



UNIVERSITÉ MOHAMMED V - AGDAL
FACULTÉ DES SCIENCES DE RABAT



**Licence fondamentale en
Sciences de la Matière Physique
Mémoire de Projet de Fin d'Etudes**

Présenté par :

Kettani Tayeb

Tebai Zakaria

**Transfère Thermique :Simulation de l'Effet
de l'isolation**

Encadré par : professeur **Lemini Fatiha** .

Soutenue Le **2017** Devant le jury :

Prof Lemini Fatiha Faculté des sciences de Rabat.

Prof., Faculté des sciences de Rabat.

Prof. ,

Prof. , Faculté des sciences de Rabat.

Année universitaire: 2016-2017

Table des matières

Introduction	4
---------------------------	---

Généralités	5
--------------------------	---

1. Les phénomènes à l'œuvre	
1.1 Pertes de chaleur surfacique	
1.2 Ponts thermiques	
1.3 Pertes par renouvellement d'air	
2. Le transfert de chaleur	
2.1. Conduction	
2.2 Convection	
2.3. Rayonnement	
3. Quelques caractéristiques pour un isolant thermique	
3.1. Conductivité thermique	
3.2. Résistance thermique	
3.3. Coefficient de transmission thermique dans une paroi	
4. L'isolation écologique	
4.1 Enjeux et caractéristiques	
4.2 Méthode d'isolation écologique.....	
5. Des isolants écologiques et leur avantages	
5.1 La ouate de cellulose	
5.2 Le bois minéralisé	
5.3 Le Lin	

Conclusion	
-------------------------	--

Bibliographie	
----------------------------	--

Remerciement

Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadrant
de projet: Pr

Introduction

Pourquoi isoler ?

Un bâtiment mal isolé laisse s'échapper la chaleur en hiver et perd rapidement sa fraîcheur en été. Une mauvaise isolation thermique des murs peut faire perdre jusqu'à 25% de la chaleur du logement, ce chiffre atteignant 30% pour une isolation des combles faible ou inexistante. Grâce à une isolation performante, les factures de chauffage ou de climatisation liées à ces déperditions thermiques baissent drastiquement.

Ainsi, effectuer des travaux d'isolation thermique permet de réduire jusqu'à 80% les consommations d'énergie liées au chauffage. En limitant les besoins en énergie du logement, l'isolation thermique est l'accès principal aux économies d'énergie, bien avant le renouvellement des équipements de chauffage et/ou de refroidissement du logement.

PETIT HISTORIQUE

Début des années 70 : Le monde occidental prend conscience de la nécessité d'économiser l'énergie, l'isolation thermique devient une obsession. Les industriels jettent leur dévolu sur des isolants souvent très performants et peu onéreux. Ces isolants sont encore aujourd'hui majoritaires sur le marché : polystyrènes, polyuréthanes, laines minérales,... Début des années 2000 : Une seconde prise de conscience, environnementale cette fois, a lieu. Progressivement, une autre sensibilité apparaît, essentiellement en provenance des pays d'Europe du Nord. C'est ainsi qu'on trouve désormais sur le marché de plus en plus d'isolants écologiques comme des fibres animales et végétales (lin, chanvre, laine,...), des isolants minéraux (perlite, vermiculite, argile expansée, verre cellulaire, ...), ainsi que d'autres matériaux renouvelables (cellulose, fibre de bois, liège,...). De nos jours : Ces isolants ont déjà fait leur preuve, néanmoins, ils ne disposent pas de la force de frappe logistique, commerciale et financière de leurs alter ego classiques. Résultat : ils ne sont pas toujours faciles à trouver, leur prix

est trop souvent élevé. En revanche, depuis quelques années, les entrepreneurs spécialisés sont de plus en plus nombreux.

Généralités

La thermique du bâtiment décrit les échanges thermiques qui se réalisent entre un bâtiment et son environnement. Cette analyse va reposer sur toute une série de facteurs qui sont d'ordre environnemental :

l'emplacement géographique d'un bâtiment (longitude, latitude, altitude) et les données climatiques afférentes ;

l'implantation générale du bâtiment : relief accidenté, rase campagne, forêt, contexte urbain ou rural (Voir aussi îlot de chaleur urbain).

la nature du sol ;

fonctionnels, résidentiels ou autres :

deux bâtiments ne sont pas identiques par leur fonction. On ne chauffe, n'isole, ou ne ventile pas de la même manière un hôpital, une école, une habitation et un entrepôt. Certains établissements ont des plages d'utilisation journalières, des heures d'ouverture et de fermeture. La chaleur à délivrer, l'eau à chauffer, l'humidité à évacuer varient d'une affectation à l'autre. Dans le cas de bâtiment à usage collectif, la chaleur corporelle dégagée par les personnes présentes dans une même pièce n'est pas à négliger et varie suivant l'activité physique exercée, modérée ou intensive . Dans une usine, certains types d'activité menant à des dégagements toxiques obligent à renouveler l'air de manière intense, ce qui est source de déperdition thermique. Des profils d'utilisation types peuvent être dégagés pour chaque affectation ;

l'éclairage, l'usage de machines et ordinateurs, les équipements électroménagers produisent plus ou moins de chaleur, qu'il faut ajouter au bilan thermique ;

et d'autre part, liés à la nature des matériaux et composants employés dans la construction du bâtiment;

les parois extérieures, murs, planchers et toitures sont considérés comme des surfaces d'échange thermique que l'on doit considérer relativement à leur orientation, leurs dimensions physiques, les matériaux de construction employés considérés dans leur épaisseur, leurs propriétés thermiques, les surfaces extérieures considérées dans leur couleur, la texture de leur surface (rugosité), leur réflectivité (albédo). Lorsqu'il s'agit de surface vitrée, on doit tenir compte de la transmittance des vitres (facteur solaire). Pour chacune de ces parois on doit envisager l'exposition au soleil, les protections éoliennes, les ombres portées sur le bâtiment par les éléments bâtis ou végétaux proches, etc., dans le cas des baies vitrées, les protections solaires éventuelles.

D'autre part ces parois sont plus ou moins étanches ou perméables à l'air, sources de déperdition thermique.

Les parois intérieures sont considérées dans leur masse et contribuent à ce qu'on appelle l'inertie thermique et le déphasage thermique, la capacité à accumuler et d'autre part à restituer à court ou moyen terme la chaleur accumulée.

Les phénomènes à l'œuvre

De nombreux phénomènes jouent si une isolation thermique n'est pas mise en place. Le but est notamment d'éviter trois phénomènes :

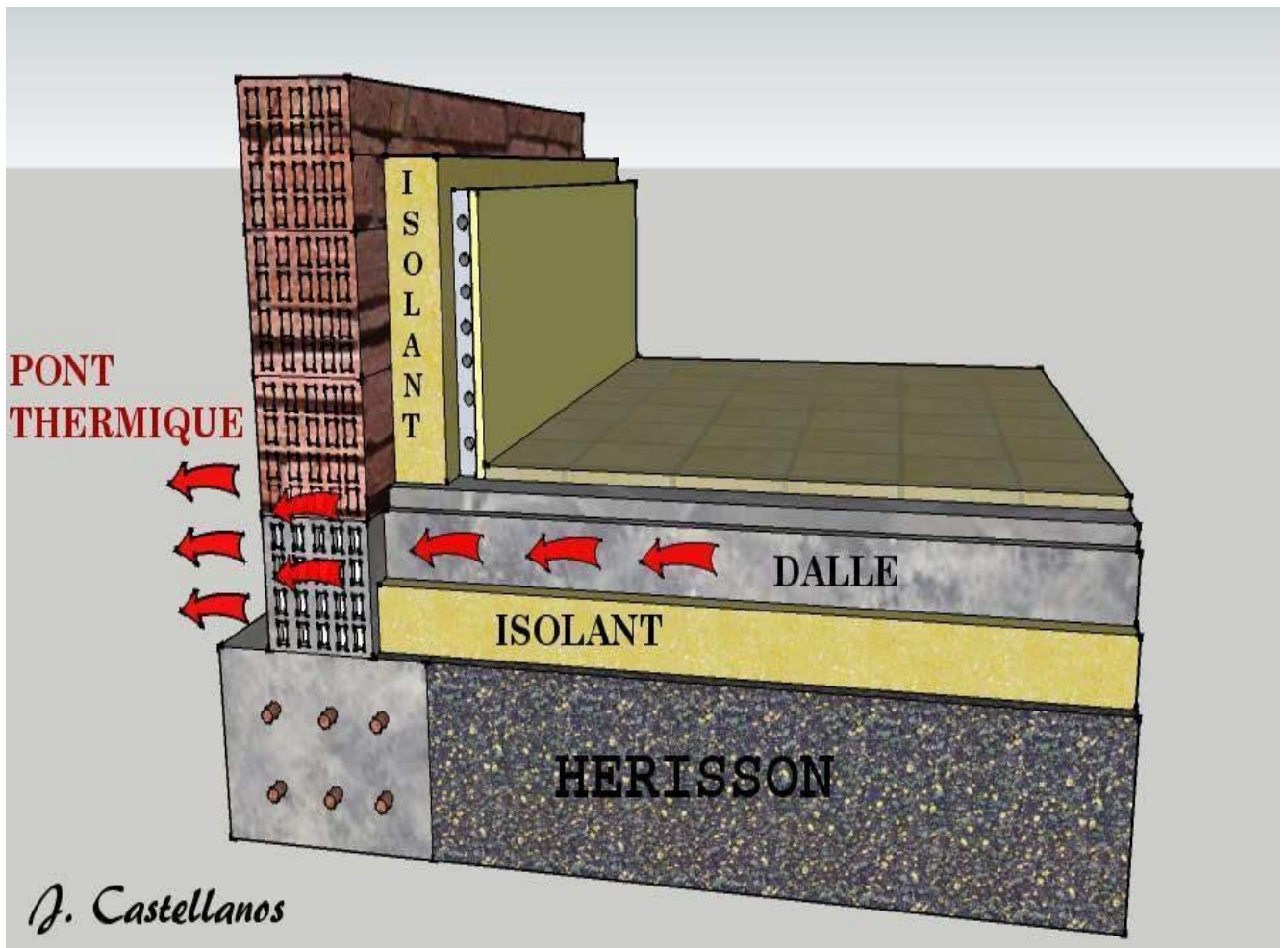
Pertes de chaleur surfacique

Que ce soient les sols, les plafonds, les toits ou les murs, il est nécessaire d'isoler toutes les parois en contact avec l'extérieur. Les demandes en isolation - et donc en résistance thermique - varient suivant la zone à isoler car les pertes énergétiques ne se répartissent pas de la même façon dans le bâtiment.

Le but étant d'assurer une continuité de l'enveloppe isolante autour des pièces de vie.

Ponts thermiques

Un pont thermique est un défaut d'isolation où il existe une discontinuité de l'enveloppe isolante continue entraînant d'importantes pertes thermiques. Un raccordement plancher-mur extérieur, une gaine de ventilation ou un cadre de fenêtre mal isolés en sont des exemples. Ces ponts thermiques doivent être traités car ils engendrent des pertes thermiques mais également un refroidissent des parois.



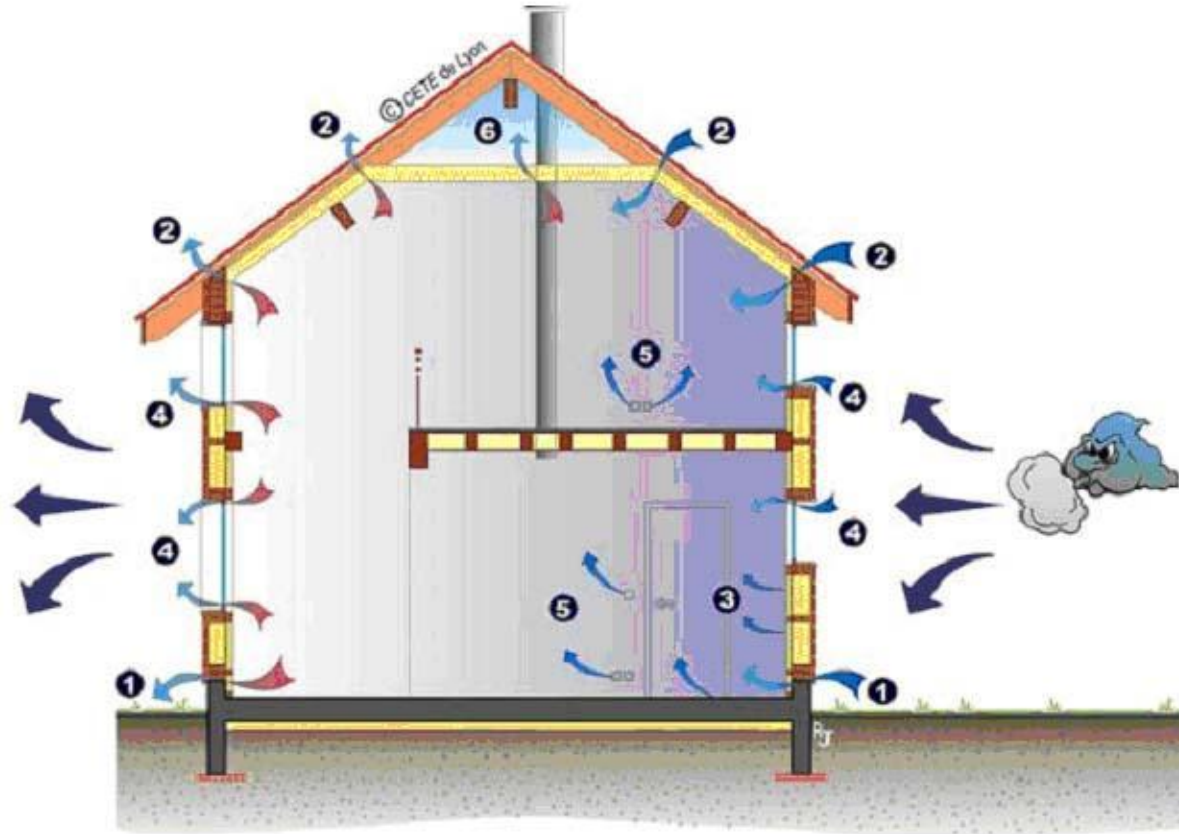
Pertes par renouvellement d'air

Pertes par renouvellement d'air : aération mécanique ou manuelle, infiltrations d'air froid...

L'air extérieur introduit dans le bâtiment doit être porté à la température intérieure de confort, que ce soit par réchauffement (en saison de chauffe) ou par rafraîchissement (en été).

Ces renouvellements d'air sont liés :

- à des défauts d'étanchéité (infiltrations) de l'enveloppe
- à une ventilation (naturelle ou forcée) nécessaire pour des raisons sanitaires



Le transfert de chaleur

L'isolation thermique est l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de chaleur depuis un milieu chaud vers un milieu froid. C'est notamment via ces mouvements de chaleur que les bâtiments se refroidissent en hiver (la chaleur passe de l'intérieur vers l'extérieur) et se réchauffent l'été (la chaleur passe de l'extérieur vers l'intérieur). Il existe trois grands modes de transmission de la chaleur, souvent couplés entre eux, pour expliquer toutes les situations de transfert thermique :

Conduction

C'est un mode de transfert thermique qui s'effectue par une simple interaction de molécules sans déplacement de matière. En présence d'une forte température, les molécules présentes dans la zone la plus chaude vibrent et se heurtent vivement entre elles. Elles transmettent alors leur énergie aux molécules voisines qui à leur tour retransmettent cette énergie ; la chaleur est transmise.

Convection

On définit la convection comme un déplacement de chaleur au sein d'un fluide (eau, air) via un déplacement d'ensemble de molécules d'un point à un autre. En effet, quand un fluide est chauffé, il se dilate, devient plus léger et monte. Ce fluide est alors remplacé par un fluide plus froid qui est à son tour réchauffé : une convection naturelle se met alors en place. Si un apport extérieur permet d'accélérer cette transmission de chaleur, on parle alors de convection forcée.

Rayonnement

Ce processus de transmission d'énergie s'effectue via l'émission de rayonnements de la part d'un corps ou d'un objet en direction de son environnement. Ce transfert s'effectue entre deux surfaces séparées par de l'air ou du vide sans déplacement de molécules. Le cas le plus concret est le rayonnement du soleil à la surface de la terre

Quelles caractéristiques pour un isolant thermique ?

Ces trois modes de transfert de chaleur entrent en jeu dans la thermique du bâtiment. La conduction thermique est en revanche prépondérante dans le transfert de chaleur à travers une paroi. Trois paramètres permettent de caractériser un matériau et une paroi isolante :

Conductivité thermique

Le principal paramètre permettant de caractériser la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur est la conductivité thermique (λ), en W/m.K. C'est une caractéristique intrinsèque au matériau. Une faible conductivité thermique implique une faible transmission de chaleur et donc une forte isolation thermique. Est dit isolant un matériau qui possède une conductivité thermique inférieure à 0,065 W/m.K.

Résistance thermique

Afin de quantifier la résistance au flux de chaleur pour une épaisseur de matériau donnée, on utilise la résistance thermique (R), exprimée en $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Ce critère mesure la performance d'un isolant pour une épaisseur donnée. La résistance thermique est reliée à la conductivité thermique λ et l'épaisseur e par la relation : $R = e / \lambda$. Plus cette résistance est importante, plus les pertes de chaleur à travers une paroi seront faibles.

Coefficient de transmission thermique d'une paroi

Pour mesurer la résistance au flux de chaleur d'une paroi, et donc d'une succession de matériaux, il suffit d'ajouter la résistance thermique de chaque couche et on obtient alors une résistance thermique totale. Le coefficient de transmission thermique (U) correspond à l'inverse de cette résistance thermique totale. Il représente la capacité d'une paroi à transmettre la chaleur. Une correction est apportée pour prendre en compte les défauts d'un mur tels que des éléments de fixation, défauts d'étanchéité à l'air, etc. Plus cette valeur est faible, plus le mur est isolant. Le coefficient de transmission thermique étant difficilement calculable, on considère par approximation que la résistance thermique du mur correspond à la somme de la résistance thermique des isolants. La réglementation thermique actuelle conseille une valeur de résistance thermique de $R = 5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ pour les parois verticales en contact avec l'extérieur. Ci-contre sont indiqués à titre d'exemple l'épaisseur de différents matériaux pour obtenir une même valeur de résistance

L'ISOLATION ECOLOGIQUE

ENJEUX ET CARACTERISTIQUES :

L'isolation écologique porte une attention particulière sur l'impact des techniques et des matériaux sur l'environnement, sur la santé, et sur le bien-être. Environnement : Ce type d'isolation évite les matériaux dont la fabrication est polluante et/ou le recyclage impossible. Santé : Les matériaux isolants écologiques sont sans risque pour la santé de ceux qui les fabriquent, de ceux qui les mettent en œuvre, et des occupants des bâtiments qui en bénéficient. Bien-être : Les modes d'isolation réalisés dans le cadre d'une isolation écologique n'entravent pas les échanges entre la maison et l'extérieur. En effet, une pièce est confortable si la différence de température entre son air et ses murs n'excède pas 3°C.

Méthode d'isolation écologique

Dans le cas d'une isolation écologique, en règle générale, on ne réalise pas de parois étanche à la vapeur d'eau, ce qui permet d'éviter les problèmes de condensation. De plus, les matériaux utilisés sont poreux, "respirants", et possèdent une grande capacité hygroscopique ce qui permet de bénéficier des échanges entre les parois et l'air extérieur.

CE QU'IL FAUT SAVOIR

Un isolant doit être perméable à la vapeur d'eau afin de ne pas occasionner de gênes dues à l'humidité. On mesure la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau d'un isolant à l'aide du coefficient μ (mu). Une valeur μ proche de 1 ou 2 caractérise un matériau hygroscopique. La perméabilité à l'eau devient d'autant plus faible que la valeur du coefficient μ s'élève.

Des isolants écologiques et leur avantages

1 La Ouate de cellulose :

Il est conçue à partir de papier recyclé. Elle se présente sous forme compactée (mise en œuvre par projection à sec ou humide) ou décompactée (mise en œuvre à la main), en panneaux isolants texturés et en panneaux d'agencement.

AVANTAGES :

Possède de très bonnes performances en isolation acoustique Difficilement inflammable Très grande disponibilité de cette ressource Matériau recyclable Ne possède pas d'inconvénients majeurs sur la santé (port d'un masque préconisé lors de la pose en vrac) 6 Ouate de cellulose en vrac Ouate de cellulose en panneaux

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU

Énergie grise : 6 kWh/m³ Perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2 en vrac et panneaux isolants texturés 5 à 10 en panneaux d'agencement Conductivité thermique : $\lambda = 0,035$ à $0,052$ W/m.°C selon la présentation Échelle de prix : 5 à 10 €/m² en vrac pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre 20 à 25 €/m² en panneaux

2 Bois minéralisé

Les granulats sont des copeaux de bois (provenant du recyclage de bois résineux) stabilisés au silicate de calcium. Ils s'utilisent en vrac sans liant ou sous forme de béton léger avec du ciment ou de la chaux hydraulique en guise de liant.

AVANTAGES

Ressource renouvelable pour le bois Difficilement inflammable Ne dégage pas d'émanation toxique 9

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU

Énergie grise : élevée pour les béton à base de ciment, mais le bois fixe le CO₂ ce qui lui confère un bilan positif
Perméabilité à la vapeur d'eau : non précisée, dépend du liant Conductivité thermique : $\lambda = 0,12 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ pour le béton léger à la chaux Échelle de prix : 20 à 25 €/m² pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre

3 Le lin

Issu d'une plante oléagineuse et textile cultivée essentiellement dans le nord de la France, le lin est très peu exigeant en azote et ne participe donc pas à la pollution par les nitrates. La présentation de l'isolant peut-être en vrac (pour une utilisation manuelle, projection ou insufflation), en rouleaux, en panneaux. Pour ces deux dernières, le lin reçoit un traitement puis est associé à des fibres de polyester pour former de la ouate.

AVANTAGES

Ressource renouvelable et réutilisable Difficilement inflammable Sans effets négatifs connus sur la santé 11
Fleur de coton © Multipole énergie CARACTERISTIQUES DU MATERIAU Énergie grise : moyenne pour la
fabrication mais très élevée pour le transport Perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2 Conductivité thermique
: $\lambda = 0,040 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Échelle de prix : 15 à 20 €/m² pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre
Lin en rouleau © ADEME

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU

Énergie grise : moyenne pour la fabrication Perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2 Conductivité thermique :
 $\lambda = 0,037 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$, et 0,09 à 0,065 W/m.°C selon la densité Échelle de prix : 10 à 15 €/m² pour un pouvoir
isolant équivalent à 10 cm de laine de verre

Conclusion

Bibliographie

[1]— https://fr.wikipedia.org/wiki/Thermique_du_b%C3%A2timent

[2]—

<http://enersens.fr/wp-content/uploads/2016/06/Lisolation-thermique-du-b%C3%A2timent-Enersens-2016.pdf>

[3 http://prefenerg.univ-lille1.fr/grain2/co/02_02_01_2_d_renouvellement_air.html

<http://www.isolation-france.fr/wp-content/uploads/pont-thermique.jpg>

<http://fenetreintelligente.ga/label-bbc-rt-2012/>

