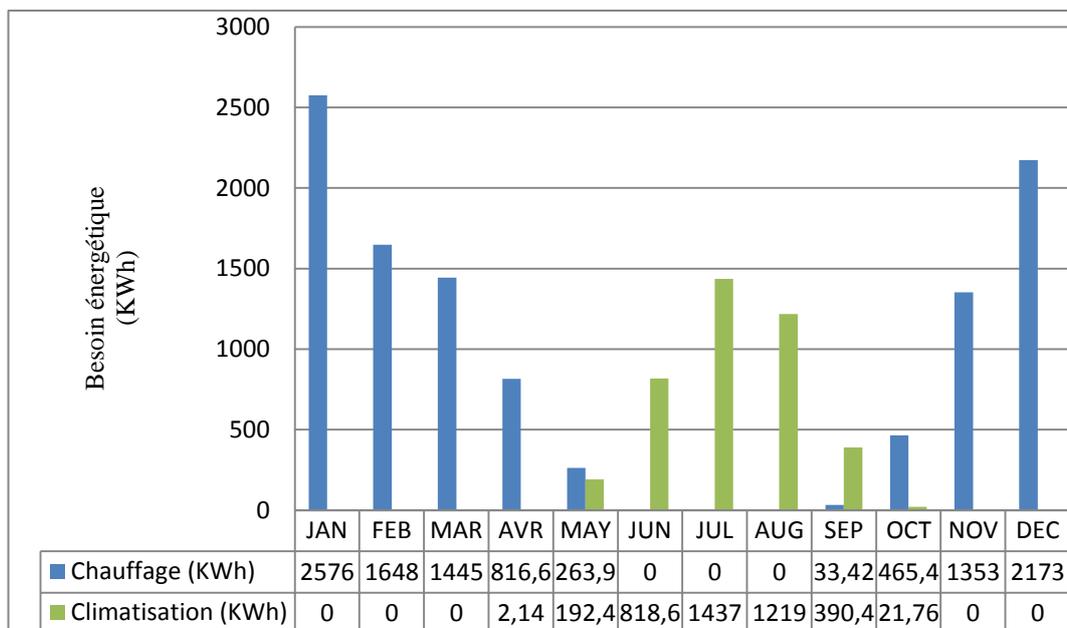


Figure IV.14 : L’évolution mensuelle des besoins énergétiques.

Source : auteur

Le besoin du logement en chauffage est de **10790 KWh** et de **4082 KWh** pour la climatisation soit un besoin total annuel de **14872 KWh**, ce que signifie que le besoin en chauffage est d'environ de deux e fois le besoin de la climatisation, dans ce cas nous pensons que le logement est mal isolé et donc il y a beaucoup de déperdition à travers l'enveloppe, la performance énergétique de notre cas est de l'ordre de **120 KWhEU/m².an**

D'après le graphe

- La période de climatisation est de mai jusqu'à septembre, et la journée les plus chaudes sont en mois de juillet.
- D'autre part la période de chauffage est plus longue que la période de climatisation, et cela se traduit par le besoin en chauffage qui est plus considérable que pour la climatisation, par exemple le max de consommation pour le chauffage est de **2576 KWh** le mois de janvier, et le besoin max de climatisation est d'environ de **1437KWh** en juillet, presque la moitié de la consommation.

IV. 3.2.1. L'impact de L'isolation

IV.3.2.1.1. Premier partie

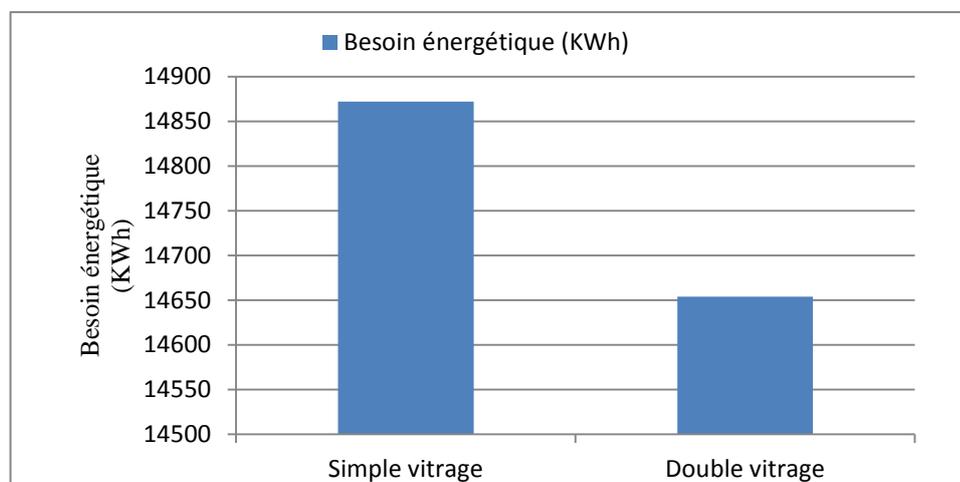


Figure IV.15 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact le type de fenêtre).

Source : auteur

Les résultats montrent que l'utilisation du double vitrage et triple vitrage dans la composition de l'enveloppe a un effet, l'utilisation du double vitrage à un gain de l'ordre de **1.46%**, (**28 KWh /m².an** pour la climatisation et **190 KWh/m².an** pour le chauffage). Mais cela reste une diminution très timide.

IV.3.2.1.2. Deuxième partie

Comparaison de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment

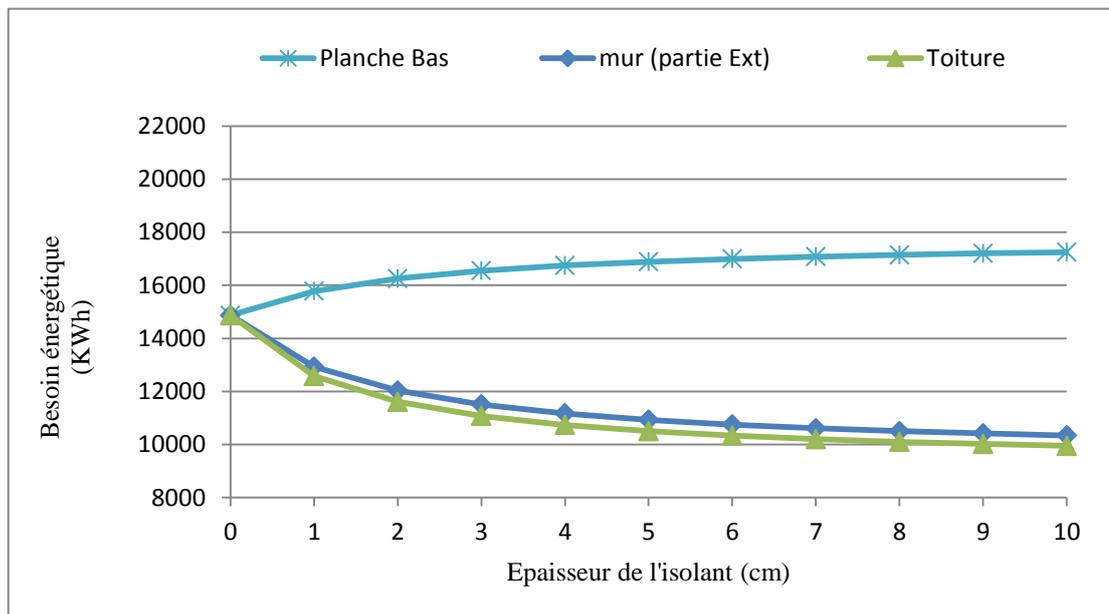


Figure IV.16 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation).

Source : auteur

Discussions

Les résultats montrent que l'isolation de la toiture et des murs extérieurs ont un effet important sur le gain énergétique total, alors que l'isolation du plancher bas avait un effet négatif, il augmente la consommation énergétique de l'ordre de **15.96%**, soit (**2375 KWh /m².an** pour la climatisation),

L'isolation des murs extérieurs (partie Ext) peut apporter un gain de l'ordre de **30.4%**, soit (**2724 KWh /m².an** pour le chauffage, **1804 KWh /m².an** pour la climatisation), mais l'isolation de la toiture à un gain de **33.07%**, soit (**2398 KWh /m².an** pour le chauffage, **2521 KWh /m².an** pour la climatisation).

L'isolation de la toiture et les murs extérieurs permettent une baisse du besoin énergétique en chauffage et en climatisation simultanément.

IV.2.1.5. L'épaisseur optimale d'isolation

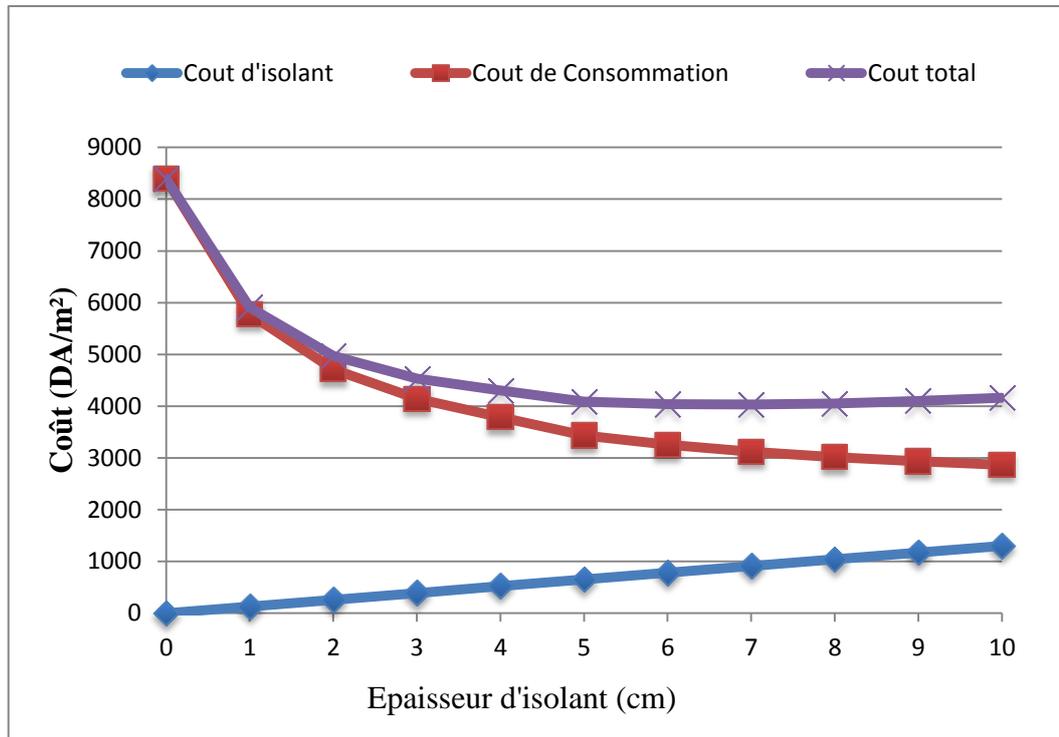


Figure IV.17 : variation du coût d'isolation, d'énergie et total en fonction d'épaisseur d'isolation.
Source : auteur

Discussions

D'après les courbes des variations des coûts, on observe que le coût d'isolation a été augmenté avec l'augmentation de l'épaisseur d'isolation, le coût d'énergie consommé a été diminué, et le coût total a diminué jusqu'à une valeur minimale à 7 cm d'épaisseur d'isolation, et puis commencer à augmenter après cette valeur.

Les résultats ont montré que l'épaisseur optimale d'isolation est de l'ordre de 7 cm (isolation des murs extérieurs et de la toiture en polystyrène expansé).

L'épaisseur optimale d'isolation est l'épaisseur qui donne une meilleur économie d'énergie avec un moins cout d'isolation.

IV.3.2.1.3. troisième partie

➤ MUR : Comparaison des types d'isolation

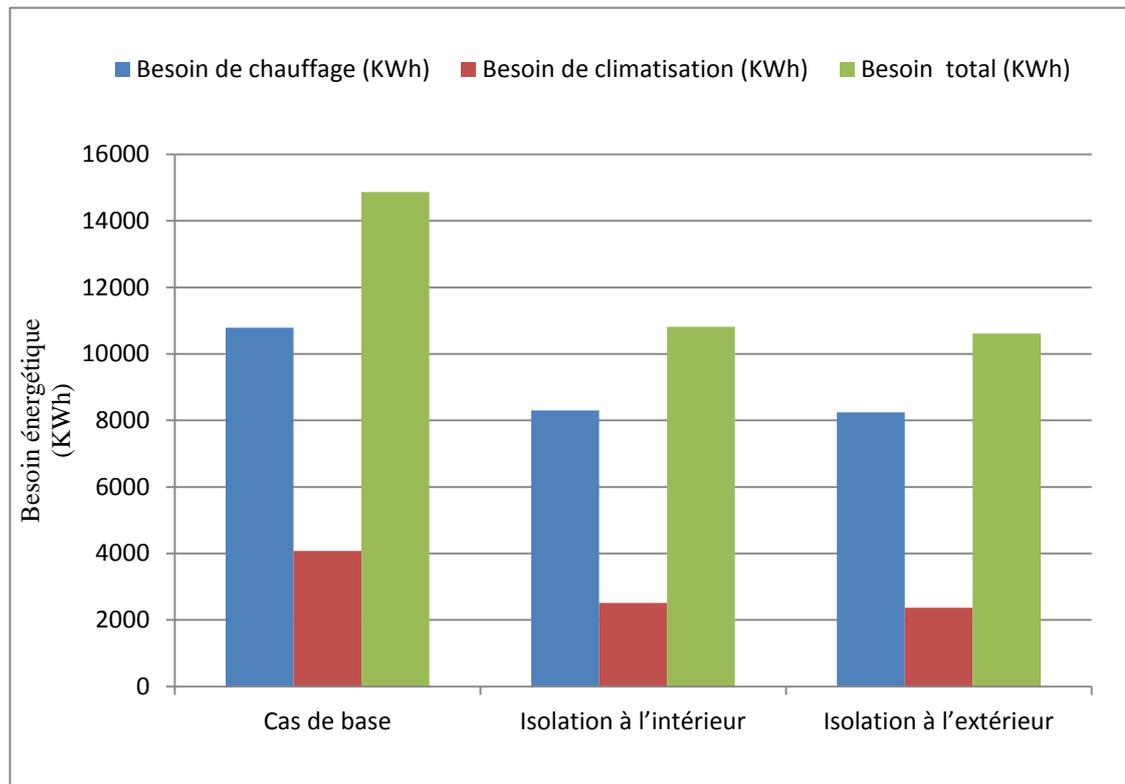


Figure IV.18 : l'effet énergétique de type d'isolation.

Source : auteur

Discussions

La façon la plus efficace pour isoler à partir de ces résultats est l'isolation extérieure du bâtiment est parce qu'elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température dans la pièce, quand elle est chauffée, les murs accumulent une partie de la chaleur qu'ils restitueront progressivement lorsque le chauffage sera éteint. L'inconvénient est qu'elle nécessite un temps plus important pour réchauffer une pièce froide.

D'autre part, elle maintient la fraîcheur en été et évite les ponts thermiques. Par contre on remarque que l'isolation par l'intérieure a un gain énergétique faible que l'isolation par

➤ **TOITURE** : Comparaison des types d'isolation

	Cas de base	Isolation à l'intérieur	Isolation à l'extérieur
Besoin de chauffage (KWh)	10790	8577	8525
Besoin de climatisation (KWh)	4082	1814	1681
Besoin total (KWh)	14872	10391	10206
Performance (KWh /m² .an)	137	96	94

Tableau IV.06 : Besoin énergétique annuel (type d'isolation).
Source : auteur

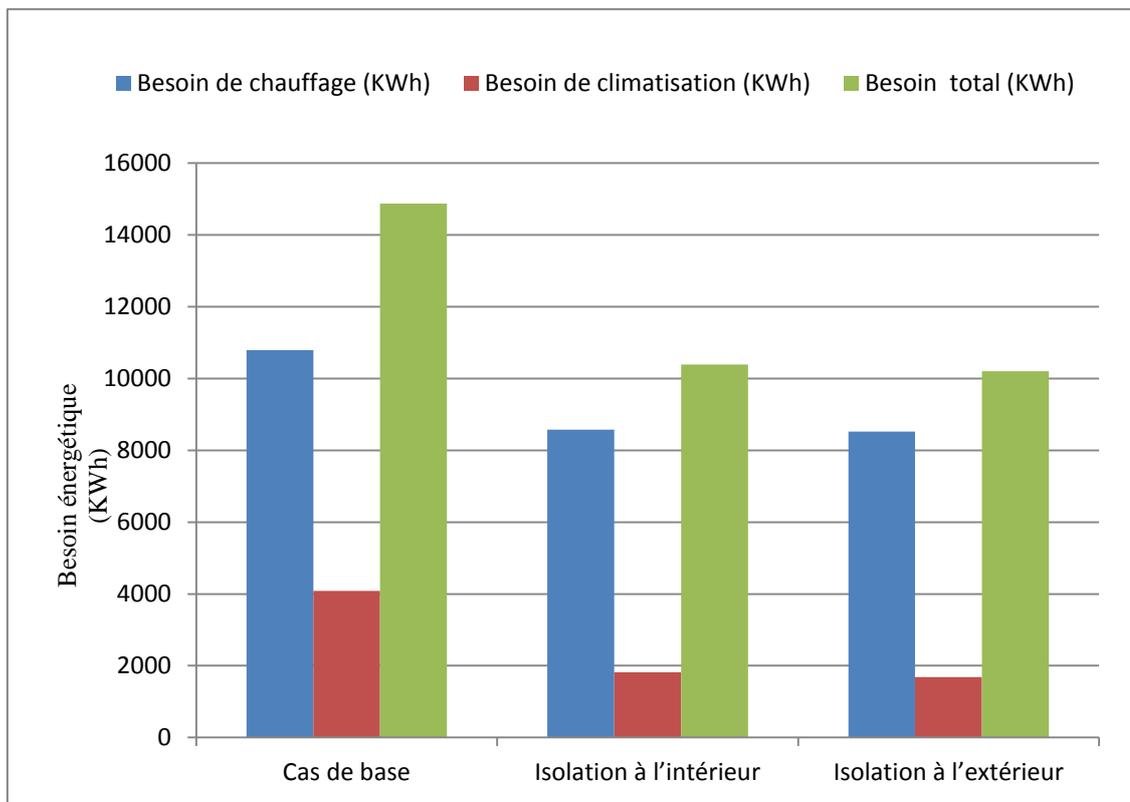


Figure IV.19 : l'effet énergétique de type d'isolation.
Source : auteur

Discussions

À partir de ces résultats l'isolation par l'extérieur du toit est la façon la plus efficace parce qu'elle permet d'éviter les ponts thermiques, que se traduit par une meilleure performance thermique et une baisse de consommation énergétique et aucune perte de surface habitable,

Conclusion

De cette investigation, les résultats montrent que l'utilisation de la brique comme matériau de construction donne une bonne performance thermique par rapport au béton, donc un bon gain énergétique.

L'emplacement idéal de l'isolant dans l'enveloppe du bâtiment est celui de côté externe de la masse thermique. Cet emplacement donne une économie d'énergie importante par rapport à l'emplacement de côté interne.

Les résultats montrent que l'épaisseur optimale d'isolation et pour des raisons économiques serait de 5cm en polystyrène expansé pour le premier logement et 7cm pour le deuxième logement.

Conclusion générale

Conclusion générale

1. Conclusion

Dans un monde où les besoins énergétiques augmentent jour après jour en utilisant des sources épuisables, c'est le temps de prendre conscience de la manière la plus efficace d'améliorer les ambiances intérieures en réduisant les impacts énergétiques et environnementaux liés à une forte consommation d'énergie.

En Algérie, le secteur résidentiel est le plus consommateur d'énergie par rapport aux autres secteurs, la conception de l'habitat en général et des logements en particulier a un rôle très important dans la consommation énergétique, par ce biais, on peut y intervenir pour minimiser la consommation d'énergie

Le présent travail tente d'évaluer l'impact de l'isolation thermique sur la consommation énergétique spécialement dans les logements collectifs dans le climat de la ville de Tébessa, climat semi-aride qui se détermine par un climat froid et long en hivers et des étés sont chauds et secs, ainsi que de trouver l'épaisseur optimale d'isolation, et l'emplacement idéal d'isolant dans l'enveloppe du bâtiment. Ce principe de l'architecture bioclimatique est connu comme le principe le plus influent pour minimiser les déperditions, et par conséquent protéger la maison contre la chaleur extérieur en été et la fraîcheur en hiver, et donc minimiser la consommation de l'énergie qui concerne le besoin de la maison pour le chauffage et la climatisation.

L'étude a été menée sur deux échantillons, le premier cas concerne un logement collectif du système constructif poteaux-poutres en béton armé. Le deuxième cas présentait un logement du système constructif voile en béton armé, nous avons testé ces deux cas via la simulation thermique dynamique avec le logiciel TRNSYS, les résultats obtenus lors de l'investigation, en hiver comme en été, sont pour évaluer les températures intérieures du logement initial simulé par rapport à celle du confort thermique. La consommation énergétique est le facteur essentiel à évaluer. L'échantillon d'un logement du système constructif poteaux-poutres est le moins consommateur d'énergie en hiver comme en été, soit un besoin total annuel de **11338 KWh** l'équivalent de **71527,32 DA**, Bien que l'échantillon d'un logement du système constructif voile en béton armé est le plus consommateur soit un besoin total annuel de **14872 KWh** l'équivalent de **87422,28DA**,

Les résultats de l'application de l'isolation thermique montrent que l'économie d'énergie de l'utilisation du double vitrage dans la composition de l'enveloppe a un effet non négligeable sur le gain énergétique, tandis que l'isolation à l'extérieur du bâtiment est important par rapport à l'isolation à l'intérieur. D'autre part l'isolation de la toiture est plus importante par rapport à l'isolation des murs extérieurs. L'épaisseur optimale d'isolation serait de 5 cm en polystyrène expansé pour le premier cas et 7 cm pour le deuxième cas,. Et on a abouti à des résultats très significatifs qui est plus de la moitié de la consommation du cas initial pour le premier cas donc **60.54%**, (**6883 KWh /m².an**), l'équivalent de **41326,89DA**, et du **64.93%**, (**9665 KWh /m².an**) pour le deuxième cas, l'équivalent de **58811.35DA**.

Cette recherche est une procédure qui vise à démontrer l'influence de l'isolation thermique en termes d'efficacité énergétique. Cela va minimiser les échanges thermiques entre l'extérieur et l'intérieur et améliorer les ambiances intérieures en limitant la surconsommation énergétique liée à un surdimensionnement des appareils du chauffage et de climatisation.

2. Les recommandations

Selon les résultats obtenus lors de la simulation thermique, il s'agit de prendre en considération, lors de la conception, les recommandations suivantes :

1-L'utilisation d'un double vitrage pour éviter les déperditions thermiques.

2- Choix du matériau : le matériau choisi doit être :

- de faible diffusivité ;
- de grande effusivité ;
- de faible conductivité thermique ;
- de densité élevée;

3- Choix de l'épaisseur : l'épaisseur recommandée de l'isolation et pour des raisons économiques, serait de 5 cm pour le premier logement (ossature poteau et poutre), et de 7cm pour le deuxième logement (voile de contreventement), surtout que la température intérieure reste peu sensible à partir de ces valeurs.

4-L'emplacement de l'isolant : L'emplacement idéal de l'isolant est celui du côté extérieur pour mettre en valeur l'inertie thermique.

3. Future axes de recherches :

Cette étude de recherche nous ouvre de multiples axes de recherche et nombreuses perspectives dans le thème de l'architecture ou même dans la problématique de l'efficacité énergétique :

- tester l'isolation thermique par l'extérieur dans un autre équipement de bureau
- 1. essayer une autre composition de matériaux.....etc.
- essayer de faire une étude comparative entre plusieurs équipements et évaluer l'efficacité et l'impact sur chaque projet ou dans multiple région et donc différentes zones climatiques.
- Intégrer d'autres principes de l'architecture bioclimatiques, puits canadien, VMCetc.

Liste des figures

Liste des figures

Introduction générale :

Figure 00-1.: Structure du mémoire

Chapitre I :

Figure I.01: Consommation Energétique Finale de l'Algérie Chiffres clés Année 2005.....	11
Figure I.02: Répartition de la consommation finale par produit en 2010.....	12
Figure I.03: Répartition de la consommation finale par secteur en 2010.....	13
Figure I.04: Répartition de la consommation du secteur résidentiel Par types d'énergie.....	13
Figure I.05: les leviers de l'efficacité énergétique.....	14
Figure I.06: les axes d'intervention pour améliorer l'efficacité énergétique.....	16
Figure I.07: Exemple des bâtiments à énergie positive dans les pays alpins.....	18
Figure I.08: Evolution du nombre de certifications par an en France.....	19
Figure I.09: Les différentes valeurs limites du standard Minergie.....	21
Figure I.10: Schématisation des principes de la conception d'un bâtiment passif d'après Wolfgang feist.....	22

Chapitre II :

Figure II.01: Transfert de chaleur par conduction.....	27
Figure II.02: Transfert de chaleur par convection.....	27
Figure II.03: Transfert de chaleur par rayonnement.....	28
Figure II.04: Transfert de chaleur par évaporation-condensation.....	28
Figure II.05: l'inertie thermique.....	31
Figure II.06: facteur solaire et coefficients d'absorption, de réflexion et de transmission des différents types des vitrages.....	32
Figure II.07: performance thermique de vitrage.....	33
Figure II.08: les ponts thermiques.....	33
Figure II.09: les ponts thermiques linéaires.....	34
Figure II.10: pont thermique ponctuels.....	34
Figure II.11: risque de condensation.....	35
Figure II.12: une photographie infrarouge du bâtiment.....	35
Figure II.13: les déperditions thermiques.....	36
Figure II.14: Caractéristiques Isole –R selon l'ACERMI.....	37
Figure II.15: la zone thermique et les espaces tampons.....	37
Figure II.16: application d'une isolation intérieure.....	38
Figure II.17: l'isolation par l'extérieure.....	38
Figure II.18: l'isolation répartie.....	38
Figure II.19: le lin.....	39
Figure II.20: la laine de coton.....	39
Figure II.21: le liège.....	39
Figure II.22: le chanvre.....	40
Figure II.23: la fibre de coco.....	40
Figure II.24: la fibre de bois.....	40
Figure II.25: La laine de mouton.....	41
Figure II.26: la plume du canard.....	41
Figure II.27: les isolants réflecteurs multicouches.....	41
Figure II.28: la laine de roche.....	41
Figure II.29: La laine de verre.....	42
Figure II.30: le verre cellulaire.....	42
Figure II.31: La laine de verre.....	42
Figure II.32: le polystyrène expansé.....	42

Figure II.33: le polystyrène extrudé.....	43
Figure II.34: Les aérogels.....	43
Figure II.35: Les panneaux isolant sous vide.....	43
Figure II.36: la peinture isolante en extérieur.....	44
Figure II.37: la peinture isolante en intérieur.....	44
Figure II.38: le béton cellulaire.....	44
Figure II.39: Les blocs bi-matières.....	45
Figure II.40: Les blocs mono-murs en pierre poncé.....	45
Figure II.41: Les blocs mono-en billes d'argile expansée.....	45
Figure II.42: Performances énergétiques de divers systèmes de vitrages.....	46
Figure II.43: la menuiserie en bois.....	47
Figure II.44: une menuiserie en acier.....	47
Figure II.45: une menuiserie en aluminium.....	47
Figure II.46: une menuiserie en PVC.....	48

Chapitre III :

Figure III.01: les différents types du climat en Algérie.....	53
Figure III.02: position de Tébessa par rapport à la carte d'Algérie.....	54
Figure III.03: durée d'insolation de la wilaya de Tébessaen 2018.....	56
Figure III.04: les températures moyennes de la wilaya de Tébessa en 2018.....	56
Figure III.05: l'humidité moyenne de la wilaya de Tébessaen 2018.....	56
Figure III.06: les précipitations annuelles de la wilaya de Tébessaen 2018.....	57
Figure III.07: la vitesse du vent de la wilaya de Tébessa en 2018.....	57
Figure III.08: situation du quartier par rapport à la ville.....	58
Figure III.09: plan de masse de la zone.....	58
Figure III.10: Quelques photos sur le quartier.....	59
Figure III.11: Plan RDC.....	59
Figure III.12: Plan Courant.....	59
Figure III.13: plan d'étage courant.....	60
Figure III.14: situation du quartier par rapport à la ville.....	61
Figure III.15: plan de masse de la zone.....	61
Figure III.16: Quelques photos sur le quartier.....	62
Figure III.17: Plan RDC et Courant.....	62
Figure III.18: plan d'étage courant.....	62
Figure III.19: Objectif de la STD.....	64
Figure III.20: Mode de fonctionnement des logiciels de simulation.....	66
Figure III.21: Description du bâtiment dans TRNBuild.....	66
Figure III.22: Figure III.23: Edition du modèle et du projet dans TRNSYS Simulation Studio.....	67

Chapitre IV :

Figure IV.01: plan générale de cas de base.....	68
Figure IV.02: plan générale de cas de base.....	69
Figure IV.03: Génération du fichier climatique Tébessa avec meteonorme.....	70
Figure IV.04: Evolution annuelle de la température intérieure.....	72
Figure IV.05: Evolution annuelle de la température intérieure.....	73
Figure IV.06: L'évolution mensuelle des besoins énergétiques.....	74
Figure IV.07: L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact le type de fenêtre).....	75
Figure IV.08: L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation).....	75
Figure IV.09: variation du coût d'isolation, d'énergie et total en fonction d'épaisseur d'isolation.....	76
Figure IV.10: l'effet énergétique de type d'isolation (mur).....	77

Figure IV.11: l'effet énergétique de type d'isolation (toiture).....	78
Figure IV.12: Evolution annuelle de la température intérieure.....	79
Figure IV.13: Evolution annuelle de la température intérieure.....	80
Figure IV.14: L'évolution mensuelle des besoins énergétiques.....	80
Figure IV.15: L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact le type de fenêtre).....	81
Figure IV.16: L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation).....	82
Figure IV.17: variation du coût d'isolation, d'énergie et total en fonction d'épaisseur d'isolation.....	83
Figure IV.18: l'effet énergétique de type d'isolation.....	84
Figure IV.19: l'effet énergétique de type d'isolation.....	85

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre III :

Tableau III.01: Données météorologiques de la wilaya de Tébessa en 2018.....	55
Tableau III.02: programme surfacique.....	60
Tableau III.03: programme surfacique.....	62
Tableau III.04: Les avantages de la STD.....	64

Chapitre IV :

Tableau III.01:Composition des parois de l'état actuel du premier logement 1.....	69
Tableau III.02: Composition des parois de l'état actuel du deuxième logement 2.....	70
Tableau III.03: Les caractéristiques thermique du polystyrène expansé.....	71
Tableau III.04: Les caractéristiques du double vitrage.....	72
Tableau III.05: Besoin énergétique annuel (type d'isolation).....	78
Tableau III.06:Besoin énergétique annuel (type d'isolation).....	85

Abréviations

Abréviation

APRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

MEM : Ministère de l'Énergie et Mines Algérien.

BBC : Bâtiments basse consommation

DTRC : Documents Techniques Réglementaires de Conception.

Ktep : Kilo tonne équivalent de pétrole

Mtep : Million tonne équivalent de pétrole

KWh : Kilo Watt heure

Bibliothèque

Ouvrages

- A. Bonhomme.** Isolation thermique des bâtiments. 4e édition mise à jour et augmentée. Ed. Du Moniteur, Paris 1979.
- A. Degiovani.** « Diffusivité et méthode flash ». In revue générale de thermique n° 185. France 1977.
- Bernstein, D. Chamietier, J. P. et Vidal, T.** « Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, constructions et enveloppes lourdes », Edition le moniteur, Paris. 1997.
- Courgey, S. et Oliva, J-P.** « La conception bioclimatique des maisons confortables et économes », Edition Terre vivante, Paris. 2006 - 2007.
- DE VIGAN. Jean, Dicrobat** dictionnaire général de bâtiment, Paris: Edition ARCATURE 2003.
- F. Jadoul,** La Terre est notre maison, Construire, rénover, habiter en respectant l'Homme et l'environnement, Ed. Luc Pire, Bruxelles 2002, p.50.
- F. Simon & al.** La fenêtre et la gestion de l'énergie - Guide pratique pour les architectes. UCL- ULg, Ministère de la Région Wallonne – DGTRE. 2002. p. 43
- Gallauziaux, T. et Fedullo D.** « Le grand livre d'isolation », Edition Eyrolles, Paris. 2010.
- HADDAD Abdelkrim,** « Transferts thermiques », Alger 2001.
- Hegger, M. Tomas, S. Fuchs, M. et Zeumer, M.** « Construction et énergie », Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne. 2011.
- Izard. J. L.** Architecture d'été – construire pour le confort d'été. Ed. Edisud. Paris 1993.
- Jürgen Gänßmantel, ABH CONSULT, Ali BEN HMID, Lotfi BEN SLIMANE, Fathi MAKNI,** Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique des bâtiments, réseau des entreprises Maghrébines pour l'environnement (REME),(Algérie, Maroc, Tunisie),2010
- Liébard, A. et De Herde, A.** « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.
- T. Salomon et S. Bedel.** (2004). Op.cit. p. 16

Thèses et mémoires

- BENAICHA, A.** « L'inadéquation du cadre bâti aux pratiques sociales : cas de l'habitat collectif à Batna » mémoire du Magister, Université de Batna 2010.

- BENHAMLAOUI .R, SAHRAOUI .A** «l'efficacité énergétique d'un bâtiment à usage administratif à Tébessa » mémoire de master, université de Tébessa, 2015
- BOUAMAMA WAHIBA**, « la politique de l'efficacité énergétique en Algérie approche systémique pour un développement durable : cas de programme Eco bat », université aboubakerbelkaid Tlemcen, 2013,
- CHAUCHE.K, Ch. et CHIBOUB.L** «Amélioration du confort thermique par la résolution des ponts thermiques dans l'habitat individuel : Cas d'une maison à Bouira ». Mémoire du Master Université de Bejaïa 2017.
- DIDA, M.** «Contribution à l'étude de l'effet d'isolation thermique sur la consommation énergétique des bâtiments» Mémoire de Master Académique Université de Ouargla 2016
- FERRADJI, K.** «évaluation des performances énergétique et de confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida». Mémoire du magister, université, Biskra. 2017.
- FOURA S.** « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie», mémoire de doctorat université de Mentouri Constantine 2007-2008.
- F. Chlela.** «Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie». Thèse de doctorat. Université de La Rochelle. 2008.
- Gherzouli. L.** « Renouveau du centre ancien de la ville de Tébessa » mémoire de magister, université de Mentouri Constantine, 2007
- HAFNAOUI .R, ACHOU L,** « L'habitat et le développement durable : Cas d'étude quartier de 1er Novembre à Tébessa ». Mémoire de master, université de Tébessa, 2015
- HARFI, S.** « L'effet de l'orientation sur le confort intérieur et l'efficacité énergétique dans les bâtiments publics, cas d'étude : un centre d'affaire à Bougie » mémoire du Master, Université de Bejaïa 2014.
- KABOUCHE.A.** «architecture et efficacité énergétique des panneaux solaire : cas d'étude simulation sous TRNSYS16.1 d'un appartement d'une tour multifonctionnelle à Constantine» » mémoire de magister, université de Mentouri Constantine, 2012
- Mazari, M.** « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) », Université Tizi-Ouzou. 2012.
- Medjelekh, D.** « 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 du magister, université Mentouri, Constantine. 2006.
- MERZEG, A.** « La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie » mémoire du magister, Université de TIZI OUZOU2010.

NAZIA Kahina, « Thèse de doctorat développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie », 2010.

OULDZEMIRLI, M, A « apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude : logements collectif à Laghouat » mémoire du magister, Université de Biskra 2017.

RIFI, CH. S. "Le logement collectif mécanismes pluriels pour une qualité architecturale singulière" mémoire de magister, université de Mentouri Constantine, 2008,

TALBI .W et ZAMOULI .R « L'impact de l'isolation thermique sur les performances thermiques et énergétiques des bâtiments résidentiels : cas de MACOMAES à Oum El Bouaghi ». Mémoire de master, université Oum El Bouaghi ,2016

TOUIL A, MERGHACHE S, « au sujet de l'efficacité énergétique –vers des bâtiments moins énergivores- » université aboubakerbelkaid Tlemcen, 2017,

Mekhermeche Abdessalam, « Contribution l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des ksours sahariennes », Thèse de Magister, Université KasdiMerbah de Ouargla, 2012.

Articles publiés, cours et documents techniques

AADL Tébessa, « dossier d'exécution des logements étudiés »

ADEME « Bâtiment économe en énergie, Les clés pour réussir un projet de construction ou de rénovation » 2014

ADEME « guide de l'Eco construction », Février 2006,

ADEM Bâtiment basse consommation un bilan énergétique passif ,2011

APOGEE. « Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED) »
JUN 2015

D. Medjelakh et S. Abdou, « Impact de l'Inertie Thermique sur le Confort Hygrothermique et la Consommation Energétique du bâtiment », Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°3, pp. 329 - 341, 2008.

Fragos, M. et Trouillez « Le guide de l'isolation ; Mieux comprendre pour bien choisir », Edition Comprendre choisir.com, Paris. 2012. Téléchargeable du site www.comprendrechoisir.com consulté le 17. 02. 2019

GUINARD, A-HAJJI, K. « Economie et gestion de la construction », 23 Novembre 2009

- G. Barriosa, G.Huelsza, J.Rojasa, J.M.Ochoab, I.Marincicb.** Envelope wall/roof thermal performance parameters for non-air-conditioned buildings. *Energy and Buildings*. 50 (2012) 120–127
- IDEAGENCY** « Rapport sur le marché du bâtiment en 2017 et 2018 face à l'efficacité énergétique », Avril 2017
- L. Peeters, R. de Dear, J. Hensen and W. D'haeseleer,** 'Thermal Comfort in Residential Buildings: Comfort Values and Scales for Building Energy Simulation', *Applied Energy*, Vol. 86, N°5, pp. 772 - 780, 2009.
- Maouj, Y.** « La recherche & le développement dans le domaine de l'efficacité énergétique ; état des lieux et perspectives dans le bâtiment en Algérie », CNERIB.
- MEM,** Bilan énergétique national de l'année 2010, Alger,2011
- Ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer** « guide concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment »,
- Mohamed Ibrahim, Pascal Henry Biwole, Etienne Wurtz, Patrick Achard.** A study on the thermal performance of exterior walls covered with a recently patented silica-aerogel-based insulating coating. *Building and Environment* 81 (2014)112e122.
- M.A. Aktacir, O. Büyükalaca and T. Yılmaz,** 'A Case Study for Influence of Building Thermal Insulation on Cooling Load and Air-Conditioning System in the Hot and Humid Regions', *Applied Energy*, Vol. 87, N°2, pp. 599 - 607, 2010.
- M. Ozel and K. Pihili,** 'Optimum Location and Distribution of Insulation Layers on Building Walls with Various Orientations', *Building and Environment*, Vol. 42, N°8, pp. 3051–3059, 2007.
- M.S. Mohsen and B.A. Akash,** 'Some Prospect of Energy Saving in Building', *Energy Conversion Management*, Vol. 42, N°11, pp. 1307 - 1315, 2001.
- Nicole S, Christoph S, Harald G** « Construire et rénover de façon responsable dans les Alpes », Avril 2014
- N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyamine 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.
- Office fédéral de l'énergie OFEN** « Guide pratique pour l'achat et la construction d'immeubles », Suisse Energie, Mai 2014
- OPGI Tébessa,** « dossier d'exécution des logements étudiés »,

PERROT, O. «COURS DE RAYONNEMENT», I.U.T. de Saint-Omer Dunkerque
Département Génie Thermique et énergie université littoral d'opale, Les Hauts-de-France
2010-2011

S.A. Al-Sanea, M.F. Zedan and S.A. Al-Ajlan, 'Effect of Electricity Tariff on the Optimum Insulation-Thickness in Building Walls as Determined by a Dynamic Heat-Transfer Model', Applied Energy, Vol. 82, N°4, pp. 313 - 330, 2005.

SIDI MOHAMED KARIM & ARLI, «Réglementation thermique algérienne des bâtiments : Contribution à la définition de nouveaux coefficients réglementaires, » Revue française de génie civil (Rev. Fr. génie civ.) ISSN 1279-5119, 2002

YVES RABILLARD, efficacité énergétique des bâtiments, paris, 2011,

Zèle-Marie Durosier, Richard Bonneville, « Le ciment - Les mortiers et Les bétons », Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement, Mai 1998.

Sites Internet

www.aprue.org.dz consulté le 03. 01. 2019.

<http://www.djazairess.com>

<http://www.finexto.com/>

<http://www.leblogdubatiment.com/>

<http://www.mcr06.com/>

<http://www.symbiose-nature-bois.fr/>

www.techno-science.net

<http://dpa-distribution.fr/>

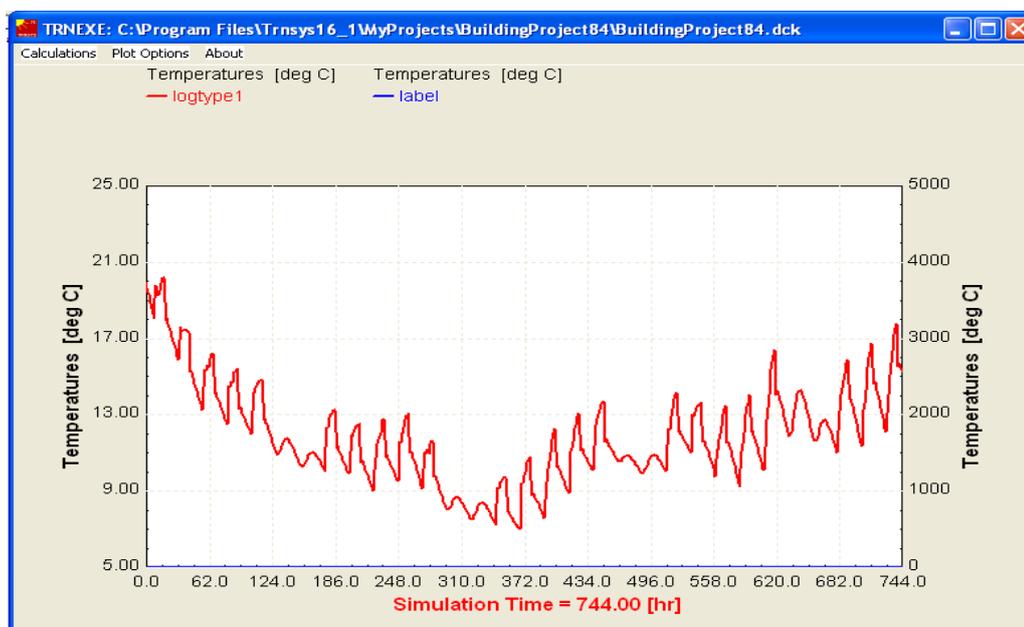
ANNEXE 1

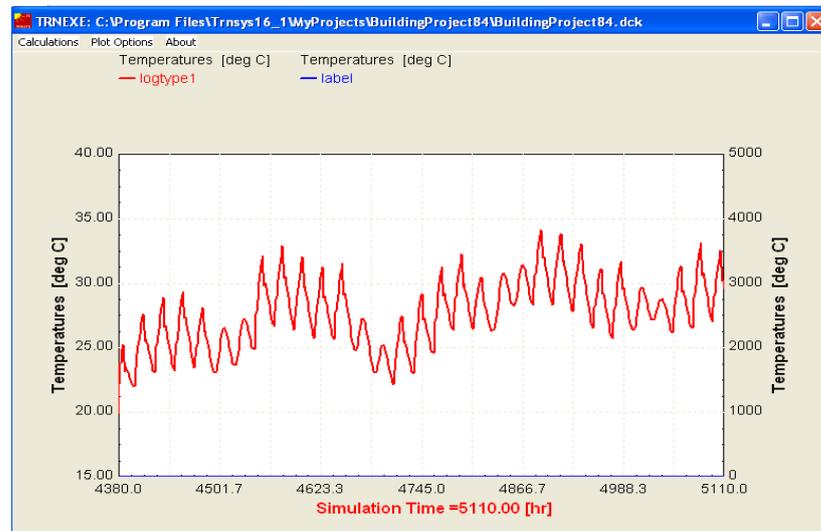
Annexe 1

Description et Dimensions du premier logement

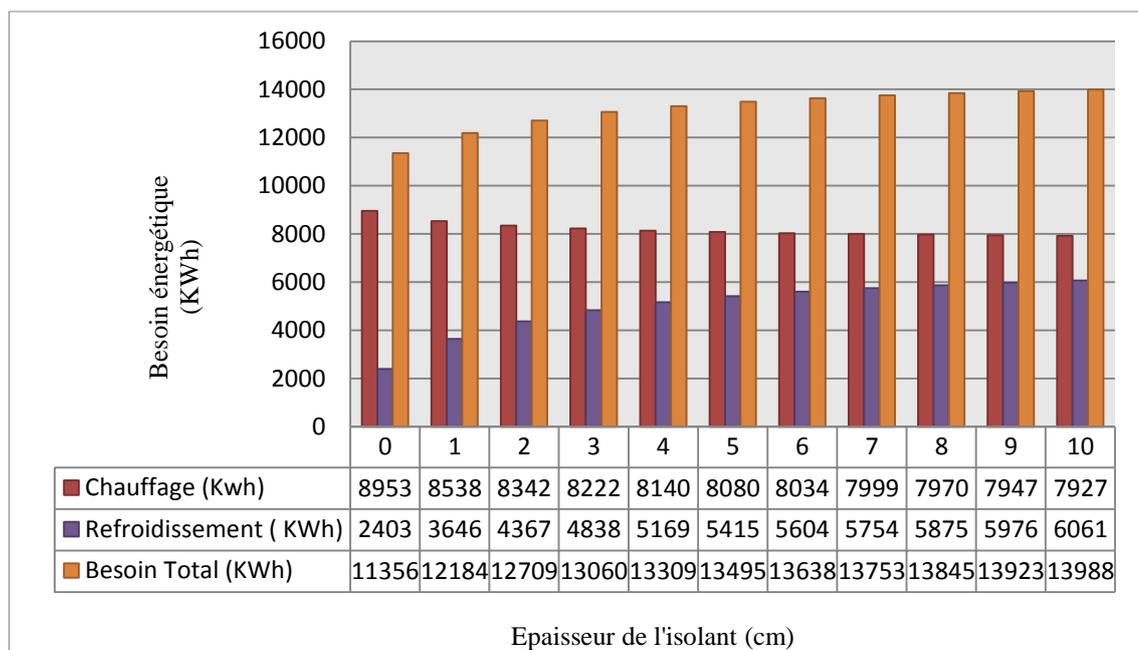
Le logement a une surface de $76,26 \text{ m}^2$. La façade principale est orientée vers le nord -ouest et la façade arrière est orienté vers le Sud – East, avec des fenêtres sur les deux façades East et Ouest de dimensions (1,00 m x 1,20) m pour les deux chambre et la cuisine ,(1,20 m x 1,20) et (0,50 m x 1,20) m pour le séjour et (0,50 m x 0,50) m pour le S.D.B et le W.C ,Les murs extérieurs sont des parois doubles en brique creuse (15cm et 10cm) avec une lame d'air (5cm) avec enduit en plâtre sur la surface intérieure et enduit mortier sur la surface extérieure. La lame d'air est de $0.044 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ de résistance. La toiture est un plancher avec entrevous (20 cm), avec enduit plâtre à l'intérieur et une forme de pente en gros béton (5 cm) à l'extérieur. Le vitrage est de type simple d'une épaisseur de 4 mm et d'un coefficient de conductivité de $5.74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ et un facteur solaire $K = 0.85$. Pour les 4 murs et le toit, le coefficient d'absorption (intérieur et extérieur) = 0.7, et les coefficients de convection intérieur et extérieur sont $11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ et $64 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ respectivement, Le tableau présent les caractéristiques de chaque pièce.

Température mois du janvier :

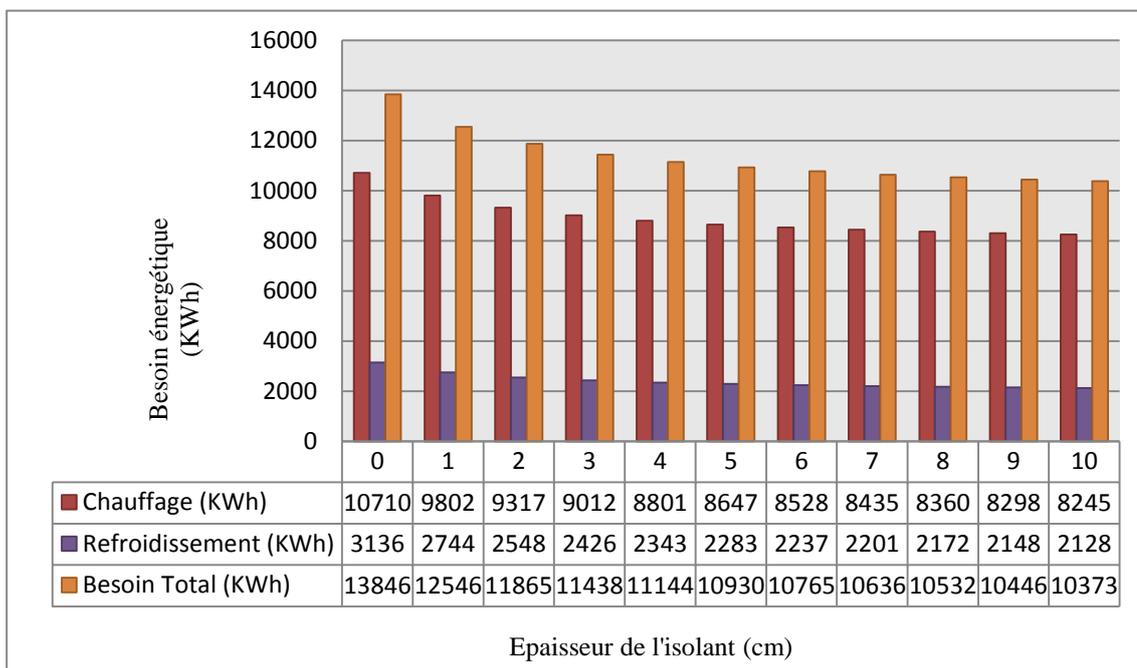


Température mois du juillet :**Type des vitrages**

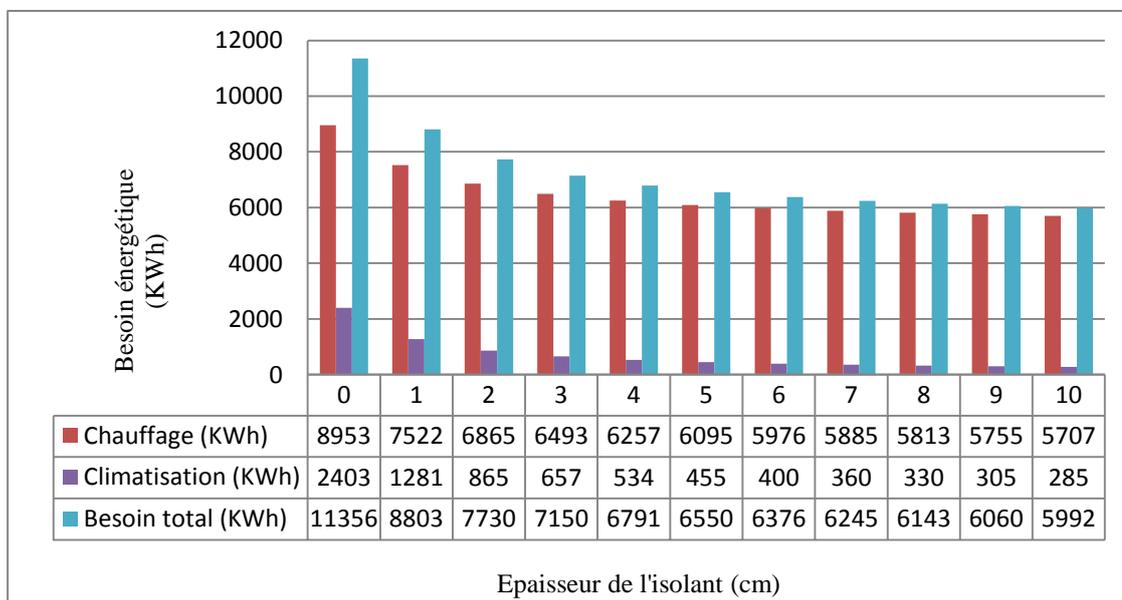
Type de fenêtre	Simple vitrage	Double vitrage
Besoin énergétique (KWh)	11356	10784

Plancher Bas

Mur Extérieur

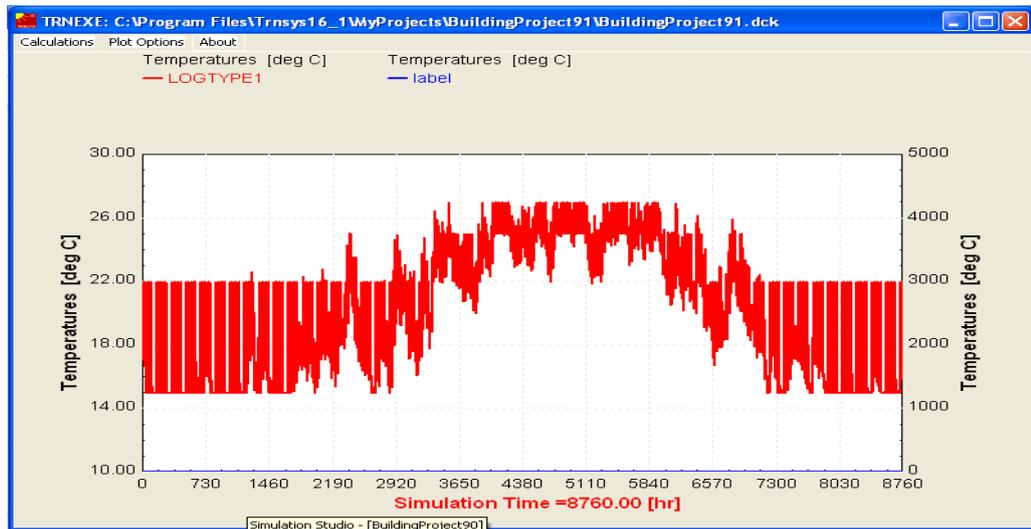


Toiture

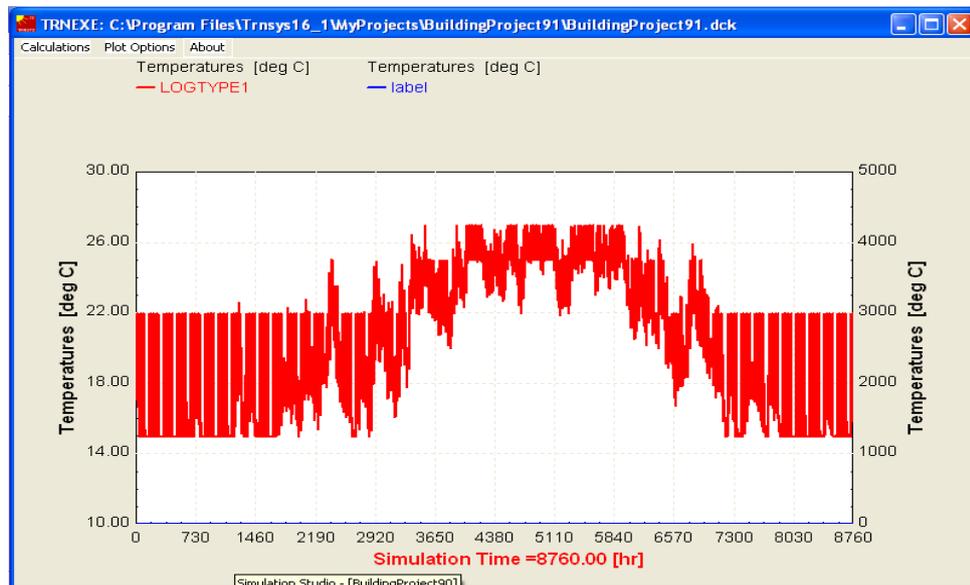


- mur

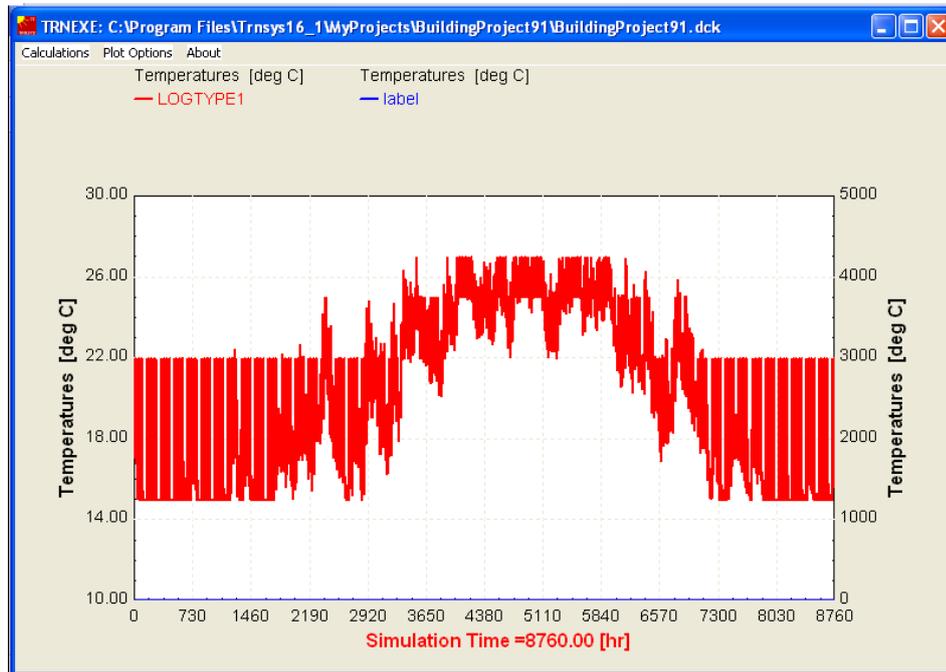
Isolation à l'intérieur (Polystyrène expansé 5 cm)



Isolation au l'aime d'aire (Polystyrène expansé) (5cm)

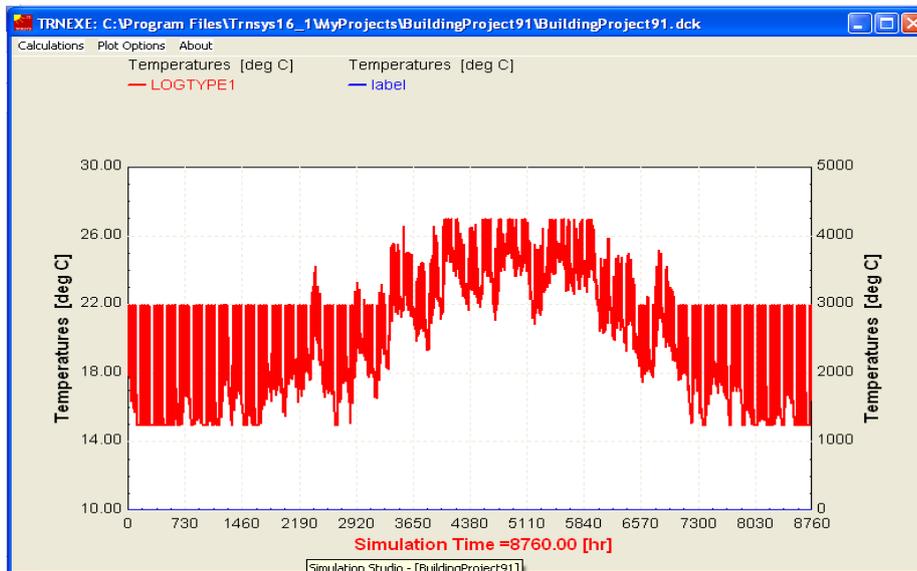


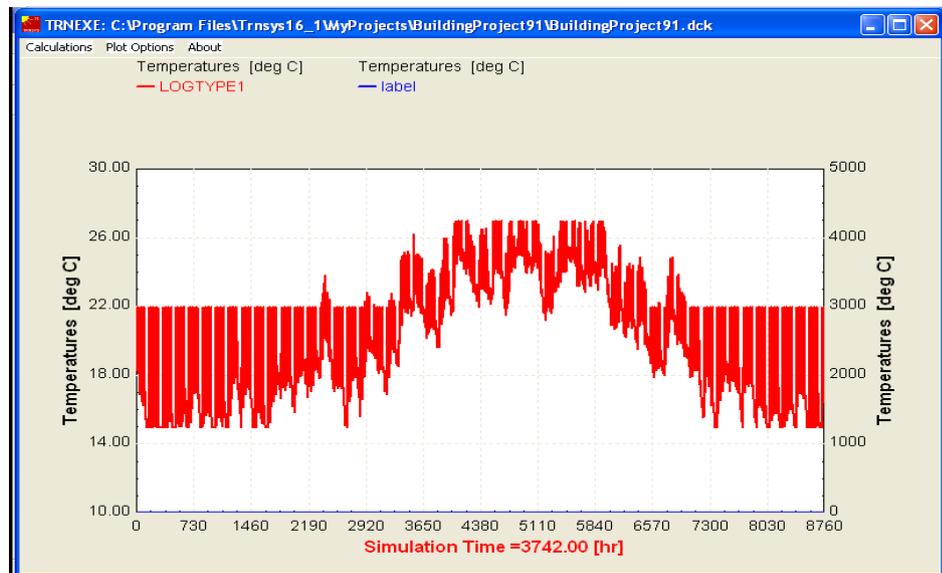
Isolation à l'extérieur (Polystyrène expansé 5 cm)



- toiture

Isolation à l'intérieur (Polystyrène expansé 5 cm)



Isolation à l'extérieur (Polystyrène expansé 5 cm)

ANNEXE 2

Annexe 02 :

Description et Dimensions de deuxième logement :

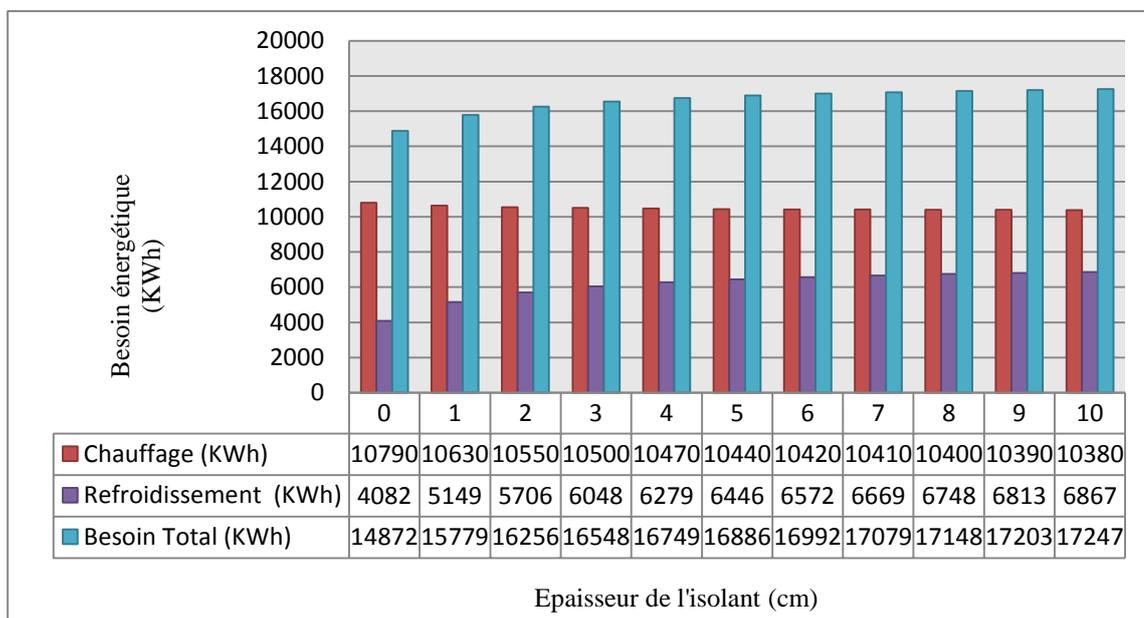
Le logement a une surface de $70,40 \text{ m}^2$. La façade principale est orientée vers le ouest et la façade arrière est orienté vers l' East, avec des fenêtres sur les deux façades East et Ouest de dimensions $(1,00 \text{ m} \times 1,20) \text{ m}$ pour les deux chambre et la cuisine , $(1,20 \text{ m} \times 1,20)$ pour le séjour, Les murs extérieurs sont des voile en béton armé avec enduit en plâtre sur la surface intérieure et enduit mortier sur la surface extérieure.. La toiture est un plancher dalle pleine (20 cm) , avec enduit plâtre à l'intérieur et une forme de pente en gros béton (5 cm) à l'extérieur. Le vitrage est de type simple d'une épaisseur de 4 mm et d'un coefficient de conductivité de $5.74 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ et un facteur solaire $K = 0.85$. Pour les 4 murs et le toit, le coefficient d'absorption (intérieur et extérieur) = 0.7 , et les coefficients de convection intérieur et extérieur sont $11 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ et $64 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ respectivement, le tableau présent les caractéristiques de chaque pièce.

L'impact de L'isolation

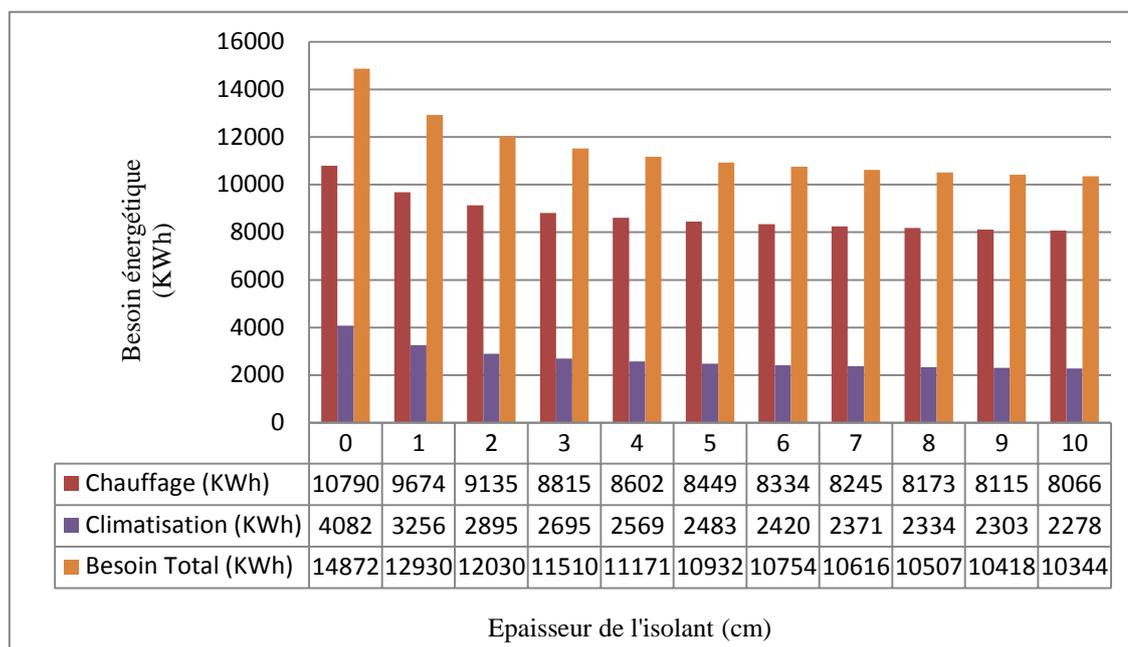
Premier partie

Type de fenêtre	Simple vitrage	Double vitrage
Besoin énergétique (KWh)	14872	14654

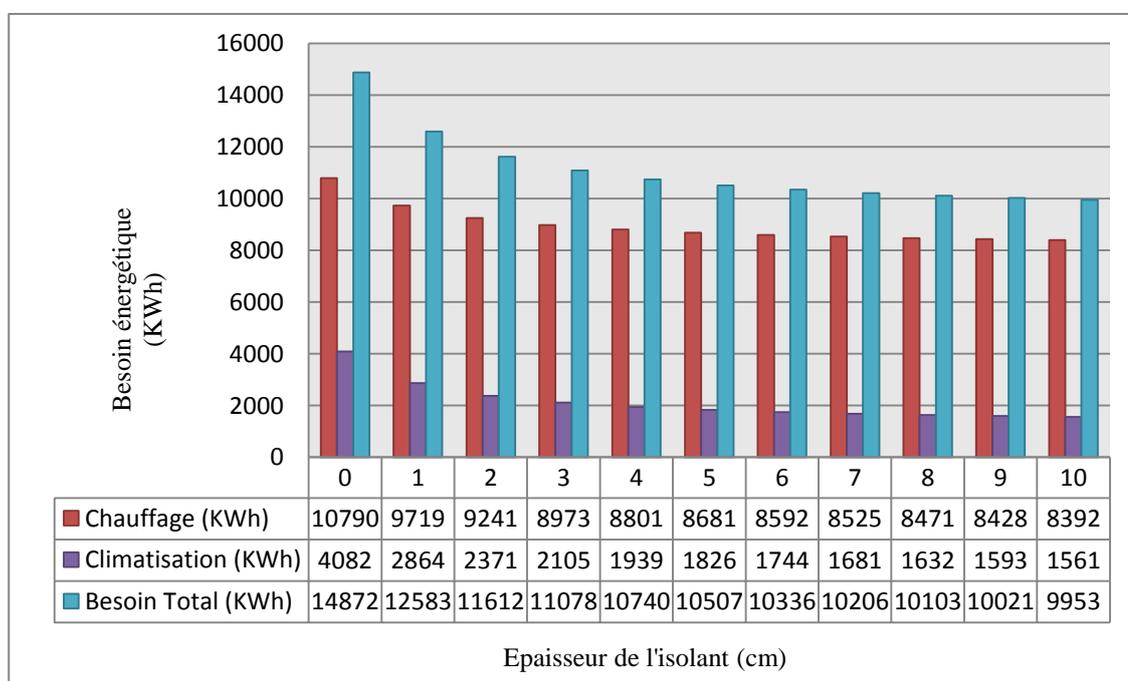
Plancher Bas



Mur Extérieur (partie extérieur)



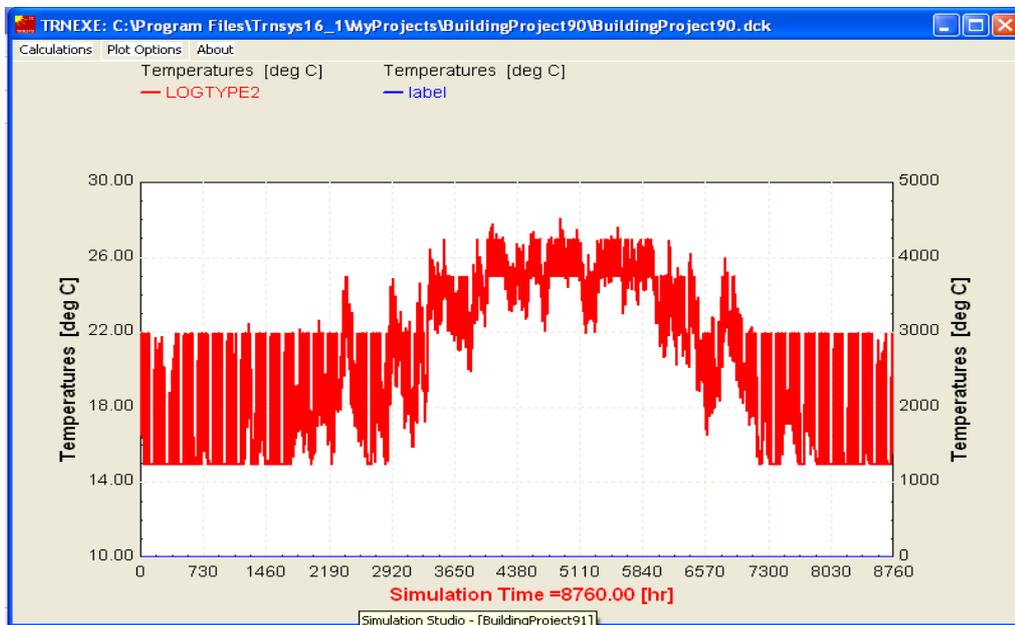
Toiture



Troisième partie MUR

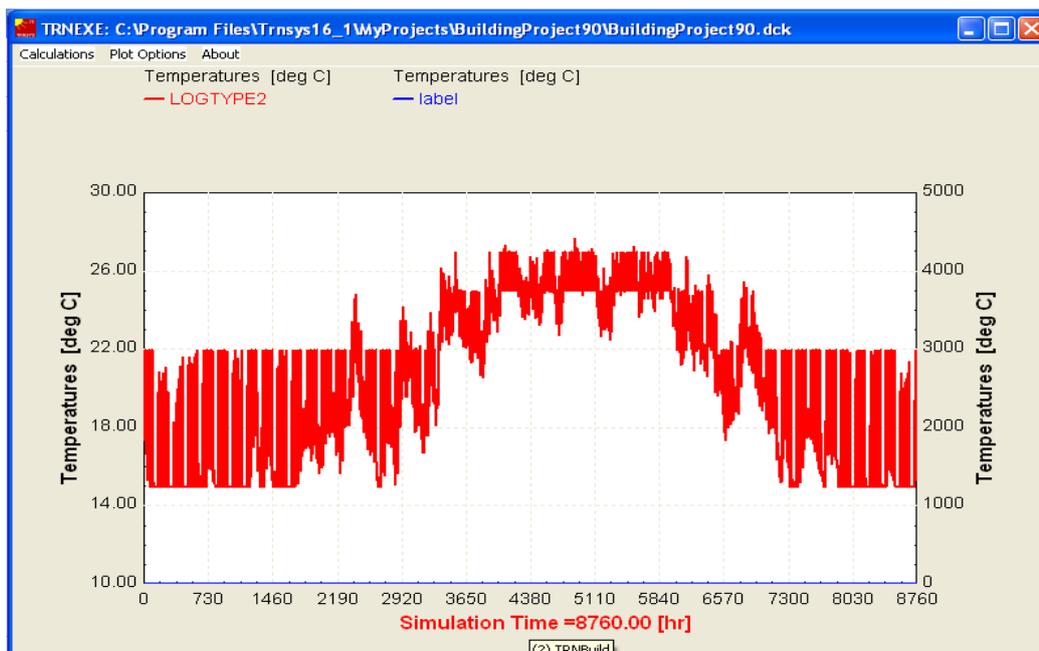
Isolation à l'intérieur (Polystyrène expansé 7 cm)

L'évolution annuelle de la température intérieure



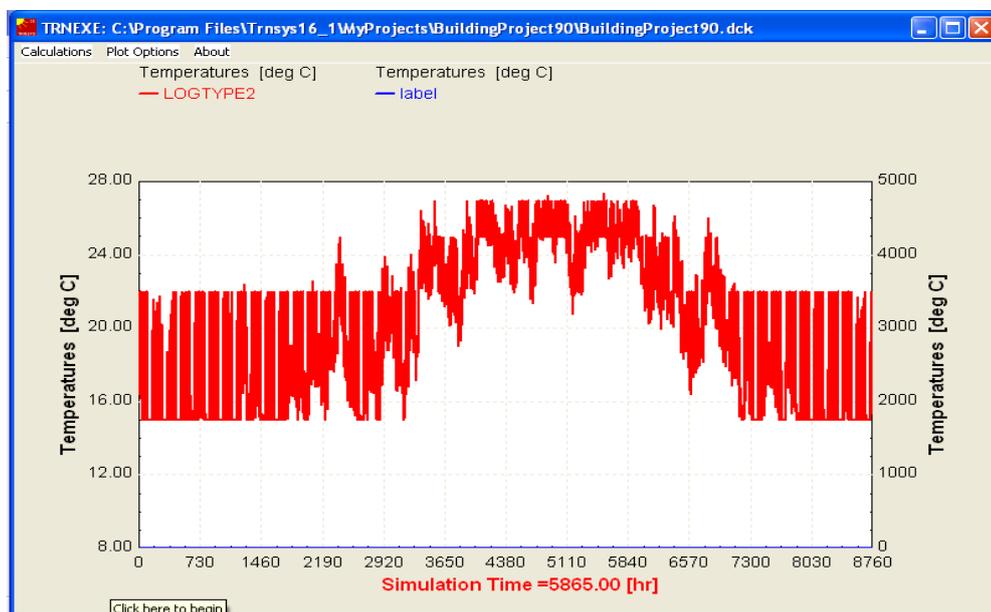
Isolation à l'extérieur (Polystyrène expansé 7cm)

L'évolution annuelle de la température intérieure



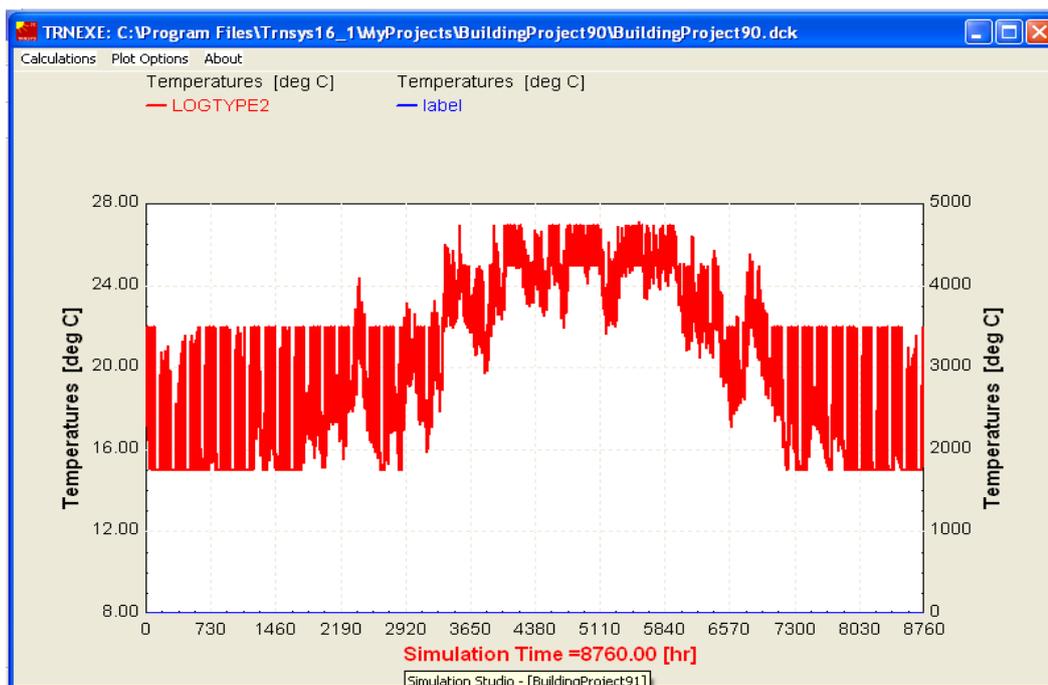
Partie TOITURE

Isolation à l'intérieur (Polystyrène expansé 7 cm)



Isolation à l'extérieur (Polystyrène expansé 7 cm)

L'évolution annuelle de la température intérieure

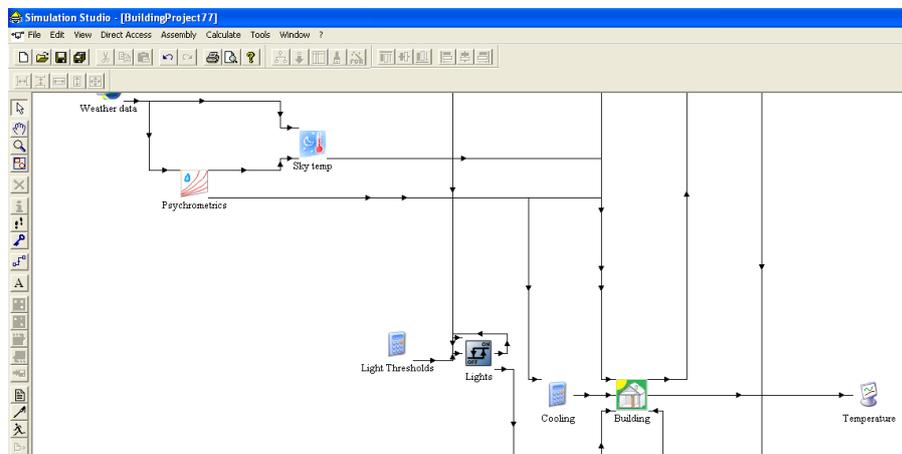


ANNEXE 3

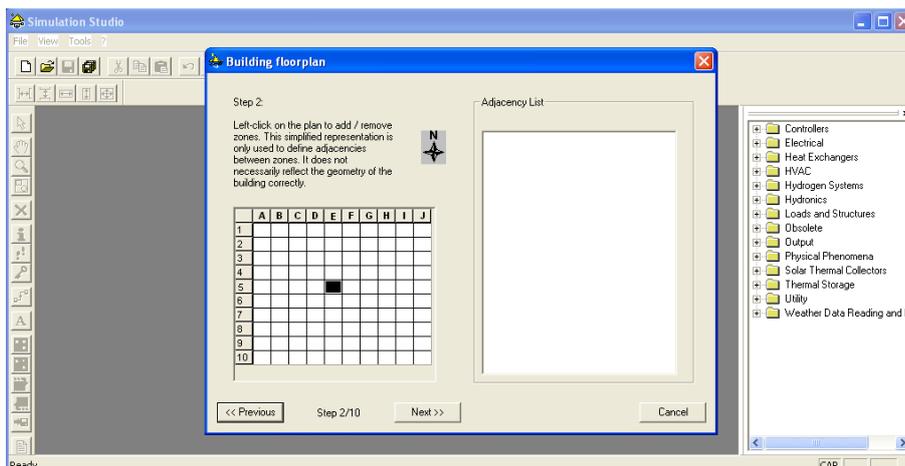
ANNEX 03 :

Procédure de la simulation :

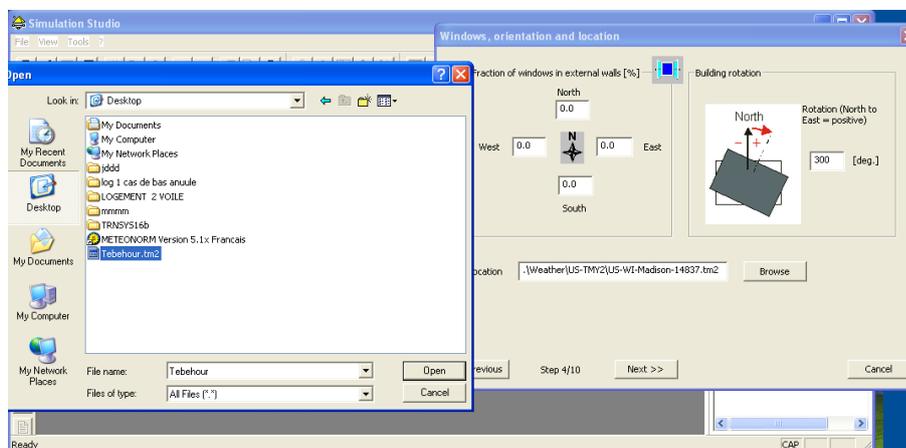
1. L'ouverture de TRNBuild



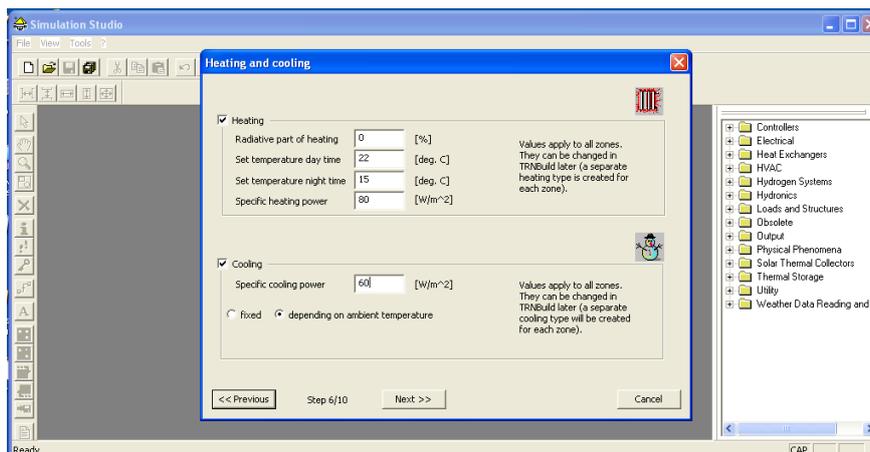
2. Le choix de l'endroit du logement



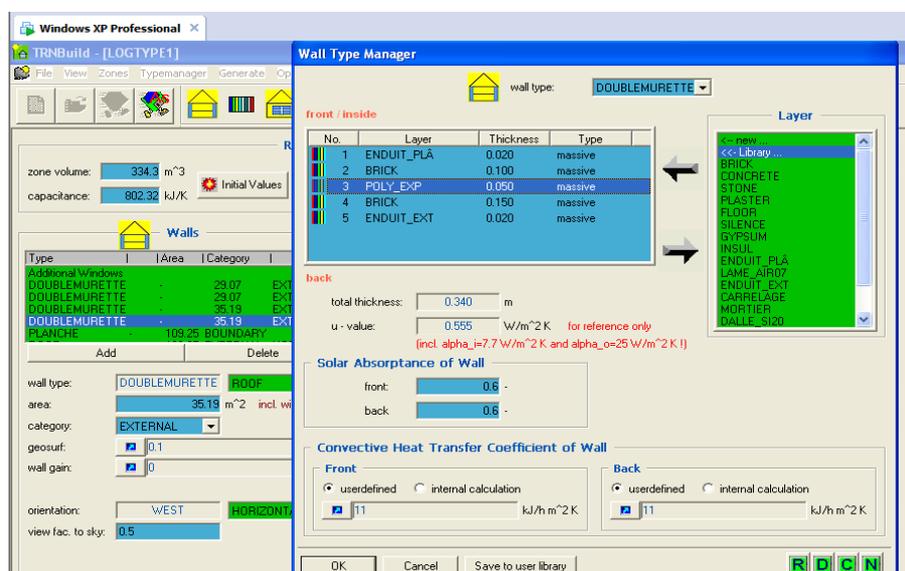
3. exportation du fichier météo norme



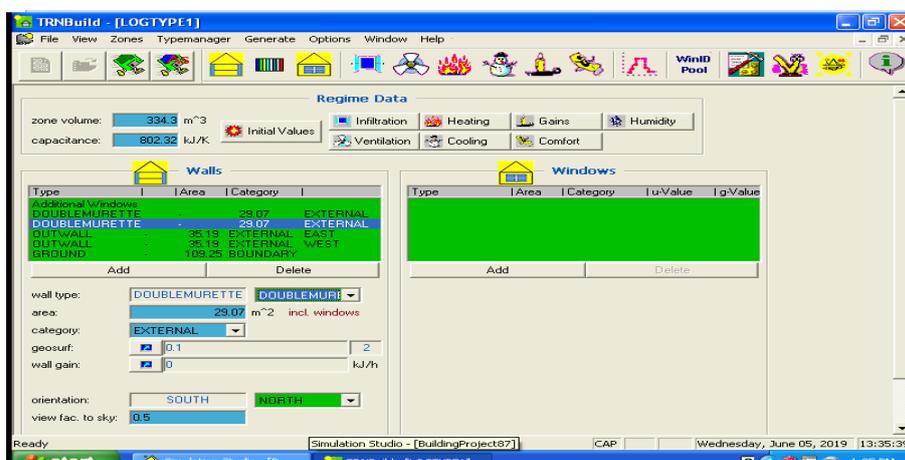
4. insertion la puissance du chauffage et climatisation



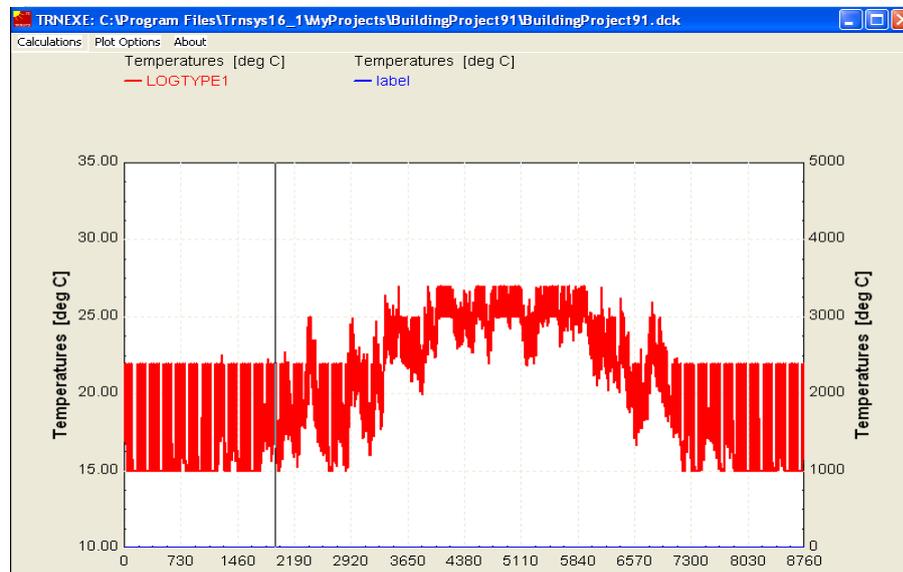
5. insertion les caractéristiques de l'enveloppe



6. insertion les surfaces de l'enveloppe



7. Lancement de la simulation :



Résumé

Résumé

La crise économique actuelle, liée à la crise énergétique, exige l'application des solutions dans l'urgence afin d'assurer un développement durable. Le secteur de l'habitat est classé comme étant le plus énergivore des secteurs de la ville. En Algérie environ 42% de la consommation énergétique globale revient au secteur résidentiel.

L'absence de l'isolation thermique et le choix inadapté des matériaux de construction utilisés (constitue de la paroi), engendre d'énormes dépenses de la consommation énergétique de climatisation et de chauffage aux logements collectifs à Tébessa. Cette dernière se situe à l'est de l'Algérie et se caractérise par un climat froid et long en hivers et des étés chauds et secs.

Pour remédier à ce problème il est nécessaire d'installer des matériaux isolants, pour pouvoir évaluer la température et la consommation énergétique afin de trouver une solution adéquate pour un habitat confortable qui ne consomme pas beaucoup d'énergie.

Le présent travail de recherche tente d'évaluer l'impact de l'isolation thermique sur la consommation énergétique et le confort thermique dans les logements collectifs à Tébessa, dont le premier logement du système constructif poteaux-poutres en béton armé et le deuxième du système constructif voile en béton armé.

Le travail en question, consiste à la simulation thermique dynamique avec l'usage du logiciel TRNSYS, ce dernier prouve que l'utilisation du double vitrage dans la composition de l'enveloppe a un effet non négligeable sur le gain énergétique, tandis que l'isolation à l'extérieur du bâtiment est importante par rapport à l'isolation intérieure. D'autre part l'isolation de la toiture est plus importante par rapport à l'isolation des murs extérieurs. Vers la fin on a abouti à des résultats très significatifs pour l'énergie nécessaire au chauffage et à la climatisation.

Les mots clés : Confort thermique, consommation énergétique, isolation thermique, simulation thermique dynamique, logement collectif, Tébessa, TRNSYS.

المخلص

تتطلب الأزمة الاقتصادية الحالية ، المرتبطة بأزمة الطاقة ، حولا عاجلة لضمان التنمية المستدامة. يصنف قطاع الإسكان باعتباره القطاع الأكثر كثافة في استخدام الطاقة في المدينة. في الجزائر ، يذهب حوالي 42% من الاستهلاك العالمي للطاقة إلى القطاع السكني.

إن عدم وجود العزل الحراري والاختيار غير المناسب لمواد البناء المستخدمة (يشكل الجدار) ، يولد نفقات ضخمة من استهلاك الطاقة للتكييف والتدفئة على السكن الجماعي في تبسة. يقع الأخير في شرق الجزائر ويتميز بمناخ بارد وفصول شتاء طويلة وصيف حار وجاف.

لحل هذه المشكلة، من الضروري تثبيت المواد العازلة، لتكون قادرة على تقييم درجة الحرارة واستهلاك الطاقة من أجل إيجاد حلول مناسبة مريحة لا تستهلك الكثير من الطاقة.

يختبر العمل الحالي تأثير العزل الحراري على استهلاك الطاقة والراحة الحرارية في السكن الجماعي في تبسة ، بما في ذلك السكن الأول من عوارض وروافد في الخرسانة المسلحة والثاني من الخرسانة المسلحة في النظام الإنشائي.

ويثبت هذا الأخير باستعمال المحاكاة الحرارية الديناميكية، باستعمال TRNSYS أن استخدام الزجاج المزدوج في تكوين الحائط له تأثير كبير على زيادة الطاقة، في حين أن العزل خارج المبنى مهم مقارنة بالعزل الداخلي. من ناحية أخرى، فإن عزل السطح أكثر أهمية مقارنة بعزل الجدران الخارجية. في النهاية، حققنا نتائج مهمة للغاية بالنسبة للطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد

الكلمات المفتاحية: الراحة الحرارية ، استهلاك الطاقة ، العزل الحراري ، المحاكاة الحرارية الديناميكية ، السكن الجماعي ، تبسة ، TRNSYS