



**Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la
Licence Sciences et Techniques
Spécialité : génie industriel**

Thème:

Amélioration de la production et la qualité des matières de
Construction pour l'efficacité énergétique
de l'enveloppe du bâtiment.

Au sein de:

L.M PLANCHER

Présenté par:

- BATTATE Abdelhadi

Encadré par:

- MR. BAHNASS Abdelkrim (encadrent de l'entreprise : responsable de production)
- MR. RAMADANY Mohamed

Soutenu le 06/07/2021 devant les jurys :

- MR. RAMADANY Mohamed
- MR.BINE EL OUIDANE Hassan



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui de près ou de loin, nous ont accordé leur soutien moral et physique pour la réalisation de ce travail:

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.



Remerciements

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudees à **MR. RAMADANY Mohamed** notre encadrant, qui a accepté de nous guider durant toute la période de réalisation de notre premier projet et pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Nous tenons à remercier **MR. BAHNASS Abdelkrim**, qui est notre maître de stage dans l'entreprise, pour ses conseils avisés, son aide précieuse et sa disponibilité au cours des deux mois que nous avons passé chez L.M PLANCHER.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de L'entreprise L.M PLANCHER pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à nos travaux.

Enfin, nous n'oserions oublier de remercier tout le corps professoral de FST Fès pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.



Résumé

Le présent projet de fin d'études traite l'amélioration de la production et la qualité des matières de Construction pour augmenter l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment.

Le secteur du bâtiment est parmi les secteurs les plus énergivores au Maroc avec une consommation énergétique allant jusqu'à 33% répartie en 7% pour les bâtiments tertiaires et 26% pour les bâtiments résidentiels. Cette consommation énergétique augmente chaque jour à cause de la construction de nouvelles villes et l'utilisation soutenue de systèmes de climatisation et de chauffage au Maroc, donc il doit trouver des solutions pour améliorer la construction des bâtiments et réduire la consommation énergétique de ce secteur.

L'objectif de ce projet de fin d'études est de développer et améliorer la qualité des matières de construction (les briques et les poutrelles) pour une bonne isolation thermique du bâtiment, et réduire la consommation énergétique des bâtiments.

Ainsi, ce travail comporte une étude sur des solutions pour améliorer la production et la qualité des matières de Construction dans l'entreprise L.M PLANCHER.

Les mots clés : isolation thermique du bâtiment, matières de Construction, consommation énergétique, la qualité, systèmes de climatisation et de chauffage, l'efficacité énergétique, l'enveloppe du bâtiment.



Sommaire

Dédicace	2
Remercient	3
Résume	4
Introduction générale	9
Chapitre 1 : Présentation de la société I.M PLANCHER	10
1-Introduction	11
2-Présentation de l'entreprise	11
3-Historique	11
4-les activités de l'entreprise I.M PLANCHER	12
4-1-Les machines :	12
4-2-Les matières premières :	13
4-3-Le processus de fabrication des matières de construction :	14
4-4-Les produits finis :	17
4-4-1-Les briques :	17
4-4-2-Les poutrelles :	18
4-4-3-Les poteaux:	18
5-Conclusion :	18
Chapitre 2 :L'efficacité énergétique dans les Bâtiments(les contextes énergétiques)	19
1-Introduction :	20
2-Contexte énergétique :	20
2-1-Contexte énergétique mondial :	20
2-2-Les ressources limité :	20
2-3-L'impact des énergies fossiles :	21
2-4-Consommation finale d'énergie mondiale par secteur :	22
3-La politique énergétique au Maroc et France pour le secteur de bâtiment :	23
3-1-Pour la France	23
3-1-1-Les réglementation thermiques(RT) au France :	23
3-1-2-L'effet des règlementations thermiques :	24
3-2-La politique énergétique nationale :	24
4-Contexte environnemental :	24
4-1-Changement climatique :	24
4-2-la pollution atmosphérique :	25
4-3-Les pluies acides :	25
5- Energie renouvelables :	25
6-Conclusion :.....	25
Chapitre 3 : Les solutions pour l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments	26
1-Introduction ;	27
2-le secteur de bâtiment au Maroc :	27
2-1-Consommation d'énergie par secteur :.....	27
2-2-Les sources d'énergie au Maroc :	27
2-3- les consommateurs d'énergie au secteur du bâtiment	28
2-4-Problème de climatisation :	28
3- L'efficacité énergétique dans le bâtiment :	28
3-1-Définition général :	28
3-2- Les objectifs d'efficacité énergétique dans le bâtiment	28
3-3- Le confort thermique :	29
4- la Thermique des bâtiments :	29



4-1-Definition :	29
4-2-Les déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment :	29
4-3-Les moyens de transmission de la chaleur	30
4-3-1-Comment se transmet la chaleur ?	30
4-3-2- Transfert de chaleur dans une paroi	31
4-4-Le flux thermiques :	31
4-4-1-Pour la conduction :	32
4-4-2-Pour la convection :	32
4-5-Le flux thermique à travers un mur :	32
4-6-La puissance électrique de climatisation :	33
5-Les solutions pour améliorer l'efficacité de l'enveloppe des bâtiments :	33
5-1-Amélioration interne (remplacement par des moules qualité):	33
5-1-1-Analyse de la machine de production des briques :	33
5-1-2-Remplacement par des moules qui donnent des briques de neuf creuses	34
5-1-3-Etude statiques (comparaison entre les deux types des briques).	34
5-1-4-Les conséquences de production de ces briques neuf creuses :	36
5-2-Amélioration externe :	38
5-2-1-L'isolation thermique des bâtiments : le principe.....	39
5-2-2-les éléments d'isolation.....	39
5-2-3-Les systèmes d'isolation.....	39
5-2-4-Les types d'isolants.....	40
5-2-4-1-Isolation par un solide isolant (entre parois)	40
5-2-4-2- Isolation par le vide (lame d'air)	40
5-2-4-3-Isolation par gaz piégé.....	40
5-2-4-4- le survitrage de fenêtre :	40
5-2-5-Les choix de matériaux de l'isolation pour l'entreprise :	40
5-2-3-Etude statique de L'application des matériaux d'isolation thermique	41
5-2-4-Les conséquences pour l'application d'amélioration externe :	44
6-L'application d'amélioration interne et externe dans le secteur des bâtiments :	44
6-1- Le future de l'entreprise :	44
6-2-Comparaison entre un bâtiment bien isolée et bâtiment mal isolée :	44
6-2-1-Bâtiment mal isolée :	44
6-2-2-Bâtiment bien isolée :	45
6-3-Les avantages d'amélioration interne et externe dans le secteur des bâtiments.....	46
7-Conclusion :	46
Conclusion générale :	47
Bibliographie :	48

Liste des figures :

Chapitre 1 :	10
Figure 1.1 : Organigramme de L .M PLANCHER.....	12
Figure 1.2 : la machine malaxeur.....	12
Figure 1.3:La machine électrique de production des briques.....	12
Figure 1.4 : La machine mécanique de production des briques.....	12
Figure 1.5:les bancs des poutrelles	13
Figure 1.6: les bancs des poteaux.....	13
Figure 1.7: le ciment.....	13
Figure 1.8: sable concasse	13
Figure 1.9: Sable normale.....	13
Figure 1.10: le grain	13
Figure 1.11: gravier.....	13
Figure 1.12: les poutrelles nues.....	14
Figure 1.13: les trémies.....	14
Figure 1.14: la bande peseuse-transporteuse.....	14
Figure 1.15: le silo de ciment.....	14
Figure 1.16: le mélange dans malaxeur.....	15
Figure 1.17: l'installation pour gérer le mélange.....	15
Figure 1.18: Les briques	15
Figure 1.19: les moules des briques.....	15
Figure 1.20: les différentes étapes de fabrication des poutrelles.....	15
Figure 1.21: le moteur de vibration	16
Figure 1.22: moyen de transfère de mélange	16
Figure 1.23: Les poutrelles	16
Figure 1.24: zone de séchage des briques.....	16
Figure 1.25: les briques non-conformités.....	16
Figure 1.26: Contrôle de qualité des briques.....	16
Figure 1.27: L'emballage des produits finis.....	17
Figure 1.28: Agglo ou parpaing	17
Figure 1.29: Les hourdis.....	17
Figure 1.30: les poutrelles	18
Figure 1.31: Les poteaux.....	18
Chapitre 2 ;	19
Figure 2.1:Prévision de consommation mondiale d'énergie, en <u>Mtep</u>	20
Figure 2.2 : Consommation finale des énergies fossiles selon la source en <u>MTEp</u>	21
Figure 2.3 : Consommation total d'énergie 2018 par type d'énergie (<u>MTEp</u>)	21
Figure 2.4 : Evolution des rejets de CO2.	22
Figure 2.5: Consommation d'énergie finale dans le monde en 2018.....	22
Figure 2.6: Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la méditerranée du sud sur la période 2010-2030.....	23
Figure 2.7: Consommation d'énergie par usage au France 2012 (source : ADEME)	23
Figure 2.8 : Consommation unitaires en énergie final par usages dans les résidences source : ADEME.....	24
Chapitre 3 :	26
Figure 3.1: Consommation finale d'énergie au Maroc par secteur.....	27

Figure 3.2 : Production brute d'électricité au Maroc par type d'énergie 2019	27
Figure 3.3: les déperditions thermiques d'une maison mal isolée Source : Guide de l'isolation, 2012.	30
Figure 3.4 : Bilan thermique sur un système élémentaire.....	32
Figure 3.5: Schématisation des flux et des températures dans un mur multicouches.....	32
Figure 3.6: Représentation des moules des briques	33
Figure 3.7: brique de 3 creuses	34
Figure 3.8: représentation des briques de 9 creuses dans catia	34
Figure 3.9: représentation de flux à travers le mur.....	35
Figure 3.10: Les pertes thermiques pour les deux types des briques	36
Figure 3.11 : représentation des briques de trois creuses dans catia	36
Figure 3.12: les démentions des briques de trois.....	36
Figures 3.13: représentation des volumes que nous allons ajouter	37
Figure 3.14 : les moitiés des volumes.....	37
Figures 3.15 : les démentions de brique après les changements.....	37
Figure 3.16: représentation des briques de neuf creuses sur catia.....	38
Figure 3.17: Les démentions de brique de neuf creuses.....	38
Figure 3.18:L'isolation intérieure et extérieure des murs.....	39
Figure 3.19 : Types d'isolants.....	41
Figure 3.20: applications des isolants thermiques.....	41
Figure 3.21: Laine de bois.....	42
Figure 3.22: panneaux de laine de bois.....	42
Figure 3.23: des plaques de plâtre.....	42
Figure 3.24: des plaques de polystyrène.....	43
Figure 3.25: Représentation des pertes thermiques pour chaque isolant.....	43
Figure 3.26: Les pertes thermiques pour un mur bien isolé et un mur mal isolée.....	46
Figure 3.27: représentation des changements thermiques pour un bâtiment mal isolée et d'autre bien isolée.....	46
Figure 3.28: Qualité de l'enveloppe.....	47

Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Les trois modes de transmission de chaleur.....	30
Tableau 3-2 : Mode de transmission de la chaleur dans une paroi simple.....	31
Le tableau 3-3: Comparaison entre l'isolation par l'extérieur et l'isolation par l'intérieur.....	39



Introduction générale

Ce projet présente L'étude des performances des matériaux de construction qui occupe aujourd'hui une place assez importante dans les différents projets de construction. En effet, l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe de bâtiment permet d'accroître le confort, ainsi que de réduire la consommation d'énergie dans le secteur de bâtiment.

En effet le secteur de bâtiment doit réaliser deux critères très importants :

- assurer la sécurité de ses occupants ;
- leur offrir les conditions nécessaires pour exercer leurs activités.

Le premier critère concerne l'équilibre du bâtiment et la résistance de ses éléments. Il est obtenu par la conception et le calcul du bâtiment selon les règles de l'art.

Le second concerne le confort qu'offre le bâtiment à ses occupants (confort thermique et acoustique, entre autres). Qui ne doit pas oublier, pour assurer le confort.

La consommation énergétique des bâtiments du Royaume du Maroc augmente chaque jour à cause de la construction des nouveaux bâtiments, ce qui incite les entreprises des constructions à améliorer et à développer la production ainsi que la qualité des matériaux de constructions. L'objectif est de diminuer la consommation d'énergie dans le secteur de bâtiment et améliorer l'image de l'entreprise.

Dans ce cadre ou s'inscrit notre travail qui traite l'amélioration de la production et la qualité des matières de Construction pour l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment. Ce travail portera sur trois chapitres principaux:

- Le premier chapitre, nous allons donner une présentation de l'entreprise qui traite la description de l'entreprise L.M PLANCHER, ainsi que son processus général de fabrication.
- Le deuxième chapitre, nous allons présenter en général l'efficacité énergétique dans les bâtiments.
- Le troisième chapitre nous allons proposer des solutions pour l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments au Maroc. De plus, nous allons établir la procédure d'application de chaque solution, tout en mettant l'accent sur les avantages de chacune.



Chapitre 1

Présentation de la société l.M
PLANCHER



1- Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler sur le contexte général dans lequel s'est déroulé notre projet de fin d'études ayant pour titre « **Amélioration de la production et la qualité des matières de Construction pour l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment** ».

Pour ce faire, nous donnons une description de la société L.M PLANCHER, en effet nous présentons ses activités, son organigramme et ses services, par la suite, nous détaillons tous les cahiers des charges qui permettront d'introduire l'objectif de notre stage.

2-Présentation de l'entreprise

La société L.M PLANCHER est une société industrielle et indépendante à Responsabilité Limitée à Associé Unique dans le marché marocain, spécialisé dans la production et le ventre de matériaux de construction, briques, poutrelle, poteaux, et les activités et les projets de construction des bâtiments.

3- Historique

La société a été créée en 2018 de capital social 100 000 DH .son domaine est la fabrication et la vente des matériaux de construction, et elle prend des projets des travaux de construction des bâtiments. Ses fournisseurs sont HOLCIME et d'autre fournisseur de ciment s'ils ont des problèmes de stockage, et des fournisseurs et des sociétés qui produisent la sable, gravier, grain .les produits finale sont les brique (parpaing), les poutrelles, les poteaux.

Fiche technique :

La fiche signalétique est la carte d'identité de la société L.M PLANCHER

Forme juridique : Responsabilité Limitée à Associé Unique (SARL AU)

Adresse : N°82 Residence 52 Bd Hassan II N.v - Fès-Médina
(AR)

Tél : 0668208391

Capital social : 100 000DHS

Date de création : 2018

Effectif du personnel employé : 20, dont 4 cadres supérieurs et
Techniciens

Activité : la production et le ventre de matériaux de
Construction, briques, poutrelle, poteaux de
Ciment, et travaux divers de construction des
Bâtiments.

Directeur général : LBIADE MIMONE

Organigramme :

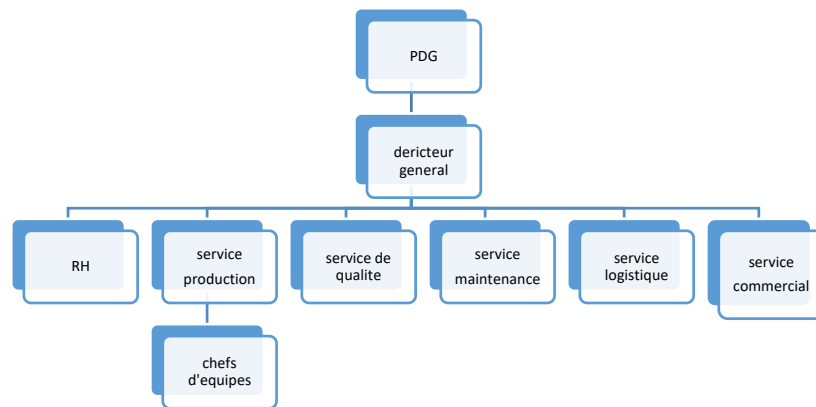


Figure 1.1 : Organigramme de L .M PLANCHER

4-les activités de l'entreprise L.M PLANCHER.

L'entreprise L.M PLANCHER a pour activité la production de matériaux de construction, briques, poutrelle, poteaux de ciment.

Pour la production de ces matières contient cinq étapes :

- Réception des matières premières
- dosage des matières premières
- Mélange des matières premières dans la machine malaxeur.
- Presse pour les briques mais pour les poutrelles et les poteaux nous utilisons des bancs après transport des produits finis
- Le contrôle qualité de matériaux puis l'emballage

4-1-Les machines :

Pour satisfaire les exigences de client nous présentons les machines de production :

- Malaxeur
- Des Machine mécanique de presse pour les briques
- Des Machine électrique de presse pour les briques

Les figures suivantes montrent les machines de production des briques :



Figure 1.2 : la machine malaxeur



Figure 1.3: La machine électrique de production des briques.



Figure 1.4 : La machine mécanique de production des briques.

Pour les poutrelles et les poteaux nous utilisons des machines manuelles sont des bancs de fabrication.

Pour traiter les étapes de fabrication des matières de construction nous devons présenter les matières premières pour la fabrication. Les figures suivantes montrent les bancs des poutrelles et des poteaux :



Figure 1.5: les bancs des poutrelles



Figure 1.6: les bancs des poteaux

4-2- Les matières premières :

Ciment :

Le fournisseur est la société HOLCIME, Le ciment est un élément principal dans la construction qui intervient dans la composition des briques, poutrelles et poteaux. La figure 1.7 montre la matière première ciment :



Figure 1.7: le ciment

Sable :

Les fournisseurs sont des sociétés de fabrication des sables, Le sable est avant tout un matériau naturel, nous avons deux types :

Sable normale (SN) : Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé « **sable des rivières** ».

Sable concasse (SC) : Les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage de blocs de laitier

Les deux vont augmenter l'ouvrabilité de matière de construction en le rendant plus dense.

Les figures suivantes montrent les deux types du sable:



Figure 1.8: sable concasse



Figure 1.9: Sable normale

Grain et gravier :

Les deux sont résultants du concassage des blocs, ils sont des éléments de liaison nécessaire pour la production des matières de construction. La différence entre les deux est les démentions et la forme (le grain et très petit devant le gravier). Les figures suivantes montrent les matières premières : grain et gravier :



Figure 1.10: le grain

Figure 1.11: gravier

Poutrelle nue :

Est un élément principal pour la fabrication de poutrelle, il est composé par des fils de fer. La figure suivante montre la matière première poutrelle nue :



Figure 1.12: les poutrelles nues

4-3-Le processus de fabrication des matières de construction :

Phase 1 : Réception des matières premières

La réception des matières premières marque le début du processus de fabrication des briques. Les matières premières sont généralement du sable mélangé (SN+SC), du ciment, de l'eau, le grain et le gravier de sables sont acheminées par camions et sont stockés dans des trémies. Le ciment est stocké dans un silo. L'eau est déjà dans des cuves.

Pour les briques nous avons besoin de: sable concasse + ciment + l'eau + grain.

Pour les poutrelles et les poteaux nous avons besoin de : sable mélangé + ciment + l'eau + gravite.

Phase 2 : dosage des matières premières

Le dosage constitue la seconde étape du **processus de fabrication des briques**. Le sable et le grain sont conduits de manière automatique sur une bande peseuse-transporteuse située sous les trémies. Ils sont ensuite déversés dans un malaxeur.

Le ciment qui est stocké dans le silo est acheminé dans le malaxeur. le malaxeur mesure et ensuite libère la quantité exacte de ciment pour le mélange.

L'eau est dosée par une installation automatisée dans le malaxeur qui donne la quantité exacte pour le mélange par un tube. Les figures suivantes montrent les différentes composantes de la machine malaxeur :



Figure 1.13: les trémies



Figure 1.14: la bande peseuse-transporteuse



Figure 1.15: le silo de ciment

Phase 3 : mélange dans le malaxeur

Le mélange des matières premières se fait à l'intérieur du malaxeur. Ce malaxeur mélange les composants de manière uniforme et homogène. La quantité d'eau est commandée automatiquement en fonction du produit à fabriquer et aussi en fonction de l'humidité du mélange. Les figures 1.6 et 1.17 montre l'étape de mélange :



Figure 1.16: le mélange dans malaxeur



Figure 1.17: l'installation pour gérer le

Phase 4 : fabrication des briques et transport des produits finis

C'est l'étape la plus importante, Une fois le mélange homogène, il doit être transféré par des moyennes de transport aux machines de fabrication des matières de construction :

✓ Pour les briques :

Nous utilisons deux types de machines de fabrication :

machine électrique de presse qui travail automatique et d'autre machine mécanique qui a besoin de force d'un homme pour la presse de mélange ,les deux machines travail de même façon, elles prennent la quantité de mélange possible qui met dans des moules des brique de la machine , après la presse de mélange par la machine , ainsi la production des briques. Les figures 1.8 et 1.19 représentent les briques et les moules :



Figure 1.18: Les briques



Figure 1.19: les moules des brique

✓ Pour les poutrelles :

Nous utilisons des bancs de poutrelle, dans ce cas nous avons besoin des hommes qualifier pour la fabrication, ses missions son :

- Mettre la quantité de mélange dans les bancs et partager dans tous les places des bancs.
- Prendre les mesures des poutrelles nues que nous avons besoin après le coupement des poutrelles nues par des machines manuelles.
- Mettre les poutrelles nues dans les bancs puis l'installation de cette poutrelle nue par une machine manuelle de vibration. La vibration rend la poutrelle nue à l'intérieur du mélange.

Les figures suivantes représentent les différentes étapes de fabrication des poutrelles:



Figure 1.20: les différentes étapes de fabrication des poutrelles



Figure 1.21: le moteur de vibration



Figure 1.22: moyen de transfère de mélange



Figure 1.23: Les poutrelles

✓ **Pour les poteaux :**

Nous utilisons des bancs de poteaux qui prennent la forme des poteaux pour la fabrication, le mélange doit mettre dans ces bancs.

Les produits finis : **briques** sont transportés par un moyenne manuelle de transport vers la zone de séchage des briques, les **poutrelles** et les **poteaux** restent dans même place (bancs, blocs) .ils prennent tous le temps possible pour le séchage pendant 24 h au minimum Jusqu'à ce que le mélange devienne cohérent, et les produits sont très forts.

Après cela, les poteaux et les poutrelles sont extraits par des travailleurs qualifiés. La figure suivante montre la zone de séchage :



Figure 24:zone de séchage des briques

Phase 5 : Le contrôle qualité des matières de construction

Le contrôle est une étape très importante dans le processus de fabrication Le contrôle qualité permet de vérifier si les produits finis sont conformes aux exigences du marché, à la demande du client, au cahier des charges de l'entreprise. Les figures suivantes représentent le contrôle de qualité des briques :



Figure 1.25: les briques non-conformités



Figure 1.26: Contrôle de qualité des briques

Phase 5 : l'emballage des matières de construction

L'emballage des matières de construction est la dernière étape dans le processus de fabrication, il est très important. Pour des raisons de facilité et de sécurité, après les produits sont prêts à être transportés à la zone de stockage. La figure suivante représente l'étape de l'emballage:



Figure 1.27: L'emballage des produits finis

4-4-Les produits finis :

4-4-1-Les briques :

Nous avons deux types des briques :

Agglo ou parpaing :

L'agglo est un bloc de béton encastré en forme [cuboïde] de creux. C'est parmi les matériaux de construction celui qui est le meilleur rapport qualité / prix. Domaines d'application : Le bloc de béton est le composant principal pour la construction des murs extérieurs des bâtiments. La figure 1.28 représente l'agglo:



Figure 1.28: Agglo ou parpaing

Les hourdis :

Également appelés entrevous, ce sont des éléments préfabriqués qui s'insèrent entre ces poutrelles. Ils servent de coffrage entre les poutrelles. Le type de hourdis conditionne la performance thermique du plancher. La figure 1.29 représente les hourdis :



Figure 1.29: Les hourdis

Les deux types des briques entièrement défini par son nature (Les nombres des creuses) et Ses dimensions exprimées par centimètres Hauteur ; Longueur, et épaisseur de fabrication

Leurs dimensions sont généralement d'Unité (20 ou 10 ou 15) cm de hauteur, Unité (50 ou 40) cm de longueur, leur épaisseur totale est variable. Les épaisseurs les plus courantes sont : Unité 10 cm, Unité 15 cm, ou Unité 20 cm.

Les caractéristiques : l'isolation thermique et acoustique, résistant au feu.

4-4-2-Les poutrelles :

Ce sont des éléments préfabriqués en béton. Elles prennent appui sur la structure porteuse (murs, poutres) et portent le plancher. Il joue un rôle importance pour la construction des dalles des bâtiments.

Les caractéristiques : l'isolation thermique et acoustique, résistant au feu, durabilité. La figure 1.30 représente les poutrelles :



Figure 1.30: les poutrelles

4-4-3-Les poteaux:

Sont des blocs de béton en forme [cuboïde].ils utilisent dans la clôture des bâtiments. En général ils ont plus des utilisations dans le secteur des bâtiments. La figure 1.30 présente les poteaux :



Figure 1.31: Les poteaux:

5-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous allons donner une présentation de l'entreprise qui traite la description de l'entreprise L.M PLANCHER, ainsi que son processus général de fabrication des matières de construction pour chaque produit, et nous allons définir ses services et son organigramme et ses activités. Ainsi nous allons décrire les étapes de fabrication de chaque produit avec les matières premières et les machines utilisées, et son utilisation dans le secteur du bâtiment.



Chapitre 2

L'efficacité énergétique dans les
Bâtiments (les contextes énergétiques)

1-INTRODUCTION :

Dans ce premier chapitre du mémoire nous devons présenter en générale de tous ce qui est en rapport avec le contexte énergétique et environnemental, cela à travers les définitions des différents concepts ayant un rapport avec le contexte énergétique et environnemental.

Les explications sur les tendances actuelles en matière de politique énergétique, de développement durable, et d'efficacité énergétique qu'ils touchent tous les pays comme le Maroc. Afin de mieux cerner la suite du thème qui est porté sur le management de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, il doit nécessaire de faire une introduction sur le contexte énergétique.

2-Contexte énergétique

2-1-Contexte énergétique mondial :

L'observation des consommations énergétiques mondiales depuis un siècle met en évidence le rôle fondamental de l'énergie primaire dans le développement de nos civilisations industrielles. L'utilisation de ces énergies qualifiées de « fossiles » ou de « carbonés » est les principales énergies utilisées dans le monde quel que soit le pays. Depuis la révolution industrielle, elles ont grandement contribué au développement économique de l'ensemble des nations.

2-1-1-Les ressources limité :

Énergies fossiles : Une énergie fossile est un type d'énergie issu de la transformation de matières organiques enfouies dans le sol pendant des millions d'années, d'où l'appellation "fossile". Elle provient de réserves composées principalement de carbone. Les énergies fossiles sont ainsi des énergies non renouvelables. La figure suivante donne une Prévission de consommation mondiale d'énergie :

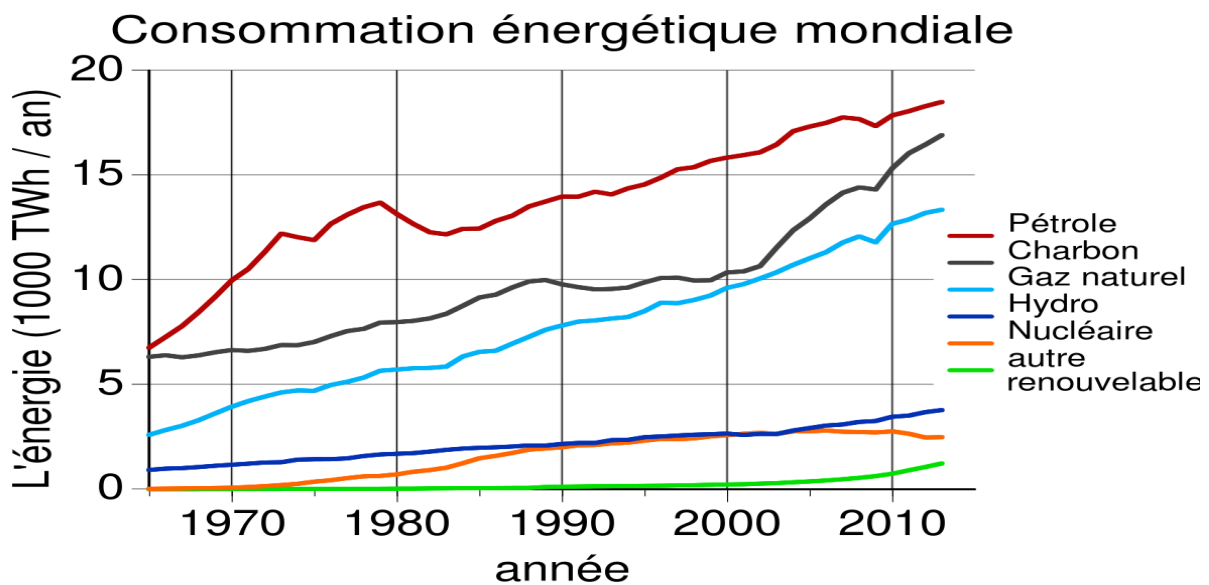


Figure 2.1:Prévission de consommation mondiale d'énergie, en Mtep

Les figures suivantes représentent la Consommation total d'énergie 2018 par type d'énergie:

Type d'énergie	Consom. finale 1990	Consom. finale 2018	Variation consom. 2018/1990
Charbon	1 165	1 853	+59 %
Pétrole	2 753	4 118	+50 %
Gaz naturel	1 238	2 179	+76 %
Total fossiles	5 156	8 150	+58 %

Figure 2.2 : Consommation finale des énergies fossiles selon la source en Mtep

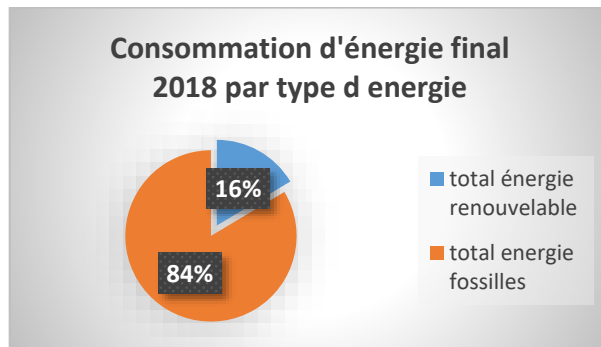



Figure 2.3 : Consommation total d'énergie 2018 par type d'énergie (Mtep)

Si nous regardons la consommation énergétique primaire mondiale depuis 1971, nous remarquons qu'elle n'a cessé de croître de manière quasiment exponentielle.

Les potentiels énergétiques présentés ci-dessus ne sont pas directement comparables : pour les énergies fossiles, il s'agit de ressources techniquement récupérables et économiquement exploitables, ils sont le plus utilisé dans la production d'énergies. Alors que pour les énergies renouvelables, il n'existe encore aucune estimation globale des ressources économiquement exploitables.

Selon l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) , la consommation mondiale d'énergie va augmenter de 50 % entre 2004 et 2030, pour accompagner la croissance démographique et économique. Le taux de consommation diffère d'un pays à un autre, il est déterminé par les conditions climatiques, le taux de croissance économique et le développement technologique.

2-1-2-L'impact des énergies fossiles :

L'impact des énergies fossiles sur les émissions de CO₂ grandit au fil des années, Le réchauffement climatique, via l'effet de serre, découle de l'augmentation massive des émissions de CO₂. En effet, l'extraction, la transformation, le transport et la combustion des énergies fossiles sont tous d'importants émetteurs de CO₂ et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cela crée un gros déséquilibre et est à l'origine du réchauffement climatique, c'est-à-dire une augmentation de la température moyenne de la surface terrestre, qui aurait des conséquences très graves dans le futur.

Sur les 25 dernières années, le taux d'accroissement de la température a été le plus important du siècle. Tout comme l'être humain évolue avec le progrès technologique, le climat est transformé lui aussi.

La figure suivante montre l'évolution des rejets de CO₂ :

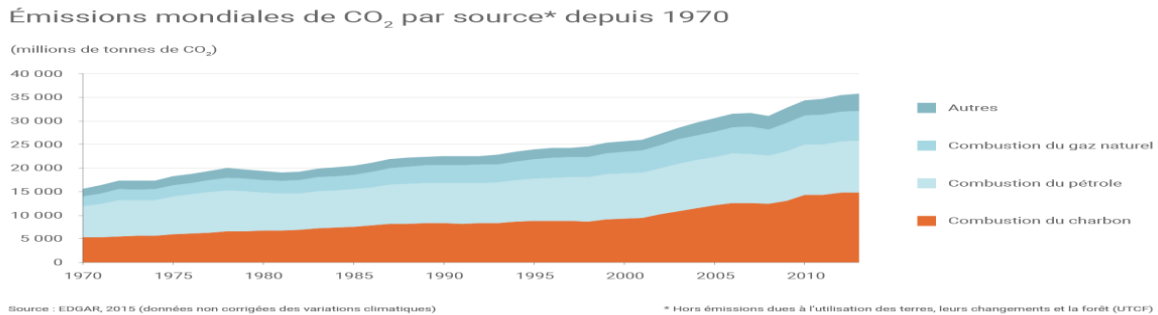


Figure 2.4 : Evolution des rejets de CO₂.

2-2-Consommation finale d'énergie mondiale par secteur :

Au niveau mondial, le secteur du bâtiment représente à lui seul à peu près 35 % de la consommation d'énergie finale, en 2020. La figure 2.5 représente Consommation d'énergie finale dans le monde en 2020

L'Agence internationale de l'énergie fournit les estimations suivantes :

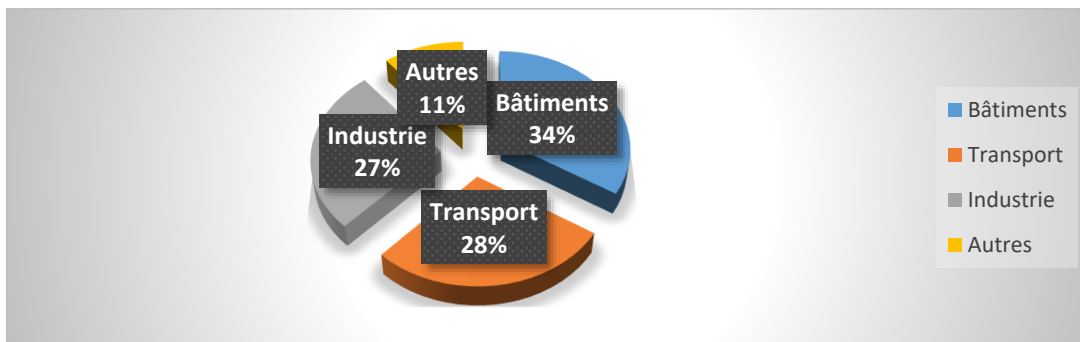


Figure 2.5: Consommation d'énergie finale dans le monde en 2020

Le potentiel d'économies d'énergie dans ce secteur au niveau mondial est de l'ordre de 40%, et ce en grande partie via des mesures économiquement rentables. C'est également un secteur très stratégique du fait de la longue durée de vie des bâtiments : les constructions d'aujourd'hui conditionneront durablement les consommations de demain et un bâtiment bien conçu sera toujours plus performant et moins coûteux qu'un bâtiment rénové à posteriori.

La consommation d'énergie dans le secteur de bâtiments varie pour chaque pays, il existe des pays en moyenne le secteur du bâtiment représente environ 38% de l'énergie consommée (ce pourcentage varie entre 27 et 65%, selon les pays).

Ce potentiel peut être atteint à travers la réunion de plusieurs mesures individuelles, comme le montre le graphique suivant issu d'une étude réalisée par Plan Bleu en 2009. La figure 2.6 représente Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la méditerranée du sud :

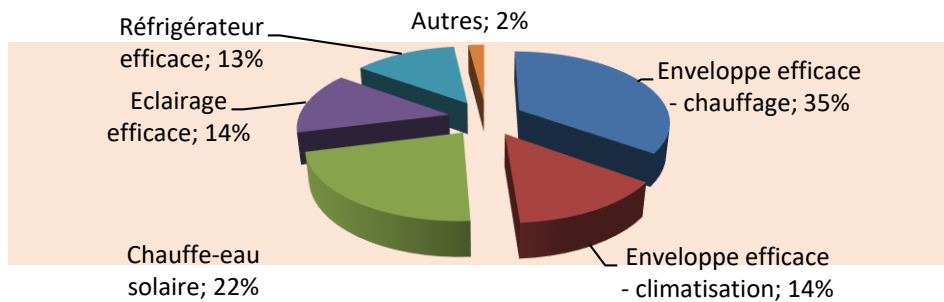


Figure 2.6: Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la méditerranée du sud sur la période 2010-2030

Notons que la mesure de l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments couvre à elle seule 50% de ce potentiel, grâce aux économies d'énergie qu'elle implique pour les besoins de chauffage et de climatisation. Il en découle l'importance de la conception thermique des bâtiments.

3-La politique énergétique au Maroc et Europe pour le secteur de bâtiment :

3-1- La politique énergétique au Europe:

3-1-1-Les réglementation thermiques(RT) au Europe :

Le secteur du bâtiment (résidentiel-tertiaire) pèse pour 44% dans la consommation énergétique finale, L'énergie utilisée dans une résidence principale se décompose de la façon suivante, en 1975, la figure 3.7 représente la Consommation d'énergie par usage au Europe 1975 :

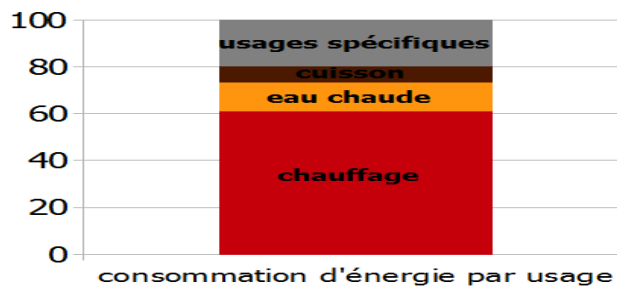


Figure 3.7: Consommation d'énergie par usage au France 1975 (source : ADEME)

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

Nous remarquons que Le chauffage prend une quantité important d'énergie, ce qui rend l'Europe de prendre des réglementations et des normes thermiques (RT) pour la construction des bâtiments, et chaque bâtiment doit respecter ces normes, L'objectif étant d'introduire des exigences minimales que doivent respecter les bâtiments à usage résidentiel et tertiaire neufs en vue d'optimiser leurs besoins de chauffage et de climatisation tout en améliorant le confort thermique. Pour cela les nouveaux bâtiments doit être bien isolée et respecte les normes thermique de pays.

3-1-2-L'effet des règlementations thermiques :

Consommation unitaire kWh/logement , la figure suivante représente la variation de consommation d'énergie pour chaque année .

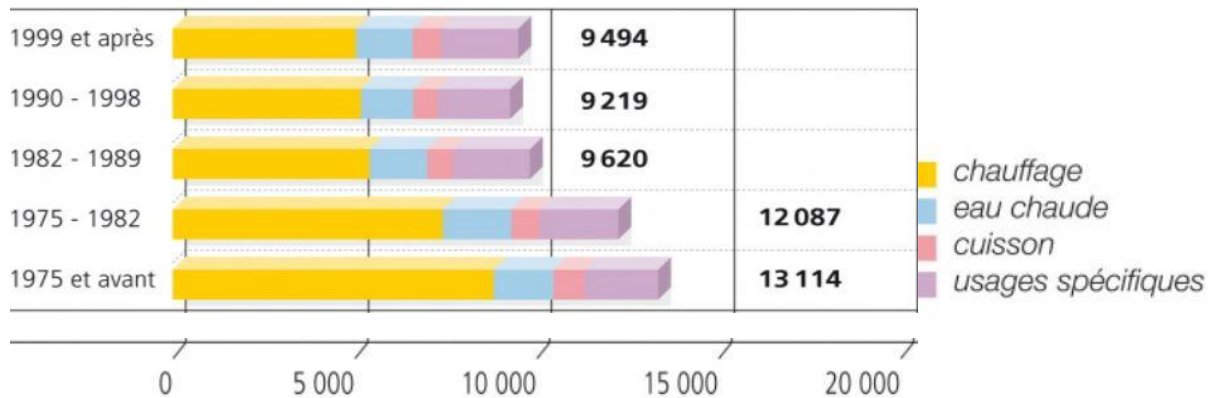


Figure 2.8 : Consommation unitaires en énergie final par usages dans les résidences source : ADEME

Nous remarquons que La respecte des normes thermiques dans la construction des bâtiments ont un rôle important pour la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments.

3-2-La politique énergétique nationale :

Au Maroc, la question énergétique figure rarement parmi les priorités du maître d'ouvrage lors de la conception du bâtiment. Ceci est dû à de nombreux facteurs tels que le manque d'initiatives, le manque d'information ainsi que la structure complexe et fragmentée de l'acte de bâtir.

Le législateur n'a prévu, jusqu'à présent, aucun texte relatif à la performance énergétique dans l'acte de bâtir au Maroc.

Le projet de Réglementation thermique de la Construction au Maroc (RTCM) existe depuis 2015, dont les éléments techniques sont déjà prêts, pourra être officialisé incessamment.

Pour cela, l'absence des réglementations thermiques dans la construction des bâtiments au Maroc participe à l'augmentation de la consommation d'énergies pour le secteur de bâtiment, cette augmentation à des impacts économiques et environnementaux sur le pays

4-Contexte environnemental :

Le secteur de l'énergie a des impacts sur l'économie et l'environnement. D'une part, la consommation des ressources fossiles est toujours en augmentation continue, ceci entraîne l'envol du prix du baril du pétrole et la limitation des approvisionnements face à ces ressources. D'autre part, ce secteur participe significativement aux émissions de gaz à effet de serre qui jouent un rôle de premier plan dans les changements climatiques.

4-1-Changement climatique :

Le changement climatique est l'un des problèmes les plus importants de notre époque, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires, car il accroît considérablement les pressions pesant sur la société et l'environnement. Les impacts des changements climatiques, qui vont du déplacement des régimes climatiques, à l'élévation du niveau des mers, sont de portée mondiale et d'une ampleur sans précédent.



4-2-la pollution atmosphérique :

La pollution atmosphérique due à la production, à la distribution et à la consommation de l'énergie ceci est causé principalement par le pétrole et le charbon, dont la combustion dégage des oxydes d'azote, de soufre et de carbone Elles ont pour conséquences la pollution de l'air, générant des allergies, des maladies respiratoires et des cancers pour les humains. Elles ont aussi des impacts négatifs sur les écosystèmes : pluies acides, concentration de polluants dans la chaîne alimentaire, modifications des milieux aquatiques.

4-3-Les pluies acides :

Les pluies acides proviennent de la combinaison entre les oxydes de soufre et d'azote avec l'eau atmosphérique. Elles sont responsables de la destruction de millions d'hectares de forêts allemandes, scandinaves et polonaises, et de l'acidification de nombreux lacs ;

5- Energie renouvelables :

Par opposition à « l'énergie fossile » qui est une énergie de stock, constituée de gisements épuisables de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz, uranium), l'énergie renouvelable appelée communément « énergie verte » est une source d'énergie qui est régénérée ou renouvelée naturellement selon un cycle relativement court à l'échelle humaine et dont les caractéristiques sont les suivantes : Elles sont inépuisables, non polluantes et gratuites ,Elles sont exploitables sans produire de déchets, ni d'émissions polluantes , Elles contribuent ainsi à la lutte et à la réduction de l'effet de serre.

Aujourd'hui, ces énergies sont sous-exploitées par rapport à leur potentiel. Ainsi, les énergies renouvelables couvrent seulement 20 % de la consommation mondiale d'électricité.

6-Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre nous avons pu voir quelque définition des concepts ayant un rapport avec le contexte énergétique et la politique énergétique appliqué dans l'Europe et le nôtre. L'homme n'a pas cessé d'évoluer, augmenter son confort et progresser technologiquement, oubliant les idées de pérennité.

Cette marche en avant ininterrompue du progrès s'est vue accompagné de problèmes environnementaux liés à l'augmentation de la consommation énergétique. le secteur du bâtiment a continué sa croissance énergétique et les rejets de gaz à effet de serre ont suivi la même logique. Pour remédier à ce problème, l'homme développe de nouvelles technologies pour conserver son mode de vie tout en ajustant les besoins énergétiques, dans l'optique d'un développement durable.

Nous avons pu constater que la maîtrise de l'énergie est très important afin d'arriver à une bonne utilisation efficace des énergies. Est que l'objectif de l'efficacité énergétique au niveau de la demande est de montrer l'importance de l'organisation des moyens et de l'utilisation de toute une gamme d'instruments pour la mise en œuvre d'une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie à la hauteur des enjeux et des objectifs



Chapitre 3

*Les solutions pour l'amélioration de
l'efficacité énergétique dans les bâtiments.*

1-Introduction

L'efficacité énergétique intervient à tous les niveaux d'un bâtiment, de l'implantation au choix du matériau. Toutes ces solutions ont pour but d'avoir un bâtiment le plus cohérent le plus optimisé d'un point de vue énergétique, ce qui permet des consommations d'énergie moins élevées sans altérer le confort des usagers.

Dans ce chapitre qui concerne les solutions pour améliorer l'efficacité énergétique dans le bâtiment, nous allons traiter la situation énergétique nationale pour le secteur de bâtiment puis nous allons présenter des solutions pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments. Nous allons focaliser l'étude sur la consommation qui concerne la climatisation et le chauffage, Ces solutions concernent l'amélioration des performances des matières de construction et l'isolation thermique des bâtiments.

2-le secteur de bâtiment au Maroc :

2-1-Consommation d'énergie par secteur au Maroc :

Comme nous avons vu dans le deuxième chapitre que Le secteur du bâtiment au Maroc est parmi les secteurs les plus énergivores au Maroc avec une consommation énergétique allant jusqu'à 33% répartie en 7% pour les bâtiments tertiaires et 26% pour les bâtiments résidentiels. Cette consommation est sujette d'augmentation vu la croissance démographique, la création de nouvelles villes et l'utilisation soutenue de systèmes de climatisation et de chauffage que connaît le Maroc. la figure 3.1 représente la Consommation finale d'énergie au Maroc par secteur en 2019 :

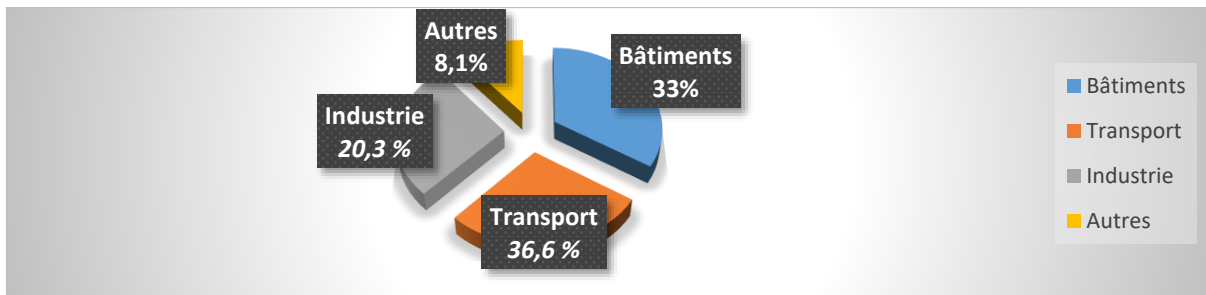


Figure 3.1: Consommation finale d'énergie au Maroc par secteur (Source des données : Agence internationale de l'énergie)

2-2-Les sources d'énergie au Maroc :

La figure 3.2 représente la Production brute d'électricité au Maroc par type d'énergie 2019 :

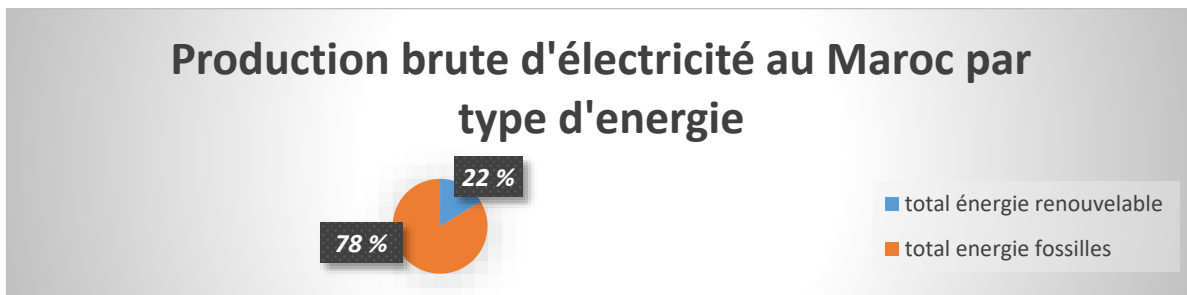


Figure 3.2 : Production brute d'électricité au Maroc par type d'énergie 2019 (Source des données : Agence internationale de l'énergie)



Nous remarquons que Le secteur de l'énergie au Maroc est dominé par les énergies fossiles, presque entièrement importées, qui couvrent 78 % de la consommation d'énergie primaire du pays en 2019 (pétrole 60,2 %, charbon 24 %, gaz 4,5 %) ; les énergies renouvelables et autre source d'énergie contribuent de 22 %.

2-3- les consommateurs d'énergie dans le secteur du bâtiment :

Le bâtiment est un gros consommateur d'énergie.

- le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable
- la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage)
- les transports (ascenseurs)
- l'éclairage
- les communications (téléphone, radio, télévision)
- la production de biens (cuisines, couture, etc.)

Notre sujet de pfe est en relation avec l'enveloppe des bâtiments pour cela on doit traiter la consommation de climatisation.

2-4-Problème de climatisation et chauffage au Maroc :

La plupart des bâtiments au Maroc est mal isolé pour cela les villes qui connaît une grande variation de température (Ifrane : une diminution de température ; Zones désertiques : une augmentation de température), ils utilisent la climatisation pour assurer le confort à l'intérieur, par conséquence, ils consomment beaucoup d'énergies et la facture d'électricité augmente, Pour cela il doit introduire des solutions pour diminuer cette consommation.

L'objectif est l'amélioration de la performance de l'enveloppe des bâtiments pour réduire la consommation d'énergies dans les bâtiments.

3- L'efficacité énergétique dans le bâtiment

3-1-Définition général :

L'efficacité énergétique d'un système est le rapport énergétique entre la quantité d'énergie délivrée et la quantité d'énergie absorbée. Moins de perte il y a et meilleure efficacité énergétique, l'efficacité énergétique est ainsi liée à la maximalisation du rendement. L'augmentation de l'efficacité énergétique permet ainsi de réduire les consommations d'énergie.

3-2- Les objectifs d'efficacité énergétique dans le bâtiment

Une fois l'efficacité énergétique des bâtiments améliorée, la production d'énergie totale pourra enfin diminuer. Ceci a plus d'un intérêt.

Le premier enjeu est économique. En améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments, on peut envisager de faire d'importantes économies d'énergie, de l'ordre de 20 %, Immédiatement, ces économies d'énergie vont se répercuter sur l'environnement, avec une réduction des gaz à effet de serre, estimée à 20 %.

S'ensuit bien entendu une réduction des coûts énergétiques, avec des économies réelles, qui permettront notamment de développer les différents types de production d'énergie renouvelable. C'est ce que l'Union européenne nomme le « 20/20/20 » : 20 % de gaz à effet de

serre en moins, 20 % de réduction de la consommation d'énergie et la création de 20 % d'énergies renouvelables en plus.

3-3-Le confort thermique :

Le confort thermique est défini comme « un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique ». **pour atteindre un confort durable**, Il faut cumuler les performances d'une enveloppe de grande qualité avec celles des équipements les plus efficaces, quelle que soit l'énergie utilisée pour le chauffage. Il est alors possible de réduire la consommation d'énergies.

Les principaux facteurs qui ont une incidence sur le confort thermique sont les suivants :

- Température de l'air : Une température idéale de chaque espace dépend de l'activité qu'on y pratique
- Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air influence aussi la sensation de confort thermique. Idéalement, elle doit se situer entre 30 % et 70 % en hiver.

4-la Thermique des bâtiments

4-1-Definition :

La thermique du bâtiment est une discipline de la thermique qui étudie les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants.

4-2-Les déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment :

Le bâtiment est un espace de vie et/ou de travail séparé du milieu environnant par une enveloppe. L'interaction que connaît l'enveloppe du bâtiment avec son environnement suite aux différents phénomènes de conduction, convection et rayonnement engendre des déperditions importantes.

Les déperditions thermiques du bâtiment vers l'extérieur peuvent donc être scindées par les parois : murs, plafonds, planchers, fenêtres, portes, ponts thermiques.

Selon l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), la chaleur s'échappe d'une maison mal isolée à 30 % par les combles et la toiture (c'est donc la priorité en termes d'isolation), à 25 % par les murs, à 10 % ou 15 % par les vitres et fenêtres et à 7 % ou 10 % par les sols. La figure 3.3 représente les déperditions thermiques d'une maison mal isolée :

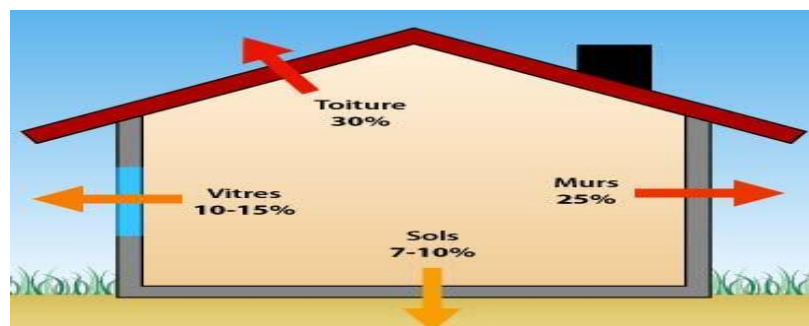


Figure 3-3: les déperditions thermiques d'une maison mal isolée
Source : Guide de l'isolation, 2012

Ce qui montre l'importance de la consommation d'énergie pour le confort thermique dans le secteur habitat et tertiaire, donc il est nécessaire d'améliorer la qualité thermique de l'enveloppe des bâtiments.

4-3-Les moyens de transmission de la chaleur

4-3-1-Comment se transmet la chaleur ?

Les principes généraux de la transmission de la chaleur sont universels et les mêmes mécanismes se retrouvent, à différents niveaux d'importance, dans tous les échanges thermiques de l'enveloppe d'un bâtiment. Le tableau illustre Les différents modes de transmission de la chaleur.

Tableau 3-1 : Les trois modes de transmission de chaleur

Modes de transmission de la chaleur	Détails
<p>Par conduction</p> <p>Plus le matériau est isolant, moins il y a de conduction.</p> <p>Les bonnes conductrices : les métaux (fer cuivre...) Les mauvais conducteurs : les non métaux (ver, plastique ...).</p>	<p>Concerne principalement les corps solides et les fluides.</p> <p>Il s'effectue entre deux corps directement en contact, en se propageant à l'intérieur de la matière. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres.</p>
<p>Par convection</p> <p>Plus l'air est immobile, moins il y a de convection.</p>	<p>Concerne principalement les gaz et les fluides.</p> <p>C'est l'échange entre deux corps. Cette transmission de chaleur varie avec la vitesse de l'air et l'écart de température entre les deux corps. L'énergie étant transmise par déplacement du fluide.</p>
<p>Par rayonnement (infrarouge).</p> <p>Plus le rayonnement est réfléchi ou absorbé, moins il y a de transfert ou d'échange thermique.</p>	<p>La divergence de températures entre deux corps, fait que le corps le plus froid absorbe l'énergie du corps le plus chaud est cela par l'énergie émise par ce dernier.</p>

4-3-2- Transfert de chaleur dans une paroi

Les transferts thermiques dans une construction sont de différentes natures. Ils sont fonction des matériaux composants les parois, les murs, les sols, les planchers ou les toitures. Tout l'enjeu de l'isolation sera d'évaluer et de maîtriser ces phénomènes pour un habitat confortable en hiver comme en été.

Remarque :

La chaleur transmette en général de source chaude vers la source froide.

Tableau 3-2 : Mode de transmission de la chaleur dans une paroi simple

Mode de transmission	Détails
<p>La conduction</p>	<p>C'est la transmission d'énergie ou de chaleur par la matière même de la paroi (sa partie solide). Une paroi conduit plus ou moins bien la chaleur selon sa résistance thermique.</p> <p>la densité de flux de chaleur est proportionnelle au gradient (variation) de la température :</p> $\vec{\varphi} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}\theta}$ <p>Où: φ est la densité de flux thermique [W/m²] ;</p> <p>λ est le coefficient de conductivité thermique [W/(m.°C) ou W/(m.K)] et traduit l'aptitude du matériau à conduire la chaleur ; θ est la température en un point donné du matériau [K].</p>
<p>La convection</p>	<p>Au niveau d'une paroi, c'est le mouvement de l'air provoqué quand la température de ce dernier est différente de celle de la paroi. La loi de la convection, ou loi de Newton, a été énoncée en 1701 : $\varphi = h(T_{ext} - T_{int})$</p> <p>Où: φ est la densité de flux thermique [W/m²] ; h est le coefficient de transfert de chaleur [W/(m².°C) ou W/(m².K)] ; T_{ext} et T_{int} sont les température de deux surface extérieur et intérieur [K ou °C] ;</p>

Le transfert de chaleur par rayonnement est très faible pour les murs, pour cela on ne doit pas traiter ce cas.

4-4-Le flux thermiques ;

4-4-1-Pour la conduction :

Dans sa forme monodimensionnelle, elle décrit le transfert de chaleur unidirectionnel au travers d'un mur plan :

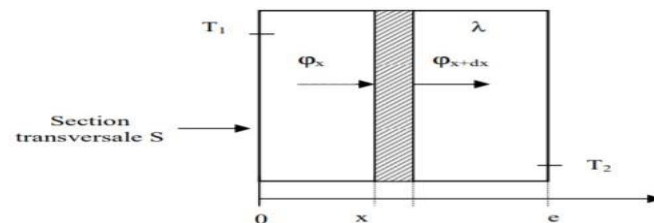


Figure 3.4 : Bilan thermique sur un système élémentaire

Si la température est indépendante du temps (régime permanent) et si elle linéaire on a La densité de flux de chaleur traversant le mur s'en déduit par la relation: $\varphi = \lambda \frac{T_1 - T_2}{e}$

Donc le flux thermique et : $\phi = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e}{\lambda S}}$ avec e : l'épaisseur de solide (m)

La résistance thermique Pour la conduction : $r = \frac{e}{\lambda S}$ (k ou °C)/W.

4-4-2-Pour la convection :

Supposons donc un fluide mobile de température T_{ext} (loin de la surface) au contact d'une surface S de température T_p , on a le flux thermique transmis entre la surface et le fluide s'écrit :

$$\phi = \frac{T_p - T_{ext}}{\frac{1}{hS}} \quad \text{avec } h \text{ est le coefficient de transfert de chaleur (W/ (m}^2\text{.K).}$$

La résistance thermique Pour la convection est : $r = \frac{1}{hS}$ (k ou C)/W.

4-5-Le flux thermique à travers un mur :

Dans Le cas des murs réels constitués de plusieurs couches de matériaux différents et ou on ne connaît que les températures T_{f1} et T_{f2} des fluides en mouvement en contact avec les deux faces de mur de surface latérale S. la figure 3.5 représente la Schématisation des flux :

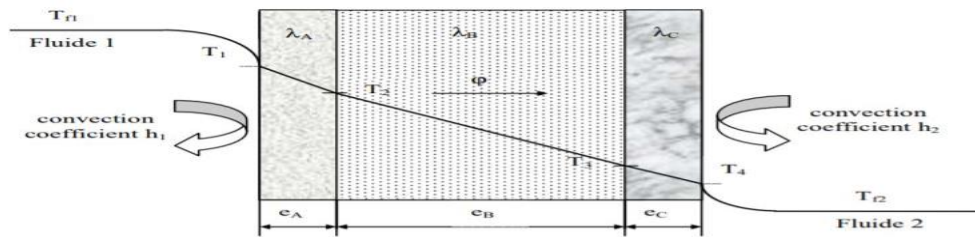


Figure 3.5: Schématisation des flux et des températures dans un mur multicouches

En régime permanent, le flux de chaleur se conserve lors de la traversée de mur et s'écrit :

$$\phi = \frac{T_{f1} - T_2}{\frac{1}{h_1 S}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_A}{\lambda_A S}} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{e_B}{\lambda_B S}} = \frac{T_3 - T_4}{\frac{e_C}{\lambda_C S}} = \frac{T_4 - T_{f2}}{\frac{1}{h_2 S}}$$

D'où :

$$\phi = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{h_1 S} + \frac{e_A}{\lambda_A S} + \frac{e_B}{\lambda_B S} + \frac{e_C}{\lambda_C S} + \frac{1}{h_2 S}} \quad (W)$$

Φ : le flux En Watts [W]/ λ est le coefficient de conductivité thermique [W/(m².°C)]/ h_i et h_e sont les coefficients de transfert de chaleur interne et externe [W/(m².°C)]/ e_i : les épaisseurs des couches.

Donc nous avons deux modes de transfert thermique : conduction et convection, trois modes de conduction avec trois résistance thermique ($\frac{e_A}{\lambda_A S} + \frac{e_B}{\lambda_B S} + \frac{e_C}{\lambda_C S}$), et deux modes de convection avec deux résistance thermique ($\frac{1}{h_1 S} + \frac{1}{h_2 S}$).

4-6-La puissance électrique de climatisation :

La puissance électrique de climatisation est égale les déperditions thermiques (le flux thermiques) par l'enveloppe de bâtiment : murs, fenêtre, porte, sol...

Puissance nécessaire = Déperditions

5-Les solutions pour améliorer l'efficacité de l'enveloppe des bâtiments :

En générale nous allons traiter deux types d'amélioration : amélioration interne et externe.

Amélioration interne : concerne la qualité des matières de construction (les briques de béton) de l'entreprise I.M PLANCHER.

Amélioration externe : concerne les activités de construction en générale l'enveloppe des bâtiments (l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments).

5-1-Amélioration interne (remplacement par des moules qualité):

5-1-1-Analyse de la machine de production des briques :

Les machines de production des briques de l'entreprise en générale utilisent des moules moins qualité.

C'est quoi les moules ?

Les moules sont des composants des machines de production des briques, c'est qui donne tous les caractères des briques : la forme, les dimensions, l'épaisseur, les nombres des creuses.

Les figures suivantes représentent les moules des briques :



Figure 3.6: Représentation des moules des briques

Les moules des machines de production des briques produisent des briques creuses des dimensions varient pour chaque machine : La hauteur est 12 cm, la largeur est 12 cm, la longueur est 40 cm ou 50 cm. L'importance est les creuses des briques, les machines de l'entreprise utilisent des moules qui donnent des briques de trois creuses comme nous remarquons dans la figure 3.7 :



Figure 3.7: brique de 3 creuses

5-1-2-Remplacement par des moules qui donnent des briques de neuf creuses.

Les briques sont les composantes importantes des murs des bâtiments, le flux thermique qui va traverser les briques de trois creuses, il va trouver trois résistances thermiques ; **deux** résistances thermiques de conduction de surface de brique ($\frac{2e}{\lambda S}$) et trois résistances thermiques de convection

de l'air ($\frac{3}{hS}$) (**deux** pour la convection de l'air extérieures des briques et **un** pour l'air intérieur des briques). Dans le cas des briques de neuf creuses le flux thermique va trouver **quatre** résistances thermiques de conduction de surface des briques ($\frac{4e}{\lambda S}$) et cinq résistances thermiques de convection de l'air ($\frac{5}{hS}$) (**deux** pour la convection de l'air extérieures des brique et **trois** pour l'air intérieur des briques). La figure 3.8 représente les briques de neuf creuses :

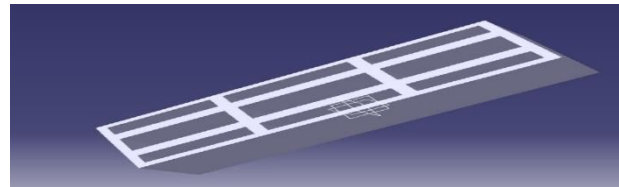


Figure 3.8: représentation des briques de 9 creuses dans le logiciel CATIA V5R10.

5-1-3-Etude statiques (comparaison entre les deux types des briques).

Nous supposons un mur extérieure d'une pièce climatisée a **3 m** de long et **de 3 m** de hauteur, il est constitué des briques de conductivité thermique $\lambda = 0,650 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, et l'épaisseur de surface de brique est **2cm**, le coefficient de convection avec l'air vaut $h=11,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, (négliger les pertes à travers les petites surfaces des briques: l'importance est le flux à travers la grand surface de brique).

Nous voulons calculer les pertes à travers le mur qui est constituée de deux types des briques : briques de trois creuses et de neuf creuses sachant que la température extérieure est de 5°C alors que la température intérieure est 20°C .comme dans la figure 3.9 :

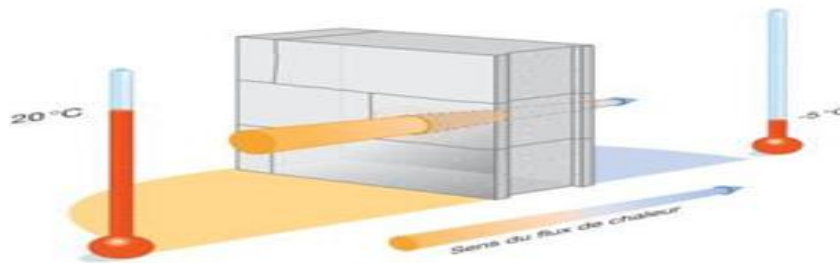
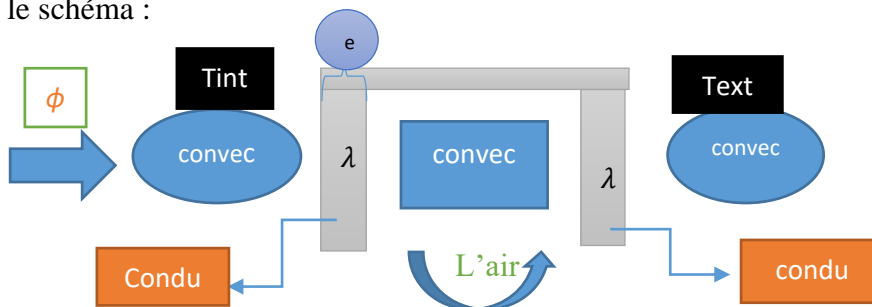


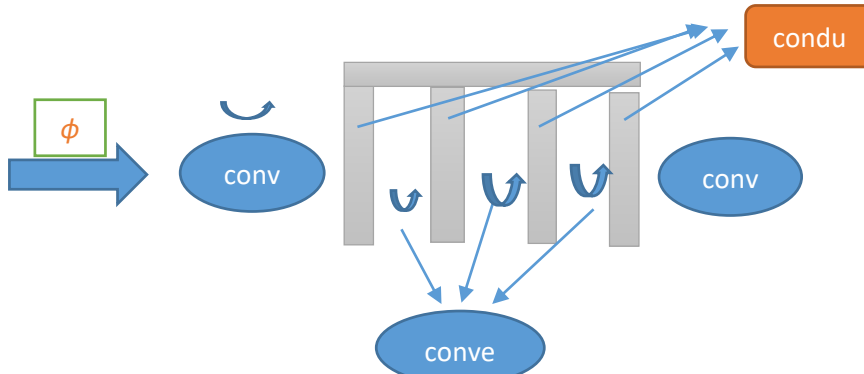
Figure 3.9: représentation de flux à travers le mur

Cas des briques de trois creuses : le flux va trouver cinq résistances thermiques comme dans le schéma :



Donc le flux est :
$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{3}{hS} + \frac{2e}{\lambda S}} = \frac{15}{0,029 + 0,0068} = 418,9W$$

Cas des briques de neuf creuses : le flux va trouver neuf résistances thermiques comme dans le schéma :



Donc le flux :
$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{5}{hS} + \frac{4e}{\lambda S}} = \frac{15}{0,048 + 0,013} = 245,9W$$

La figure 3.10 représente les résultats des pertes thermiques pour les deux types des briques :

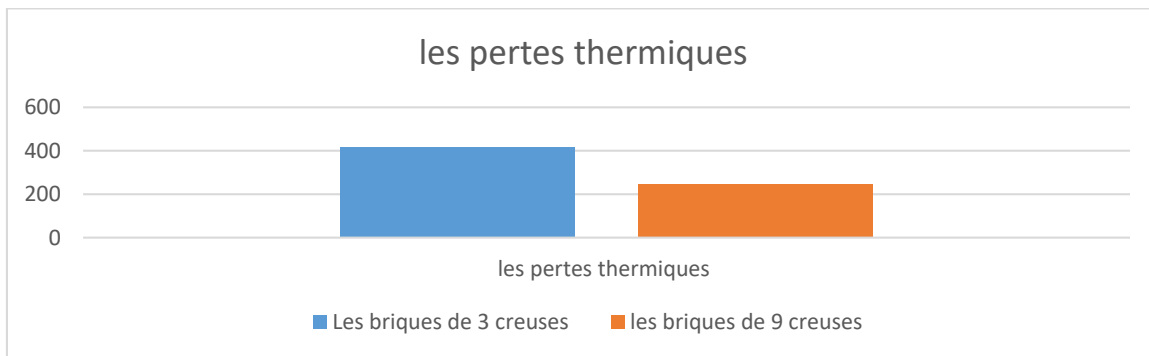


Figure 3.10: Les pertes thermiques pour les deux types des briques

Ce qui montre que les pertes thermiques pour les briques de neuf creuses sont très faible par rapport les briques de trois creuses, donc ces briques sont les meilleures pour l'enveloppe des bâtiments, ils ont une bonne qualité d'isolation thermique par conséquence ils augmentent l'efficacité énergétiques des bâtiments.

Le Gain thermique :

Le gain thermique en général est :
$$G = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} = \frac{419 - 246}{419} = 0,41 \text{ (41\%)}$$

Donc nous allons réduire de 41% des pertes thermiques, donc les briques de neuf creuses sont les meilleurs choix pour l'enveloppe des bâtiments, ils vont réduire la consommation d'énergie de climatisation, il respecte les normes thermique qui peut être effectué dans la future au Maroc.

Remarque : c'est on augmente les creuses des briques on augmente la résistante thermique par conséquence on démunie la consommation d'énergie de climatisation.

5-1-4-Les conséquences de production de ces briques neuf creuses :

Pour la production des briques de neuf creuses nous allons avoir une augmentation de matière première pour chaque brique par rapport les briques de trois creuses, mais le bénéfice est la qualité pour l'isolation thermique et l'amélioration d'efficacité énergétiques des bâtiments.

Problème :

Les briques de trois creuses sont en général des dimensions : longueur est 50cm, largeur 12cm et hauteur est 12cm.les autres dimensions est représenté dans les figures suivantes :

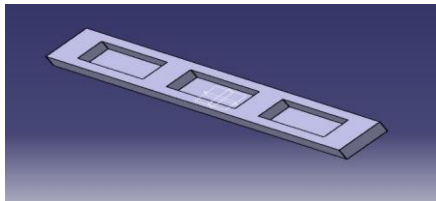


Figure 3-11 : représentation des briques de trois creuses dans le logiciel CATIA V5R20

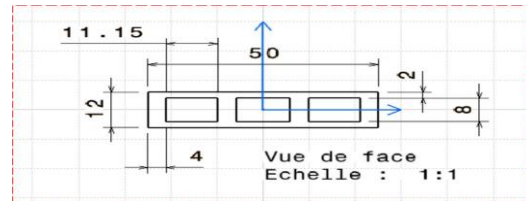
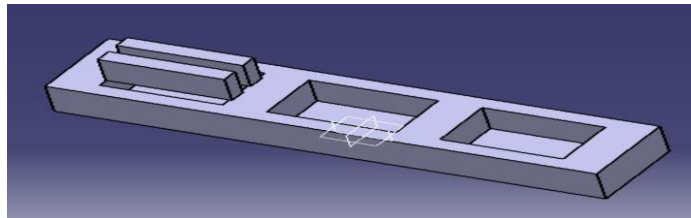


Figure 3-12: les dimensions des briques de trois

Donc pour la production des briques de neuf creuses des mêmes dimensions des briques de trois creuses, nous allons augmenter la quantité des matières premières pour chaque brique ; supposant que les volumes que nous allons ajouter sont d'épaisseur 2cm, donc le volume total est : $V=2*11,15*12*6=1605,6 \text{ cm}^2$; C'est une quantité important.

La figure 3.13 représente les volumes que nous allons ajouter :



Figures 3.13: représentation des volumes que nous allons ajouter

La question est : est-ce-que nous pouvons de produire des briques de neuf creuses de même quantité des matières premières pour les briques trois creuses ?et comment ?

La solution : le changement des dimensions des briques de trois creuses.

Nous allons éliminer la moitié de chaque volume représenté dans la figure suivante:

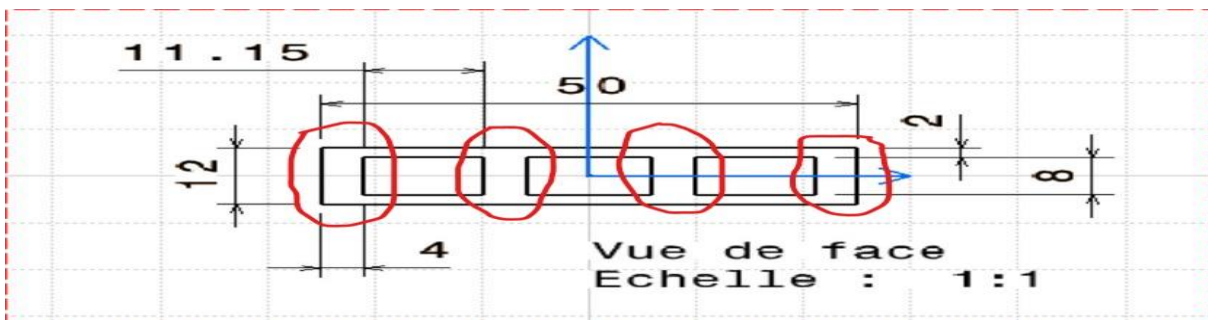
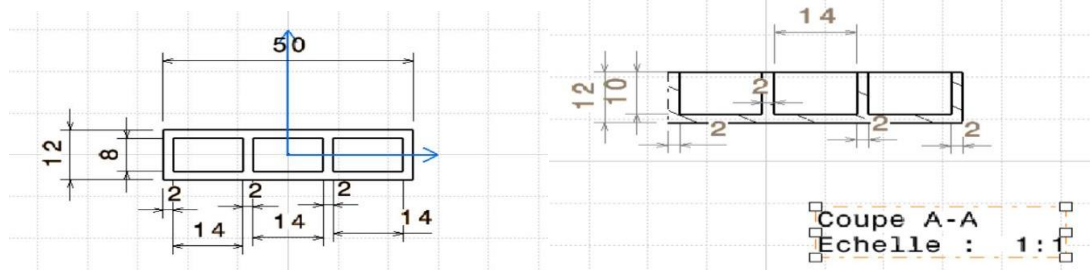


Figure : les moities des volumes

Donc le volume totale que nous avons prendre est : $V=2*12*12*4=1152\text{cm}^2$. Ce volume nous allons utiliser pour définir les creuses et la réalisation des briques de neuf creuses. Les dimensions de brique après changements sont représentées par les figures suivantes :



Figures : dimensions de brique après les changements

Le volume total éliminé, nous allons utiliser pour définir les neuf creuses des briques, en effet : définir les six volumes de longueur : 14cm et de largeur : 10 cm

Et chaque volumes ont : $V_1 = \frac{V}{6} = 192\text{cm}^3$

Pour calculer l'épaisseur qui va adapter les volumes éliminés, nous avons :

$$E = \frac{192}{14 * 11} = 1,37\text{cm}$$

Pour ces dimensions nous allons produire des briques de neuf creuses de même quantité des matières pour les briques de trois creuses, les dimensions des briques que nous allons utiliser est représenté par les figures suivantes :

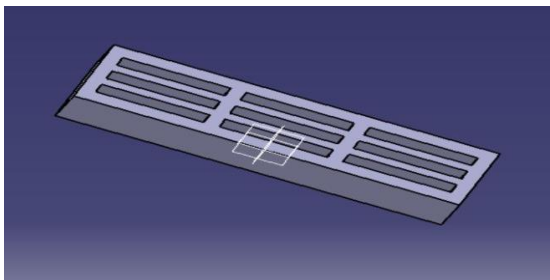


Figure : représentation des briques de neuf creuses sur le logiciel CATIA V5R10

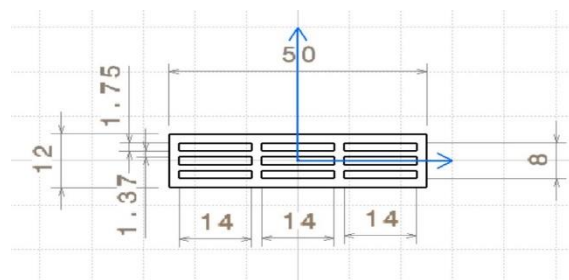


Figure : dimensions de brique de neuf creuses

Calcul de flux pour cet épaisseur :

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{5}{hS} + \frac{2e + 2e_1}{\lambda S}} = \frac{15}{0,048 + 0,011} = 254\text{W}$$

Le gain par rapport la brique de trois creuses :

$$\text{Le gain thermique en général est : } G = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} = \frac{419 - 254}{419} = 0,39\text{W}$$

5-2-Amélioration externe :

L'amélioration externe concerne les activités et les projets de construction des bâtiments, l'objectif est l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments par l'isolation thermique de cette enveloppe, nous allons ajouter des matières premières de bon qualité d'isolation pour assurer le confort thermique des bâtiments et réduire la consommation d'énergie.

5-2-1-L'isolation thermique des bâtiments : le principe



L'isolation thermique du bâtiment vise à créer une enveloppe autour de la construction afin de garantir aux occupants une température confortable sans avoir à consommer beaucoup d'énergie.

Cette technique doit protéger les habitants du froid l'hiver, et leur offrir une température suffisamment fraîche l'été.

L'objectif est donc de limiter les pertes thermiques entre l'intérieur et l'extérieur en utilisant des **matériaux isolants**, et à terme avoir un bâtiment à énergie positive en effet, une réduction des factures d'énergie et de la pollution due au chauffage.

5-2-2-les éléments d'isolation

Les techniques d'isolation thermique s'adaptent à la localisation de la partie du domicile à isoler.

- L'isolation des murs
- L'isolation de sol
- L'isolation de toiture
- L'isolation de fenêtre
- L'isolation du plafond

5-2-3-Les systèmes d'isolation

Il existe deux systèmes d'isolation : isolation intérieure et Isolation extérieure.

La figure 2.13 montre la différence entre les deux types :

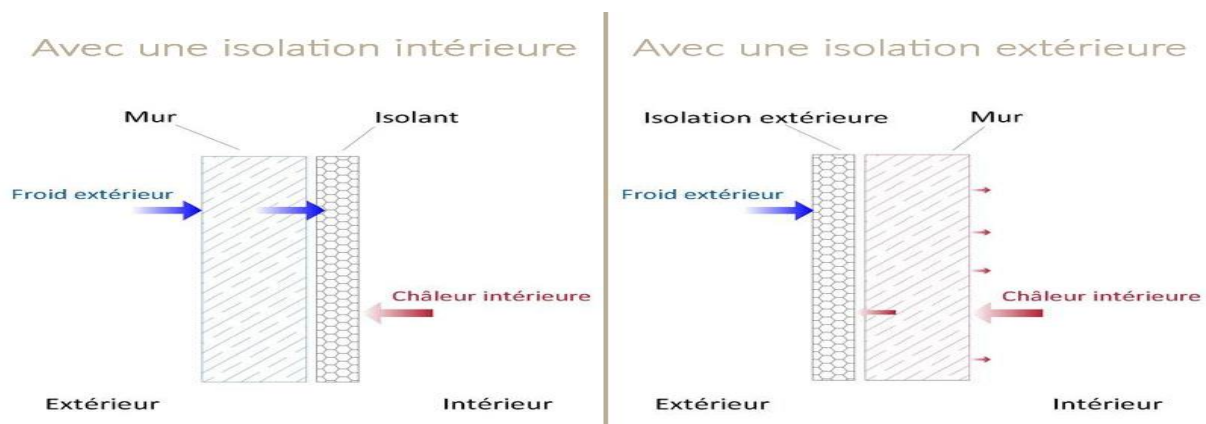


Figure 2.13 :L'isolation intérieure et extérieure des bâtiments

Le tableau 3-3: Comparaison entre l'isolation par l'extérieur et l'isolation par l'intérieur

	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Ne modifie pas l'aspect extérieur. • Prix réduit. • Facilité de mise en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Traite un grand nombre de ponts thermiques. • Ne modifie pas la surface des pièces.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit la surface des pièces. • Ne traite pas tous les ponts thermiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût supérieur. • Modifie l'aspect extérieur.

Tableaux : les inconvénients et les avantages d'isolation intérieure et extérieure

5-2-4-Les types d'isolants

La performance d'un isolant dépend de sa conductivité, de son épaisseur et de sa densité.

5-2-4-1-Isolation par un solide isolant (entre parois)

- Minérales (laines de verre, laines de roche,...)
- Animales (laines de mouton, plumes de canard,...)
- Végétales (fibres de bois, ouate de cellulose, chanvre, lin,...)
- Synthèse : Mousses alvéolaires (Le polyuréthane (PUR), Le polystyrène extrudé (XPS), Le polystyrène expansé (PSE), ...)

5-2-4-2- Isolation par le vide (lame d'air)

Le vide est le meilleur isolant possible car, en l'absence de matière, les déperditions de chaleur par conduction et par convection ne peuvent pas s'opérer. Seul le transfert par rayonnement est possible

5-2-4-3-Isolation par gaz piégé

Le principe est le même que celui de l'air immobile mais dans ces isolants, l'air est remplacé par un gaz ayant un coefficient de conductivité thermique plus faible que celui de l'air. C'est le cas par exemple des mousses de polyuréthane, du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé.

5-2-4-4- le survitrage de fenêtre :

Des fenêtres mal isolées entraînent 10 à 15 % de déperditions de chaleur dans votre maison et Une augmentation de vos factures d'énergie.

Pour optimiser l'isolation de vos fenêtres, vous pouvez aussi opter pour le **survitrage**. Cela consiste à poser un **film survitrage** sur vos anciennes vitres. Pour cela, il est conseillé de choisir un survitrage de 6 mm. Celui-ci présente un faible **coefficient thermique**, ce qui permet de bénéficier d'une isolation efficace et de réduire les **ponts thermiques**. Le

survitrage peut être une bonne solution pour améliorer la performance thermique de vos fenêtres

5-2-5-Les choix de matériaux de l'isolation pour l'entreprise :

La figure 3.14 représente les différents types d'isolants, Qualité d'isolant thermique :

- Résistance au feu.
- Résistance mécanique (traction et compression).
- Résistance à la diffusion de vapeur d'eau.
- Stabilité dimensionnelle et comportement à la chaleur.
- Qualités acoustiques.
- Prix.

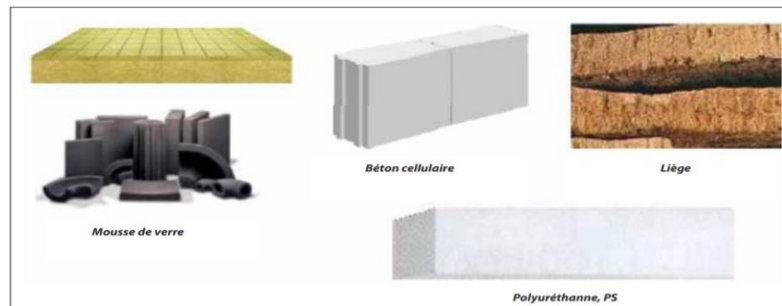


Figure 3.14 : Types d'isolants

Pour estimer la **performance de l'isolation thermique**, on utilise la **résistance thermique** de l'isolant thermique comme unité de mesure. Il s'agit de la capacité d'un matériau à retenir la chaleur sur une surface donnée .en général il existe plusieurs matériaux d'isolation mais les meilleurs matériaux d'isolation qu'on doit traiter sont :

- les plaques de plâtre
- panneaux de Laine de bois,
- Les plaques de Polystyrène,

5-2-6-Etude statique de L'application des matériaux d'isolation thermique :

La figure 3.13 représente l'application des isolants thermiques dans un bâtiment :

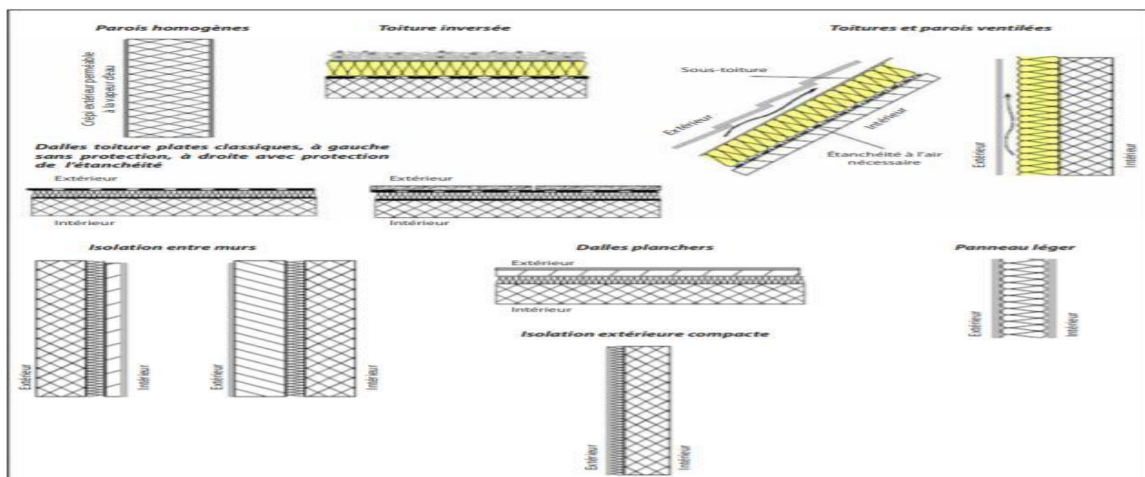
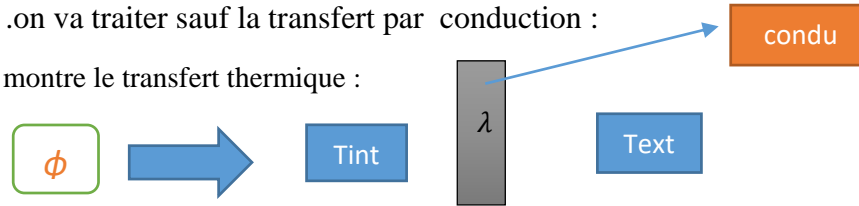


Figure 3.15: applications des isolants thermiques

nous supposons une paroi climatisée de conductivité thermique $\lambda = 0,650 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$ et d'épaisseur **10 cm** et de surface **S=4m²**, la température extérieure de **5°C**, et la température intérieure est maintenue à **20°C**. on va traiter sauf la transfert par conduction :

Le schéma suivant montre le transfert thermique :



Le flux dans le cas sans isolation :
$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{e}{\lambda S}} = 390 \text{ W}$$

L'isolation par la laine de bois :

La laine de bois est un isolant écologique et naturel très performant fabriqué à base de fibres de bois. Ce matériau présente d'excellentes qualités d'isolations thermique et acoustique.

Les figures suivantes représentent les panneaux de la laine de bois et la matière laine de bois :

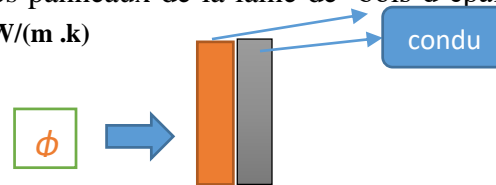


Figure 3.16: Laine de bois



Figure 3.17: panneaux de laine de bois

nous allons isoler cette paroi par des panneaux de la laine de bois d'épaisseur **e1=10cm**, de conductivité thermique $\lambda_1 = 0,042 \text{ W/(m} \cdot \text{k)}$



Le flux dans ce cas est :
$$\phi_1 = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{e}{\lambda S} + \frac{e_1}{\lambda_1 S}} = 23 \text{ W}$$

Le gain est : $G = \frac{\phi - \phi_1}{\phi} = 0,94 (94\%)$ donc nous allons réduire les pertes thermiques de **94%** par rapport sans isolation.

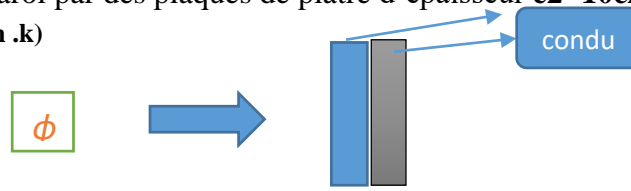
L'isolation par les plaques de plâtre :

Ce sont des plaque utilisent pour l'isolation thermique des murs, la figure 2.18 représente des plaques de plâtre :



Figure 3.18: les plaques de plâtre

nous allons isoler cette paroi par des plaques de plâtre d'épaisseur $e_2=10\text{cm}$, de conductivité thermique $\lambda_2 = 0,46 \text{ W/(m.k)}$



Le flux:
$$\phi_2 = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{e}{\lambda S} + \frac{e_2}{\lambda_2 S}} = 161 \text{ w}$$

Le gain est : $G = \frac{\phi - \phi_2}{\phi} = 0,58 (58\%)$ donc nous allons réduire les pertes thermiques de **58%** par rapport sans isolation.

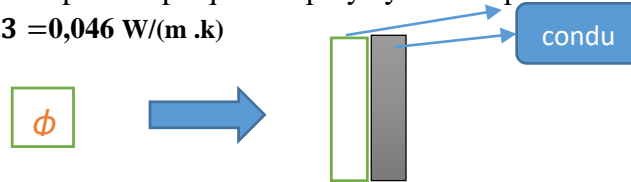
L'isolation par les plates de polystyrène :

La figure 2.18 représente plaques de polystyrène:



Figure 3.19: des plaques de polystyrène

nous allons isoler cette paroi par des plaques de polystyrène d'épaisseur $e_3=10\text{cm}$, de conductivité thermique $\lambda_3 = 0,046 \text{ W/(m.k)}$



Le flux:
$$\phi_3 = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{e}{\lambda S} + \frac{e_3}{\lambda_3 S}} = 25 \text{ w}$$

Le gain est : $G = \frac{\phi - \phi_3}{\phi} = 0,93 (93\%)$ donc nous allons réduire les pertes thermiques de **93%** par rapport sans isolation.

La figure 3.20 montre la variation des pertes pour chaque isolant :

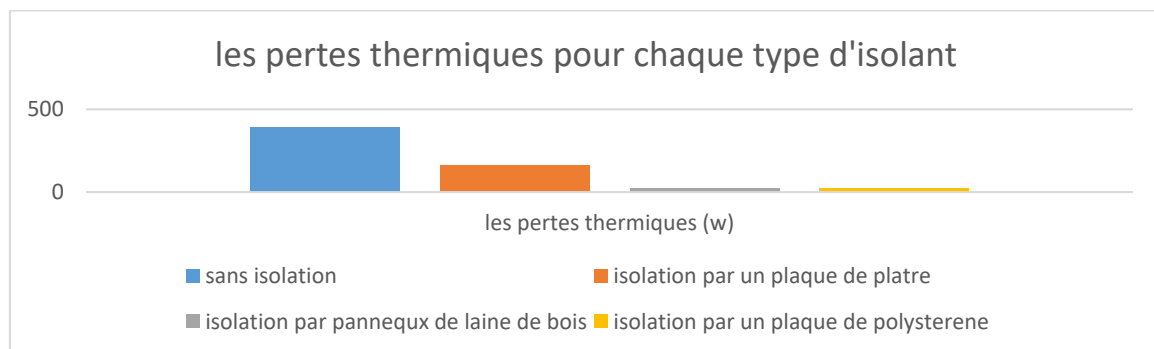


Figure 3.20: Représentation des pertes thermiques pour chaque isolant



Résumé :

Nous remarquons que les meilleurs matériaux pour l'isolation sont : la laine de bois et le polystyrène et les plus utilisés pour l'isolation des murs en raison de leur très bon rapport performance. L'isolation thermique est très importante pour réduire les pertes thermiques par l'enveloppe des bâtiments, en effet : l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, cette technique permet de réduire la consommation d'énergie – que ce soit pour alimenter le chauffage ou la climatisation. Dès lors, l'isolation thermique permet de réduire les factures d'énergie et donc de réaliser des économies, mais aussi de réduire l'émission des gaz à effet de serre.

5-2-7-Les conséquences pour l'application d'amélioration externe :

Par l'application d'amélioration externe nous allons ajouter des nouvelles matières premières pour l'isolation thermique, donc nous allons augmenter les charges de l'entreprise, mais nous allons obtenir un bâtiment bien isolant (la qualité de bâtiment va augmenter).

Ce problème peut être résolu par l'augmentation de prix des bâtiments parce qu'un bâtiment bien isolé a plus des valeurs par rapport un bâtiment mal isolée.

Remarque : pour les fenêtres des bâtiments on peut on peut avoir des pertes thermiques importante, ce problème peut être réduire par des fenêtres survitrage, elles sont des bonnes qualités d'isolation.

6-L'application d'amélioration interne et externe dans le secteur des bâtiments :

6-1- Le futur de l'entreprise :

Par l'application d'amélioration interne et externe dans le secteur des bâtiments nous allons ajouter des nouvelles matières premières comme : les panneaux de la laine de bois ou le polystyrène, pour l'isolation thermique de l'enveloppe. Ainsi pour réduire les charges de ces matières, nous pouvons développer les services de l'entreprises L.MPLANCHER, en effet la matière premier la laine de bois, elle est moins chère au Maroc, et assure un meilleur confort et a une grande durabilité. Pour cela nous pouvons ajouter un service de fabrication des panneaux de la laine de bois pour les projets de construction des bâtiments, et nous pouvons aussi vendre ces panneaux. Pour cela l'entreprise va avoir une augmentation des chiffres d'affaires.

6-2-Comparaison entre un bâtiment bien isolé et bâtiment mal isolé:

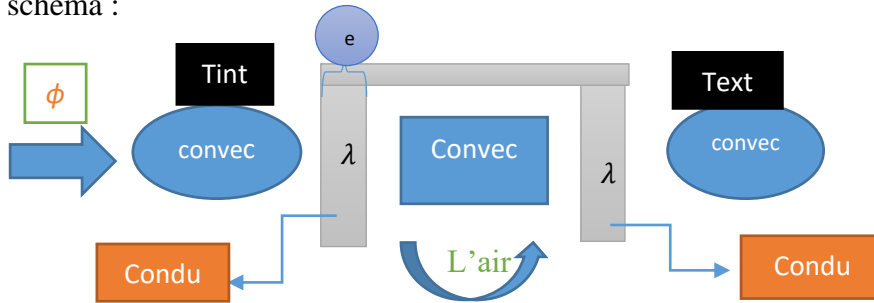
6-2-1-Bâtiment mal isolé :

Nous supposons un mur d'un bâtiment mal isolé climatisé a **2,1m** de hauteur et de **3m** de long, il est constitué des briques de trois creuses et l'épaisseur de chaque surface des briques est **2cm**, dont la conductivité thermique $\lambda b = 0,650 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. (Négliger les petites surface des briques), le coefficient de convection avec l'air vaut $h=11,37 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$,

Nous voulons calculer les pertes à travers le mur, sachant que la température extérieure est de **5°C** alors que la température intérieure est **20°C**:

Nous avons la surface de mur est : $S_b = (2,1 \times 3) = 6,3 \text{ m}$

Les pertes à travers le mur : le flux va trouver 5 résistances thermiques comme dans la schéma :



$$\text{Donc le flux est : } \phi_I = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{3}{hS_b} + \frac{2eb}{\lambda bS_b}} = \frac{15}{0,041 + 0,0098} = 290 \text{ W}$$

Dans ce cas la puissance calorifique qu'il faut fournir est égal les pertes à travers le mur:

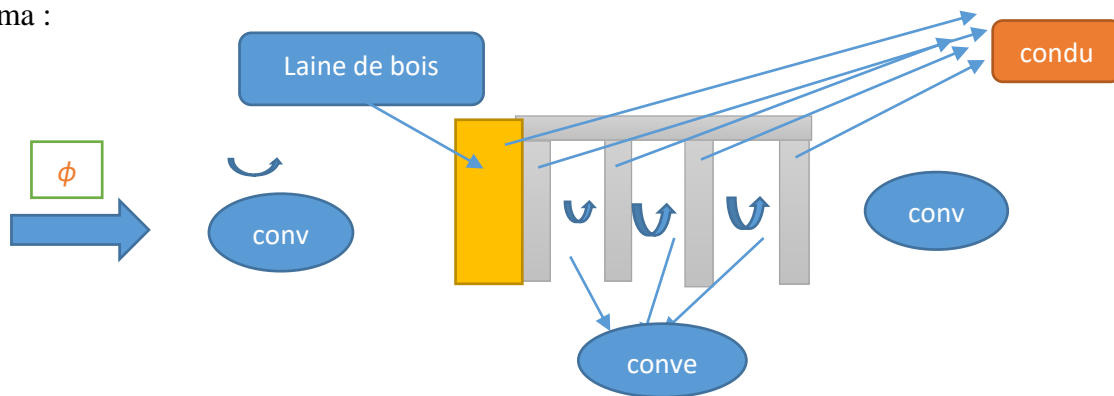
$$P = \phi I = 290 \text{ w.}$$

Nous remarquons que les pertes thermiques dans un bâtiment mal isolé est très important.

6-2-2-Bâtiment bien isolé :

Dans le cas d'un bâtiment bien isolé le mur est constitué par des briques de neuf creuses et isoler par des panneaux de la laine de bois d'épaisseur **10 cm**. de conductivité thermique $\lambda l = 0,042 \text{ W/(m.k)}$.

Les pertes à travers le mur : le flux va trouver 10 résistances thermiques comme dans le schéma :



$$\text{Donc le flux : } \phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\sum R_{th}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{el}{\lambda l S_b} + \frac{5}{hS_b} + \frac{4eb}{\lambda bS_b}} = \frac{15}{0,377 + 0,069 + 0,019} = 32,25 \text{ W}$$

Dans ce cas la puissance calorifique qu'il faut fournir est les pertes à travers le mur: $P = \phi 2 = 32 \text{ w.}$

La figure 3.21 montre les pertes pour chaque type de bâtiment :

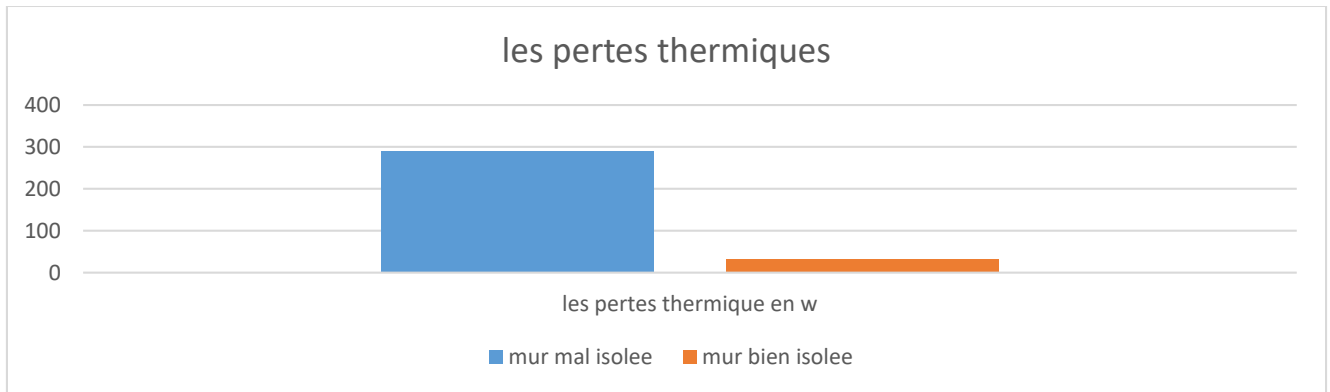


Figure 3.21: Les pertes thermiques pour un mur bien isolé et un mur mal isolé

Nous remarquons que les pertes dans le cas d'un mur bien isolé est très faible par rapport un mur mal isolé, ce qui montre l'importance d'isolation thermique pour améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments.

Le gain par rapport un mur de bâtiment mal isolée :

Le gain est : $G = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} = \frac{290 - 42}{290} = 0,88(88\%)$ donc nous allons réduire les pertes thermiques de **88%** dans le cas d'un mur bien isolé. nous allons améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments, et réduire la facture d'énergie.

6-3-Les avantages d'amélioration interne et externe dans le secteur des bâtiments :

En matière de logement, une bonne isolation a des avantages très importants. Non seulement l'isolation augmente le confort d'habitation, mais elle permet également de faire de substantielles économies sur la facture d'énergie. Les avantages de ces améliorations sont :

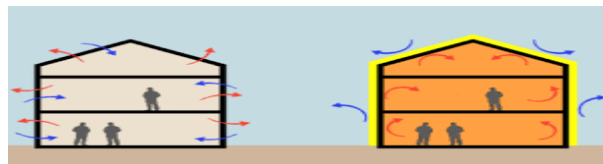


Figure 3.22: représentation des changements thermiques pour un bâtiment mal isolée et d'autre bien isolée

Pour Les habitants :

La réduction de votre facture d'énergie :

Votre habitation reste plus chaude en hiver et plus fraîche en été. Par conséquent, vous utilisez moins de chauffage et moins de climatisation. Le résultat s'en ressent immédiatement sur votre facture d'énergie. Une rénovation énergétique complète de votre habitation permet de réduire votre budget énergie.

Vous bénéficiez d'un plus grand confort d'habitation :

Une bonne isolation améliore votre confort d'habitation. La température intérieure augmente plus rapidement et reste constante. Une isolation performante permet d'éviter les courants d'air et de supprimer les murs froids en hiver.

Augmentation de la valeur de votre habitation :

En cas de vente ou de location, une habitation bien isolée a plus de valeur. Les performances énergétiques pèsent de plus en plus dans le processus décisionnel des acheteurs potentiels. La valeur de votre habitation dépend donc directement de la qualité de l'isolation.

Pour l'environnement :

Réduction d'émission de CO₂

Moins vous consommez d'énergie, moins vous émettez de CO₂. L'isolation est donc bénéfique pour la planète.

Réduction de la pollution atmosphérique.

Pour l'entreprise :

Respecter les normes thermiques pour les bâtiments

Chaque nouvelle construction doit répondre aux normes thermiques pour satisfaire les performances énergétiques des bâtiments.

Améliorer l'image de l'entreprise :

La qualité des matières de construction de l'entreprise va attirer les clients, et optimiser l'achat des matières.

Développer les services de l'entreprise et optimiser les ressources humaines, financières et matérielles.

La figure 2.23 montre les avantages d'un bâtiment bien isolé :

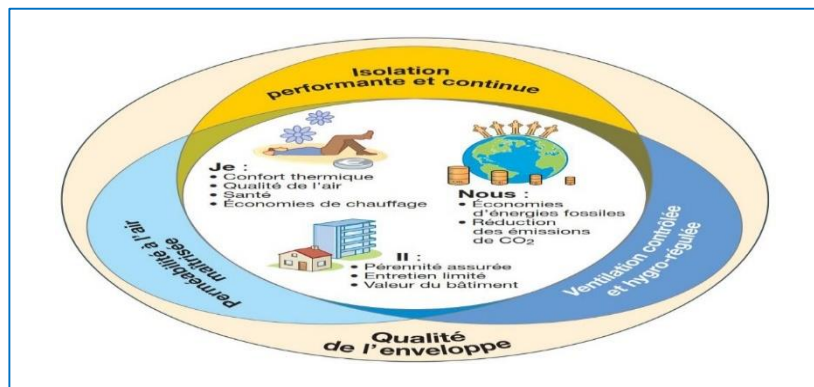


Figure 3.23: Qualité de l'enveloppe

Source : *La thermique du bâtiment*, Isover 2012

7-Conclusion :

L'efficacité énergétique à travers les mesures soulignées dans ce chapitre, est bénéfique autant pour le consommateur à travers son confort et l'allègement de ces factures énergétiques, que pour l'environnement, car la maîtrise de l'énergie atténue la pression sur l'impact environnemental. Aussi, ne pas oublier l'impact sur les aspects socioéconomiques, qui se concrétise par le fait que les économies d'énergies se traduisent par un gain substantiel au niveau des ressources financières.



Conclusion générale

L'amélioration interne et externe de l'entreprise L.M PLANCHER sont donc des concepts qui présentent des nombreux avantages pour l'amélioration de la qualité des matières de construction de l'entreprise, par conséquent, nous allons augmenter les performances énergétiques des bâtiments, et assurer un bon confort thermique, et réduire la facture énergétiques des bâtiments, tous ces avantages permet d'améliorer l'image de l'entreprise dans le secteur de construction des bâtiments , d'améliorer la satisfaction des clients, et attire de nouveaux clients, Elle optimise les ressources humaines, financières et matérielles .

À l'issue de ce projet de fin d'études, nous avons proposé des solutions concernant l'amélioration des matières de construction de l'entreprise et d'autres concerne les activités de construction des bâtiments, et nous avons montré le gain de ces solutions, et comment ces améliorations va augmenter la performance et la qualité énergétique de l'enveloppe des bâtiments.

Ces améliorations ont pour but de diminuer les coûts, réduire les dépenses énergétiques, et d'offrir un environnement agréable et vivable. Prendre en compte l'aspect environnemental à chaque étape du projet Permet à l'utilisateur de préserver l'environnement et acquérir le confort voulu.

Enfin ces améliorations obtenues ont donné satisfaction pour l'entreprise L.M PLANCHER. Comme perspectives de ce travail : nous proposons de réaliser une étude économique pour la réalisation de la nouvelle ligne de production des nouvelles briques et l'ajoute d'un service pour la fabrication des panneaux de la laine de bois , ainsi que la mise en place des procédures de fabrication.

Bibliographie

1. Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique des bâtiments au Maroc, ADEREE
2. GIESE, L. B. (2010) Efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment, InWEnt
3. BOUFARS, A., ESSADAoui, M. (2009). Habitat Passif, Mini-Projet
4. ABDERAFI, S. (printemps 2009) Introduction aux transferts thermiques, cours de transfert de chaleur, Rabat, Ecole Mohammedia d'Ingénieurs, 19 p.
5. BRIZARD, C. (1995) Isolation thermique, Paris, Editions FOUCHER, 127 p.
6. IDCHABANI, R. (sd) Confort thermique
7. Règlement de construction parasismique (R.P.S 2002)
8. Etude relative à l'analyse du secteur de l'industrie des matériaux de construction, Ministère Statistiques énergétiques (novembre 2010), Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, récupéré de <http://www.mem.gov.ma/ChiffresCles/Energie/chiffres%20cles%20NOVEMBRE%202010.pdf>
9. <http://philippe.berger2.free.fr/Bois/Systemes%20Constructifs/Thermique/thermique%20batiment.htm>, consulté le 20-12-2011
10. http://herve.silve.pagesperso-orange.fr/bilan_th.htm
11. <http://www.bigmat.be/pdf/cahier2/isosolsplcl.pdf>, consulté le 06-02-2012
12. <http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/index.php/actualites-du-plan/grands-dossiers/121-comprendre-la-reglementation-thermique-2012>, consulté le 10-01-2012
13. Chargé de l'Habitat et de l'Urbanisme
14. https://www.peeb.build/imglib/downloads/PEEB_efficacite-energetique-dans-les-batiments-au-maroc_support-de-sensibilisation.pdf
15. <https://www.amee.ma/fr/expertise/batiment#>
16. <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/consommation-denergie-dans-les-batiments-chiffres-cles-2013>