République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE

Présenté par :
Donia DOUKHANE

THEME :
L'ISOLATION THERMIQUE ET LA COMPACITE COMME SOLUTION ARCHITECTIRALE DANS LE BATIMENT

Soutenu le: 14/11/2020

Composition du Jury :

El arbi BOUTAOUTAOU	MAA, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury
Mohamed Lamine CHOUGUI	MAA, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Directrice de mémoire
Riad BOURAOUI	MAA, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

En premier lieu, nous tiens à remercier Dieu Qui nous a procuré ce succès.

Nous tenons à adresser nos plus sincères Remerciements à notre promotrice ***Monsieur Chougui Mohamed Lamine*** *pour son aide et Son suivi permanent.*

Merci très vivement à tous les enseignants du département d'architecture de l'université de Jijel, qui nous ont fait partagés leurs connaissances, et à tous ceux qui ont participé, plus ou moins indirectement à notre travail.

Nous voudrions aussi exprimer tout l'honneur que les membres du jury nous font d'accepter de juger notre modeste travail.

DIDICAS

A ma très chère mère et mon très cher père rabi yarahmo que je remercie pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance. Et pour leurs patiences et leurs sacrifices

A mes chers frères et mes adorables sœurs

A tous mes proches

A mon trinôme Bouchra et Ghania

A tous mes ami(e)s

Et A tous ceux que j'aime ♥

Je dédie ce mémoire.

Donia

Sommaire

Remerciement.....I

Dédicace.....II

Table des matières.....III

Liste des figures et des tablaeux.....VII

Liste des abreviations.....X

INTRODUCTION GENERALE.....1

Introduction.....1

3- Hypothèses.....2

4-Objectifs.....2

5- Méthodologie de la recherche.....2

6- Structure du mémoire.....3

CHAPITRE I.....4

Introduction.....5

I- L' isolation thermique.....5

I-1- L' isolation thermique :.....5

I-2- Pourquoi isoler ? :.....5

I-3- Les types d'isolation thermique.....6

I-3-1- L 'isolation des sols.....6

I-3-1-1- Les différentes techniques.....6

I-3-2-L'isolation des mur.....7

I-3-2-1-L'isolation des murs par l'intérieur.....10

I-3-2-2-L'isolation des murs par l'extérieur.....11

I- 4-Les ponts thermiques.....12

I-4-1Les ponts thermiques ponctuels *13*

I-4-2- Les ponts thermiques de liaison *13*

I-5-Le traitement des ponts thermiques *13*

I-6-Le bon choix des produits d'isolation *14*

I-6-1-La certification ACERMI : *15*

I-6-2-La certification NF ou CST Bat *15*

I-6-3-La certification CEKAL (organisme certificateur) *16*

I-6-4-La certification ACOTHERM : *16*

I-6-5-La certification NF fenêtre bois *16*

I-7-Les types d'isolants *16*

Conclusion *20*

CHAPITRE II *21*

Introduction *22*

II-1- Inertie thermique *22*

II-2- Chaleur latente *22*

II-3- Définition des matériaux à changement de phase *23*

II-3-1- Propriétés des matériaux à changement de phase *23*

II-3-1-1- Critères thermodynamiques *23*

II-3-1-2- Critères cinétique *24*

II-3-1-3- Critères chimique *24*

II-3-1-4- Critères économique *24*

II-3-2-Les MCP existants *24*

II-3-2-1- Les matériaux organiques *25*

II-3-2-2- Les paraffines *25*

II-3-2-3- Les acides gras *25*

II-3-2-4- Les composée inorganiques (sel hydraté) *25*

II-3-2-5- Les matériaux eutectiques *26*

II-3-3-Conditionnement des MCP *27*

II-3-4-Les applications des MCP dans le bâtiment *28*

II-3-5. Intégration du MCP a l'enveloppe du bâtiment *29*

conclusion *31*

Chapitre III *33*

Introduction *34*

III-1-La compacité des constructions *34*

III-2-Construire compact, qu'est-ce que cela signifie ? *36*

III-3-Comment construire compact ? *36*

III-4-Inadéquation du facteur de compacité classique à l'architecture *37*

III-5-Adéquation du facteur de compacité Sp/SHab à l'architecture *37*

III-6-Exemple sur l'impact de la compacité sur la performance d'un projet *40*

III-6-1-Exemple : *40*

III-6-2-Comparaison *41*

III-6-2-1 Impact sur les surfaces déprédatives *41*

III-6-2-2 Impact sur les apports solaires *41*

III-6-2-3Impact des ponts thermiques *41*

Conclusion *42*

CHAPITRE IV *43*

Introduction *45*

IV-1. Présentation de cite *45*

IV-1.1. Présentation de la ville de Jijel *45*

IV-1.2. Présentation de la région du Harratene *45*

IV-1.3. Les données climatiques *46*

IV-1.3.1. La pluviométrie *46*

IV-1.3.2. La température *47*

IV-1.3.3. Les vents dominants *47*

IV-2. Présentation du bâtiment cas d'étude *47*

IV-2.1. Description du projet: *48*

IV-3. La simulation numérique *48*

IV-3.1. Définition *48*

IV-3.2. L'objectif de la simulation *48*

IV-3.3. Présentation de logiciel de simulation Ecotect Analysis2011 ..... *48*

IV-4. Les démarches de la simulation *49*

IV-4.1.Préparation des plans *49*

IV-4.2. Importation des plans *49*

IV-4.3. L'adaptation des paramètres relatives à l'objet d'étude *49*

IV-4.4. La modélisation *50*

IV-4.5. La définition des matériaux *51*

Conclusion *51*

CHAPITRE V *52*

Introduction *53*

V-1- Scénario 01 : La consommation énergétique avant l'application de l'isolation *53*

V-1-1- Composition des éléments constructifs de modèle 01 (cas initial) *53*

V-1-1-1- Caractéristique du mur extérieur *53*

V-1-1-2- Caractéristique du mur intérieur *54*

V-1-1-3- Caractéristique des ouvertures *55*

V-1-2- Interprétation des résultats de simulation du modèle 01 ..... *55*

V-2- Scénario 02 : Les consommation énergétique intérieures après l'application de l'isolant *57*

V-2-1Composition des éléments constructifs de l du modèle 02 (cas proposé) *57*

V-2-1-1- Caractéristique du mur extérieur *57*

V-2-1-2- Caractéristique du mur intérieur *58*

V-2-1-3- Caractéristique des ouvertures *58*

V-2-2- Interprétation des résultats de simulation du modèle 02 ..... *59*

V-3- Scénario 0 3 : Les consommation énergétique intérieures a partir de la compacité *60*

V-3-1- Interprétation des résultats de simulation du modèle 03 ..... *61*

Conclusion *63*

Conclusion générale……..... *64*

La liste bibliographique …….....*66*

Les annexes …….....*68*

Résume……..... *70*

Liste des figures

Figure I. 1: Pertes de chaleur au sein d'une maison non isolée. Source: guide-comprendre-isolation-thermique.pdf 6

Figure I. 2 :Isolation thermique du sol sur cave. Source: L'Atelier du Vigneron, (2012) 7

Figure I. 3: Isolation d'une dalle sur terre-plein. Source : Over blog, (2010) 8

Figure I. 4:Isolation du sol au-dessus d'un vide sanitaire. Source : Système D,(2018). 8

Figure I. 5:Isolation des planchers .Source : Guide-comprendre-isolation.pdf 9

Figure I. 6 : L'isolation des murs par l'intérieur. Source: Guide-comprendre-isolation.pdf. .. 11

Figure I. 7:L'isolation des murs par l'extérieur. **Source**: Guide-comprendre-isolation.pdf... 12

Figure I. 8:Volet roulant à caisson isolé pour limiter les ponts thermiques. source: bâtiment économe en énergie, (2018)..... 13

Figure I. 9: Le marquage CE des produits fait par La certification ACERMI. Source : Améliorez le confort de votre maison,(2008)..... 15

Figure I. 10:Laine de roche..... 16

Figure I. 11:Laine de verre. 16

Figure I. 14: Polystyrène extrudé XPS. 17

Figure I. 12: Le verre cellulaire. 17

Figure I. 13: Polystyrène expansé PSE..... 17

Figure I. 16: Isolant minces à bulles. 18

Figure I. 17:Isolant mince multicouche. 18

Figure I. 18: La chènevotte. 19

Figure I. 15: Polystyrène PU. 18

Figure I. 19: Fibre de bois. 19

Figure I. 20:Laine de mouton. 19

Figure I. 21:Ouate de cellulose..... 20

Figure II. 1: Représentation charge/décharge d'un matériau a changement de phase. source: https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE 22
Figure II. 2:MCP micro-encapsulés: (a) état liquide et état poudre. source: 28
Figure II. 3: MCP dans le bâtiment. Source: https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE 29
Figure II. 4: Résultat des MCP dans l'habitation.Source : https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE 29

Figure III. 1: Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres Volumes sur la compacité des formes simples .Source : F. Simon, JM. Hauglustaine, (2005) 35
Figure III. 2:Evolution de la compacité Sp/Ven fonction de la forme et la taille ; source https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html 37
Figure III. 3: Evolution de la compacité Sp/SHab fonction de la forme et la taille.Source https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html 38
Figure III. 4: Evolution de la compacité Sp/SHab fonction de la surface habitable . Source https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html 39

Figure IV. 1: Localisation géographique de Harratene, Jijel. Source : http://www.wilayadejijel.net/page1.htm 46
Figure IV. 2: Le paramétrage du logiciel. Source : Ecotect Analysis 2011. 50
Figure IV. 3: Modalisation de 3D en Ecotect. Source : Ecotect Analysis 2011 50
Figure IV. 4: La définition des matériaux en Ecotect. Source : Ecotect Analysis 2011. 51

Figure V. 1: Vue général scénario 1avec l'isolant. Source : Auteur. 53
Figure V. 2: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de marché (12janvier).Source : Auteur. 55
Figure V. 3: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure. Source: Auteur 56
Figure V. 4Vue général scénario 2 avec l'isolant . Source : Auteur. 57
Figure V. 5: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (12janvier). Source : Auteur. 59

Figure V. 6: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (21 Juillet) .Source : Auteur. 60
Figure V. 7:vue général forme 2scénario 3. Source : Auteur. 61
Figure V. 8: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (21 janvier) .Source : Auteur. 61
Figure V. 9: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (21 Juillet).Source : Auteur. 62

Liste des tableaux

Tableau I. 1: les types des isolations .Source :Grand livre d'isolation 20
Tableau II. 1 :Avantages et inconvénients MC.Source :……... https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE 27
Tableau II. 2: Intégration du MCP a l'enveloppe du bâtiment .Source **:** Art19-4_13 PDF….31
Tableau III. 1: Maison U et maison en forme carré . Source : https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/) 40
Tablaeu IV. 1: :Précipitation moyennes mensuelles –période 2008-2015 Source: station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel. 45
Tableau IV.2: Moyenne générale de la température mensuelle –période 2008-2015 **Source**: station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel. 45
Tablaeu IV.3 : Moyenne générale de la température mensuelle –période 2008-2015 **Source**: station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel. 45
Tablaeu V.1: Matériaux constituant du mur extérieur. Source : Auteur.. 54
Tablaeu V.2: Matériaux constituant du mur intérieur.Source :Auteur ……. 55
Tablaeu V.3: Matériaux constituant des ouvertures .Source : Auteur……...55
Tablaeu V.4: Matériaux constituant du mur extérieur. Source : Auteur.. 58
Tablaeu V.5: Matériaux constituant du mur intérieur. **Source** : Auteur. 59
Tablaeu V.6: Matériaux constituant des ouvertures .**Source :** Auteur. 59
Tablaeu V.7: Résultats de la simulation. **Source** : Auteur…….. ……...63

LISTE DES ABREVIATIONS :

ADEM : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

ACERMI : Association pour la certification des matériaux isolants.

ITI : Isolation thermique intérieur.

ITE : Isolation thermique extérieur.

kW/h: Le kilowatt / heure.

PSE : panneaux en polystyrène expansé.

R : Résistance.

W/m².K : Watt/mètre carré. Coefficient de transmission thermique d'une paroi.

W/M.C : Watt/ mètre celcus.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Depuis la nuit des temps l'homme était en quête de source de l'énergie, à l'Age des pierres il a utilisé les rayons solaire afin d'allumé le feu nécessaire pour cuire ses aliments et chauffé et éclairé sa caverne.

Avec l'évolution le besoin énergétique ces multiplier, c'est alors que d'autre source comme le vent fut exploités pour répondre à ce besoin croissant.

Dès le 17ème siècle le charbon est devenu la source énergétique principale utilisée surtout lors de la révolution industrielle.

C'est au début du 19ème siècle avec la découverte du gaz et du pétrole que le charbon perd sa place au profil du pétrole principalement.

Depuis, les hydrocarbures sont la première source énergétique mondiale et le pilier de la croissance industrielle et économique alors qu'elle est non renouvelable et polluante.

L'Algérie a connu un accroissement de consommation dans les deux dernières décennies, sa consommation est multiplier par trois, elle a passée de 8 MT en 2008 à 18.9 MT.

La demande en Algérie est répartie sur 3 secteur, c'est le bâtiment (tertiaire et habitation) qui prend la part du lion (42%) suivie par le transport (36%) et seulement (38%) pour le secteur industriel.

Cette hausse de la demande peut être expliquée par l'amélioration du niveau de vie et la croissance démographique dans les deux dernières décennies

2-Problématique

Consciente, de l'importance de l'énergie dans le quotidien des citoyens surtout dans le secteur du bâtiment (chauffage, climatisation, éclairage), l'état cherche à satisfaire la demande croissante en énergie, malgré les contraintes environnementaux, le problème de disponibilité énergétique et la grande charge économique de la subvention de l'énergie.

En outre, la forte croissance démographique qui s'accompagne d'une forte consommation d'énergie conduit à l'épuisement des sources d'énergie et à l'absence d'alternatives à ces sources, ce qui est considéré comme le plus grand obstacle auquel l'État est confronté.

Dans ce contexte, une stratégie avec des solutions efficaces doivent être mises en place afin de rationaliser la consommation énergétique.

Pour cela on doit répondre à la question suivante :

Quelles sont les solutions architecturales permettant l'augmentation de la performance énergétique du bâtiment en particulier le rôle de l'isolation thermique et la compacité ?

3- Hypothèses

Un bâtiment bien isolé est un bâtiment qui consomme peu d'énergie donc, c'est un élément très important pour l'amélioration de la performance énergétique.

De plus, la compacité est l'un des critères de base à prendre en compte pour que le bâtiment économise la consommation énergétique.

Alors, pour arriver à un bâtiment a faible consommation énergétique, il faut tenir en compte une compacité adéquate dès les premières lignes de la conception architecturale et assurer une bonne isolation en passant par le choix des matériaux écologiques de haute performance énergétique à l'aide des outils de conception et des logiciels de modélisation.

4-Objectifs

Traiter cette thématique comme un thème de recherche vise à atteindre certains objectifs prioritaires :

Tel qu'élaborer des solutions architecturales afin de concevoir un type de bâtiment à faible consommation énergétique.

Pour cela on va calculer le niveau réel de consommation et identifier les meilleurs axes d'intervention permettant la réduction de la consommation énergétique**.**

5- Méthodologie de la recherche

Afin d'atteindre les objectifs préalablement cités et vérifier les hypothèses de notre recherche, nous organisons nos travail selon deux partie :

- **La partie théorique (thématique)**

Consiste en une exploration systématique de la documentation (ouvrage, thèses, articles, …) pour tirer des concepts, des théories et des connaissances liées à notre thème de recherche. Elle se compose de trois chapitres qui s'articulent sur la consommation énergétique

en générale, sa relation avec l'architecture, et les influences qui existent entre eux.

La deuxième partie (approche expérimental) :

Elle est divisée aussi en deux chapitres, la première concerne la présentation du cas d'étude et la technique de recherche. La deuxième consiste a une simulation, l'interprétation des résultats de simulation qu'on a eus après l'analyse des donner saisie précédemment.

6- Structure du mémoire

Le présent mémoire est divisé en cinq chapitres, précédés d'une introduction générale et suivis par une conclusion générale.

L'introduction générale : c'est une ouverture préparatoire sur le sujet d'étude et le problème de recherche, elle comprend : l'introduction, la problématique, les hypothèses, les objectifs et la méthodologie de la recherche ainsi que la structure de mémoire.

-Le premier chapitre est consacré à l'isolation thermique dans les bâtiments à basse consommation énergétique ; afin de trouver la bonne combinaison des matériaux pour diminuer la consommation énergétique dans le bâtiment.

-Le deuxième chapitre : est dé deux différents types, propriétés et conditionnement du MCP.

-Le troisième chapitre : mis le point sur la compacité du bâtiment et son rôle très important dans la réduction de la consommation énergétique dans le bâtiment

- Le quatrième chapitre : présent le cas d'étude et la technique de recherche

-Dans le cinquième chapitre : nous avons présenté le cas d'étude choisi et le logiciel choisi pour la simulation ainsi d'une interprétation des résultats

-Une conclusion générale : qui récapitule le mémoire et suggéré quelques recommandations en se référant aux résultats obtenus ultérieurement.

CHAPITRE I :

LES ISOLTIONS THERMIQUES

Introduction

Pour sa survie puis son confort, l'Homme a toujours cherché à produire de la chaleur afin de se réchauffer. Aujourd'hui les moyens pour la produire étant assimilent, l'attention se porte désormais sur les différentes techniques de conservation de cette chaleur dont le but principal est d'abaisse les consommations d'énergie. Aussi, depuis les chocs pétroliers de 1970 et 1973, nous avons vraiment pris conscience de la nécessité de mieux isoler les constructions. Ainsi l'isolation thermique possède une place importante dans la conception et la réalisation des habitations actuelles et futures. On peut donc se demander où s'arrêtera l'innovation.

I- L'isolation thermique

I-1- L'isolation thermique

L'isolation thermique vise à empêcher les transferts de chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. Il existe différentes méthodes pour isoler ces éléments ; Les normes d'isolation thermique sont commencées en France. Ainsi, pour bien choisir son isolation thermique, il est bon de savoir qu'une règlementation est en vigueur en France depuis de nombreuses années et qu'elle évolue au fil de temps. , la RT 2020 remplacera la RT 2012. .(guide-comprendre-isolation-thermique.pdf)

I-2- Pourquoi isolé ?

Isoler une maison c'est mettre une place, une barrière la plus homogène et continue possible qui freine les échanges de chaleur ; l'hiver de l'intérieur de l'habitation vers l'extérieur et l'été de l'extérieur vers l'intérieur.

Ces fuites de calories que l'on appelle déperdition de chaleur ou déperdition thermiques comprennent :

- Les déperditions dite « surfaciques » elles s'effectuent à travers les parois (murs ; planchers ; toitures; fenêtres ; porte-fenêtre) pour une maison non isolée elles représentent ; l'hiver ; environ 70% de l'ensemble.
- Les déperditions dites « linéiques « ou linéaires : elles ont lieu au niveau des ponts thermiques qui sont des zones ou l'isolation est interrompue ou incomplète. pour une maison non isolée elles représentent environ 10à15% de l'ensemble
- Les déperdition dues au renouvellement de l'air : elle sont occasionnés par la ventilation des locaux (naturelle ou mécanique) et par les défauts d'étanchéité des

menuiseries (fenêtres ; porte d'entrée ……) pour une maison non isolée elles représentent environ 15à20% de l'ensemble.(l'isolation thermique et le chauffage p9)

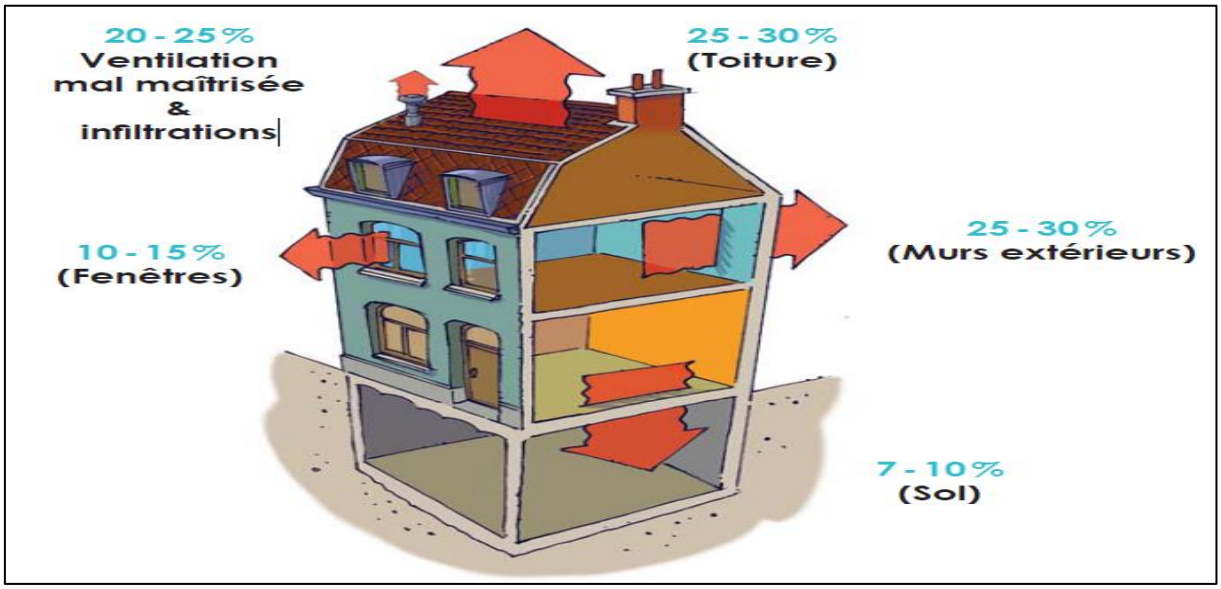


Figure I. 1: Pertes de chaleur au sein d'une maison non isolée.

Source: guide-comprendre-isolation-thermique.pdf

I-3- Les types d'isolation thermique

I-3-1- L 'isolation des sols

Les sols constituent un enjeu important en matière d'isolation thermique pour un confort maximal. Les solutions d'isolation pour le sol s'adaptent à la plupart des configurations de chantiers en neuf comme en rénovation, avec ou sans chauffage par le sol et sauront répondre aux besoins pour optimiser votre confort, réduire le facture de chauffage et réaliser des économies d'énergie.

L'isolation thermique d'un bâtiment passe par l'isolation des sols. Pendant l'hiver, un sol mal isolé peut provoquer d'importantes déperditions de chaleur. En effet, elles sont de l'ordre de 7 à 10 % selon l'ADEM. C'est autant de pertes qui viendront alourdir la facture énergétique à la fin de l'année. L'été, un sol bien isolé permettra de conserver la fraîcheur. (Isover, 2018)

I-3-1-1- Les différentes techniques

L'isolation du sol est une étape non négligeable. Plusieurs techniques existent en fonction des fondations du bâtiment :

- L'isolation thermique du sol sur cave

Dans le cas où votre maison est construite sur une cave non chauffée, la technique la plus efficace pour réaliser **l'isolation du sol** est de poser un isolant sur le plafond de la cave. Vous pouvez installer des plaques de liège par exemple (résistant à l'eau) d'une épaisseur d'environ 5 à 10 cm.

Si on fait le choix d'isoler avec de la laine de verre, il faut penser à installer des plaques des plâtres (par exemple) par dessous car ce matériau est très irritant. (Géraldin, 2016)

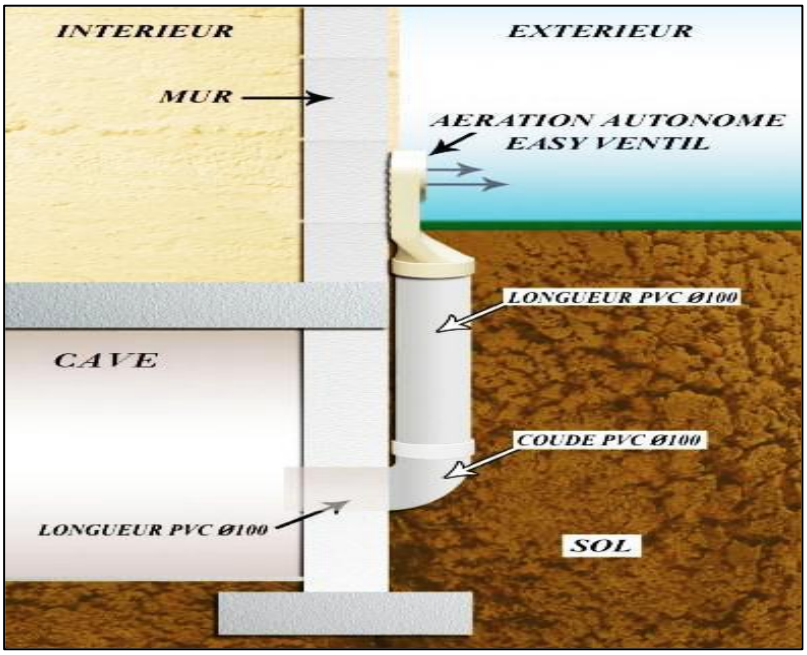


Figure I. 2 : Isolation thermique du sol sur cave.

Source: L'Atelier du Vigneron, (2012)

-L'isolation d'une dalle sur terre-plein

Si la dalle du bâtiment est construite sur un terre-plein, c'est-à-dire que ce bâtiment a été bâti directement sur le sol, il existe deux solutions :

- Laisser la dalle en l'état, afin de profiter de l'inertie thermique du sol. Été comme hiver, la terre devrait servir d'isolant thermique ;
- Installer sur le sol un isolant de 15 à 20 cm d'épaisseur (laine de bois, liège, etc …) (Isover). (20118)

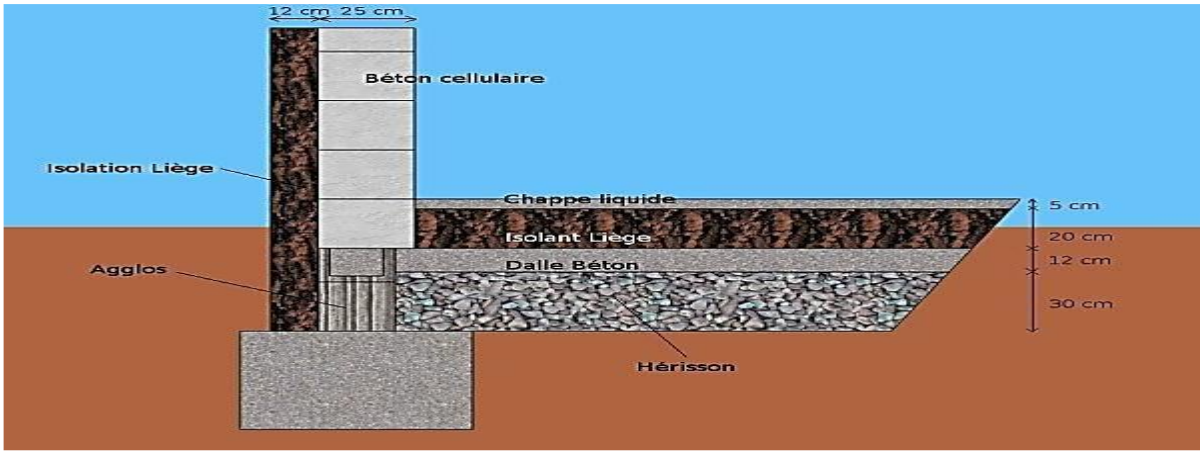


Figure I. 3: Isolation d'une dalle sur terre-plein.

Source : Over blog, (2010)

-L'isolation du sol au-dessus d'un vide sanitaire

Certains bâtiments sont construits sur un vide sanitaire, c'est-à-dire un espace ventilé, isolé de la terre et situé sous la dalle du bâtiment. Il est recommandé d'y installer un isolant thermique de 5 à 10 cm d'épaisseur.

Quelle que soit la situation, il faut faire appel à un spécialiste pour réaliser **l'isolation thermique des sols** cela évitera l'apparition de ponts thermiques (zones mal isolées) qui pourraient réduire à néant tous les efforts. (Géraldine, 2016)

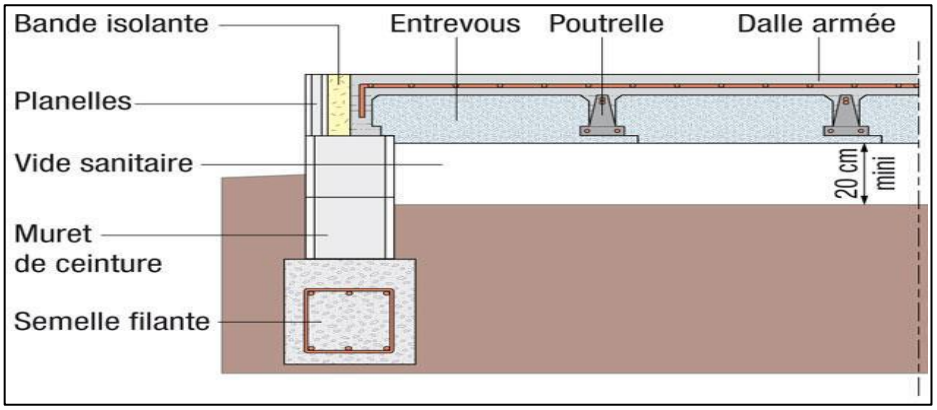


Figure I. 4: Isolation du sol au-dessus d'un vide sanitaire.

Source : Système D, (2018).

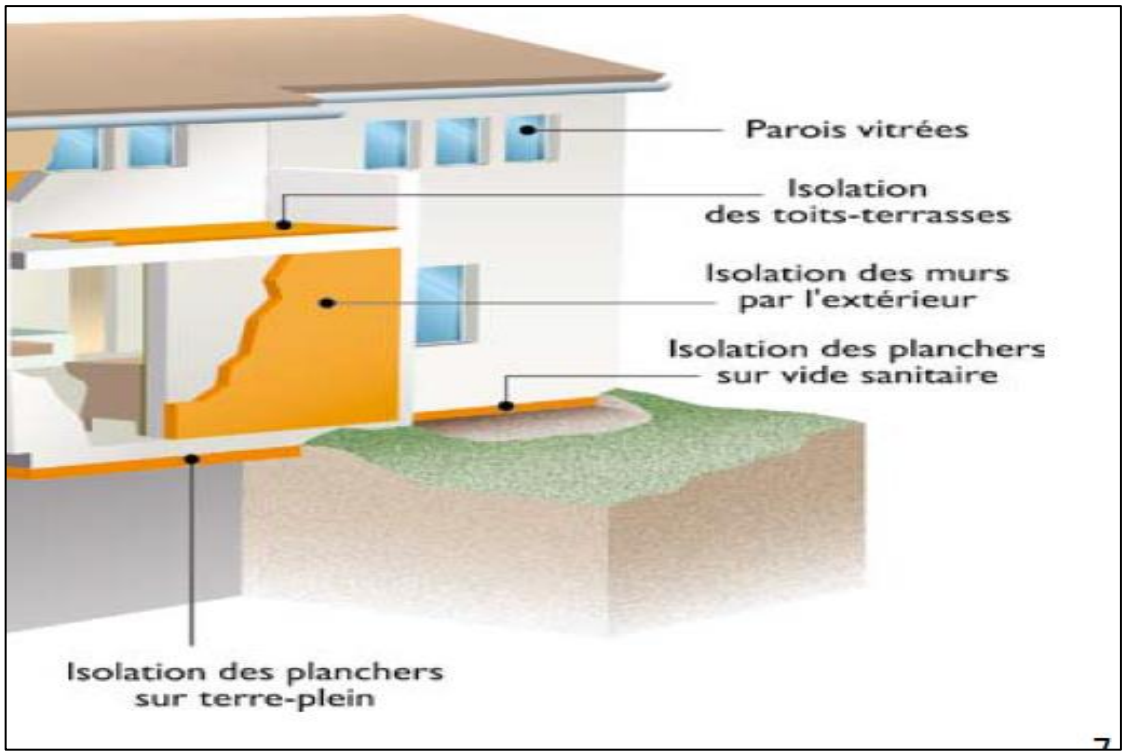


Figure I. 5:Isolation des planchers .

Source : isolation.pdf

I-3-2-L'isolation des murs

On distingue trois principaux modes d'isolation des murs :

-L'isolation réalisée sur la face intérieur des murs de façade dite isolation par l'intérieur .C'est le mode d'isolation le plus utilisé en maison individuelle .Il comprend plusieurs technique de pose détaillées.

-L'isolation réalisée sur la face extérieur des murs de façade dite isolation par l'extérieur .Ce procédé est surtout employé lors de travaux de rénovation .Il n'est pratiquement pas mis en œuvre sur les constructions neuves bien qu'il permette d'atteindre des niveaux d'isolation thermique élevés en corrigeant notamment de manière significative les ponts thermique .Ce mode d'isolation non abordé dans les pages suivantes ; consiste à fixer par collage ou mécaniquement sur une ossature en bois ou en métal des panneaux isolants en polystyrène. L'ensemble est ensuite recouvert par un enduit de façade étanche

-Il existe un autre procédé d'isolation par l'extérieur ; également peu employé ; qui consiste à utiliser des blocs spéciaux en béton de granulats dont la partie centrale est une bande en polystyrène.

-L'isolation répartie obtenue à l'aide de blocs en terre cuite de type Mono mur ou en béton cellulaire. Ces blocs qui assurent eux –même l'isolation de la paroi ne nécessitent pas la mise en œuvre d'une isolation rapportée.

- L'isolation par l'intérieur peut être réalisée de trois façons différentes :

-Au moyen d'un complexe isolant : des plâtre associée à une couche isolante (en polystyrène ou en laine minérale) sont directement collé sur les murs .Les joints entre panneaux sont ensuite dissimulés par une couche d'enduit et une bande de jointoiement

-Avec une couche isolante et une contrecloison :des panneaux semi –rigides de laine minérale sont fixés au mur par des plots de colle ou à l'aide de petites pattes métalliques .Une contre-cloison appelée aussi cloison de doublage est ensuite bâtie devant l'isolant .En briques plâtrières ,en carreaux de plâtre ou de brique ,elle permet l'accrochage de charge lourdes (meubles haut de cuisine ,étagères ….)et facilite également le passage des gaines électriques .Etanche à l'air, elle constitue une barrière contre l'humidité et facilite la pose des carrelages muraux. (L'isolation thermique et le chauffage p22)

-Avec une couche isolante et un doublage posé sur une ossature métallique .Ce procédé qui est surtout utilisé en rénovation sur des murs irréguliers consiste à recouvrir les panneaux isolants d'un parement intérieur fixé sur une ossature métallique .Le plus souvent en plaques de plâtre rejointoyées ,ce parement peut également être réalisé en panneaux de bois ou en lambris (l'isolation thermique et le chauffage p23)

I-3-2-1-L'isolation des murs par l'intérieur

Moins onéreuse que l'isolation extérieure, ne modifie pas l'aspect extérieur de la maison. Sa mise en œuvre est réalisée selon des procédés différents. Le plus couramment utilisé est la pose de panneaux isolants par simple collage ou vissage sur des tasseaux en bois. Il faut prévoir un film pare-vapeur, à poser entre l'isolant thermique et les panneaux de finition. D'autres procédés moins utilisés comportent un ouvrage maçonné, par projection ou coffrage en utilisant des enduits isolants, ou encore en fixant un isolant en vrac derrière des panneaux de parement.

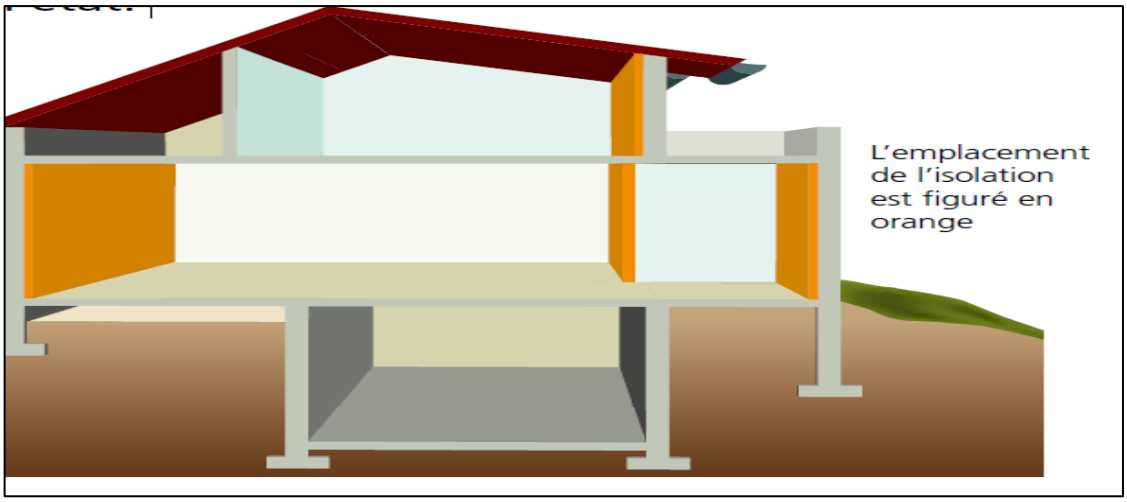


Figure I. 6 : L'isolation des murs par l'intérieur.

Source: isolation.pdf.

*** Les avantages sont**

• **l'absence de modification** de l'aspect extérieur de la maison.

• **un coût relativement peu élevé,** mais entraînant une réduction de la surface des pièces, des gênes possibles par exemple pour l'ouverture des fenêtres du fait de l'épaisseur additionnelle , une mise en œuvre qui peut être contraignante dans le cas de prises , canalisation ou autres équipements à démonter.(isolation p12)

I-3-2-2-L'isolation des murs par l'extérieur

Bien que globalement avantageuse, elle ne convient pas à tous les types de façades. Les avantages de l'isolation par l'extérieur, l'**ITE**, sont évidentes : elle ne perturbe pas le quotidien à l'intérieur du logement et **n'enlève pas de surface habitable**. La mise en œuvre de ce type d'isolation est relativement simple et peut être réalisée de manières diverses, telles que par projection**, par l'installation d'un bardage** ou encore par la pose de panneaux enduits. Il s'agit, en réalité, d'une double opération : **d'isolation et de ravalement de façade**. L'inconvénient est son coût élevé Futur maison. (2018). [en ligne] https://www.futurasciences.com/maison/questions-reponses/thermique-isoler-murs-isolationinterieure-isolation-exterieure-3169/.

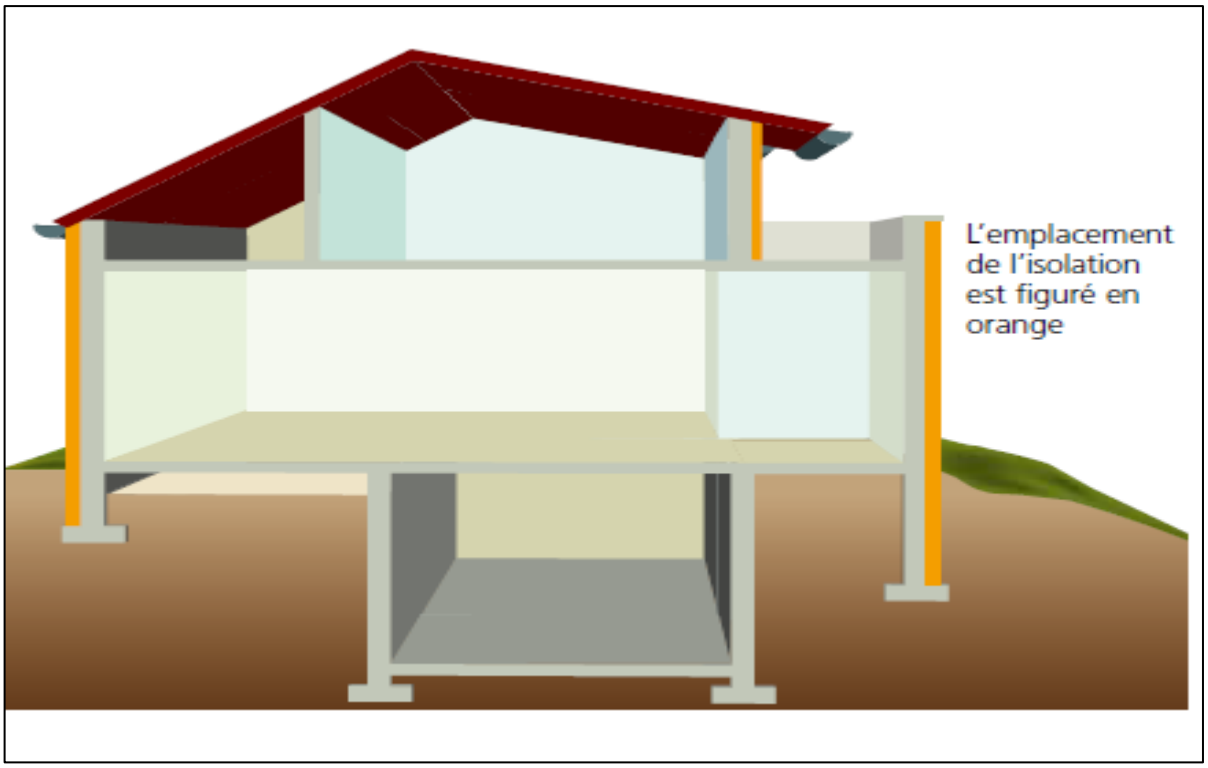


Figure I. 7:L'isolation des murs par l'extérieur.

Source: isolation.pdf.

*** Les avantages**

- **traiter** un plus grand nombre de **ponts thermiques** ;
- **ne pas modifier** les surfaces habitables ;
- **protéger les murs** des variations climatiques. (Isolation p14)

I- 4-Les ponts thermiques

Un pont thermique est une partie de la construction ou la résistance thermique de la paroi est localement diminuée soit à cause d'une mise en œuvre défectueuse de l'isolant, soit en raison du mode d'isolation qui occasionne une interruption localisée de l'isolant.

Les ponts thermiques constituent une source importante de déperditions énergétiques pour les maisons individuelles correctement isolées en surfaces courantes mais dont les ponts thermiques sont nombreux.

On distingue deux types de ponts thermiques : les ponts thermiques ponctuels et les ponts thermiques linéiques. (L'isolation thermique et le chauffage p38)

I-4-1Les ponts thermiques ponctuels

Les ponts thermiques ponctuels correspondent aux endroits ou l'isolant est ponctuellement interrompu .Cette interruption, très localisée, peut être due à des dispositifs qui traversent la couche isolante (comme, par exemple les suspentes métallique qui soutiennent un faux plafond). .La perte de chaleur provoquée par un pont thermique ponctuel s'exprime en W/C sous la forme d'un coefficient spécifique qui correspond à la perte de chaleur observée en un point donné pour une différence de température d'un degré entre l'air extérieur et l'air intérieur .plus la valeur de ce coefficient est élevée ,plus le pont thermique ponctuel est important .En réglé générale ,les valeurs observées en maison individuelle sont peu importantes (l'isolation thermique et le chauffage p38-39)

I-4-2- Les ponts thermiques de liaison

Les ponts thermiques de liaison, appelés aussi ponts thermique linéiques, se situent principalement aux jonctions des différents éléments porteurs (planchers, murs de façade et refend).(l'isolation thermique et le chauffage p39)

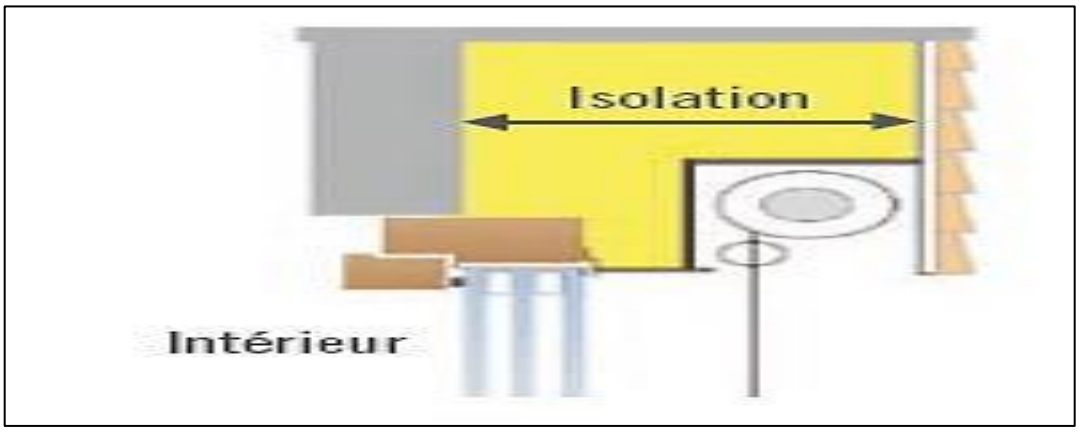


Figure I. 8: Volet roulant à caisson isolé pour limiter les ponts thermiques.

Source: bâtiment économe en énergie, (2018)

I-5-Le traitement des ponts thermiques

Pour éviter la discontinuité de l'isolant, deux traitements peuvent être envisagés (intérieur ou extérieur), tout en sachant que la construction à ossature poteau –poutre intégrant l'isolant dans la paroi minimise les ponts thermiques. (Isover47)

■L'isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur consiste à envelopper le bâtiment d'un manteau isolant .Dans l'existant, une isolation par l'extérieur peut être envisagée lors d'une réhabilitation totale ou un ravalement de façade, après avoir consulté les règles d'urbanisme de la commune.

À défaut d'isoler tout le bâtiment par l'extérieur, isoler les murs pignons exposés au vent et intempéries est toujours intéressant thermiquement. Une isolation par l'extérieur doit tenir compte des caractéristiques et des exigences de façade, ainsi que des points singuliers (fenêtres, portes…). Elle nécessite une réalisation scrupuleuse de la continuité thermique, notamment portes, fenêtres, balcons. Si ce n'est pas le cas, elle est alors inefficace. Elle doit par ailleurs être mise en œuvre selon les Avis Techniques des systèmes. (Isover47)

■L'isolation par l'intérieur

La « boîte dans la boîte », particulièrement adaptée aux parements en plaques de plâtre et aux dalles flottantes, offre à la fois une très bonne isolation thermique et une très bonne isolation acoustique aux bruits aériens et aux bruits d'impact. Des solutions de bon sens permettent de traiter efficacement les ponts thermiques de liaison par une isolation par l'intérieur. (Isover47)

I-6-Le bon choix des produits d'isolation

L'inverse des métaux qui sont bons conducteurs de la chaleur, les isolants ne conduisent pas la chaleur. La résistance thermique d'un matériau isolant est d'autant plus élevée que son épaisseur est grande et que son coefficient de conductivité (lambda) est faible. La résistance thermique, exprimée en m2.K/W, s'obtient par le rapport de l'épaisseur (en mètres) sur la conductivité thermique λ (lambda) du matériau considéré. Pour choisir un produit isolant ou d'isolation, on prendra en compte sa résistance thermique R qui figure sur l'étiquette du produit. Plus R est important, plus le produit n'est isolant. (Isolation p8)

Pour une garantie de la performance et de la qualité : choisir un produit certifié les certifications sont :

I-6-1-La certification ACERMI :

La certification ACERMI des isolants complète le marquage CE de ces produits qui est obligatoire depuis mars 2003. Elle vise les produits isolants fabriqués en usine sous forme de plaques, panneaux ou rouleaux conformes à la norme NF P 75-101. Elle peut concernée

Les isolants en vrac.

Le certificat ACERMI est apposé sur l'emballage des produits. Il permet le choix d'un isolant adapté à l'emploi grâce aux informations inscrites sur l'étiquette informative : résistance thermique, comportement mécanique, comportement à l'eau…

Pour choisir le produit isolant selon son application dans l'ouvrage, la certification ACERMI comporte les niveaux de caractéristiques selon les normes européennes ou selon le classement niveaux de caractéristiques selon les normes européennes ISOLE qui donne l'aptitude à l'emploi du produit. (Isolation p8)

Figure I. 9: Le marquage CE des produits fait par La certification ACERMI.

Source : Améliorez le confort de votre maison, (2008)

I-6-2-La certification NF ou CST Bat

Ces certifications s'appliquent aux matériaux d'isolation porteurs tels que le béton cellulaire ou le mono mur de terre cuite. Ces certifications comprennent les caractéristiques d'aptitude à l'emploi selon les types de travaux souhaités. (Isolation p9)

I-6-3-La certification CEKAL (organisme certificateur)

CEKAL certifie les performances acoustiques et thermiques des vitrages.(isolation p10)

I-6-4-La certification ACOTHERM

Elle garantit les niveaux d'isolation acoustique et thermique de la fenêtre selon une classification (voir fiche 5, Les menuiseries). (Isolation p10)

I-6-5-La certification NF fenêtre bois

Elle garantit de nombreux critères techniques de la fenêtre : longévité, étanchéité à

L'air et à l'eau, résistance au vent, et tenue des finitions. (Isolation p10)

I-7-Les types d'isolants

Type d'isolant	matériaux	Caractéristiques (pour une épaisseur de 100 mm)	Critères
Isolants minéraux	**Laine de verre** **Figure I. 11:**Laine de verre.	-Poids par m2 (en kg) 1,2 conductivité thermique 0,032 à 0,040 -Résistance thermique(R) 3,12 à 2,50. -Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	-D'un excellent rapport qualité/prix, elle est souple et épouse les irrégularités des supports. Ses fibres sont peu conductrices acoustiquement. Elle est incombustible naturellement.
	Laine de roche **Figure I. 10**:Laine de roche.	Poids par m2 (en kg) 2,7 conductivité thermique 0,035 à 0,042. -Résistance thermique (R) 2,86 à 2,38 -Performance acoustique -Tenue à l'humidité	-Fabriquée à partir de roche volcanique, elle contribue à l'isolation thermique, au confort acoustique et à la protection incendie. Elle est

		Compression mécanique	incombustible.
	Le verre cellulaire : **Figure I. 12**: Le verre cellulaire.	-Poids par m2 (en kg) 10 conductivité thermique 0,060 à 0,080 Résistance thermique (R) 1,66 à 1,25 Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	-Imputrescible, inaltérable, stable, inerte, léger et écologique, cet isolant s'utilise en vrac. Les granulats limitent les ponts thermiques en comblant les interstices. La vermiculite est incombustible naturellement.
Isolants synthétiques	**Polystyrène expansé PSE** **Figure I. 13:** Polystyrène expansé PSE.	-Poids par m2 (en kg) 1,4 conductivité thermique 0,032 à 0,042 -Résistance thermique (R) 3,12 à 2,38. -Performance acoustique -Tenue à l'humidité. Compression mécanique	Bonne résistance mécanique. Facile à poser, léger, il est imputrescible, stable, inerte mais non respirant. Dérivé de la chimie du pétrole, il est inflammable.
	Polystyrène extrudé XPS **Figure I. 14**: Polystyrène extrudé XPS.	-Poids par m2 (en kg) 1,4 conductivité thermique 0,028 à 0,035. -Résistance thermique (R) 3,57 à 2,86. -Performance acoustique -Tenue à l'humidité. Compression mécanique	Meilleure résistance à la compression et à l'humidité que le polystyrène expansé. Facile à poser, léger, il est imputrescible, stable, inerte mais non respirant. Dérivé de la chimie du pétrole, il est inflammable.

	Polyuréthane PU **Figure I. 15:** Polystyrène PU.	-Poids par m2 (en kg) 1,4conductivité thermique 0,023 à 0,030. -Résistance thermique (R) 4,16 à 3,33. -Performance acoustique -Tenue à l'humidité - Compression mécanique	Cette mousse dure offre les meilleures performances thermiques. Résistant bien à la déchirure, elle est imputrescible, stable, inerte mais non respirant. Dérivée de la chimie du pétrole, elle est inflammable.
Isolants minces	**À bulles** **Figure I. 16**: Isolant minces à bulles.	-Poids par m2 (en kg) 0,95 conductivité thermique. -Pas de coefficient - Résistance thermique (R) Pas de coefficient -Performance acoustique. Tenue à l'humidité. Compression mécanique	Film à bulles d'air inséré entre deux films -Recouverts d'aluminium, imputrescible, stable, inerte et anallergique, il est inflammable.
	Multicouches **Figure I. 17:**Isolant mince multicouche.	-Poids par m2 (en kg) 0,95conductivité thermique Pas de coefficient -Résistance thermique (R) Pas de coefficient -Performance acoustique -Tenue à l'humidité Compression mécanique	Il est composé d'un sandwich de films thermo réflecteurs, de couches de ouate, de laine de mouton et de lames d'air. Imputrescible, stable, inerte, il est anallergique et inflammable.
	La chènevotte	Poids par m2 (en kg) 2,5 conductivité thermique	Laine fabriquée à partir de ressources naturelles

Isolants naturels	 **Figure I. 18:** La chènevotte.	0,040 à 0,048 Résistance thermique (R) 2,50 à 2,08 Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	renouvelables. Le chanvre est fongicide et antibactérien. Le lin est une fibre hydro régulatrice qui offre un climat intérieur agréable. Inflammable. Euro classe E.
	Fibre de bois **Figure I. 19:** Fibre de bois.	Poids par m2 (en kg) 5 conductivité thermique 0,037 à 0,046 Résistance thermique (R) 2,70 à 2,17 Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	Issue du bois recyclé de forêts gérées durablement, cette fibre régule naturellement l'humidité. Elle préserve également la qualité de l'air intérieur. Inflammable. Euroclasse E.
	Laine de mouton **Figure I. 20**:Laine de mouton.	Poids par m2 (en kg) 2 conductivité thermique 0,035 à 0,042 Résistance thermique (R) 2,86 à 2,38 Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	Issue de la tonte de mouton inutilisée en textile, elle est une très bonne régulatrice d'humidité, peut absorber 1/3 de son poids en eau et une fois sèche retrouver son gonflant. Peut

			être compressée. Inflammable. Euroclasse C.
	Ouate de cellulose **Figure I. 21:**Ouate de cellulose	Poids par m2 (en kg) 2,5 à 3,5 conductivité thermique 0,039 à 0,043 Résistance thermique (R) 2,30 à 2,55 Performance acoustique Tenue à l'humidité Compression mécanique	Issue du recyclage de journaux, traitée au sel de bore contre les insectes et les rongeurs, elle est idéale pour les combles perdus par épandage mécanique ou manuel. Inflammable. Euroclasse B.

Tableau I. 1: Les types des isolations.

Source : Grand livre d'isolation

Conclusion

La question de l'isolation des bâtiments peut paraitre évidente, pour de nombreuses raisons que nous pensons tous connaitre plus ou moins, elle est bénéfique pour l'environnement, elle réduit les consommations et permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières. Alors afin d'améliorer le confort thermique dans un bâtiment et économiser de l'énergie, il est nécessaire de bien isolé et mettre en œuvre des matériaux particulièrement performants, apportant une bonne isolation thermique. Donc l'isolation thermique crée un environnement où l'on peut vivre, travailler et se divertir dans le confort, tout en réduisant sa consommation d'énergie.

CHAPITREII :

LES MATERIAUXA CHANGEMANT DE PHASES

Introduction

Les matériaux `a changement de phase (MCP) aide la possibilité́e d'emmagasiner et de rétablir une forte quantité de chaleur au moment de leur changement de phase : au-dessus d'une certaine température caractéristique ils se liquéfient en absorbant la chaleur extérieure et la restituent lorsque la température baisse. Les applications industrielles des MCP couvrent un large nombre de domaines d'activité, de l'électronique jusqu'au bâtiment.

II-1- Inertie thermique

Inertie thermique est la capacité physique d'un matériau à conserver sa température ou encore la résistance au changement de sa température lorsqu'intervient une perturbation de cet équilibre thermiques si la perturbation l'amène vers une nouvelle température d'équilibre, l'inertie thermique est mise en évidence par la « lenteur » avec laquelle ce nouveau point d'équilibre est atteint :

-si le matériau a une très « bonne » (valeur faible) diffusivité thermique, il atteindra cet équilibre au bout d'un temps long.

si le matériau a une très « mauvaise » (valeur élevée) diffusivité thermique, il atteindra cet équilibre au bout d'un temps bref. https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

II-2- Chaleur latente

Dis avec d'autre mot, cette caractéristique essentielle des matériaux représente la limite à laquelle se déclenche le stockage ou le déstockage de cette chaleur latente, en voici une représentation (SECK) :

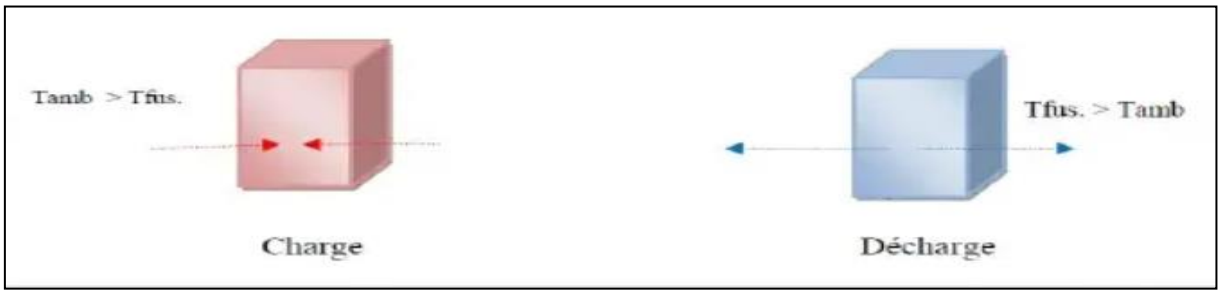


Figure II. 1: Représentation charge/décharge d'un matériau a changement de phase

. **source**: **https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE**

Si l'on appelle la température du milieu extérieur Te, lorsqu'elle variera, nous aurons donc plusieurs cycle de charge et décharge. Supposons que le matériau est homogène (pur) on peut alors exprimer la quantité de chaleur alors stockée pas un matériau à changement de phase qui passe de l'état solide à l'état liquide. https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

II-3- Définition des matériaux à changement de phase

Les MCP, appelés matériaux à changement de phase, sont des éléments de stockage De chaleur latente lors du processus de fusion et de sa restitution pendant la Solidification en conservant une température constante Ces matériaux Possèdent une densité importante de stockage d'énergie et une capacité à maintenir une Température constante tout en absorbant la chaleur pendant la fusion et en la restituant lors de la solidification, cet intérêt s'est développé dans le domaine de la gestion thermique et des systèmes d'énergie solaire des bâtiments et des serres .

Les MCP fondent et se solidifient dans une large plage de températures, ce qui les rend attrayants pour diverses applications. Parmi ces matériaux, les cires de paraffine qui sont bon marché avec une densité de stockage thermique modérée et une faible conductivité thermique.

Les sels hydratés sont des MCP avec une plus grande densité de stockage d'énergie et une plus grande conductivité thermique mais ils présentent un super-refroidissement et une ségrégation de phase. Ont mis l'accent sur les matériaux MCP (paraffines, sels hydratés), l'encapsulation et d'autres applications, allant du stockage de chaleur et de fraîcheur dans les bâtiments. (Art19-4_13Pdf)

II-3-1- Propriétés des matériaux à changement de phase

Un grand nombre de matériaux à changement de phase possède une température de fusion dans la gamme de température (0-120C°) .Cependant ils ne peuvent être utilisée comme matériaux de stockage que lorsqu'il possède certaine propriétés thermodynamiques, cinétiques et chimiques qui sont définies à partir d'un certain nombre de critères.

II-3-1-1- Critères thermodynamiques

Le matériau à changement de phase doit avoir :

- Une température de fusion dans la gamme de température souhaitée.
- Une chaleur latente par unité de masse élevée.

- Une chaleur spécifique élevée de sorte que le matériau puisse disposer d'une chaleur sensible significative.
- Une fusion congruente
- Une petite augmentation de volume pendant la phase de transition

II-3-1-2- Critères cinétique

Le matériau à changement de phase ne doit montrer ou presque pas de **phénomène de surfusion.**

Le matériau fondu doit se cristalliser à la température de solidification indiquée par les tables thermodynamiques.

II-3-1-3- Critères chimique

Le matériau à changement de phase ne doit montrer :

- Une stabilité chimique
- Aucune décomposition chimique de sorte qu'un système de stockage par chaleur latente soit viable.
- Aucune action corrosive sur les matériaux de constructions ou leur contenant ; aussi le matériaux ne doit pas être nocif ;il doit être non inflammable et non explosif.

II-3-1-4- Critères économique

Le matériau à changement de phase ne doit être :

- Disponible en grande quantité.
- A bon marché.

A priori aucun matériau à changement de phase ne peut satisfaire tous ces critères .Beaucoup des matériaux ont été étudies comme de potentiels matériaux à changement de phase mais peu d'entre eux sont commercialisée .Les matériaux à changement de phase se classent en trois grandes familles : les composés minéraux t les composés organiques et les mélanges de ces composés. A. Akrouche, Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara, Boumerdes, Ecole des mines de Nantes, France, 2011.

II-3-2-Les MCP existants

On peut classer les matériaux à changement de phase selon leur nature chimique en trois grandes catégories : Organique, Inorganiques et eutectique.

II-3-2-1- Les matériaux organiques

Les composés organiques sont scindés en deux groupes à savoir les paraffines et les acides gras. Les composés organiques sont généralement mieux adaptés pour le stockage thermique par chaleur latente dans le bâtiment grâce à leur stabilité chimique.

II-3-2-2- Les paraffines

Les paraffines sont majoritairement constituées d'alcanes (entre 75 % et 100 %), les alcanes sont des hydrocarbures de formule générale (CnH2n+2) . Les paraffines pures sont uniquement constituées d'alcanes, c'est le cas de l'octadécane dont la formule brute est C 18 H38.Dans le cas des alcanes la température de fusion ainsi que la chaleur latente de fusion augmentent quand la chaîne carbonée (n) augmente. La plupart des informations concernant cette partie vienne d'un ouvrage sur la chimie général.

II-3-2-3- Les acides gras

Les acides gras et esters d'acides gras ont à priori de bonnes aptitudes pour une application dan s le stockage d'énergie thermique dans le bâtiment. En effet ils ont une bonne stabilité thermique par rapport aux cycles répétitifs de fusion/solidification. Cependant, ils ont un coût très élevé par rapport aux paraffines demeurent corrosifs du fait de leur acidité. Les acides gras ont souvent des températures de fusion assez basses. Leur faible conductivité thermique constitue un inconvénient pour une application dans systèmes comme le notre (diminution des échanges thermique avec L'air). Ils on t l'avantage d'avoir peu de problème de surfusions.

II-3-2-4- Les composée inorganiques (sel hydraté)

Les composés inorganiques sont essentiellement constitués de sels, de métaux ou d'alliage. Les composés inorganiques tels que les sels hydratés ont des chaleurs latentes par unité de volume plus élevées que celles les composés organiques.

En outre, ils sont non inflammables et sont moins coûteux que les composés organiques. A la différence des composés organiques, les composées inorganiques sont recyclables, cependant ils sont plus ou moins corrosifs et présentent des problèmes de surfusion. Les sels hydratés sont les produits inorganiques les plus appropriés pour les

stockages des d'énergie thermique à basse température. Ils sont constitués de sels et d'eau dans des proportions bien définies.

II-3-2-5- Les matériaux eutectiques

Les eutectiques peuvent être organiques ou inorganiques. A la différence des mélanges habituels, un eutectique est un mélange de deux corps purs qui fondent et se solidifient à température constante. Il se comporte en fait comme un corps homogène. Chacun des deux corps a une fusion et une solidification congruente, c'est-à-dire une fusion ou solidification dans laquelle les deux phases sont de même composition. Le changement d'état des eutectiques se fait presque toujours sans ségrégation. Un exemple simple de l'utilisation de ce type de matériaux est la soudure, alliage d'étain (67%) et de plomb (33%) qui fond à 183°C, ou encore celui formé avec le sel (NaCl, 77%) et l'eau (23%) avec une température de fusion à -21,1°C. https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

	Avantages	Inconvenantes
Composés organiques (paraffine)	-Pas de ségrégation de phase. -Sont chimiquement stables. -La surfusion est négligeable. -Facilement incorpores aux systèmes de stockage de chaleur. -Sobriété écologiques. -100%recyclables.	-Faible conductivité thermique (0 .18-0.25W/mK). -Dilatation volumique élevée. -Inflammables -Cout élevée par rapport aux sels hydratés.
Composés inorganiques (sels hydraté)	-Disponibilité. -Grande chaleur de fusion -Conductivité thermique élevée. -Faible dilatation Volumique -Bon marche	-La ségrégation. -Perte d'efficacité liée aux cycles de fusion /solidification. -La surfusion.

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients MC.

Source: https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

II-3-3-Conditionnement des MCP

Les MCP peuvent être conditionnées dans des billes microscopiques en plastique mélangées au plâtre ou au béton ou incorporés dans les pores d'un matériau porteur par imprégnation.

La micro encapsulation est une méthode dans laquelle le MCP est confiné dans petites sphères dont le diamètre est de l'ordre du micromètre, sous forme sphérique ou de petits cylindres longitudinaux, ce matériau de stockage est alors appelé coulis. La macro encapsulation est une méthode dans laquelle le MCP est emballé dans des contenants aux dimensions variant du décimètre au mètre. (Art19-4_13)

L'avantage de l'encapsulation du MCP permet de fournir une importante zone de transfert thermique. Laine a répertorié plus de 200 matériaux utilisés pour le stockage thermique avec un changement de phase dans une plage de température variant de 10 à 90C°. Il a évalué la faisabilité technique et économique d'utilisation des MCP en capsulés pour des applications de chauffage solaire résidentiel et a développé des moyens d'encapsulation de certains matériaux dans des conteneurs métallique et en plastique.

L'intégration des MCP sous forme de capsules dans les surfaces peut améliorer le stockage énergétique dans l'enveloppe du bâtiment. (Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara, Boumerdes, Ecole des mines de Nantes, France, 2011.).

Figure II. 2:MCP micro-encapsulés: (a) état liquide et état poudre**.**

source: BASF, 'Wecreatechemistry. http://www.basf.fr/ecp2/France/fr/', (page consultée 15/05/17)

II-3-4-Les applications des MCP dans le bâtiment

Le début de la commercialisation de ce type de matériaux débute dans les années 1990. On retrouve les matériaux à changement de phase dans le bâtiment principalement sous la forme de plaques où les MCP sont encapsulés. La capsule permette de garder la solidité de la paroi du bâtiment, voici une représentation :

L'énergie stockée dans les parois (enthalpie de fusion) n'est pas transmise à l'intérieur de l'édifice. Ce n'est que lorsque le bâtiment se refroidi que les MCP se solidifie et que l'énergie stockée est restituer.

Ce type de matériaux est idéal pour avoir une bonne maîtrise de L'énergie de façon « passif ». Selon leurs gammes de températures, elle pourrait diminuer grandement les consommations en climatisation l'été comme de chauffage l'hiver.

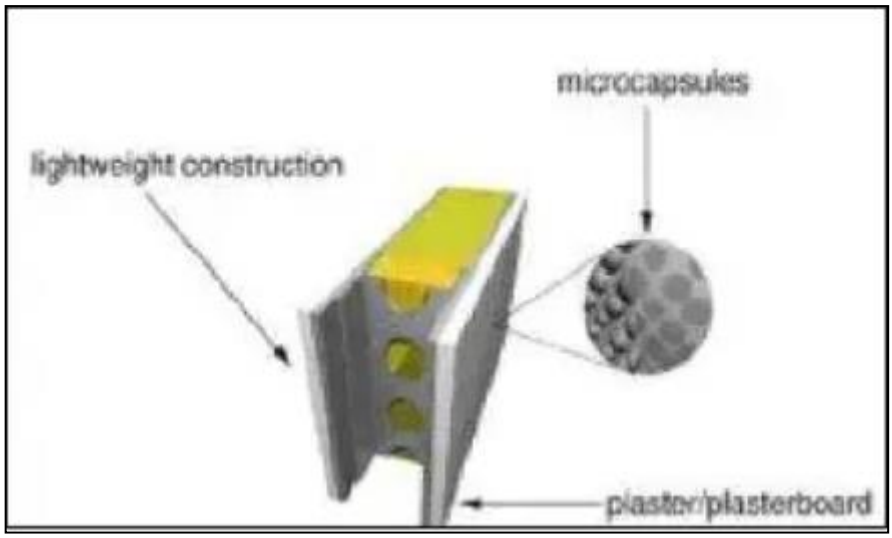


Figure II. 3: MCP dans le bâtiment**.**

Source: **https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE**

D'après les simulations menées par Arcadis (Arcadis, 2012), ces matériaux permettraient d'avoir une température confortable dans une maison, avec une prévision de 2°C supplémentaire à certaines périodes. Elles amortissent grandement les perturbations climatiques. https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

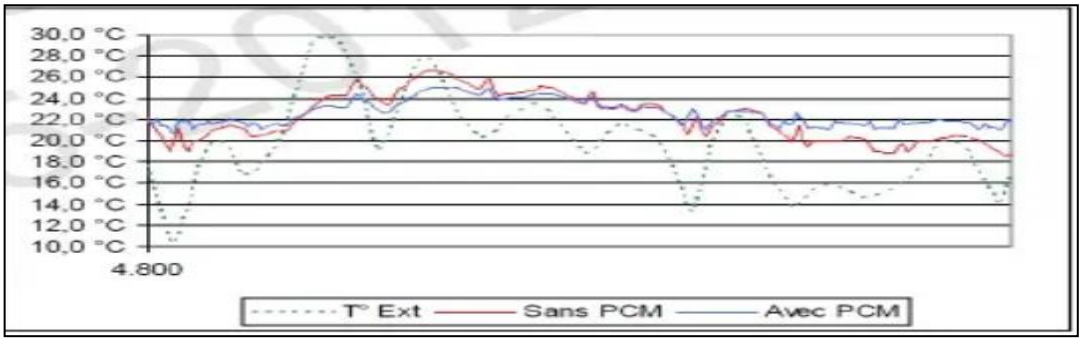


Figure II. 4: Résultat des MCP dans l'habitation .

Sourcehttps://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

II-3-5- Intégration du MCP a l'enveloppe du bâtiment

Les bâtiments ont besoin d'une attention particulière pour réduire la consommation énergétique mondiale et les émissions de gaz à effet de serre. Le bâtiment est considéré comme un système thermodynamique complexe, soumis à des sollicitations internes et externes.

Les sollicitations externes représentent les conditions climatiques telle la température de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. Les sollicitations internes quant à elles, proviennent des charges internes. La température de l'air intérieur est liée aux propriétés du matériau de l'enveloppe du bâtiment, particulièrement sa résistance thermique et sa capacité calorifique. L'ambiance dans une pièce est ressentie comme confortable quand les variations de température dans l'espace sont minimales, d'un endroit à l'autre, ou dans le temps et cela soit pendant la journée soit d'une saison à l'autre. La façon de créer cette sen**sa**tion de confort dans une construction est l'utilisation de matériaux contenant des MCP. (Tableau).

Intégré aux matériaux de l'enveloppe du bâtiment, le MCP permet d'augmenter l'inertie thermique de l'enveloppe. Dans l'optique d'avoir un mode de chauffage propre et respectueux de l'environnement, de nombreuses études sur les applications du MCP.

Dans le bâtiment ont permis de d'avancer que ces matériaux peuvent stocker ou libérer une grande quantité de chaleur au cours du processus de changement de phase .L'enveloppe du bâtiment possède des surfaces importantes et donc un grand potentiel pour le stockage de l'énergie thermique.

L'intégration d'un MCP adapté aux murs, aux plafonds et aux planchers des bâtiments peut rendre possible la capture directe de l'énergie solaire facilitant ainsi, le stockage de quantités importantes en énergie thermique dans l'enveloppe du bâtiment. Un type de tuiles à base de MCP destiné à stabiliser la température de l'air intérieur en hiver a été développé et breveté par les panneaux de gypse imprégnés de MCP pourraient être installés lors de la construction ou de la réhabilitation d'un bâtiment.

Le béton représente le matériau le plus répandu dans l'industrie du bâtiment à travers le monde. Ainsi, la technologie du MCP fut intégrée au béton donnant une matrice à base de béton-MCP. La masse thermique importante du béton permet de stockée pendant la journée l'énergie thermique pour la restituée la nuit, ce qui réduit la demande en refroidissement et en chauffage. L'ajout du MCP au béton peut améliorer sa capacité de stockage thermique. ont étudié le stockage de chaleur latente du béton avec différents types de MCP. L'incorporation du PCM dans des blocs de béton a été faite immersion dans un bain de MCP liquide.

Une autre méthode d'application potentielle de l'incorporation du MCP dans le béton a été effectuée par, des agrégats légers à haute porosité sont utilisés comme matrice. Ont étudié le mortier de stockage thermique avec des agrégats de schistes expansés légers mélangés à de

la paraffine ou à des polyéthylène-glycols pour améliorer le transfert de chaleur entre le MCP et le béton. (Art19-4_13Pdf)

Méthode d'utilisation du MCP	**Applications**	**Objectif**	**Secteur**
Stockage par MPC réparti dans la cloison (plâtre, ciment, PVC, mousse, verre, nids d'abeille	Chauffage et conditionnement d'air des locaux	Consommation heures creuses et conservation	Tous
Chauffage électrique avec stockage MCP	Chauffage des locaux	Consommation heures creuses et conservation	Résidentiel, commercial e t institutionnel
Stockage MCP dans les gaines aérauliques pour le chauffage et la climatisation	Chauffage et conditionnement d'air des locaux	Consommation heures creuses	Commercial, institutionnel et industriel
Préchauffage d'air à MCP pour pompe à chaleur. Murs rideaux	Chauffage des locaux	Consommation heures creuses et conservation.	Résidentiel, commercial et institutionnel

Tableau II. 1: Intégration du MCP a l'enveloppe du bâtiment

.**Source :** Art19-4_13 PDF

Conclusion

- L'utilisation des matériaux à changement de phases constitue une solution intéressante pour améliorer l'inertie thermique des structures légères des bâtiments.
- Il est cependant nécessaire de bien sélectionner le PCM utilisé en fonction des variations de la température du bâtiment.
- Une ventilation naturelle n'est pas suffisante pour décharger le PCM quand la chaleur est présente plusieurs jours de suite.

- Le couplage des PCM avec à un système de décharge dynamique est à considérer pour s'affranchir de la climatisation: recourir à des solutions mixtes?
- Solution du futur : l'utilisation conjointe de PCM avec une source d'énergie d'origine renouvelable comme une cuve avec PCM + une pompe à chaleur. Confort thermique : un avenir pour les matériaux à changement de phases.

CHAPITREIII :

LA COMPACITE DU BATIMENT

Introduction :

La relation du bâtiment à son milieu passe notamment par la définition de sa forme et de sa compacité. Celle-ci se mesure par le ratio entre les surfaces de déperdition du bâtiment et son volume. Une forte compacité est un moyen de réduire les déperditions thermiques de l'enveloppe et donc les pertes d'énergie tant d'un système de chauffage que de refroidissement.

Au-delà des échanges de calories, la compacité a également des implications sur la ventilation et l'apport de lumière naturelle. Ces deux dimensions aspirent quant à elles plutôt à des formes étalées.

III-1-La compacité des constructions

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme (Cf) est défini comme le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable (m^2/m^3).Il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Plus la surface de déperditions est grande, plus les pertes de chaleur augmentent, le bâtiment est plus économe en énergie quand le coefficient de forme prend des valeurs plus élevées (chauffer le même volume mais avec moins de surfaces de déperditions). Une forme compacte est souhaitable pour réduire le coût du confort thermique pour le chauffage et la climatisation du bâtiment, mais un bâtiment hyper compact n'est pas souhaitable du point de vue architectural et éclairage naturelle, donc un compromis doit être trouvé lors de la conception du projet.(Wright, D. (2006), cite in Chabi ,M (2008) Op. cit. page 219

Le choix de la compacité du bâtiment est une source très importante d'économie aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes de chaleur sont en fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie. Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable.

Limiter la consommation d'énergie pour le chauffage et économiser les matériaux par la forme du bâtiment. Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. On mesure la compacité avec le rapport surface déprédative (mur, toit, etc.) sur volume à chauffer : ratio

S/V. Plus ce rapport est grand, plus il y a de surfaces déprédatives, plus il y a de pertes par les parois. Les trois objectifs doivent être lus comme des pistes de réflexion lors de l'élaboration du projet d'architecture :

- Privilégier les mitoyennetés.
- Privilégier les bâtiments de grande taille.

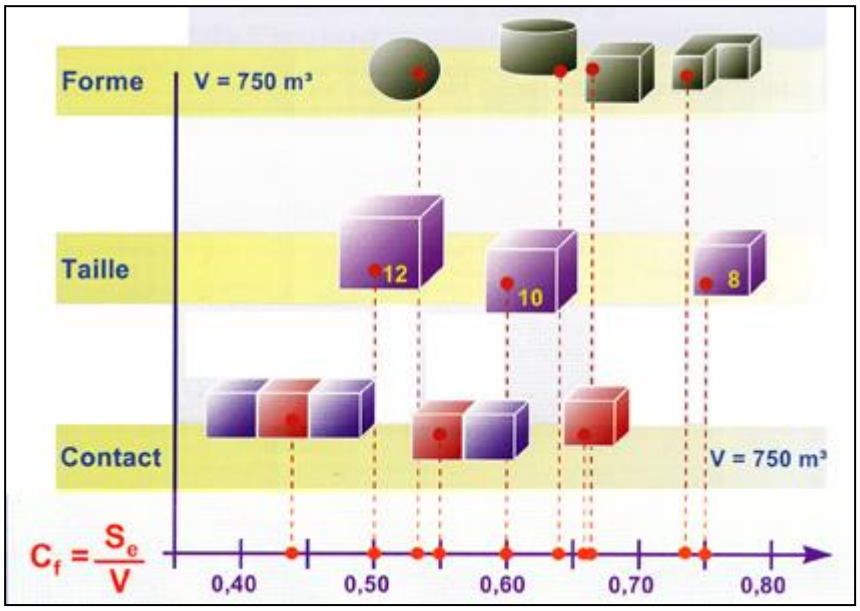


Figure III. 1: Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres Volumes sur la compacité des formes simples .

Source : F. Simon, JM. Hauglustaine, (2005)

La compacité s'agit des aspects techniques et environnementaux :

- **Aspects techniques :** La figure nous montre une comparaison de la variation de la compacité par rapport à :

  -La forme (à volume constant) : les formes sphériques, cylindriques et cubiques sont les plus compactes.

  -La taille (à forme constante) : pour une forme définie, une augmentation de la taille entraîne une augmentation de la compacité.

  -Au mode de contact (à forme et volume constants) : Pour le même volume, la compacité de maisons mitoyennes est inférieurs à celle d'un pavillon car les murs mitoyens sont disposés entre deux espaces chauffés et ne seront pas comptés comme déprédatifs.

- **Aspects environnementaux** : Pour une même composition de paroi, une variation de la compacité modifie considérablement la demande d'énergie.

Par exemple, passer d'une compacité de 1 à 1.5 signifie que pour un même volume, l'enveloppe de déperdition a été diminuée de 1/3 les pertes de chaleur. (Bruxelles environnement, 2007)

III-2-Construire compact, qu'est-ce que cela signifie ?

La **compacité d'une habitation** correspond au rapport entre le « volume protégé » et la « superficie de déperdition » de l'habitation :

- Volume protégé : Concrètement, ce qu'on appelle le volume protégé, c'est tout ce qui se situe à l'intérieur de la partie isolée comme, par exemple, la cuisine, le salon et la chambre à coucher.

- Superficie de déperdition : la superficie de déperdition est la surface totale qui côtoie l'environnement extérieur comme les murs, les fenêtres, le sol et le toit.

La compacité est donc le rapport entre ces deux valeurs. Plus la Superficie de déperdition est petite, plus la maison est considérée comme compacte. La compacité d'une habitation est très importante, car elle a toujours une influence importante sur son **efficacité énergétique** future. Se demander comment construire aussi compact que possible est donc essentiel, et ce bien avant de penser à l'isolation. (https://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/la-construction-compacte-641.html)

III-3-Comment construire compact ?

On détermine la compacité d'un bâtiment à l'aide de deux facteurs :

- **La forme :** Deux bâtiments peuvent avoir la même superficie, mais ne pas offrir les mêmes avantages d'un point de vue énergétique. Ainsi, la forme de bâtiment la plus compacte est le cube. La facture énergétique d'une habitation cubique sera nettement moindre que celle d'un bâtiment rectangulaire ou en L.

- Le **contact avec d'autres bâtiments :** une maison quatre façades est nettement moins compacte qu'une maison de rangée.

Pour construire compact, l'idéal est donc de construire un bâtiment cubique. Ce qu'il faut par contre éviter, c'est un bâtiment de forme « découpée ». L'idéal est aussi de construire

contre un autre bâtiment chauffé, ou entre deux autres maison, pour faire en sorte que le moins de chaleur possible s'échappe du bâtiment.(https://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/la-construction-compacte-641.html)

III-4-Inadéquation du facteur de compacité classique à l'architecture

L'observation des courbes d'évolution de ce coefficient permet d'obtenir les conclusions plus précises suivantes :

• La compacité s'améliore avec la taille puisque quelle que soit la forme, le rapport Sp/V diminue quand la taille augmente.

• Les différences de compacité sont d'autant plus importantes que les tailles sont petites. Ce rapport a beaucoup plus d'importance pour une boîte de conserve que pour un logement ou un immeuble.

• L'influence de la forme à tendance à disparaître avec l'augmentation de la taille.

• La taille peut avoir une influence bien plus grande que la forme.

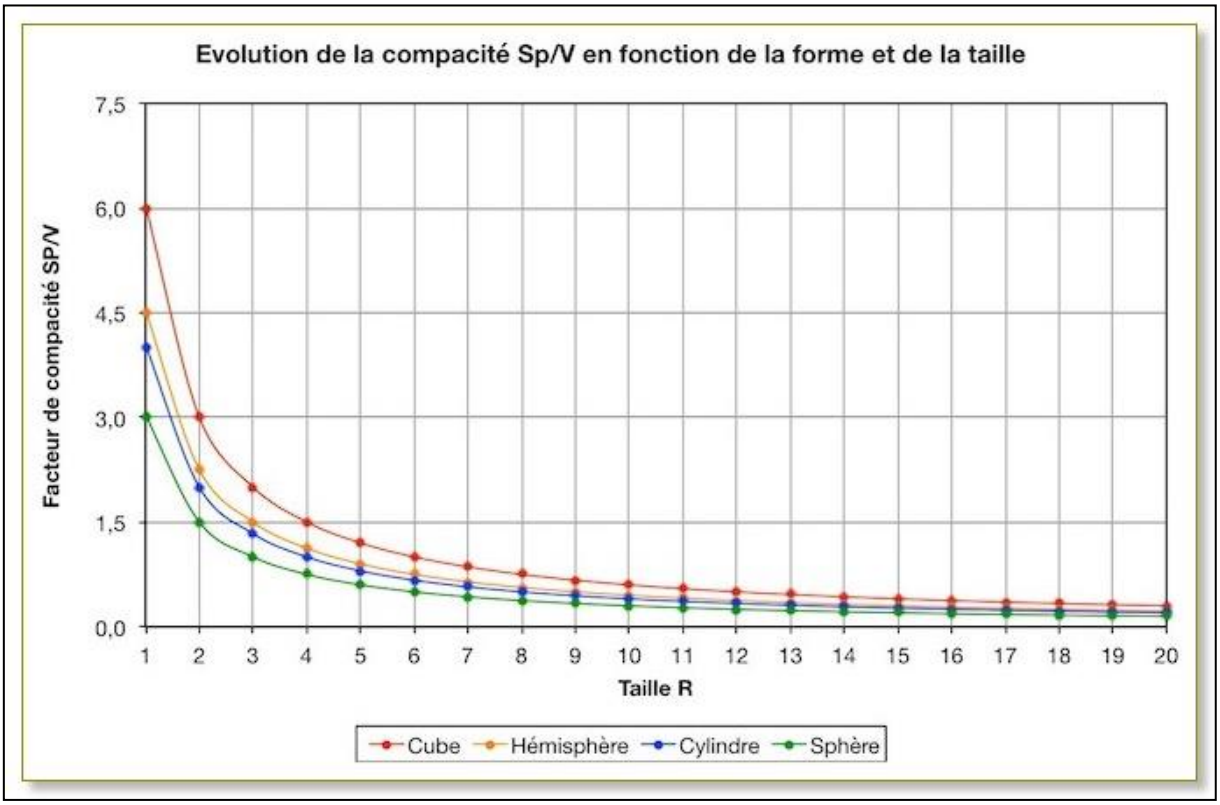


Figure III. 2:Evolution de la compacité Sp/Ven fonction de la forme et la taille

source https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html

III-5-Adéquation du facteur de compacité Sp/SHab à l'architecture

Ce mode de calcul correspond-il bien à la réalité et est-il cohérent avec les notions de thermique appliquées au bâtiment?

Pour le vérifier, plusieurs formes de dimensions différentes, mais homothétiques sont comparées dans le tableau ci-après en considérant que la partie horizontale de chacune correspond à la surface habitable. Les rapports de compacité Sp/SHab et Sp/V sont indiqués.

Evolution du facteur de compacité Sp / SHab en fonction de la forme et de la taille

Forme	Dimensions	R	Surface habitable SHab	Surface des parois Sp	Compacité Sp/Shab	Volume	Compacité Sp/V
Cube	Cotés : R	1,00 m	1,00 m2	6,00 m2	6,00	1,00 m3	6,00
		3,16 m	10,00 m2	60,00 m2		31,62 m3	1,90
		10,00 m	100,00 m2	600,00 m2		1 000,00 m3	0,60
		31,62 m	1 000,00 m2	6 000,00 m2		31 622,78 m3	0,19
Cylindre vertical	Rayon : R/2 Hauteur : R	1,13 m	1,00 m2	6,00 m2	6,00	1,13 m3	5,32
		3,57 m	10,00 m2	60,00 m2		35,68 m3	1,68
		11,28 m	100,00 m2	600,00 m2		1 128,38 m3	0,53
		35,68 m	1 000,00 m2	6 000,00 m2		35 682,48 m3	0,17
Parallélépipède	Largeur : R Longueur : 2R Hauteur : R	,71 m	1,00 m2	5,00 m2	5,00	,71 m3	7,07
		2,24 m	10,00 m2	50,00 m2		22,36 m3	2,24
		7,07 m	100,00 m2	500,00 m2		707,12 m3	0,71
		22,36 m	1 000,00 m2	5 000,00 m2		22 360,65 m3	0,22
Cylindre vertical	Rayon : R Hauteur : R	,56 m	1,00 m2	4,00 m2	4,00	,56 m3	7,09
		1,78 m	10,00 m2	40,00 m2		17,84 m3	2,24
		5,64 m	100,00 m2	400,00 m2		564,19 m3	0,71
		17,84 m	1 000,00 m2	4 000,00 m2		17 841,27 m3	0,22
Hémisphère	Rayon : R	,56 m	1,00 m2	3,00 m2	3,00	,38 m3	7,98
		1,78 m	10,00 m2	30,00 m2		11,89 m3	2,52
		5,64 m	100,00 m2	300,00 m2		376,13 m3	0,80
		17,84 m	1 000,00 m2	3 000,00 m2		11 894,18 m3	0,25

Figure III. 3: Evolution de la compacité Sp/SHab fonction de la forme et la taille.

S**ource** https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html

Les résultats démontrent que :

- À forme constante, la compacité Sp/SHab est totalement indépendante des tailles, qui varient pourtant simultanément dans toutes les directions pour atteindre un facteur global 1000 entre les plus petits et les plus grands, contrairement au calcul Sp/V qui avantage les grandes tailles quelles que soient les formes et dans des proportions très importantes.
- La compacité Sp/SHab varie correctement en fonction des formes alors que le calcul Sp/V donne une hiérarchie non conforme à la réalité. Dans les exemples du tableau, à surface habitable égale, le parallélépipède a des surfaces de paroi plus faibles que le cube. Le facteur de compacité Sp/SHab reflète la réalité alors que c'est l'inverse avec le calcul Sp/V.
- À surface habitable égale, les volumes les plus importants ne sont pas avantagés par la compacité Sp/SHab en conformité aux réalités physiques et à l'opposé du rapport Sp/V.

- La forme à un impact important puisque, de l'hémisphère au cube, le rapport de compacité Sp/SHab varie du simple au double quelle que soit la taille.
- À forme identique, le facteur de compacité C = Sp / SHab est indépendant de la taille Le facteur de compacité C = Sp / SHab permet de comparer la compacité des formes indépendamment de leur taille

Le fait que la compacité soit indépendante de la taille ne signifie pas pour autant qu'elle n'évolue pas lorsque la surface habitable augmente comme le montre l'exemple ci-après dans lequel un bâtiment de 8m de large et de 2,5m de hauteur sous plafond voit sa longueur évoluer.

Evolution du facteur de compacité Sp/Shab en fonction de la surface habitable				Largeur	HSP
				8,00 m	2,50 m
Longueur	Surface habitable SHab	Périmètre	Surface des murs	Surface d'échange Sp	Compacité Sp/Shab
7,00 m	56,00 m	30,00 m	75,00 m2	187,00	3,34
8,00 m	64,00 m	32,00 m	80,00 m2	208,00	3,25
9,00 m	72,00 m	34,00 m	85,00 m2	229,00	3,18
10,00 m	80,00 m	36,00 m	90,00 m2	250,00	3,13
11,00 m	88,00 m	38,00 m	95,00 m2	271,00	3,08
12,00 m	96,00 m	40,00 m	100,00 m2	292,00	3,04
13,00 m	104,00 m	42,00 m	105,00 m2	313,00	3,01
14,00 m	112,00 m	44,00 m	110,00 m2	334,00	2,98
15,00 m	120,00 m	46,00 m	115,00 m2	355,00	2,96
16,00 m	128,00 m	48,00 m	120,00 m2	376,00	2,94
17,00 m	136,00 m	50,00 m	125,00 m2	397,00	2,92
18,00 m	144,00 m	52,00 m	130,00 m2	418,00	2,90
19,00 m	152,00 m	54,00 m	135,00 m2	439,00	2,89
20,00 m	160,00 m	56,00 m	140,00 m2	460,00	2,88

Figure III. 4: Evolution de la compacité Sp/SHab fonction de la surface habitable.

Source https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html

Plusieurs conséquences peuvent être tirées des résultats des 2 tableaux précédents :

- À forme identique, un bâtiment de très grande taille ne présente aucun avantage de compacité par rapport à des bâtiments de taille plus humaine.
- L'augmentation de la surface habitable se répercute sur le facteur de compacité parce qu'elle provoque une évolution collatérale de la forme, et non parce qu'elle provoque une augmentation parallèle de la taille qui n'a aucun impact comme précisé ci-avant.

Elle peut améliorer le facteur de compacité quand son évolution est plus importante que celles des surfaces des parois extérieures.

- Il n'y a plus aucun intérêt à augmenter la taille des bâtiments, sans modifier leur forme, puisqu'il n'y a aucune incidence sur la compacité

III-6-Exemple sur l'impact de la compacité sur la performance d'un projet

Pour un volume habité équivalent, l'enveloppe présentant la plus faible surface de parois extérieures sera celle présentant le moins de déperditions thermiques. C'est la notion de compacité dont il est question ici : plus le bâtiment sera compact moins il aura de surface déprédative pour la même surface habitable.

Les bâtiments compacts auront donc de meilleures performances énergétiques. De plus ils permettent également de générer des économies sur la construction :

- Moins de matériaux
- Moins de complexité

Un bâtiment non compact devra avoir une isolation renforcée, les équipements de chauffage devront être plus performants ce qui augmentera le coût de la construction. https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/

III-6-1-Exemple

Pour comprendre l'impact de la compacité sur la performance d'un projet nous allons considérer la maison en forme du U ci-contre et la comparer avec un projet de même surface habitable avec une forme très compacte en carré

	Maison en U	Maison compacte en carré
Surface habitable (Shab)	143	143
Périmètr**e(p)**	75	48
Surface des murs donnant sur extérieur (=Px hauteur mur)	187 .5	120
Ratio surfaceMur déprédatif /surface habitable	1.31	0.84

Tableau III. 2: Maison U et maison en forme carré

.**Source :** https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/)

III-6-2- Comparaison

III-6-2-1- Impact sur les surfaces déprédatives

Les déperditions par les surfaces des parois des planchers et plafond restent inchangées car la surface habitable est la même dans les deux projets. C'est la surface des murs qui change beaucoup d'un projet à l'autre. On voit bien avec le tableau ci-dessus que le bâtiment en forme de U présente des déperditions beaucoup plus importantes qu'un bâtiment compact du fait que proportionnellement à sa surface habitable les parois déprédatives sont beaucoup plus importantes. https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/

III-6-2-2- Impact sur les apports solaires

Dans la maison en forme de U , la baie vitrée du salon orienté SUD/EST ne bénéficiera pas des apports solaires optimum car la chambre 1 lui crée un masque solaire : moins d'apport de chaleur et moins d'apport de lumière. https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/

III-6-2-3- Impact des ponts thermiques

A cela il faut ajouter les ponts thermiques de liaison qui ont plusieurs origines :

- **Pont thermique de liaison entre les murs et les parois horizontales :** il s'agit du pont thermique que l'on trouve entre les murs qui donnent sur l'extérieur et les planchers bas et toiture. La valeur du pont thermique qui dépend du type de liaison reste identique d'un projet à l'autre. C'est la longueur de la liaison et donc du pont thermique qui aura un impact fort sur le projet. Cette valeur de longueur de pont thermique est égale au périmètre des murs de la maison :
    - Pour la maison en U on a donc 56% de plus de déperditions dûes à la liaison mur/plancher

- et également 56% de déperditions dû es au pont thermique de liaison mur/plafond

- **Pont thermique de liaison mur à mur.** En effet une maison de forme carrée possède 4 coins donc 4 liaisons mur/mur. Dans le projet présenté ci-dessus on à 10 « coins » donc 10 liaisons mur/mur (https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite/)

Conclusion

- La compacité n'est pas le facteur d'économies d'énergie le plus important, mais c'est un des seuls qui permet de réduire les besoins d'énergie tout en réduisant les coûts d'investissement.
- La quantité et le coût de l'énergie nécessaire au maintien du confort dans un bâtiment, quelle que soit sa taille, seront d'autant plus faibles qu'il sera compact parce que sa surface d'échange avec l'extérieur sera plus petite.
- Les facteurs de compacité ne s'additionnent pas et la compacité globale n'est pas leur moyenne.
- À conception strictement équivalente, les besoins spécifiques d'énergies sont d'autant plus faibles que la compacité des bâtiments est plus importante.
- À conception strictement équivalente, les besoins spécifiques d'énergies dus aux parois d'échange sont proportionnels aux compacités.
- La compacité résulte exclusivement de la conception qui détermine, de manière importante, les économies immédiates à l'investissement ainsi que les économies futures de fonctionnement et d'entretien. Une mauvaise compacité ne peut être compensée que par des solutions thermiques coûteuses.

CHAPITRE IV :

PRESENTATION DU CAS D'ETUDE ET DE METHODOLOGIE DE SUMILATION

Introduction

Le choix des matériaux se fait à base de plusieurs critères parmi ces critères sa performance vis-à-vis les conditions du contexte où elle s'inscrit, afin de créer des ambiances internes agréables répond aux conditions de confort intérieur. A ce stade, nous avons envisagés d'effectuer une étude à l'aide d'un logiciel de simulation, dans le but d'examiner les performances d'objet de notre de thème d'étude «l'isolation thermique et la compacité dans le bâtiment» en matière de confort thermique et l'analyse de son comportement au sein d'un exemple à l'aide d'un logicielle de simulation.

Nous avons choisi comme cas d'étude le projet d'atelier le marche couvert ,pour être en cohérence avec notre thème du projet de fin d'étude «Faculté des sciences et de technologie », ou nous allons appliquer nos objectifs d'étude pour servir les résultats et les recommandations attendu dans la conception du projet finale.

IV-1. Présentation de cite

IV-1.1. Présentation de la ville de Jijel

La wilaya de Jijel se situe au Nord-est de l'Algérie à 357 Km à l'Est de la capitale Alger, entre les wilayas de Bejaia à l'Ouest, Sétif au Sud-ouest, Mila au Sud et au Sud-est, Skikda à l'Est et la mer méditerranée au Nord. Elle est située à 36°49 Nord de latitude et 05°47 Est de longitude, sa l'altitude elle varie entre 10 m dans l'ancienne ville et 400 m dans la nouvelle extension.

Avec ses 120 Km de côtes, la ville de Jijel est caractérisée pleinement par un climat méditerranéen dont les caractéristiques générales sont la douceur de l'hiver et la chaleur de l'été. Il possède une autre caractéristique : l'importance des vents soufflant de la terre vers la mer.

IV-1.2. Présentation de la région du Harratene

Harratene située à l'est de la commune offre des potentialités urbanistiques considérables. Elle se présente comme future zone d'extension du chef lieu de commune.

Harratene se trouve dans la partie est de la ville de Jijel a une distance de 05 km. Il s'étende sur une surface de 60.06ha.

Harratene est limitée par :

- Au Nord : POS 24
- Au Sud : terrains vagues
- A l'Est : POS 23
- A l'Ouest : POS entrée est et terrains vagues

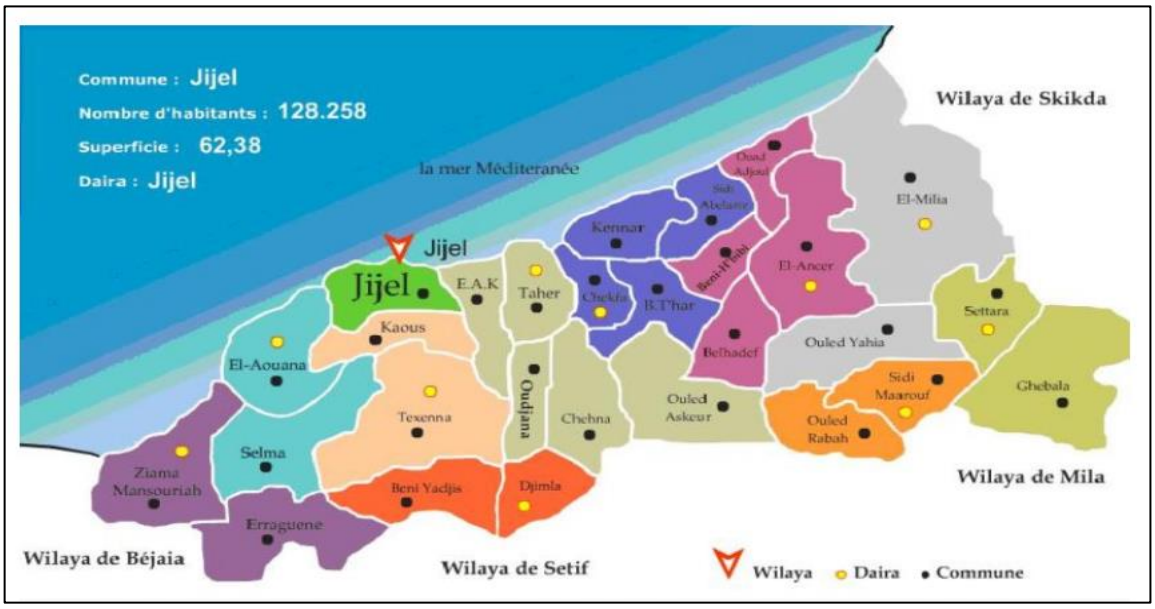


Figure IV. 1: Localisation géographique de Harratene, Jijel.

Source : http://www.wilayadejijel.net/page1.htm.

IV-1.3. Les données climatiques

Le climat de la zone de Jijel est de type Méditerranéen humide il est soumis à deux influences : celle de la mer méditerranéenne et celle du relief, donc cette influence se traduit par la création de deux types de climat, on a :

- Un climat littoral : correspond aux plaines enclavées de la bordure maritime.

- Un climat de montagne : correspond à la zone tellienne.

A partir des données climatologiques de la wilaya de Jijel enregistrées au niveau de la station « d'EL- Achouat », on peut ressortir les caractéristiques du climat suivantes :

IV-1.3.1. La pluviométrie

La région totalise une quantité de pluie de 1187mm/an, la période pluvieuse dure du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril et les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre Janvier et Février ; ce qui confirme que cette région est soumise au climat à hiver pluvieux et à l'été chaud

Mois	jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Octo	Nov	Déc
P/mm	141	105	82	81	50	14	4	10	72	85	149	194

Tableau IV.1:Précipitation moyennes mensuelles –période 2008-2011.

Source: station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel.

IV-1.3.2. La température

La période qui s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril correspond à la période relativement froide avec un minimum durant le mois de Février (11.3 °C), alors que la période chaude commence à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre avec un maximum marqué durant le mois d'Aout (26 °C). La moyenne annuelle est de l'ordre de 17.93°C.

Mois	jan	Fév.	Mars	Avril	Mais	Juin	Juil	Aout	Sept	octo	nov	Déc
Tempe en C°	11,7	11 ,3	13,5	15	16,4	21,5	24,8	26	21	20	15,5	12,4

Tableau IV.2 : Moyenne générale de la température mensuelle –période 2008-2011

Source: station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel.

IV-1.3.3. Les vents dominants

Les vents dominants viennent de deux directions : - Vents du Nord – Ouest et Nord-est fréquents d'octobre à avril, chargés d'humidité, les vents Sud sont très rares et ne fréquentent la région qu'en été et particulièrement au mois de Juillet et Août.

Direction mois	Nord	Nord-est	Est	Sud est	Sud	Sud ouest	Ouest	Nord ouest
Moyen Km/h	12	23,4	5,3	2,8	4,5	10,9	15,5	34 ,1

Tableau IV.3: Moyenne générale de la température mensuelle –période 2008-2011

.**Source** : station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel.

IV-2. Présentation du bâtiment cas d'étude

Dans le but de présente les caractères des isolations thermique, la compacité et d'examine nos objectifs poser au début de l'étude. Nous avons choisi comme cas d'étude le marché couvert le projet d'atelier. Qui se situe au Harattan.

IV-2.1. Description du projet:

- La structure du bâtiment est réalisée en poteaux-poutres coulées sur place.
- Les murs extérieurs : L'enveloppe est en double cloison de briques de 15 cm à l'extérieur et 10à l'intérieur séparées par une lame d'air de 5 cm.
- Le revêtement extérieur est en enduit de ciment et en plâtre pour l'intérieur.
- Les murs intérieurs : construits en simple cloison de briques de 10 cm d'épaisseur avec un enduit en plâtre.
- Les planchers : sont réalisés en poutrelles et hourdis avec dalles de répartition coulées sur place, le revêtement des sols est en carrelage sur sable.
- La toiture : c'est une toiture terrasse en poutrelles et hourdis.
- Le vitrage : le vitrage utilisé est un simple vitrage.

IV-3. La simulation numérique

IV-3.1. Définition

Selon Thomas, J. C'est l'un des outils utilisés par architectes, qui consiste à simuler (faire paraitre comme réelle une chose qui ne l'est pas) un système ou bien un phénomène donné afin d'étudier son fonctionnement, ses propriétés et de prédire ainsi son évolution.

La simulation numérique repose sur la programmation des modèles théoriques ou mathématiques adaptés aux moyens numériques. C'est donc une série de calculs utilisant souvent la technique dite des éléments finis effectuée sur un support matériel "ordinateur" dont les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats par des "images de synthèse".

IV-3.2. L'objectif de la simulation

Le but de cette simulation est d'évaluer l'impact des matériaux de constructions sur le confort thermique intérieur de l'administration (évaluation des températures), et montrer l'effet de l'utilisation des isolations thermique, et l'effet de ma compacité sur ces ambiances intérieur.

IV-3.3. Présentation de logiciel de simulation Ecotect Analysis2011

Le logiciel d'analyse de conception durable Ecotect Analysis est un outil de conception de bâtiment durable complet, depuis la conception jusqu'au détail. Ecotect Analysis offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse énergétique des bâtiments qui peuvent améliorer les performances des bâtiments existants et des nouvelles conceptions de bâtiments.

Il associe un modeleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût, ainsi à beaucoup plus d'autres outils plus spécialisés .Ecotect est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Il est conçu pour guider progressivement le processus de conception par la fourniture de rétroaction visuelle et analytique afin d'obtenir une conception environnementale la plus efficace selon les informations détaillées disponible.

IV-4. Les démarches de la simulation

IV-4.1.Préparation des plans

La première partie commence avec le logiciel Autodesk-Autocad 2016, par lequel on a redessiné le plan de la salle avec un seul trait, et on doit enregistrer le plan sous format DXF puis on importe le plan a l'Ecotect.

IV-4.2. Importation des plans

Les plans modelés à l'aide du logiciel Autocad 2016, ont été importés vers Ecotect sous format DXF, tout en prenant compte la compatibilité des échelles, par l'ajustement des unités.

IV-4.3. L'adaptation des paramètres relatifs à l'objet d'étude

Pour avoir des résultats précis on doit définir tous les paramètres relatifs à notre cas d'étude, à savoir :

1. La description du projet : donner un nom au projet, et déterminer sa fonction.
2. Déterminer l'orientation du bâtiment.
3. Déterminer les données climatiques de la région de Jijel, ces données définissent les paramètres nécessaires pour la simulation telles que : les températures, le régime des vents, l'humidité, l'ensoleillement.
4. Fixer la nature de cite et l'environnement du bâtiment (urbain, rural, etc.), car le logiciel intégré dans ses calculs des coefficients liées à des paramètres microclimatiques tel que : la pollution, la nébulosité, la rugosité.

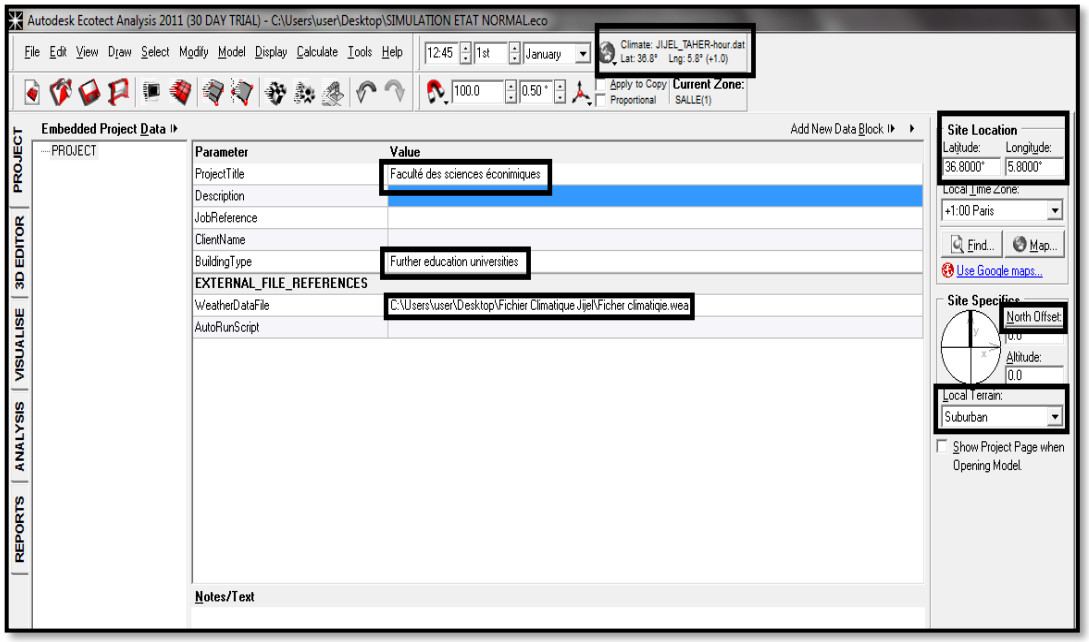


Figure IV. 2: Le paramétrage du logiciel.

Source : Ecotect Analysis 2011.

IV-4.4. La modélisation

A l'aide de la barre ''modélisation' 'de l'Ecotect, on a modelé la 3D de la salle, et tous ce qui peuvent entrainer une influence sur le climat thermique à l'intérieur, dont chaque espace est représenté sous forme d'une zone.

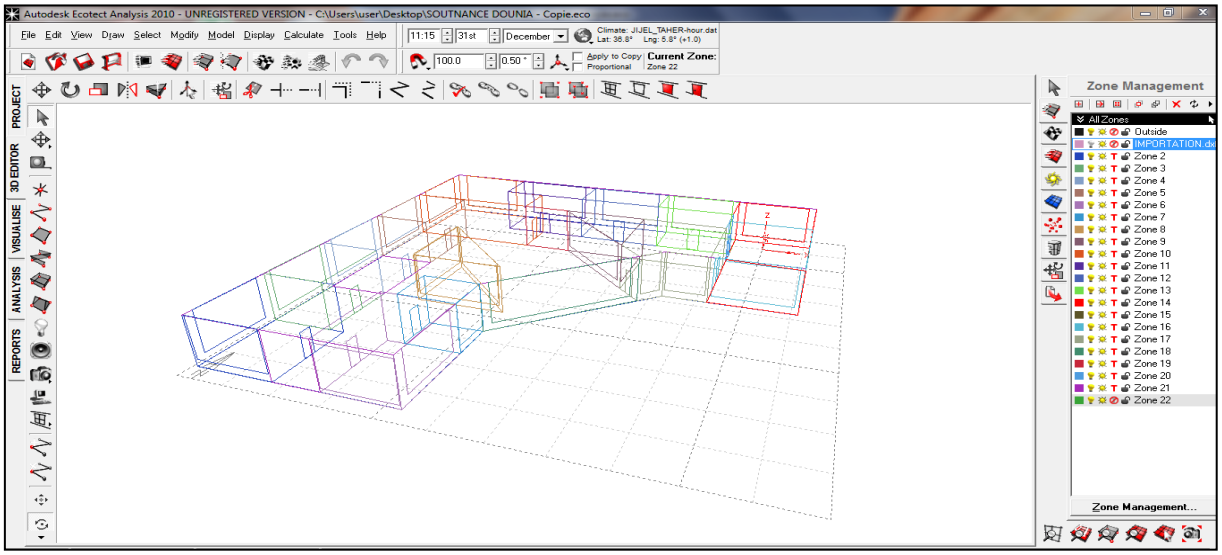


Figure IV. 3: Modalisation de 3D en Ecotect.

Source : Ecotect Analysis 2011.

IV-4.5. La définition des matériaux

Avant de faire la simulation il faut définir les composants de chaque paroi, ses caractéristiques physique et son épaisseur.

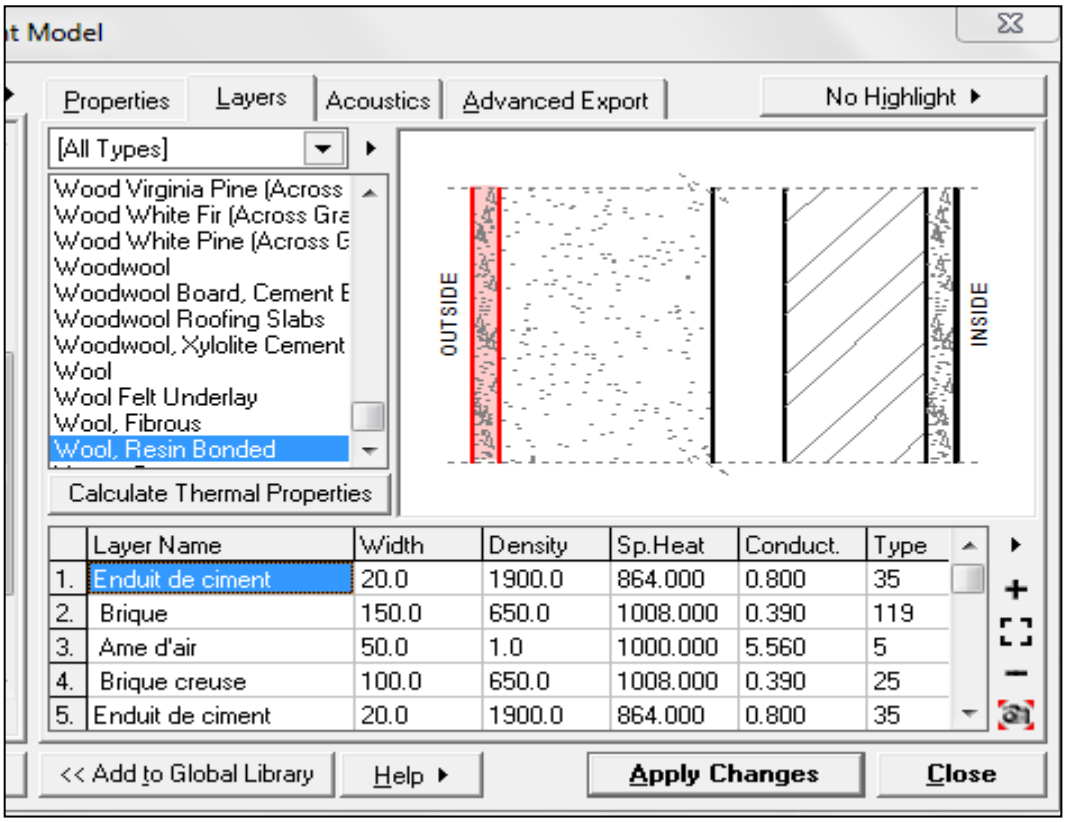


Figure IV. 4: La définition des matériaux en Ecotect.

Source : Ecotect Analysis 2011.

Conclusion

Ce chapitre était consacré pour la présentation du cas d'étude et pour l'explication de la méthode de simulation, et la démonstration de quelques scènes qu'on a pu établir par l'Ecotect Analysis 2011, et l'insertion des données et des informations qu'on doit analyser. On a commencé par une présentation du logiciel et l'objectif de simulation. Puis on s'est étalé sur les méthodes et les étapes suivies pour la modélisation en 3eme dimension de la salle objet d'étude, et le paramétrage de l'Ecotect selon les données climatiques de la région de Jijel. Afin de l'élaboration des résultats après le lancement de l'analyse sous forme des courbes et des graphes.

CHAPITREV : ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Introduction

Pour saisir l'ambiance thermique à l'intérieur de marché couvert, il est important d'interpréter les résultats de simulation qu'on a eus après l'analyse des donner saisie précédemment. Pour ce faire on va dans un premier lieu évaluer physiquement la quantité de la chaleur en comparant les ambiances thermiques obtenus aux celles recommandés.

V-1- Scénario 01 : La consommation énergétique avant l'application de l'isolation

V-1-1- Composition des éléments constructifs de modèle 01 (cas initial)

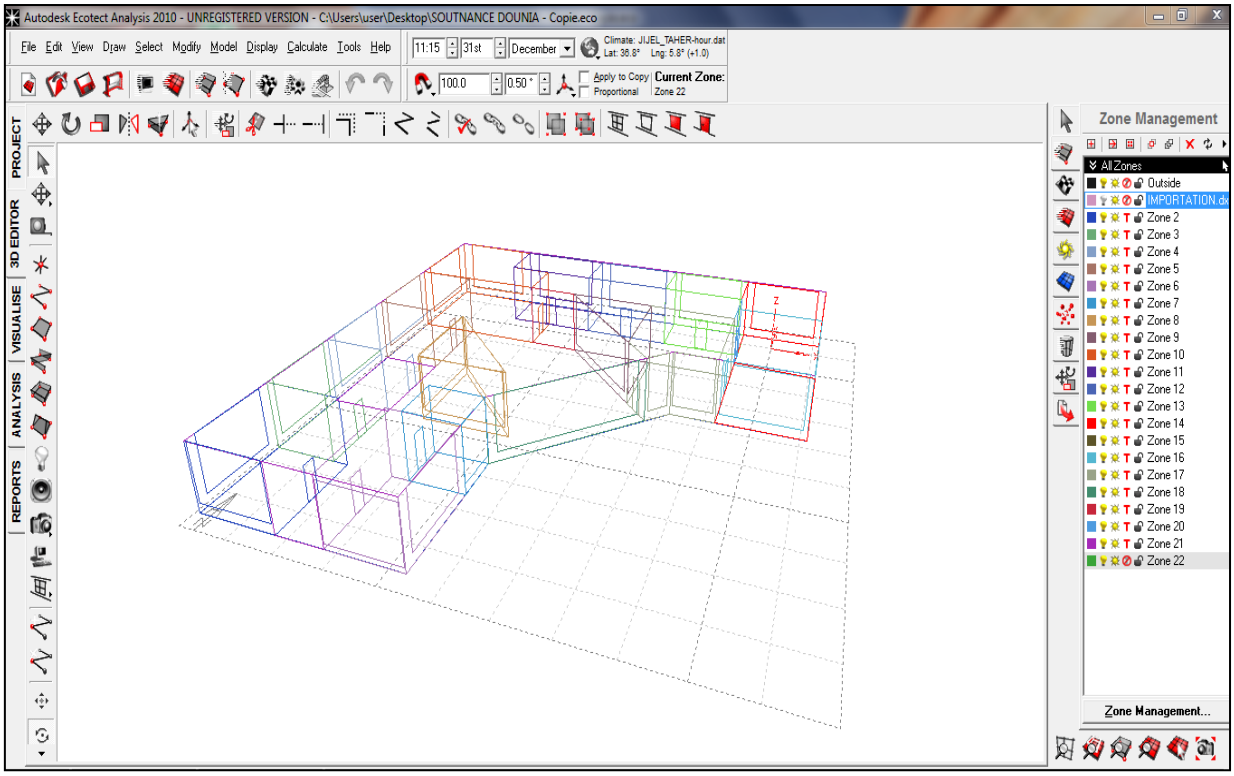


Figure V. 1: Vue général scénario 1avec l'isolant.

Source : Auteur.

V-1-1-1- Caractéristique du mur extérieur

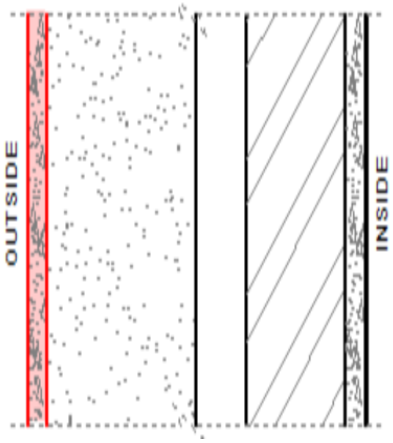
Matériaux		Conductivité thermique (KJ/h.m.K)	Densité (Kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Extérieur -----» Intérieur	Enduit de ciment	0.800	650	0.02	
	Brique	0.390	650	0.15	
	Ame d'air	5 .560	1 .0	0.10	
	Brique creuse	0.390	650	0.10	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	

Tableau V.1 : Matériaux constituant du mur extérieur

Source : Auteur.

V-1-1-2- Caractéristique du mur intérieur

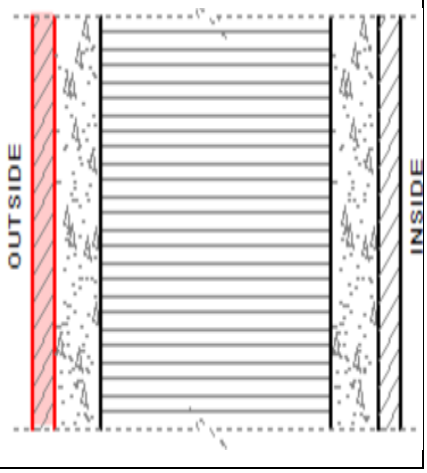
Matériaux		Conductivité thermique (KJ/h.m.K)	Densité (Kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Extérieur ------» Intérieur	Enduit de plâtre	0.570	1150	0.02	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	
	Brique creuse	0.431	650	0.10	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	
	Enduit de plâtre	0.57	1150	0.02	

Tableau V.2 : Matériaux constituant du mur intérieur **.**

Source : Auteur.

V-1-1-3- Caractéristique des ouvertures

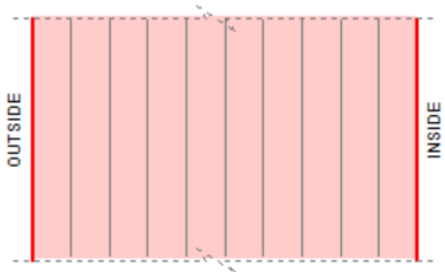
Matériaux	Conductivité thermique (KJ/h.m.K)	Densité (Kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Verre	1.046	2300	0.003	

Tableau V.3 : Matériaux constituant des ouvertures **.**
Source : Auteur.

V-1-2- Interprétation des résultats de simulation du modèle 01

Les résultats de simulation via Ecotect 2011 se représenté les courbes d'évaluation de consommation énergétique, désignée n 3. L'étude s'effectuera pendant les journées 21 juillet le jour le plus chaud et 12 janvier le jour le plus froid.

- **Le 12 janvier**

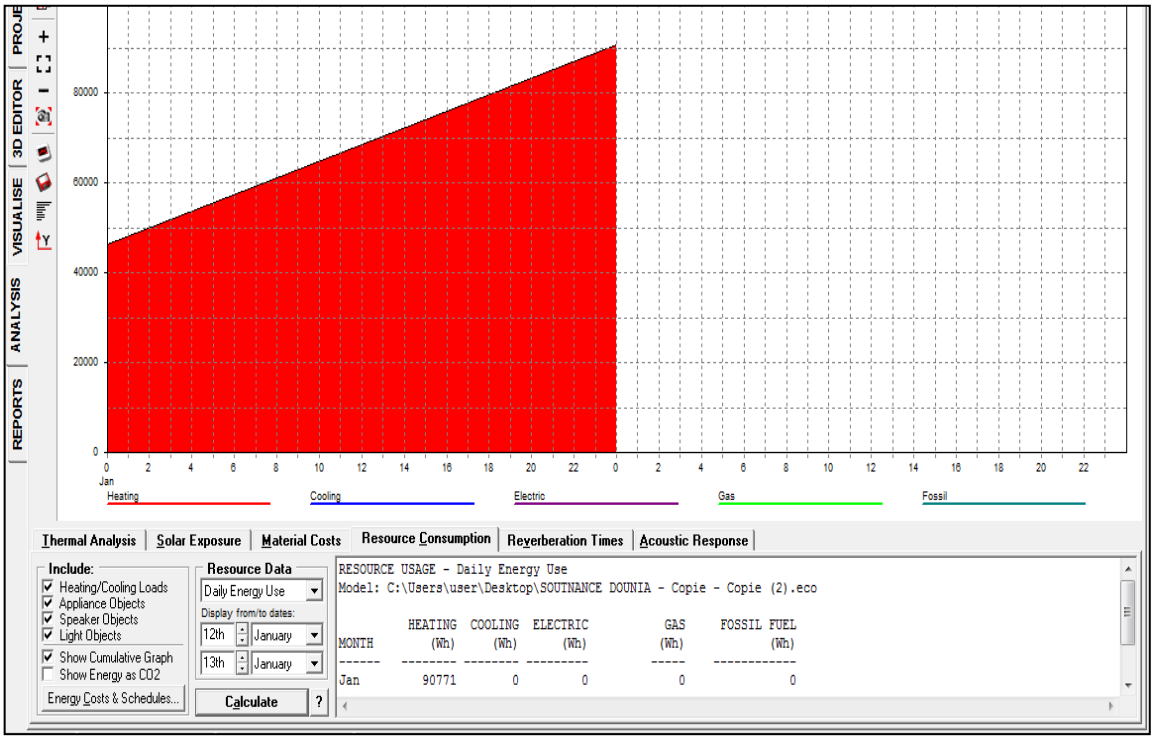


Figure V. 2: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de marché (12janvier).

Source : Auteur.

On remarque que :

- Le 12 janvier est une journée froide qui a besoin de chauffage
- La consommation énergétique est dépasse 80000 W
- La salle est plus froide dans le scenario 1
- La salle a besoin plus de chauffage

➢ **Le 21 Juillet**

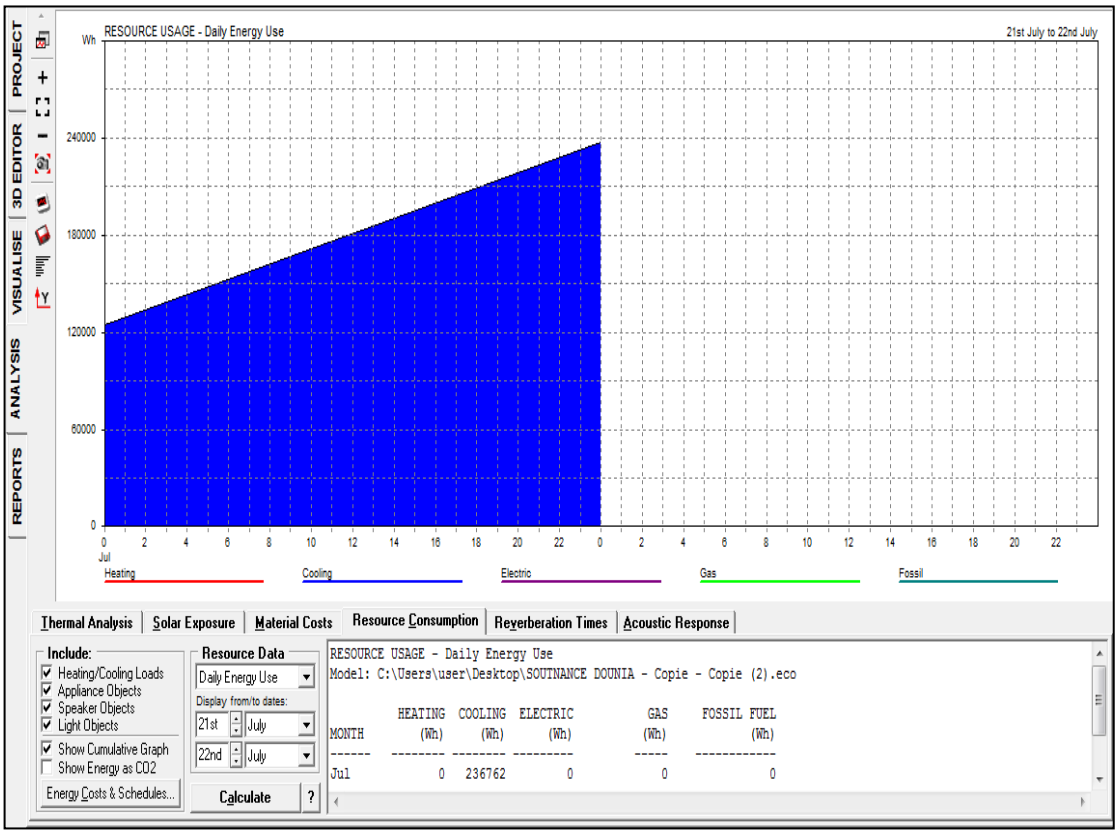


Figure V. 3: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure.

Source: Auteur

On remarque que :

- Le 21 juillet est une journée chaude qui a besoin refroidissement
- La quantité d'énergie dans ce jour est 240000W
- La salle est très chaude dans le scenario 1
- La salle a besoin plus de refroidissement

V-2- Scénario 02 : Les consommations énergétique intérieures après l'application de l'isolant

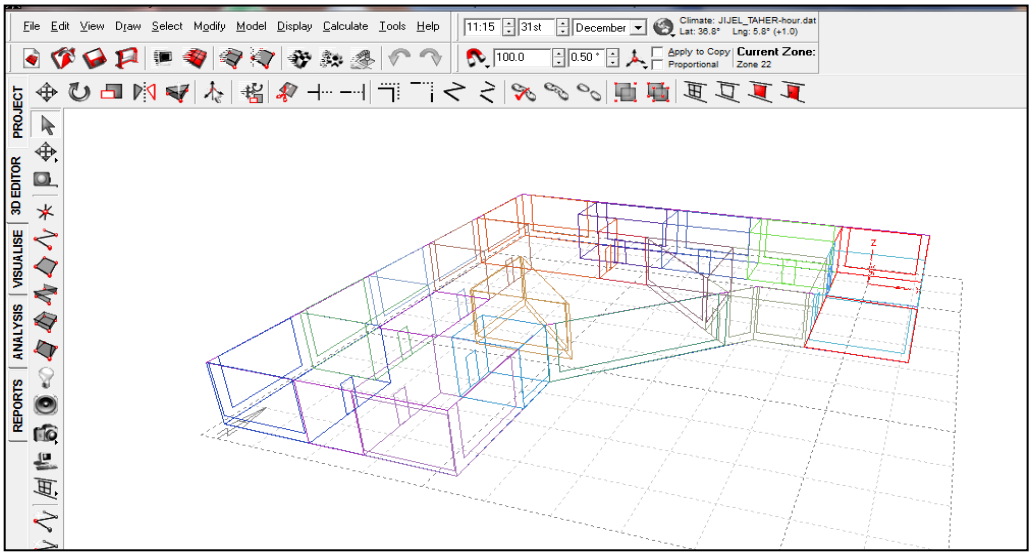


Figure V. 4Vue général scénario 2 avec l'isolant.

Source : Auteur.

V-2-1Composition des éléments constructifs de l du modèle 02 (cas proposé)

V-2-1-1- Caractéristique du mur extérieur

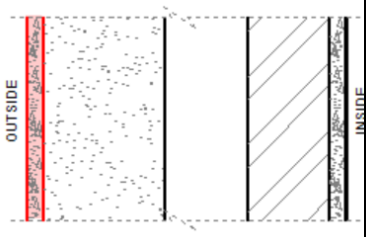
Matériaux		Conductivité Thermique (KJ/h.m.K)	Densité (kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Extérieur ------» Intérieur	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	----------» 
	Brique	0.390	650	0.15	
	Polystyrène expansé	5.560	18	0.10	
	Brique creuse	0.390	656	0.1	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	

Tableau V .4 : Matériaux constituant du mur extérieur.

Source : Auteur.

V-2-1-2- Caractéristique du mur intérieur

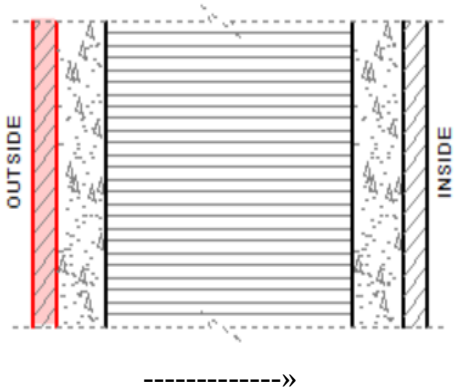
Matériaux		Conductivité Thermique (KJ/h.m.K)	Densité (kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Extérieur ------» Intérieur	**Enduit de plâtre**	0.57	1150	0.02	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	
	Brique creuse	0.431	650	0.10	
	Enduit de ciment	0.800	1900	0.02	
	Enduit de plâtre	0.57	1150	0.01	

Tableau V.5: Matériaux constituant du mur intérieur.

Source : Auteur.

V-2-1-3- Caractéristique des ouvertures

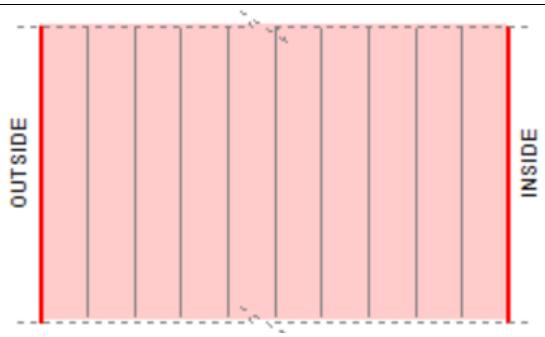
Matériaux	Conductivité thermique (KJ/h.m.K)	Densité (Kg/m³)	Epaisseur (m)	Schéma
Verre	1.046	2300	0.003	

Tableau V.6 : Matériaux constituant des ouvertures .

Source : Auteur.

V-2-2- Interprétation des résultats de simulation du modèle 02

- **Le 12 janvier**

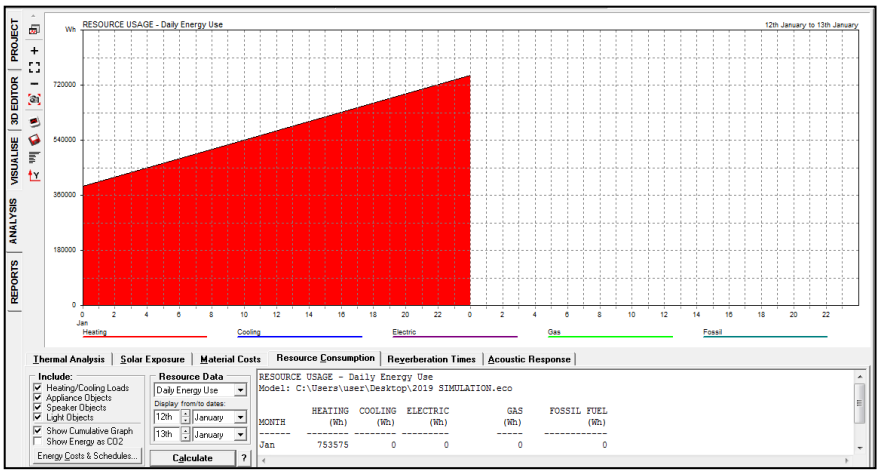


Figure V. 5: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (12janvier).
Source : Auteur.

On remarque que :

- Au 2 scenario le diagramme montre une diminution de consommation énergétique
- La quantité de la consommation avec l'isolons est 64000W
- La salle est plus froide dans le 2 scenario que le 1 scenario
- La salle a besoin du moins de chauffage que le scenario 1

- **Le 21 Juillet**

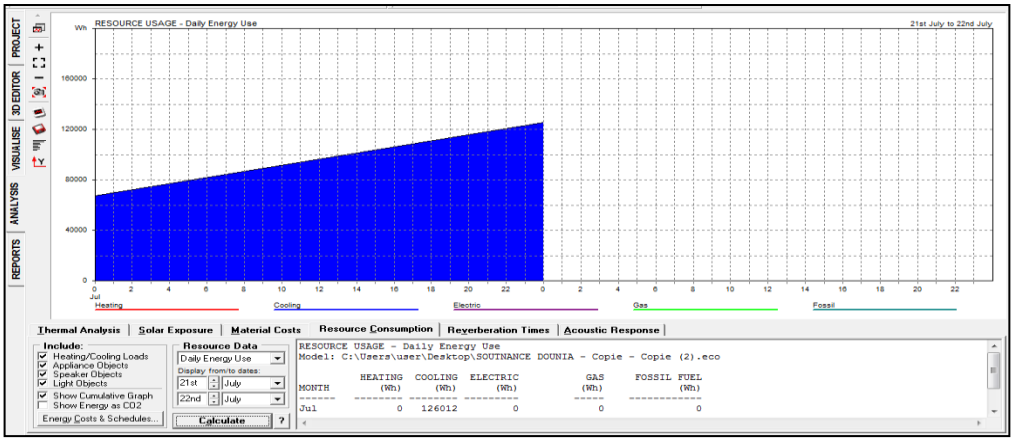


Figure V. 6: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle 21 Juil.

Source : Auteur

On remarque que :

- La quantité de la consommation avec l'isolons est 120000W
- La salle est plus moins chaude dans le 2 scenario que le 1 scenario
- La salle a besoin du moins de refroidissement que le scenario 1

V-3- Scénario 0 3 : Les consommations énergétique intérieures a partir de la compacité

Pour le scenario 3 en peut garder la même forme d'administration avec des modifications au niveau des surfaces des bureaux et les chambres et aussi au niveau de lataille des ouvertures.

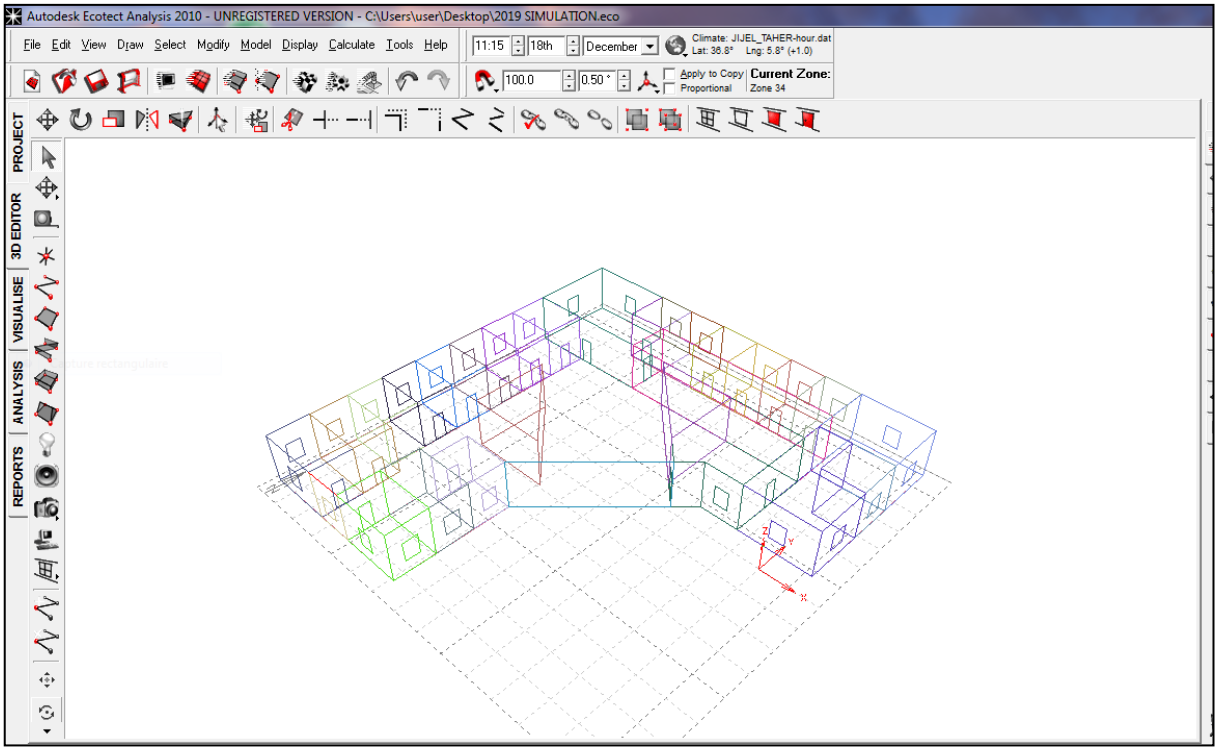


Figure V. 7:vue général forme 2scénario 3.

Source : Auteur.

V-3-1- Interprétation des résultats de simulation du modèle 03

- **Le 12 Janvier**

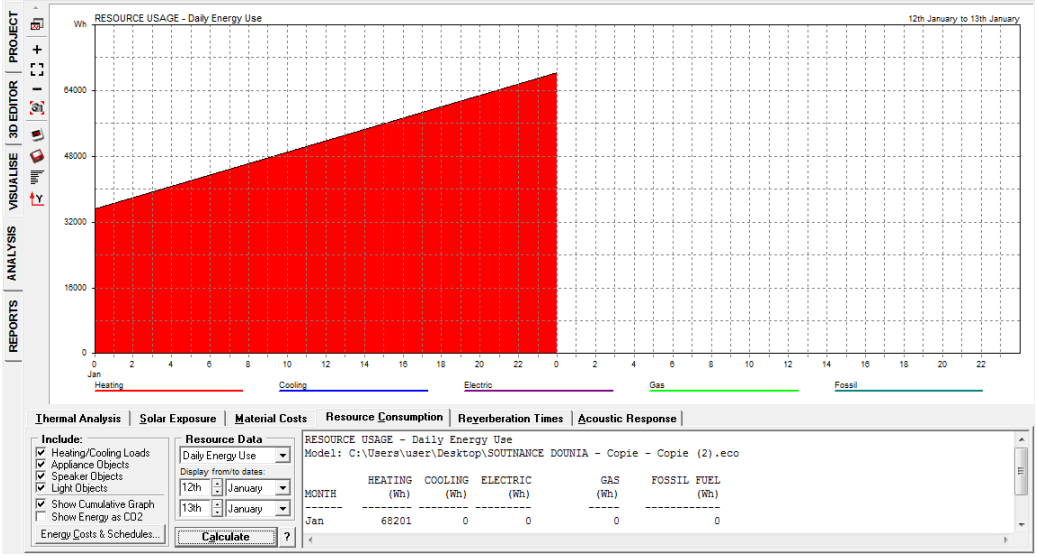


Figure V. 8: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (21 janvier) .**Source** : Auteur.

On remarque que :

- Au 3 scenario le diagramme montre une diminution de consommation énergétique
- La quantité de la consommation avec l'isolons est 64000W
- La salle a besoin du moins de chauffage que le scenario 1et 2

➢ **Le 21 Juillet**

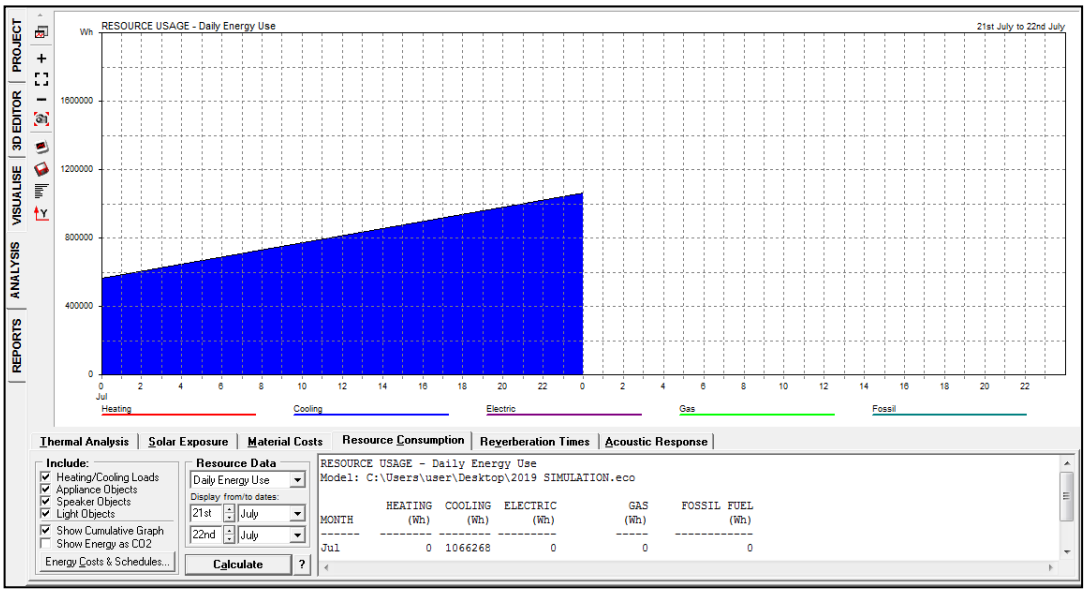


Figure V. 9: La courbe d'évaluation de consommation énergétique intérieure de la salle (21 Juillet).

Source : Auteur.

On remarque que :

- La quantité de la consommation dans le scenario 3 est 10000W
- La salle est moins chaude dans le 3 scenario que le scenario 1et 2
- La salle a besoin du moins de refroidissement que le scenario 1et 2

Visualisation globale des résultats

Les scenarios	Scenario 1 Sans isolons	Scenario 2 Avec isolons	Scenario 3 La compacité
12 janvier	80000W	72000W	64000W
21 juillet	240000W	120000W	100000W

Tableau V.7 : Résultats de la simulation.

Source : Auteur.

En effet les résultats de la simulation ont montré que l'utilisation des isolations thermique plus la compacité peu améliorer la consommation énergétique de la salle .Les résultats

montre que la salle consomme le moitié de la quantité d'énergie dans le scenario 2et montre aussi que la quantité d'énergie dans le scenario 3 est le moins entre les 3 scenarios

Conclusion

Apres l'étude comparative des quantités dans les 3 scenarios de consommation énergétique on peut affirmer que l'utilisation des isolations thermiques et la compacité (bonne conception de bâtiment) peut répondre aux exigences de confort des espaces intérieurs.

D'après les résultats précédents la compacité et les isolations thermique diminue la consommation énergétique (le moitie de la quantité d'énergie).Le niveau de la consommation énergétique possède un impact direct sur le confort de bâtiment.

A travers cette étude, on a distingué que la compacité et l'isolation thermique l'utilisation pour résoudre l'un des problèmes le plus important de la consommation énergétique.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Le secteur du bâtiment est celui dont toutes les attentions en termes d'efficacité Énergétique doivent être tournées, étant partout dans le monde le secteur responsable de la plus grande part de la consommation énergétique, cela est toute en plus vrai pour l'Algérie qui en l'espace de quelque années a vue croitre son parc de logement sans la moindre prise en considération de la question de la maitrise de l'énergie.

A travers ce travail, nous avons tenté d'atteindre un objectif majeur qui permet d'étudier ,

L'effet de la compacité et de l'isolation sur la réduction de la consommation énergétique des bâtiments.

La compacité fait partie des solutions architecturales qui réduisent la consommation d'énergie et placent le bâtiment dans un équilibre thermique entre l'intérieur et l'extérieur ; elle peut même être équivalente à une isolation basique.

Notre objectif initial à l'échelle architecturale était de mettre l'accent sur l'efficacité et l'importance de la compacité et de l'isolation sur la consommation énergétique du bâtiment.

En effet, nous avons mené une analyse au niveau du marché couvert **de harathane** en utilisant le logiciel ecotect pour la simulation énergétique et le logiciel met énorme pour générer le fichier météorologique propre à la région de **Jijel.**

L'analyse des résultats obtenus nous a permis de conclure que la compacité est dans la plupart des cas la meilleure solution architecturale pour réduire la consommation d'énergie sans dépenser le moindre centime supplémentaire.

A partir de la conclusion tirée précédemment nous pouvons préconiser les recommandations suivantes :

- Donner plus d'importance à la compacité dans les études.
- Travailler plus sur les matériaux à changement de phases pour rendre l'isolation thermique plus efficace.
- Réduire les points faibles, tels que les ponts thermiques, ou les balcons.
- Prévoir des vitrages isolants (double vitrage par exemple) protégé par des volets, des stores et des casquettes, tout en privilégiant l'éclairage naturel des espaces.

LA LISTE DE BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographiques :

Les ouvrages :

- Gérard C.(2009) .l'isolation thermique et le chauffage . Ed Alternatives France 9, 22, 23, 38, 39, p.

- Gallauziaux T et Fedullo D. (2010). « Le grand livre de l'isolation ». Ed Groupe Eyrolles. Paris. 683 p.

- Gallauziaux T et Fedullo D.(2011) « L'isolation thermique ». Ed Groupe Eyrolles. Paris.8,12 ,14,9,10p .

- Wright, D. (2006), « volumétrie et compacité ». page 219)

Les fichiers PDF et Sites Web :

Géraldine M.(2016). Pourquoi isoler thermiquement les sols de son habitation. [en• ligne] https://www.lenergietoutcompris.fr/actualites-etinformations/isolation/isolation-thermique-du-sol-les-techniques-adaptees-auxdifferents-types-de-fondations-47806. Consulté le 30/08/2020.

Isover.(2018). un bâtiment bien isolé permet de réaliser des économies d'énergie.• [en ligne] https://www.isover.fr/services-aux-pros/conseils-en-renovation/bienconseiller-vos-clients/pourquoi-isoler-les-arguments. Consulté le 30/08/202°.

Bruxelles environnement. (2007). Construire un bâtiment compact. [en ligne]• http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/ENE05_FR.p df . Consulté le 16/07/2020.

Les conséquences de la compacité. [En ligne] https://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/la-construction-compacte-641.html Consulté le 12/08/2020.

Etude thermique de la compacité.[Enligne] https://www.etude-thermique-rt-2012.com/compacite Consulté le 12/08/2020.

guide-comprendre-isolation-thermique.pdf [en ligne]• file:///C:/Users/user/Desktop/Nouveau%20dossier%20(2)/guide-comprendre-isolation-thermique.pdf . Consulté le 27/02/2020.

Akrouche, 'Etude du Stockage et Déstockage d'Energie dans un Matériau à Changement de Phase', Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara, Boumerdes, Ecole des mines de Nantes, France, 2011.

UNIVERSITE DE LA REUNION Matériaux à changement de phase. [en ligne] https://www.academia.edu/23034589/UNIVERSITE

wilaya-jijel.dz, (2018). [en ligne] http://www.wilaya jijel.dz/jijel/index.php/présentation/prés . Consulté le 20/09/2020.

I3er. (2007). [en ligne] http://logiciels.i3er.org/ecotect.html. Consulté le 13/09/2020.

Futur maison. (2018). [en ligne] https://www.futurasciences.com/maison/questions-reponses/thermique-isoler-murs-isolationinterieure-isolation-exterieure-3169/. Consulté le 15/03/2020.

guide-isolation-thermique-Loiret PDF [en ligne]• file:///C:/Users/user/Desktop/Nouveau%20dossier%20(2)/guide-isolation-thermique-loiret.pdf Consulté le 27/02/2020.

Art19-4_13Pdf [en ligne]• file:///C:/Users/user/Desktop/Nouveau%20dossier%20(2)/Art19-4_13.pdf Consulté le 22/02/2020.

LES ANNEXES

ANNEXE 1 : LEXIQUE THERMIQUE

1. Les propriétés thermiques des matériaux :

1.1 La conductivité thermique (lambda)

Caractérise la quantité de chaleur qui traverse un mètre de matériau. Elle s'exprime en W/m.K. Plus ce coefficient est petit, plus le matériau est isolant (entre 0,035 et 0,050 pour les matériaux les plus courants). (Adem, 2009)

1.2 La résistance thermique d'une paroi (R)

Caractérise la résistance qu'oppose la paroi au passage de la chaleur. Elle s'exprime en m2/K.W.Pour une épaisseur donnée, plus le chiffre de résistance est grande, plus la paroi est isolante. (Adem, 2009)

1.3 La transmission thermique d'une paroi (U)

Caractérise la quantité de chaleur qui traverse la paroi. C'est l'inverse de la résistance. **Uw** caractérise la transmission thermique de la fenêtre (vitrage+châssis). **Ug** caractérise la transmission thermique du vitrage seul. (Adem, 2009)

1.4 kWhEP/m2.an :

Cet indicateur englobe les consommations réglementaires du bâtiment c'est-adire le chauffage, le refroidissement, la ventilation, les auxiliaires, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. Elle est calculée sur la Surface Hors Oeuvre Net du bâtiment (SHON)

1.5 Energie Primaire (EP) :

La consommation exprimée en énergie primaire tient compte de la consommation finale dans le bâtiment, mais également des pertes énergétiques liées à l'extraction, la transformation, le transport de la ressource. Elle comprend donc l'ensemble des impacts de l'activité humaine sur notre planète. On considère qu'il faut en moyenne 2,58 kWh d'énergie primaire pour 84 produire 1 kWh d'énergie électrique (énergie finale) consommée par l'abonné au réseau. Pour les énergies fossiles, l'énergie utilisable est considérée comme égale à l'énergie primaire (source : Ministère du Logement). (Adem, 2009)

1.6 Kilowatt crête (kWc) : puissance maximale délivrée par une installation photo voltaique sous des conditions d'ensoleillement optimales.

ملخص

بسبب التغيرات المناخية و نقص الموارد الطاقوية سعت الحكومات الى ايجاد مصادر طاقوية جديدة اكثر كفاءة و موثوقية في
المستقبل

تمثل البناية المستهلك الاول للطاقة بنسبة 40 % من اجمالي استهلاك الطاقة لذلك يجب اخد التصميم و الادراك والاسكان الفعال
بعين الاعتبار
الهدف هو ايجاد افضل الحلول المعمارية لتحقيق التوازن الحراري للبناية (الاكتناز - العزل - التوجيه - التهوية .....)للحد من
التاثير البيئى لهذا القطاع و التقليل من استهلاك الطاقة في المبنى

الكلمات المفتاحية : موارد الطاقة ،مباني االستهالك المنخفضة استهالك الطاقة ، التصميم المعماري، الكفاءة الطاقوية

RESUME :

A cause du changement climatique et du manque de ressources énergétiques, les gouvernements ont cherché à trouver de nouvelles sources d'énergie plus efficaces et plus fiables à l'avenir.

Le bâtiment représente le consommateur d'énergie primaire à 40% de la consommation totale

d'énergie, donc la conception, la perception et le logement efficace doivent être pris en compte.

L'objectif est de trouver les meilleures solutions architecturales pour atteindre l'équilibre thermique du bâtiment (compacité - isolation - orientation - ventilation ...) pour réduire l'impact environnemental de ce secteur et réduire la consommation d'énergie du bâtiment

MOTS CLÉS : Ressources énergétiques, bâtiment à basse consommation, consommation énergétique, conception architecturale, efficacité énergétique.

ABSTRACT:

Due to climate change and lack of energy resources, governments have sought to find new

energy sources that are more efficient and reliable in the future.

The building represents the primary energy consumer at 40% of the total energy consumption,

so design, perception and efficient housing must be taken into account.

The goal is to find the best architectural solutions to achieve the thermal balance of the building (compactness - insulation - orientation - ventilation ...) to reduce the environmental impact of this sector and reduce energy consumption in the building

KEYWORDS: Energy resource, low consumption buildings, ,energy consumption , architectural design , energy efficient.