

Effet de l'isolation thermique par un nouveau matériau composite plâtre-alfa sur la consommation énergétique d'un bâtiment individuel

A. LACHHEB*, M. EL MARHOUNE, R. SAADANI, R. AGOUNOUN, M. RAHMOUNE, K. SBAI.

Laboratoire d'Etude des Matériaux Avancés et Applications, Équipe Matériaux Avancés et Systèmes Energétiques
FS-EST Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc
Auteur correspondant : lachhebamine2013@gmail.com

Résumé

L'efficacité énergétique dans les bâtiments et l'isolation thermique des enveloppes constituent un domaine de recherche très important et ont connu un grand développement ces dernières années. De plus, plusieurs recherches s'intéressent beaucoup à l'utilisation de nouveaux matériaux biosourcés pour améliorer l'isolation thermique dans le bâtiment.

L'objectif visé dans le cadre de ce travail est l'obtention d'un niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'introduction d'un matériau biosourcé (plâtre-alfa) dans l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique.

Le bâtiment étudié est modélisé sous le logiciel TRNSYS en utilisant les données climatiques de la ville de Meknès. Les résultats obtenus montrent qu'une isolation thermique de la toiture par 4 cm de plâtre-alfa avec 5% d'alfa peut réduire jusqu'à 5% le besoin énergétique du bâtiment.

Mots clés : Enduit plâtre-alfa, Méthode des boîtes, Bilan énergétique, Modèle TRNSYS, Simulation thermique dynamique.

1. Introduction

La réduction des consommations énergétiques est un défi majeur de notre temps. Au Maroc, le bâtiment représente l'un des secteurs les plus énergivores avec 25 % de la consommation énergétique finale, dont 18 % réservée au résidentiel et le reste pour le tertiaire. De ce fait, l'allègement de la facture énergétique constitue un axe d'intervention prioritaire pour l'Etat par l'instauration d'une politique d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment à travers l'application d'une réglementation thermique coordonnée par l'agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (ADEREE) [4].

Les techniques utilisées pour l'isolation thermique ont pour objectif d'assurer et de garantir, dans le bâtiment, un meilleur confort thermique quelques soient les conditions climatiques. De nombreux paramètres influencent le comportement thermique du bâtiment (caractéristiques de l'enveloppe, gestion de la ventilation, du chauffage, occupation, météo...).

Dans ce travail, on propose d'étudier l'effet de l'isolation thermique du toit par l'enduit plâtre-alfa sur la consommation énergétique d'un bâtiment individuel situé à Meknès.

Pour la réalisation de cette étude, on a eu recours au logiciel TRNSYS, qui est un outil de simulation thermique dynamique puissant et précis permettant de prédire le comportement thermique du bâtiment et des systèmes qui lui sont associés.

2. Bilan énergétique

Le bilan énergétique en chaque nœud du réseau est illustré sur la Figure 1 [5].

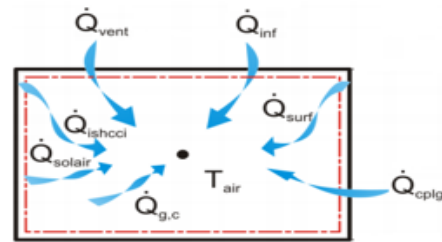


Figure 1 : Bilan énergétique en un nœud – TRNSYS.

Il peut être exprimé comme suit :

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{inf,i} + \dot{Q}_{vent,i} + \dot{Q}_{cplg,i} + \dot{Q}_{g,c,i} + \dot{Q}_{surf,i} \quad (1)$$

Où :

- \dot{Q}_i est le flux énergétique global pour le nœud i ,
- $\dot{Q}_{inf,i}$ est le flux énergétique provenant des infiltrations d'air de l'extérieur vers le nœud i :

$$\dot{Q}_{inf,i} = \dot{V}_{inf,i} \cdot \rho_0 \cdot C_p \cdot (T_0 - T_i) \quad (2)$$

- $\dot{Q}_{vent,i}$ est le flux énergétique induit par la ventilation du ou des locaux composant le nœud i via des systèmes HVAC :

$$\dot{Q}_{vent,i} = \dot{V}_{vent,i} \cdot \rho_{vent} \cdot C_p \cdot (T_{vent,i} - T_{air,i}) \quad (3)$$

- $\dot{Q}_{cplg,i}$ correspond aux flux énergétiques dus aux transferts aérauliques du nœud j vers le nœud i :

$$\dot{Q}_{cplg,i} = \sum_j \dot{V}_{j,i} \cdot \rho_j \cdot C_p \cdot (T_j - T_i) \quad (4)$$

- $Q_{g,c,i}$ représente les gains énergétiques internes dus aux équipements et à la présence humaine dans le nœud i définis par l'opérateur,
- $Q_{surf,i}$ est le flux énergétique net de chaque surface délimitant le nœud i vers ce dernier.

Les termes $\dot{Q}_{inf,i} + \dot{Q}_{vent,i} + \dot{Q}_{cplg,i}$ correspondent aux déperditions énergétiques par ventilation et infiltration, appliquées à la zone d'étude. Le terme $Q_{g,c,i}$ peut être assimilé aux apports calorifiques internes. Enfin, le terme $Q_{surf,i}$ regroupe les transferts de chaleur à travers les parois.

3. Etude thermique du bâtiment

3.1 Description du bâtiment

Le bâtiment est un rez de chaussée de 80 m² de surface orienté vers le Sud, situé à Meknès avec les coordonnées géographiques suivantes : Latitude 33°9 N, Longitude 5°5 W, Altitude 549 m. La façade Sud comporte deux fenêtres de 1.8 m² chacune.

La composition des parois constituant le bâtiment est décrite dans le tableau ci-dessous :

Murs Extérieurs	Plancher bas	Toiture
Mortier : 2cm	Béton : 10cm	Plâtre : 4cm
Brique : 12cm	Mortier : 5cm	Hourdis : 16cm
Lame d'air : 5cm	Carrelage : 1 cm	Béton : 10cm
Brique : 10cm	-	Mortier : 4cm
Mortier : 2cm	-	Carrelage : 1cm

Tab.1 : Composition des parois du bâtiment.

Le vitrage est double avec un coefficient de transmission égal à 2.95 (W/m².K).

Les propriétés thermophysiques des murs et du toit sont données dans le tableau ci-dessous [3] :

Matériaux de construction	Caractéristiques des matériaux		
	λ (w/m.k)	C_p (kj/kg.k)	ρ (kg/m ³)
Mortier ciment	1.15	1	1700
Brique creuse	1.15	0.878	1800
Lame d'air	0.026	1.007	1.204
Béton	1.75	0.653	2100
Hourdis	1.23	0.65	1300
Enduit plâtre	0.351	1	1500
Carrelage	1.75	0.70	2300

Tab.2 : Propriétés thermophysiques des matériaux de construction.

3.2 Calcul des déperditions thermiques

Pour améliorer les conditions de chauffage et de climatisation de ce bâtiment et le rendre plus confortable avec le moindre prix possible, il faut connaître parmi toutes les parois celle qui dégage la plus grande quantité de chaleur. Pour cela, une étude préliminaire du bilan

thermique du bâtiment est effectuée à l'aide du logiciel TRNSYS durant toute l'année dans la ville de Meknès.

Orientation du mur	Flux de chaleur (Kw)	Gain (%)
Mur Sud	16842.45	10.37
Mur Nord	6966.55	4.29
Mur Est	20934.58	12.89
Mur Ouest	21173.78	13.04
Toiture	95458.42	58.80
Fenêtres Sud	962.48	0.59

Tab.3 : Flux de chaleur des parois.

D'après ce tableau, on constate que la toiture constitue la 1^{ère} zone de perte de chaleur ($\approx 58.8\%$) et doit être isolée en priorité, l'air chaud monte et si la toiture est mal isolée, les pertes énergétiques sont importantes.

3.3 Isolation de la toiture

L'augmentation de l'inertie thermique de la toiture par l'ajout d'un isolant, joue un rôle très important sur la diminution des déperditions thermiques et par conséquence, la diminution de la consommation énergétique.

Dans ce travail, une isolation par un matériau biosourcé plâtre-alfa a été effectuée [1]. Les propriétés thermophysiques de l'isolant ont été caractérisées expérimentalement par la méthode des boîtes à l'aide du dispositif EI700 mis au point par le Laboratoire d'Etudes Thermiques et Solaires de l'Université Claude Bernard de Lyon [2] [6] (Tab.4).

Matériaux	Propriétés thermophysiques		
	λ (W/m.k)	C_p (kj/kg.k)	ρ (Kg/m ³)
Plâtre	0.5	1.138	1150
Plâtre+1.3% alfa	0.277	1.189	1152
Plâtre + 5% alfa	0.228	1.256	1157

Tab.4 : Propriétés thermophysiques du plâtre-alfa.

4. Simulation thermique dynamique du bâtiment

4.1 Modélisation sous TRNSYS

Le comportement thermique du bâtiment est simulé à travers une modélisation transitoire (type 56) avec un pas de temps de 1 heure. TRNBuild est utilisé pour saisir les informations nécessaires à la simulation du bâtiment à travers la description de l'enveloppe (Matériaux, Épaisseur des couches, et les paramètres thermophysiques), les fenêtres, le chauffage/climatisation, la ventilation, l'infiltration, les gains, le taux d'occupation de la maison... Les hypothèses que nous avons adoptées pour la simulation sont :

- La température et l'humidité initiales sont prises égales à 20°C et 50% respectivement.

- La génération interne est nul (bâtiment inoccupé).
- L'effet des ponts thermiques et de l'ombrage ne sont pas pris en compte.

Les besoins de chauffage et de climatisation du bâtiment sont déduits en s'appuyant sur une température de consigne de 20°C pour le chauffage et 26°C pour la climatisation selon la norme marocaine NM ISO 7730 RTCM [4].

4.2 Résultats et discussion

Afin de déterminer l'effet de l'isolation thermique du toit par l'enduit plâtre-alfa sur la consommation énergétique du bâtiment étudié, des simulations à l'aide du logiciel TRNSYS ont été faites.

La figure 2 illustre la température du toit durant toute l'année pour chaque configuration :

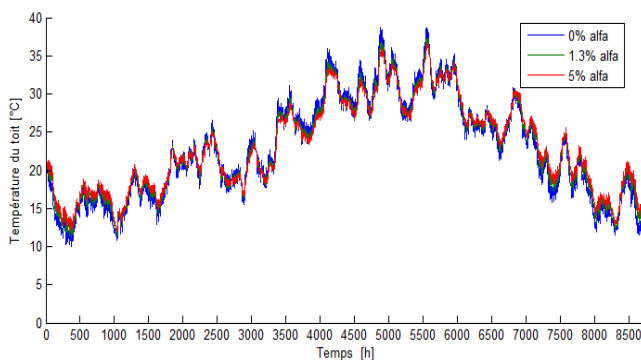


Figure 2 : Evolution de la température du toit pour les différentes configurations étudiées.

L'introduction des fibres d'alfa dans le plâtre a été testée dans le cas du plancher haut. On constate que l'introduction de 5% de fibres d'alfa a permis un abaissement considérable de la température intérieure. Par exemple pour le 21 Juin, avec le plâtre, la température ambiante fluctue entre un minimum de 32.51 °C et un maximum de 34.78 °C, soit une amplitude de 2.26 °C. Tandis qu'avec l'ajout de 5% de fibre d'alfa, la température intérieure varie entre un minimum de 32.4 °C et un maximum de 33.26 °C, soit une amplitude de 0.86 °C.

Les figures 3 et 4 présentent les besoins en chauffage et en refroidissement des différentes configurations durant la période de la simulation.

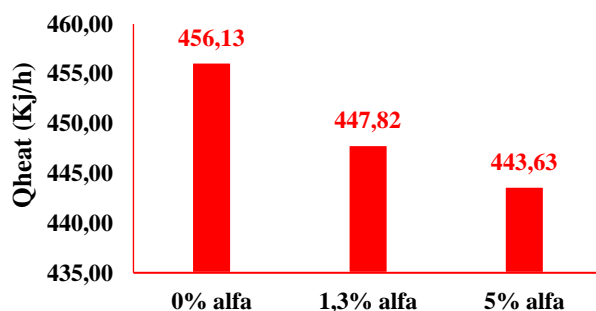


Figure 3 : Charges de chauffage du bâtiment pendant la période hivernale pour les trois configurations étudiées.

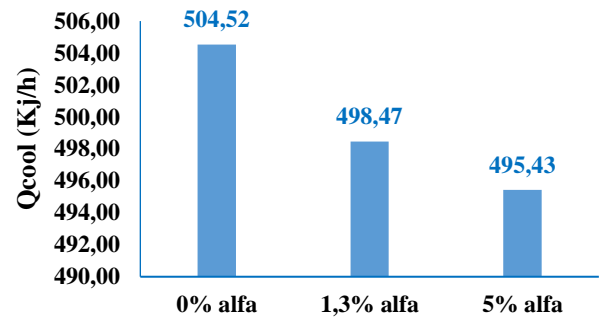


Figure 4 : Charges de refroidissement du bâtiment pendant la période estivale pour les trois configurations étudiées.

En se basant sur les résultats des simulations, l'isolation du toit par de l'enduit plâtre-alfa avec 5% d'alfa a réduit la demande moyenne en puissance de chauffage de 3% et celle de la climatisation de 2% par rapport à la 1^{ère} configuration (plâtre sans alfa).

5. Conclusion

Dans ce travail, nous avons présenté l'influence et l'impact de l'ajout des fibres d'alfa au plâtre sur le besoin de chauffage et de climatisation pour une maison située à Meknès. Ces travaux de recherche permettent d'identifier quelques critères qui sont très intéressants pour améliorer la qualité des matériaux de construction en termes d'isolation thermique. En résumé, les matériaux biosourcés jouent le rôle d'une barrière thermique, ce qui permet de réduire les besoins de chauffage et climatisation.

Références

- [1] Yassine Elhamdouni et al, *Effect of fiber alfa on thermophysical characteristics of a material based on clay*, International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15 Energy Procedia 74 (2015) 718 – 727.
- [2] Jannot Y, Remy B, Degiovanni A. *Measurement of thermal conductivity and thermal resistance with a Tiny Hot Plate*. High Temp High Pressures 2009; 39(1):11–31.
- [3] A. LACHHEB et al, *Evaluation des besoins énergétiques de chauffage et climatisation d'un bâtiment pour le site de Meknès*, 9^{ème} Journées d'Optique et du Traitement de l'Information (JOTIM 2016) Errachidia, ISBN 978-9954-38-635-4.
- [4] Règlement Thermique de Construction au Maroc, ADEREE Maroc.
- [5] A TRaNsient SYstem Simulation program (TRNSYS 17). Multizone Building modeling with Type 56.
- [6] Bulletin technique, Cellule de mesure des caractéristiques thermophysiques des matériaux, EI700.