

L'isolation dans les projets de bâtiments entre le choix et l'exigence

N. Bouacha ^{1*} and L. Zeghradnia ^{2†}

¹ Département de Génie Civil, Faculté des Sciences et Technologies
Université Med Cherif Messaadia, B.P. 4, Souk Ahras 41000, Algérie

² Contrôle Technique des Constructions, Wilaya de Souk-Ahras

(reçu le 20 Novembre 2015 – accepté le 28 Décembre 2015)

Résumé - Dans notre pays, les coutumes de conception des structures sont conservées depuis des décennies avec le même rythme de politique. Nous cherchons l'économie, la construction avec le moindre coût et avec les matériaux habituellement utilisés. Malgré que le marché mondial dispose de plusieurs variétés de matériaux et des nouvelles gammes de nouveaux matériaux déposés, la recherche de l'investigation rapide sans se préoccuper pour une seconde du domaine énergétique et les gains qui peuvent être approuvés à long terme sans oublier le confort humain assuré dans l'ensemble des domaines au niveau des constructions à usage divers 'habitations, administratifs, scolaires, hospitalier, hôtelleries, etc'. A partir de cette vision, cet article consiste à faire une estimation du coût de l'installation de l'isolant dans l'étude du prix du projet. L'isolation est effectuée sur l'ensemble des éléments constitutifs d'un bâtiment. A travers une discrétisation de la structure et le calcul de l'ensemble de déperditions thermiques dus à la conduction et la convection.

Abstract - In our country and in the 21st century, our customs in the structural design field are kept pace with the policy. We seek the economy; build with the least cost and with the known ordinary materials. Despite that the global market has several varieties of new materials. We seek rapid investigation without concern for a second energy field and gains that we approved long term without forgetting human comfort that we can make in all areas at various constructions 'housing, administrative, school buildings, universities, hospitals, hostels, etc'. This article is to estimate the cost of installing insulation in all the constituent elements of a building through a discretization of the structure, this procedure has shown that the cost of installing the insulation relative to the overall cost of project implementation represents.

Mots-clés: Simulation - Coût - Cahier de charges - Energie - Bâtiment - Discrétisation.

1. INTRODUCTION

Au rythme actuel de la consommation, les réserves prouvées d'énergie sont de quelques centaines d'années pour le pétrole et le gaz. Si, au lieu de raisonner à consommation constante (ce qui est évidemment faux), on tient compte de l'augmentation annuelle de la demande, dans quelques dizaines d'années l'ensemble des réserves prouvées sera épuisé.

On découvrira bien sûr d'autres gisements (plus chers). En effet, il va falloir changer nos systèmes de production et de consommation d'énergie pour s'adapter. Et ces transformations seront longues: bâtiments, machines, véhicules, sont conçus pour durer plusieurs décennies [1, 2]. On peut effectivement se demander pourquoi essayer de rénover des bâtiments pour réduire leur consommation de chauffage à la moitié de celle des constructions neuves actuelles ou pourquoi construire des bâtiments à Energie Positive 'penser à conserver le plus l'énergie?'

* n.bouacha@yahoo.fr

† l.zeghradnia@yahoo.com

Les déperditions par renouvellements d'air représentent une part importante de la consommation énergétique des bâtiments. Les installations de chauffage et de climatisation ont pour rôle principal d'assurer le confort et le bien être de l'homme dans le local où il se trouve en parlant santé, joie de vivre, efficacité au travail. Il est donc de première importance que les techniciens en Génie Climatique connaissent les bases du confort physiologique et donc son influence sur l'organisme humain.

Cette notion de confort est sous-estimée dans notre pays, un projet couvre essentiellement les phases d'études 'architecturales, conceptuelles et structurelles', mais aucune ne s'intéresse à l'étude du bilan thermique et à l'analyse des transferts aérodynamiques dans les locaux.

Nous aborderons le calcul des déperditions en évoquant la position d'une structure envers le transfert de chaleur, ainsi que les différents types des isolants.

2. POSITION DES STRUCTURES ENVERS LE TRANSFERT DE CHALEUR

Une structure est soumise aux trois modes de transfert de chaleur connues qui sont: la conduction, la convection et le rayonnement. En réalité ces trois modes se produisent ensemble avec des proportions relatives. Mais par difficulté de traiter ces trois modes ensembles, surtout en domaine tridimensionnel et en régime stationnaire en construction et régime forcé en convection et en introduisant l'effet de rayonnement. Cette étude est loin de tenir compte de tous ces paramètres, mais son but essentiel est la mise au point de l'effet d'un seul mode, la conduction dans le mur associé avec l'effet de convection en régime stationnaire [1-3].

2.1 La conduction

Dans ce type, la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct, par simple interaction moléculaire. Les molécules du secteur le plus chaud se heurtent vivement entre elles et transmettent leur énergie de vibration aux molécules voisines.

Le flux de chaleur va toujours des zones chaudes vers les zones froides. La vitesse de progression du flux de chaleur à travers un corps, sa conductivité thermique, dépend de l'aptitude de ses molécules et de ses électrons à recevoir et à transmettre la chaleur [2].

2.2 La convection

C'est un échange de chaleur entre une surface et un fluide mobile à son contact, caractérisé par le déplacement de la chaleur au sein d'un fluide par le mouvement d'ensemble de ses molécules d'un point à un autre. Lorsque les molécules d'un fluide froid, tel que l'eau ou l'air, viennent au contact d'une paroi chaude, une partie de l'énergie de vibration animant les molécules superficielles du solide se communique aux molécules voisines du fluide.

Ce mode est un phénomène complexe car il dépend de plusieurs paramètres multidisciplinaires dans leurs natures 'propriétés thermodynamique du fluide, nature et forme des éléments solides qui entourent le fluide et les conditions atmosphériques' [3].

2.3 Le rayonnement

Tous les matériaux rayonnent sans arrêt de l'énergie dans toutes les directions, à la suite du mouvement continu de vibration de leurs molécules situées en surface. Alors que le rayonnement solaire comporte essentiellement des radiations de courtes

longueurs d'onde émises à très hautes températures, le rayonnement thermique terrestre que nous ressentons comme échange radiatif de chaleur est principalement constitué de grandes longueurs d'onde et de l'infrarouge lointain, émises à une température bien inférieure. L'intensité du rayonnement thermique d'un corps dépend de la température de sa surface rayonnante et de son émissivité. Cependant, tous les matériaux n'absorbent pas le rayonnement thermique; certains le réfléchissent et/ou le transmettent. Cette capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement thermique dépend davantage de la densité et de la composition du corps que de sa teinte [4].

3. DEPERDITIONS

Le terme "déperdition de chaleur" signifie la perte (diminution, l'affaiblissement, la dégradation progressive de chaleur, d'un point, d'une pièce ou d'un local vers un autre). On retrouve principalement les déperditions de chaleur à travers tout objet capable de véhiculer et de transmettre de la chaleur, tel que le métal, le corps humain et bon nombres de choses qui entourent notre quotidien.

Dans l'habitat ou plus globalement dans la construction, on observe des déperditions de chaleur sur certains murs, fenêtres, portes, combles, toitures, sols, plafonds, ventilation, cheminée, etc.

L'enveloppe thermique d'un bâtiment est la surface qui sépare le volume intérieur chauffé du bâtiment de l'environnement extérieur. Elle est définie par les parois extérieures du bâtiment. C'est autour de cette enveloppe qu'opèrent les échanges de chaleur, appelés aussi transferts thermiques, qui influenceront sur les besoins de chauffage ou de rafraîchissement du bâtiment. De manière générale, depuis le milieu intérieur, les calories atteignent rayonnement, passent au travers de celle-ci par conduction et s'échappent à nouveau par convection et rayonnement. les déperditions thermiques d'un bâtiment sont estimées aux portions suivants: Murs- 25%, fenêtre- 13%, toiture- 30%, ponts thermiques- 5%, Sol- 3%, [5-7].

3.1 Méthodes de calcul des déperditions

Déperditions de base: Les déperditions de base sont calculées en régime continu et indépendamment du système de chauffage. Les déperditions de base d'un local comprennent:

- Les déperditions de base par transmission de chaleur à travers les parois, DBP
- Les déperditions de base par renouvellement d'air, DBR en W/°C

$$DB = DBP + DBR \quad (1)$$

3.1.1 Déperditions de base par transmission

Les déperditions par transmission à travers une paroi, pour une différence de température de 1 °C entre les ambiances que sépare cette paroi, sont données par la formule suivante:

$$DP = \sum (U.A) + \sum (Y.L) \quad (W/°C) \quad (2)$$

- U, (anciennement K), Coefficient de transmission surfacique en W/m²°C défini par le ThK-77;

- A, Surface intérieure de chaque élément de paroi; si la paroi est composée d'un seul élément, S(U A) s'écrit U A ; U est exprimé en W/m².K et A en m² ;

- Y, Coefficient de transmission linéique en W/m°C des liaisons d'éléments de parois donnant sur l'extérieur;

- L , Longueur intérieure de chaque liaison en m.

3.1.2 Déperditions de base par transmission à travers les parois pour un local donné

Les déperditions de base d'un local par transmission à travers les parois sont calculées par la formule suivante:

$$DBP = \sum DP \times (t_i - t_e) \quad (3)$$

Où, t_i , est la température intérieure de base exprimée en °C; t_e , est la température extérieure exprimée en °C.

- S'il s'agit d'une paroi extérieure, d'une paroi en contact avec le sol ou d'une paroi donnant sur un espace non chauffé, t_e est la température extérieure de base; et s'il s'agit d'une paroi donnant sur un local non résidentiel dont le programme de chauffage est connu, t_e est la température intérieure minimale de ce local. Si une telle température minimale n'est pas définie, le local est considéré comme non chauffé.

3.1.3 Coefficients de transmission thermique (u)

Le mur est constitué généralement de plusieurs couches de matériaux d'épaisseurs et de conductivités thermiques différentes, l'équation de calcul devient:

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{e}{\lambda} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \quad (4)$$

Où,

- U ou K), Coefficient de transmission thermique (W/m² °C); e/λ , représente la somme des rapports des différentes couches; e , Epaisseur du ou de chaque matériau (m); λ , Conductivités thermiques utiles du ou de chaque matériau de construction (W/m.°C); $1/h_i$, $1/h_e$, Résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs et extérieurs (m²C/W);

3.1.4 Déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions de base par renouvellement d'air d'un logement ont pour expression:

$$DBR = 0.34 (\beta \times D_v + a \times Q_s) \times (t_i - t_e) \quad \text{en W/°C} \quad (5)$$

Où, t_e , Température extérieure de base définie; t_i , Température intérieure; 0.34, chaleur volumique de l'air, exprimée en Wh/m³.°C; Q_v , Débit spécifique de ventilation, exprimé en m³/h; c 'est le débit d'air dû au fonctionnement des dispositifs de ventilation, amenées et extractions mécaniques, conduits à tirage naturel; Q_s , Débit supplémentaire de ventilation dû à l'effet du vent, exprimé en m³/h; a et b , sont des coefficients de majoration.

4. ISOLATION

C'est un procédé permettant d'éviter et de combattre les déperditions de chaleur. L'isolation désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de chaleur extérieur d'envahir l'intérieur des bâtiments ou le sens inverse. L'isolation dans les bâtiments se consacre plus dans deux éléments essentiels, les parois et le vitrage.

4.1 Isolation des parois

4.1.1 Principe d'isolation thermique des parois

Lors d'un choix de matériau d'isolation, il est intéressant, dans une démarche d'éco construction, de ne pas limiter ses critères de choix aux seules performances Thermiques du matériau.

Le choix d'un isolant devrait se faire sur base des critères suivants:

- Propriétés techniques- comportement au feu, perméabilité à la vapeur d'eau, comportement à l'humidité, type de mise en œuvre, stabilité dans le temps, isolation acoustique, etc.
- Propriétés environnementales- impact énergétique de la production, transport, risques pour la santé, maintenance, traitement en fin de vie (recyclage), etc.
- Propriétés économiques- coût du matériau, sa mise en œuvre et selon le cas de sa maintenance, en rapport avec le type d'utilisation et les performances à atteindre.

4.1.2 Les différents types d'isolants

Nous citerons les types des isolants classés en quatre groupes, ainsi que les avantages de chaque type:

4.1.2a Les isolants végétaux (cellulose, laine de coton, liège)

A base de recyclage de produits naturels comme le papier, le coton, les feuilles de cannabis.

Avantages- ■ Provient de produit recyclé; ■ Sans effet négatif sur la santé; ■ Meilleur rapport qualité/prix; ■ se compacte moins; ■ 100 % naturelle; ■ Matériau renouvelable, réutilisable ou composable et en cas d'incendie, pas de dégagements toxiques.

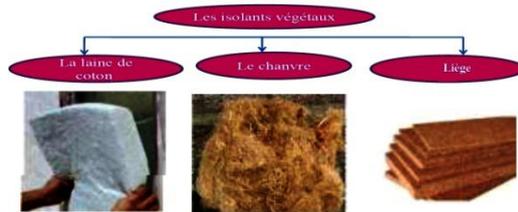


Fig. 1: Quelques types des isolants d'origine végétaux

4.2.2 Les isolants d'origine animale

(Laine de mouton, plume de canard)- à base de laine qui recouvre les moutons ou des déchets de plumes d'abattoirs.

Avantages- ■ Renouvelable et recyclable; ■ Pas de dégagement toxique en cas d'incendie; ■ Pas d'effet négatif connu sur la santé; ■ Bonne capacité hygroscopique et bonne isolation acoustique.

4.2.3 Les isolants d'origine minéraux (Laine de verre, laine de roches, perlite)

Elaborés à partir de sable, de verre recyclé ou calcin ou des roches volcaniques par fusion et fibrage.

Avantages- ■ Coût; ■ Performance thermique; ■ Imputrescibles; ■ Non consommés par les rongeurs.



Fig. 2: Quelques types des isolants minéraux

4.2.4 L'isolation synthétique (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane)

Ils sont fabriqués à base de pétrole brut.

Avantages- ■ Pose facile; ■ Bonne capacité d'isolation; ■ Bonne perméabilité à la vapeur d'eau; ■ Très léger; ■ Très bonne résistance à la compression; ■ Facile à travailler.

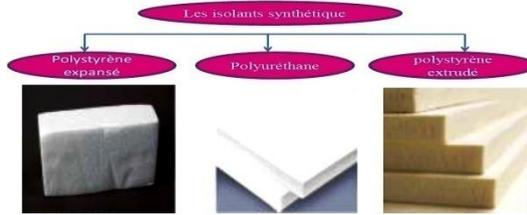


Fig. 3: Quelques types des isolants esthétiques

4.2 Isolation par vitrage

La fenêtre telle que nous la connaissons aujourd'hui a connu de nombreuses évolutions au cours des années passées. Dans le bâti ancien non rénové, la fenêtre correspond, souvent, à la partie fragile de l'isolation thermique et possède des performances acoustiques très médiocres. Aujourd'hui, la fenêtre doit remplir une multitude de fonctions (isolation, acoustique, sécurité...) mais, grâce aux progrès accomplis ces dernières années, il existe sur le marché des fenêtres performantes permettant de répondre aux attentes du public.

Les pertes thermiques liées aux vitrages dans une maison non isolée sont de l'ordre de 13 % des déperditions totales. La performance thermique d'un vitrage est caractérisée par son coefficient de transmission thermique (U_g). Plus ce coefficient est faible, plus le vitrage est performant. La performance thermique d'une fenêtre (vitrage et menuiseries) est caractérisée par son coefficient U_{ω} .

4.2.1 Type des vitrages

4.2.1.1 Simple Vitrage

Les exigences réglementaires et environnementales actuelles en matière d'isolation phonique et thermique ne sont pas remplies par les fenêtres composées d'un seul vitrage. Elles sont encore utilisées pour des constructions industrielles, pour des cloisons de séparation de pièces ou dans les caves. Le vitrage est constitué d'une seule plaque de verre de quelques millimètres d'épaisseur.

Coefficient de transmission thermique: $U_{\omega} = \text{environ } 5.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Avantages- Investissement minime. Inconvénients- ■ Pas fiable au niveau sécurité. ■ Laisse très fortement passer la chaleur et le froid. ■ Isolation phonique médiocre. ■ En hiver, sensation de froid à proximité de ces vitrages.

4.2.1.2 Double vitrage

Un double-vitrage est composé de deux lames de verre. Ces lames de verre emprisonnent une couche d'air ou de gaz (comme de l'argon), offrant une bonne isolation naturelle. Dans le commerce, on peut trouver différentes tailles de vitrage. Généralement, chaque verre mesure 4 millimètres d'épaisseur et la lame d'air mesure 12 ou 16 millimètres d'épaisseur.

Chaque vitrage peut avoir des caractéristiques spécifiques:

- Le double-vitrage faiblement émissif- plus performant qu'un simple double-vitrage, son coefficient de conductivité thermique (mesurant la capacité d'une paroi à transmettre de la chaleur).

- Le double-vitrage à isolation renforcée- en matière d'isolation thermique, c'est le vitrage le plus efficace. Son coefficient de conductivité thermique est de $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

- Le double vitrage anti-réfléchissant- il est idéal en été pour repousser la chaleur des rayons du soleil.

- Le double-vitrage chauffant: il diffuse la chaleur dans toute la pièce grâce à un film intégré dans la vitre.

- ■ Double vitrage standard, ■ Double vitrage faiblement émissif, ■ Double vitrage renforcé à lame argon (top isolation thermique), ■ Double vitrage retardateur d'effraction, ■ Double vitrage spécial isolation acoustique / phonique.

Avantages- ■ En utilisant ce type de vitrage lors d'une réhabilitation lourde, il est possible, pour un même volume chauffé et pour la même dépense, d'augmenter d'un tiers la surface vitrée. ■ Aucune sensation de paroi froide. ■ Température de vitrage proche de la température ambiante, ce qui élimine le risque de condensation et augmente la durabilité des joints et huisseries. ■ Performance thermique améliorée par rapport au double vitrage.

4.2.1.3 Triple vitrage

Pour réduire encore plus les déperditions thermiques liées aux vitrages, le meilleur moyen serait d'installer un triple vitrage.

La technologie couramment employée est la même que pour le double vitrage à faible émissivité (fine couche d'oxyde métallique, gaz rare). La différence se fait donc sur le nombre de vitrages, puisqu'ils sont composés de trois vitres et donc deux lames d'air. Le triple vitrage permet une efficacité supplémentaire de 50 % environ par rapport au double vitrage à isolation renforcée.

Coefficient de transmission thermique- U_{ω} = compris entre 0.5 et $0.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Avantages- ■ Performance thermique améliorée par rapport au double vitrage à faible émissivité. ■ Confort thermique garanti. ■ Pas de contraintes spécifiques à la pose.

Inconvénients- ■ Coût élevé. ■ Peu distribué en France à l'heure actuelle. ■ Structure des cadres obligatoirement épaisse et massive.

5. DEMARCHE ADOPTEE

La démarche adoptée dans cette étude, est décomposé en trois phases distinctes:

1. Calcul des déperditions dans le bâtiment R+7, selon les deux combinaisons suivantes:

Combinaison 01- bâtiment simple sans isolants (mur simple + vitres simple)

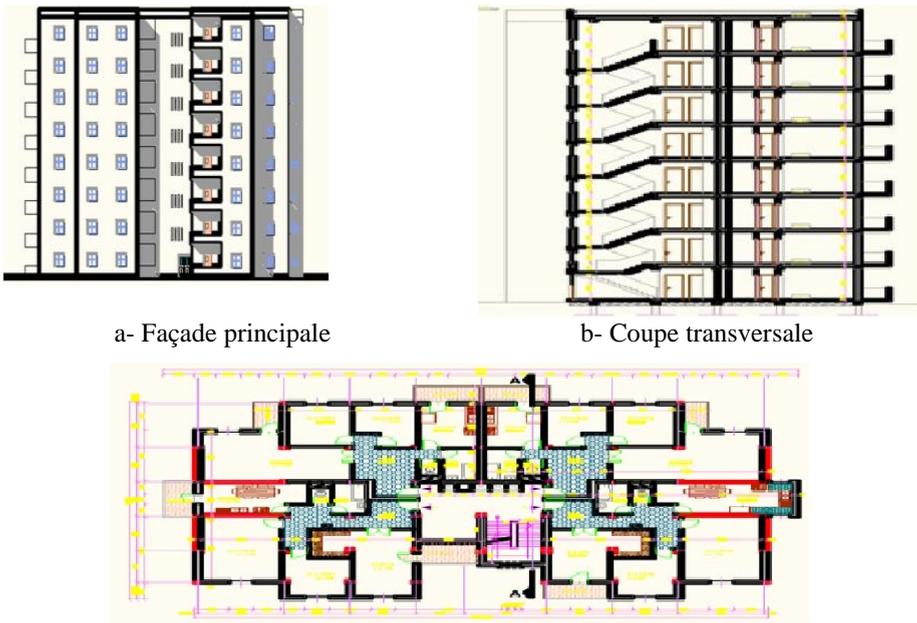
Combinaison 02- bâtiment avec isolants (mur avec isolants+vitre double+plancher avec isolant).

Dans le but de démontrer l'intérêt de l'insertion de l'isolant dans les différents éléments d'une structure: Mur, plancher, et vitrage.

2. Estimation du cout de l'installation de l'isolant par rapport au cout total du projet.
3. Comparaison et analyse

5.1 Description de l'architecture

Notre projet est un bâtiment (R+7) à contre vent mixte, comporte deux façades, une principale et une postérieure, chacune est constituée par des murs extérieurs et des fenêtres, et deux façades latérales chacune est constituée par des murs seulement. La figure 1 représente des plans architecturaux du cas d'étude choisi.



c- Vue en plan
Fig. 4: Plans architecturaux

5.2 Simulation

Le principe de cette simulation est de diviser le bâtiment en des niveaux, chacun se compose en des éléments simples murs, planchers et vitrage. En utilisant des logiciels de conception par ordinateur et de programmations, nous sommes parvenus à mesurer les surfaces latérales des éléments (murs, vitres) et les surfaces horizontales (planchers, etc.), et à concevoir des programmes qui servent à calculer les résistances thermiques, la puissance de flux dissipé à travers le bâtiment. Aussi les programmes peuvent donner les valeurs des températures aux interfaces des couches des différents éléments. Ces programmes ont pour objectif d'aboutir à des résultats rapides.

La figure 5 résume la discrétisation du bâtiment.

a-Simulation des différents cas

Combinaison 01- bâtiment simple sans isolants (mur simple + vitres simple)

Combinaison 02- bâtiment avec isolants (mur avec isolants, double vitrage, plancher avec isolant).

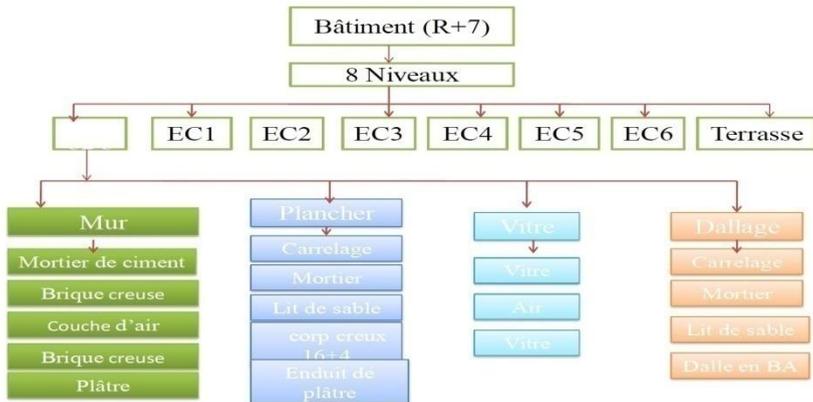


Fig. 5: Principe de discrétisation du bâtiment

5.3 Estimation de coût de l'installation de l'isolant par rapport au coût total d'un projet

5.3.1 Estimation du coût du projet - cas étudié R+7

Un projet peut être scindé en plusieurs phases distinctes, comme représenté sur la figure 6.

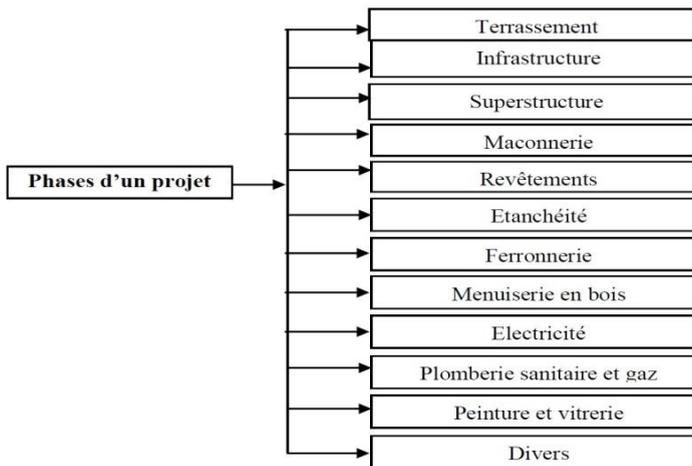


Fig. 6: Phases d'un projet immobilier

Le cahier des charges est un document contractuel décrivant ce qui est attendu du maître d'œuvre par le maître d'ouvrage. Il s'agit donc d'un document décrivant de la façon la plus précise possible, avec un vocabulaire simple, les besoins auxquels le maître d'œuvre doit répondre. Dans la mesure où seul le maître d'œuvre est réellement compétent pour proposer une solution technique appropriée, le cahier des charges doit préférentiellement faire apparaître le besoin de manière fonctionnelle, indépendamment de toute solution technique, sauf à préciser l'environnement technique dans lequel la solution demandée doit s'insérer. Il s'agit ainsi d'un document permettant d'une part de garantir au maître d'ouvrage que les livrables seront conformes à ce qui est écrit, d'autre

part d'éviter que le maître d'ouvrage modifie son souhait au fur et à mesure du projet et demande au maître d'œuvre des nouvelles fonctionnalités non prévues initialement. Un projet peut être scindé en plusieurs phases suivant:

- **Terrassement**

- 1-Terrassement de la plateforme et implantation du pavillon

Le terrain est préparé afin d'accueillir la construction. A partir des plans de l'architecte, on procède au terrassement de la plate forme. Ensuite, l'implantation sert à positionner la construction sur le terrain. On commence par marquer l'emplacement des fondations qui seront les premiers éléments réalisés.

- 2-Terrassement des fouilles (fouilles = trous creusés dans le sol)

Le sol est creusé aux emplacements où vont être réalisées les fondations.

- **Infrastructure**

- Réalisation des fondations

Dans les fouilles réalisées, on met en place des armatures en acier puis on coule Le béton. Armatures en acier + béton → Les fondations sont donc réalisées en béton armé.

- **Superstructure**

-Coffrage des éléments porteurs « poteaux, poutres, voiles »,
Coffrage des éléments secondaires « dalles, escaliers.....etc.

- **Maçonnerie**

-Monter les murs en moellons brique.

- **Revêtement**

Les revêtements servent à recouvrir une surface pour la solidifier, la protéger ou tout simplement la décorer: bardages muraux, carrelages décoratifs, terrasses, etc. Les revêtements muraux, de sols et de toitures conviennent ainsi au recouvrement, à l'entretien ou à la réparation des murs, des sols et des toitures.

- **Etanchéité**

C'est un ensemble des procédés qui rendent un ouvrage imperméable à l'eau provenant de l'extérieur et séjournant à son contact.

- **Ferronnerie**

Fabrication métallique des portes, cadres, tubes.

- **Menuiserie**

Fabrication et pose des fenêtres, portes, lucarnes.

- **Electricité**

A partir du compteur électrique, les câbles électriques sont tirés, passés dans les faux plafonds et à l'intérieur des cloisons. L'électricité doit être acheminée vers toutes les pièces du pavillon.

- **Plomberie sanitaire gaz**

La plomberie regroupe tous les matériels et les pièces servant principalement à l'assemblage des canalisations d'eau dans une habitation. Généralement, les plomberies sont faites à partir de nombreux matériaux de fabrication, tels que le PVC, le béton, l'innox... Dans la majorité des cas, la plomberie est constituée par un minimum de matériel constitué par les canalisations et les robinetteries. Pour maintenir la plomberie en bon état de marche, il existe de nombreux outils d'entretien pour plomberie tels que les clés pour sanitaires.

- **Peinture et vitre**

Elle contient: -Peinture vinylique sur murs extérieurs, sur murs intérieurs et sous plafonds, -Peinture à l'huile pour bois, vitre demi double.

- **Divers**

Cela représente différentes activités, -Réalisation d'une tête de cheminée, -Niche de Sonelgaz conforme au plan y compris porte métallique. -Réalisation d'une paillasse pour cuisine y compris murette et dalle armé, enduit au ciment, plinthe, carrelage et peinture.

Le **Tableau 1** présente les différentes opérations à effectuer avec leurs coûts, ces opérations sont réalisées selon un modèle de cahier de charges

Tableau 1: Coûts des différentes opérations d'un projet immobilier

Opérations	Coût [DA]
Terrassement	2 037 412,00
Infrastructure	6 141 830,00
Superstructure	12 554 984,00
Maçonnerie	11 784 843,50
Revêtement	17 706 120,00
Etanchéité	1 290 359,00
Ferronnerie	883 400,00
Menuiserie en bois	14 881 000,00
Electricité	3 605 210,00
Plomberie sanitaire gaz	6 259 430,00
Peinture & vitrerie	11 954 855,10
Divers	571 335,00
Total	78 371 292,6

5.3.2 Estimation du coût d'installation de l'isolant

Dans cette partie, nous allons faire une estimation de l'opération d'installation de l'isolant dans le bâtiment étudié (R+7). L'installation comprend l'injection de l'isolant dans les murs, les planchers et le remplacement des vitres normales avec des vitres en double vitrage. (**Tableau 2**)

6. RESULTATS ET ANALYSES

6.1 Simulation des deux cas (bâtiment simple et bâtiment avec isolant)

Nous avons montré l'intérêt d'utiliser l'isolant par la réduction remarquable de la valeur de déperdition. Cette dernière représente un pourcentage de l'énergie 'gaspillé'.

Tableau 3: Calcul des déperditions

Cas	Déperditions (W)	Réduction (W)	Réduction (%)
Bâtiment simple	155 623.42	126198.973	81 %
Bâtiment isolé	29 424.45		

Tableau 2: Coûts des différentes opérations d'un projet immobilier

Niveaux	Elément	S	P.U.Achat (DA/m)	P.U.Installation (DA/m)	P. Achat l'élément	P. Installation de l'élément	Prix total
8	plancher terrasse	361.888	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
7	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
6	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
5	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
4	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
3	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
2	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	210.01	1926	3210	404479.3	674132.1	
RDC	plancher étage courant	361.88	1926	1070	696996.3	387220.16	
	Vitrage	21.28	5350	5350	113848	113848	
	Mur	208.12	1926	3210	400839.1	668065.2	
Total					9314469	8721403,08	

18 035 872.06

Les résultats représentés sur le graphe nous aident à analyser plus les résultats:

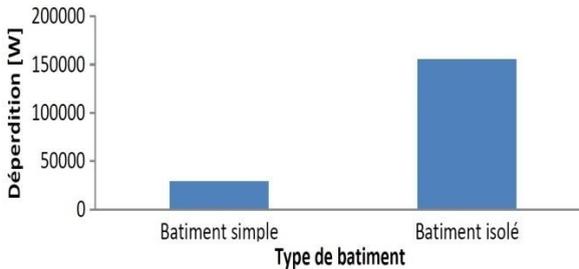


Fig. 7: Représentation graphique des résultats des déperditions pour les deux cas

D'après la figure 7, nous remarquons un pourcentage de réduction de 81% du flux total dégagé par un bâtiment simple non isolé.

L'utilisation de l'isolation dans les murs et dans les planchers, plus l'utilisation du vitrage double donne une meilleure réduction de flux, c'est-à-dire une meilleure influence et une diminution de flux total, environ (81.09 % de réduction).

6.2 Estimation de coût de l'installation de l'isolant par rapport au coût total d'un projet

Nous avons représenté les résultats obtenus de l'estimation du coût du projet, et estimation du coût de l'installation de l'isolant.

La figure 8 montre le pourcentage de chaque opération y compris l'installation de l'isolant.

D'après les résultats du graphe on remarque que l'opération d'installation de l'isolant représente que 21.7% du coût global du projet. Cette valeur sera remboursable dans peu de temps.

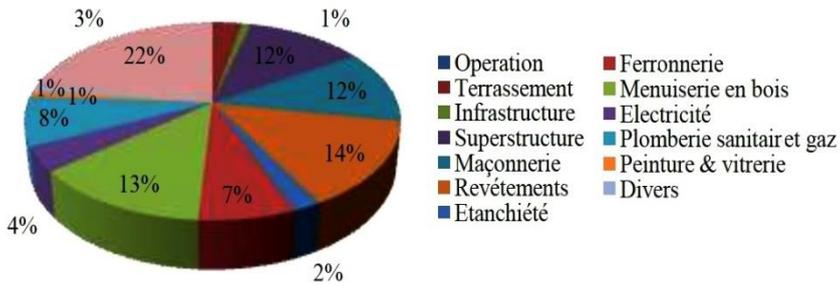


Fig. 8: Pourcentage des différentes opérations

7. CONCLUSION

L'isolation thermique est un moyen efficace pour diminuer la facture de chauffage et accroître le confort dans les différents locaux. Il existe des produits d'isolation adaptés à chaque situation: pour les murs, les planchers ou les plafonds, pour les fenêtres, pour l'intérieur ou l'extérieur. Des solutions techniques diversifiées permettent de traiter chaque cas avec efficacité [10] et [11].

En plus de réduire la consommation énergétique, l'installation d'isolant permet:

- d'offrir des garanties de performance et de qualité d'usage, de sécurité ou encore de solidité.
- de protéger l'environnement, et d'offrir d'économies financières
- d'offrir plus de confort, une meilleure qualité de vie et un rendement meilleur.

L'installation de l'isolant dans les bâtiments représente environ 20 % du budget total du projet. Il est vrai que ce pourcentage représente au début un surcoût important, mais du côté du rendement énergétique et économique, cela va nous aider à avoir des gains importants de la consommation d'énergie à long terme [12].

8. RECOMMANDATIONS

Cet exemple reflète l'état d'un seul immeuble, imaginons le gain d'énergie qu'on peut assurer, à long terme. C'est vrai que notre pays est bien classé pour son approvisionnement de gaz et de pétrole, mais il faut penser actuellement différemment. Il faut introduire la culture de l'emploi de l'isolation dans nos structures par le biais d'une politique ferme et des directives strictes de la part des organismes responsables.

Parmi les méthodes pratiques pour réduire la consommation d'énergie dans les structures, nous proposons ce qui suit:

- Faire une conception soignée 'architecture bioclimatique', c'est le rôle primordial des architectes à jouer pour obtenir des bâtiments à énergie positive.
- Réduire les pertes de chaleur à travers les parois, la ventilation et les infiltrations.
- Rechercher et gérer les apports gratuits qui sont des sources de chaleur autres que le chauffage. Il y a les apports internes: les occupants qui sont une source de chaleur à 37°C, l'électroménager (99 % de l'énergie électrique est au final transformée en chaleur par effet Joule), la cuisson, les pertes du ballon d'eau chaude sanitaire. Les apports gratuits tels que les apports solaires [13, 14].

Réduction par le vitrage: c'est vrai que les fenêtres sont nécessaires dans un bâtiment pour le confort, pour bénéficier des apports solaires, etc.

Cependant, les fenêtres constituent un véritable gouffre énergétique en hiver... . Parmi les moyens simples pour réduire les pertes, nous citons:

Différencier les façades, éviter les menuiseries métalliques, maximiser l'épaisseur de la lame d'air, utiliser des vitrages peu émissifs et utiliser de bonnes fermetures nocturnes.

NOMENCLATURE

e	, Epaisseur du ou de chaque matériau (m)
h_i	, Coefficient d'échanges superficiel intérieures (W/m ² °C)
h_e	, Coefficient d'échanges superficiel extérieures (W/m ² °C)
Q_v	, Débit spécifique de ventilation (m ³ /h)
Q_s	, Débit supplémentaire de ventilation dû à l'effet du vent, m ³ /h
R_{cond}	, Résistance thermique due à la conduction, (°C/W)
R_{conv}	, Résistance thermique due à la convection, (°C/W)
t_e	, Température extérieure de base définie, (°C)
t_i	, Température intérieure, (°C)
λ	, Conductivités thermiques utiles du ou de chaque matériau de construction, (W/m.°C)

REFERENCES

- [1] J.F. Sacadura, '*Initiation aux Transferts Thermiques*', Collection Tec & Doc, Lavoisier, 446 p., 1993.
- [2] J. Brau, '*Théorie du Conditionnement d'Air*', Institut National des Sciences Appliqués de Lyon, 1997.
- [3] C. Jean, '*Transfert de Chaleur*', Tome 1- Cours, Edition Masson, 1922.
- [4] X. Faure, K. Johannes, F. Jousselein, P. Pierson and D. Quenard, '*Couplage des Transferts de Chaleur par Convection, Chaleur Sensible et Latente dans un Système Solaire Intégré*', 18^{ème} Congrès Français de Mécanique, Grenoble, 27-31 Août 2007.
- [5] C. Jean, '*Transfert de Chaleur*', Tome 3- Corrigés de Problèmes, Edition Masson, 1922.
- [6] L. Loukarfi, '*Exercices Résolus de Conduction Thermique*', Dar El Oumma, Octobre, 2002.
- [7] C. Inard, P. Depecker et J. Roux, '*Un Modèle Simplifié pour la Prédiction du Champ de Température dans les Bâtiments*', Revue Générale de Thermique, Vol. 36, N°2, pp. 113 - 123, 1997.
- [8] Ministère de l'Urbanisme et de la Construction, '*Charges Permanentes et Charges d'Exploitation, DTR 2.2 C2, Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment*.
- [9] N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyamine et S. Larbi, '*Influence des Caractéristiques Dynamiques de l'Enveloppe d'un Bâtiment sur le Confort Thermique au Sud Algérien*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 - 34, 2008.
- [10] G.A. Florides, S.A. Tassou, S.A. Kalogirou and L.C. Wrobel, '*Measures Used to Lower Building Energy Consumption and Their Cost Effectiveness*', Applied Energy, Vol. 73, N°3, pp. 299 -328, 2002.
- [11] S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz et A. Cheknane, '*Etude par Simulation de l'Effet d'Isolation Thermique d'une Pièce d'un Habitat dans la Région de Ghardaïa*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 10, N°2, pp. 281 - 292, 2007.

- [12] F.F. Al-Ajmi and V.I. Hanby, '*Simulation of Energy Consumption for Kuwaiti Domestic Buildings*', Energy and Buildings, Vol. 40, N°6, pp. 1101 – 1109, 2008.
- [13] S.A. Klein, W.A. Beckman and J.A. Duffie, '*TRNSYS - A Transient Simulation Program*', ASHRAE Transactions, Vol. 82, N°1, pp. 623 - 633, 1976.
- [14] B. Moujalled, R. Cantin et G. Guarracino, '*Contraintes du Confort d'Eté, Lors de la Réhabilitation d'un Lycée*', 2^{ème} Congrès Méditerranéen, CLIMAMED, Madrid, Spain, Fev. 2005.