

Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa

S.M.A. Bekkouche¹, T. Benouaz² et A. Chekname³

¹ Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables. URAER. Ghardaïa,
B.P. 88, ZI, G. Taam, Ghardaïa, Algérie

² Laboratoire de Physique Electronique et Modélisation,
Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen, Algérie

³ Laboratoire d'Etude & Développement des Matériaux Semiconducteurs et Diélectriques,
Université Amar Telidji, Laghouat, Algérie

(reçu le 25 Mai 2007 – accepté le 25 Juin 2007)

Résumé – *Le but de cet article, est l'étude thermique d'une pièce d'un habitat situé dans la région de Ghardaïa. Adapté au climat de cette région, l'habitat est doté d'une isolation thermique sous la réaction des potentiels importants d'énergie (soleil, vent...) disponibles dans ce site saharien. D'où la nécessité des systèmes mécaniques de chauffage, de climatisation et de ventilation incorporant plusieurs éléments recherchés et assurant un confort maximum en plus d'une sécurité énergétique complète et compatible avec l'environnement. Nos résultats de simulation nous ont permis de réduire les gains et favoriser les déperditions solaires d'été et de déphaser les variations de température.*

Abstract - *The aim of this article, is to present a study of a piece housing located in Ghardaia. Adapted to its area climate, the urban housing is equipped with heat insulation thanks to the important potentials of energy (sun, wind...) available in this Saharan site. from where the need of heating mechanical systems, air-conditioning and ventilation incorporating several required elements and ensuring a maximum comfort with a complete energetic safety which is compatible with the environment. Our results simulation enabled us to reduce the gain and to support the solar losses of summer, and to diphaser the variations in temperature.*

Mots Clés: Isolation thermique – Habitats solaires – Murs – Simulation numérique – Polystyrène – Température.

1. INTRODUCTION

L'architecture bioclimatique est un concept de construction qui conjugue l'architecture de la maison ou d'un habitat, les conditions climatiques, le site de construction et les matériaux utilisés. Une harmonie est recherchée afin d'obtenir une habitat conçu pour être autant agréable l'été que l'hiver. La conception d'une maison par exemple est étudiée pour capter le rayonnement solaire en hiver et s'en protéger en période estivale, ce qui permet de faire de grandes économies d'énergie (chauffage, éclairage, climatisation) et de bénéficier d'un confort élevé.

Au delà d'une certaine limite, l'isolation thermique permet en même temps d'accroître votre confort et de réduire vos consommations d'énergie de chauffage. Mais ce n'est pas tout, l'isolation est également bénéfique pour l'environnement, car elle favorise la diminution des émissions de polluants. Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes pratiques, économiques et écologiques. Elle permet aussi d'améliorer l'isolation acoustique. Les techniques utilisées ont pour objet d'assurer et de garantir dans l'habitat une température intérieure constante désirée quelque soit la température extérieure.

Un système de chauffage écologique est alimenté par une source d'énergie renouvelable (bois, solaire, géothermie). Le choix d'appareils à haut rendement est nécessaire pour éviter les consommations superflues [1].

Ghardaïa, oasis sahariennes situées au Sud de la capitale (600 km), ces régions connues par leur climat aride caractérisé par le manque des précipitations (160 mm/an) et la raréfaction des

terres agricoles, des températures diurnes très élevées en été, et des températures basses en hiver (gelées durant les mois de décembre à mi-février) [2].

L'objectif de cet article, est d'étudier et d'analyser l'effet de l'isolation thermique, durant une période très chaude, sur une pièce (salon) d'un habitat situé dans la région de Ghardaïa.

2. PRINCIPES POUR MIEUX GERER LE CONFORT THERMIQUE D'UNE HABITATION

Les transferts de chaleur se font spontanément d'un corps chaud vers un corps plus froid. Le confort thermique écologique consiste entre autres à réguler ingénieusement ces transferts [3-5].

1. *Transferts de chaleur par convection* - Ils sont freinés par l'isolation. Une bonne isolation valorise efficacement les apports de chauffage même ponctuels.

2. *Transferts de chaleur par conduction* - Les matériaux qui ont la capacité d'absorber de la chaleur avec la possibilité de la restituer ultérieurement possèdent une qualité d'inertie. Cette propriété joue le rôle de tampon thermique qui s'oppose aux variations brusques de température.

3. *Transferts de chaleur par rayonnement* - Des baies vitrées ou une véranda au sud font gagner quelques degrés précieux, lors des journées hivernales ensoleillées.

4. *Transfert de chaleur par évaporation* - Un air sec est plus facile à réchauffer qu'un air chargé de vapeur d'eau. Les maisons économes en énergie utilisent des matériaux perméables à la vapeur d'eau. L'évacuation naturelle des excès d'humidité réduit ainsi les besoins de chauffage.

3. PLAN DESCRIPTIF DE SALON

Afin de déterminer les différentes températures dans le salon, il est utile d'établir le bilan énergétique de la pièce où nous nous intéressons essentiellement à la température intérieure. Cette dernière sera confrontée avec celle fournie en considérant que les murs exposés au soleil seront ombragés et recouverts par une couche isolante. Dans ce cadre, nous avons jugé indispensable d'utiliser le plan de la maison pour le dimensionnement et la caractérisation de la pièce (Fig. 1-4).

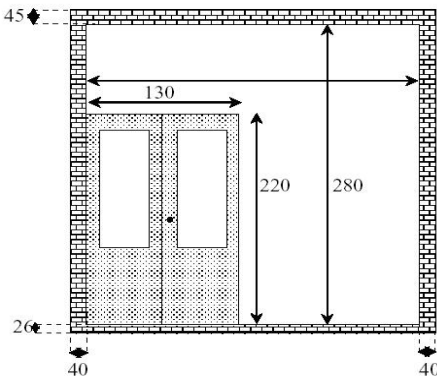


Fig. 1: Mur Nord

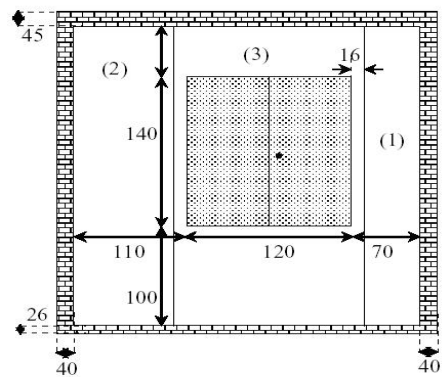


Fig. 2: Mur Sud

4. ETUDE THERMIQUE APPROPRIÉE DE LA PIÈCE (PÉRIODE D'ÉTÉ)

Pour faire cette étude, quelques hypothèses spécifiques ont été établies :

- L'écoulement est unidirectionnel à travers les différentes couches du mur.
- Le régime est permanent, lorsque le passage du flux se fait d'une couche vers l'autre couche. Le stockage d'énergie dans un corps correspond à une augmentation de son énergie.

- On considère aussi que la distribution de la température d'un plancher fin qui se situe au milieu de chaque couche est uniforme, c'est-à-dire que la température ne dépend pas des coordonnées cartésiennes. Il est nécessaire aussi, de connaître le profil de température de chaque surface de la pièce pour identifier les directions de transfert de chaleur avec les autres surfaces.

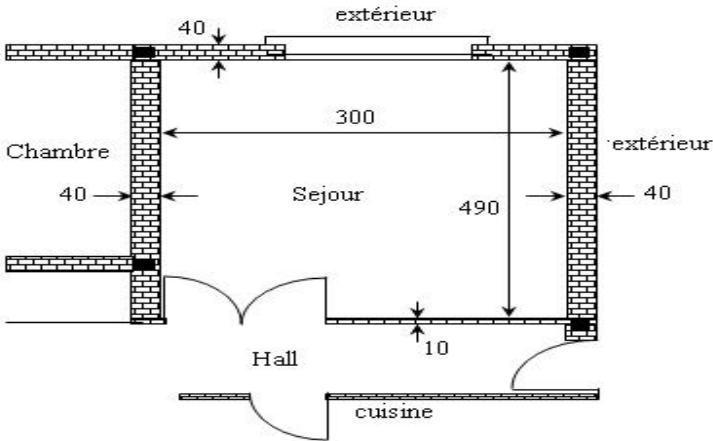


Fig. 3: Position du salon

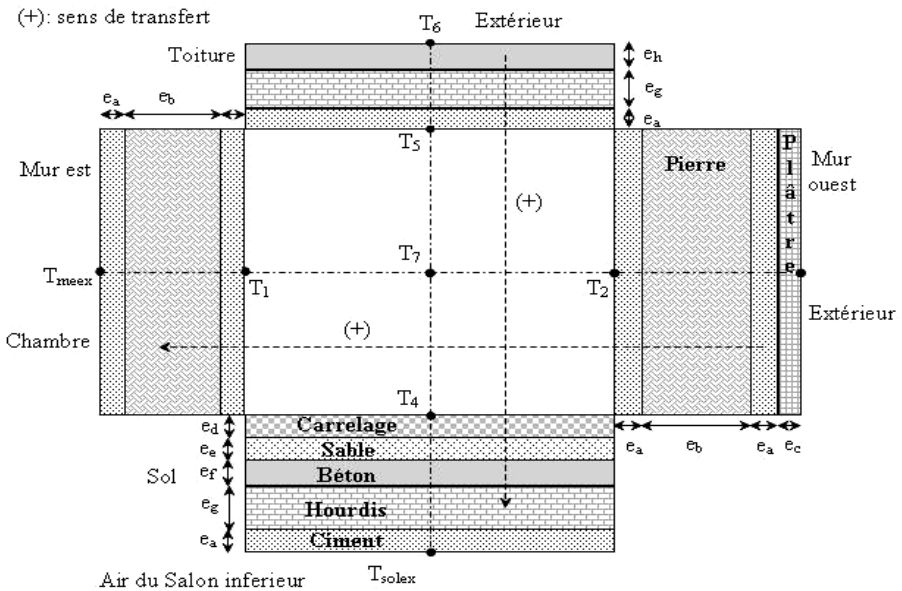


Fig. 4: Coupe longitudinale

Des remarques préliminaires sur le dispositif (la pièce) nous ont conduit à juger et de conclure que :

$$T_{\text{toit}} > T_{\text{mursud}} > T_{\text{murouest}} > T_{\text{sol}} > T_{\text{murest}} > T_{\text{murmord}}$$

- Conditions environnantes

$$T_{1414} = 22^{\circ}\text{C}, T_{44} = 23^{\circ}\text{C}, T_{11} = 22,5^{\circ}\text{C}, T_p = 23^{\circ}\text{C}, T_f = 26,5^{\circ}\text{C}$$

- Conditions initiales

$$(T_{10}, T_{20}, T_{30}, T_{40}, T_{50}, T_{60}, T_{70}, T_{80}, T_{90}, T_{100}, T_{110}, T_{120}, T_{130}, T_{140}) = (23,5; 26; 27; 24; 27; 28; 23; 26,5; 27,5; 26,5; 27,5; 26,5; 27; 23)$$

Les équations mathématiques régissant les différents bilans sont données par :

*** Bilan énergétique du mur Est**

$$\frac{dT_1}{dt} = \frac{1}{\rho_1 v_1 C_1} \left[\begin{array}{l} Q_{r5\ 1} + Q_{r8\ 1} + Q_{r10\ 1} + Q_{r12\ 1} + Q_{r2\ 1} + Q_{r4\ 1} - Q_{r1\ 4} - Q_{r1\ p} + Q_{rf\ 1} \\ - \frac{(T_1 - T_{meex}) S_{me}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b)} - Q_{cv7\ 1} \end{array} \right] \quad (1)$$

*** Bilan énergétique du mur Ouest**

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{1}{\rho_2 v_2 C_2} \left[\begin{array}{l} -Q_{r2\ 1} - Q_{r2\ 4} - Q_{r2\ 14} + Q_{r5\ 2} + Q_{r8\ 2} + Q_{r12\ 2} + Q_{r10\ 2} - Q_{r2\ p} + Q_{rf\ 2} \\ - \frac{(T_3 - T_2) S_{mo}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} - Q_{cv2\ 7} \end{array} \right] \quad (2)$$

*** Bilan énergétique de la face extérieure du mur Ouest**

$$\frac{dT_3}{dt} = \frac{1}{\rho_3 v_3 C_3} \left[\begin{array}{l} \alpha_{platre} S_{mo} G_{mo} - \frac{(T_3 - T_2) S_{mo}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} + h_{r3ciel} S_{mo} (T_{ciel} - T_3) \\ + h_{r3s} S_{mo} (T_s - T_3) + h_{cv3aie} S_{mo} (T_{am} - T_3) \end{array} \right] \quad (3)$$

*** Bilan énergétique du sol**

$$\frac{dT_4}{dt} = \frac{1}{\rho_4 v_4 C_4} \left[\begin{array}{l} -Q_{r4\ 1} + Q_{r2\ 4} + Q_{r5\ 4} + Q_{r8\ 4} + Q_{r10\ 4} + Q_{r12\ 4} - Q_{r4\ 14} - Q_{r4\ p} + Q_{rf\ 4} \\ - \frac{(T_4 - T_{solex}) S_{me}}{(e_a/\lambda_a) + (e_d/\lambda_d) + (e_e/\lambda_e) + (e_f/\lambda_f) + (e_g/\lambda_g)} + Q_{cv7\ 4} \end{array} \right] \quad (4)$$

*** Bilan énergétique du toit**

$$\frac{dT_5}{dt} = \frac{1}{\rho_5 v_5 C_5} \left[\begin{array}{l} -Q_{r5\ 1} - Q_{r5\ 2} - Q_{r5\ 4} - Q_{r5\ 8} - Q_{r5\ 10} - Q_{r5\ 12} - Q_{r5\ 14} - Q_{r5\ p} - Q_{r5\ f} \\ - \frac{(T_6 - T_5) S_t}{(e_a/\lambda_a) + (e_h/\lambda_h) + (e_g/\lambda_g)} + Q_{cv5\ 7} \end{array} \right] \quad (5)$$

*** Bilan énergétique de la face extérieure de la toiture**

$$\frac{dT_6}{dt} = \frac{1}{\rho_6 v_6 C_6} \left[\begin{array}{l} \alpha_{ciment} S_t G_t - \frac{(T_6 - T_5) S_t}{(e_a/\lambda_a) + (e_h/\lambda_h) + (e_g/\lambda_g)} + h_{r6ciel} S_t (T_{ciel} - T_6) \\ + h_{cv6aie} S_t (T_{am} - T_6) \end{array} \right] \quad (6)$$

*** Bilan énergétique de l'air intérieur de la pièce**

$$\frac{dT_7}{dt} = \frac{1}{\rho_7 v_7 C_7} \left[-Q_{cv7\ 1} + Q_{cv2\ 7} - Q_{cv5\ 7} + Q_{cv8\ 7} + Q_{cv10\ 7} + Q_{cv12\ 7} - Q_{cv7\ 14} - Q_{cvf\ 7} - Q_{cv7\ p} \right] \quad (7)$$

*** Bilan énergétique du mur Sud 1**

$$\frac{dT_8}{dt} = \frac{1}{\rho_8 v_8 C_8} \left[\begin{array}{l} -Q_{r8\ 1} - Q_{r8\ 2} - Q_{r8\ 4} + Q_{r5\ 8} - Q_{r8\ 14} - Q_{r8\ p} - Q_{cv8\ 7} \\ - \frac{(T_9 - T_8) S_{msl}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} \end{array} \right] \quad (8)$$

*** Bilan énergétique de la face extérieure du mur Sud 1**

$$\frac{dT_9}{dt} = \frac{1}{\rho_9 v_9 C_9} \left[\alpha_{\text{platre}} S_{\text{msl}} G_{\text{ms}} - \frac{(T_9 - T_8) S_{\text{msl}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} + h_{r9\text{ciel}} S_{\text{msl}} (T_{\text{ciel}} - T_9) \right. \\ \left. + h_{r9\text{sol}} S_{\text{msl}} (T_{\text{solex}} - T_9) + h_{\text{cv6aiex}} S_{\text{msl}} (T_{\text{am}} - T_9) \right] \quad (9)$$

*** Bilan énergétique du mur Sud 3**

$$\frac{dT_{10}}{dt} = \frac{1}{\rho_{10} v_{10} C_{10}} \left[-Q_{r10\ 1} - Q_{r10\ 2} - Q_{r10\ 4} + Q_{r5\ 10} - Q_{r10\ 14} - Q_{r10\ p} - Q_{\text{cv10}\ 7} \right. \\ \left. - \frac{(T_{11} - T_{10}) S_{\text{ms3}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b)} \right] \quad (10)$$

*** Bilan énergétique de la face extérieure du mur Sud 3**

$$\frac{dT_{11}}{dt} = \frac{1}{\rho_{11} v_{11} C_{11}} \left[\alpha_{\text{ciment}} S_{\text{ms3}} G_{\text{ms}} - \frac{(T_{11} - T_{10}) S_{\text{ms3}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b)} + h_{r11\text{ciel}} S_{\text{ms3}} (T_{\text{ciel}} - T_{11}) \right. \\ \left. + h_{r11\text{sol}} S_{\text{ms3}} (T_{\text{solex}} - T_{11}) + h_{\text{cv11aiex}} S_{\text{ms3}} (T_{\text{am}} - T_{11}) \right] \quad (11)$$

*** Bilan énergétique du mur Sud 2**

$$\frac{dT_{12}}{dt} = \frac{1}{\rho_{12} v_{12} C_{12}} \left[-Q_{r12\ 1} - Q_{r12\ 2} - Q_{r12\ 4} + Q_{r5\ 12} - Q_{r12\ 14} - Q_{r12\ p} - Q_{\text{cv12}\ 7} \right. \\ \left. - \frac{(T_{13} - T_{12}) S_{\text{ms2}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} \right] \quad (12)$$

*** Bilan énergétique de la face extérieure du mur Sud 2**

$$\frac{dT_{13}}{dt} = \frac{1}{\rho_{13} v_{13} C_{13}} \left[\alpha_{\text{platre}} S_{\text{ms2}} G_{\text{ms}} - \frac{(T_{13} - T_{12}) S_{\text{ms2}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} + h_{r13\text{ciel}} S_{\text{ms2}} (T_{\text{ciel}} - T_{13}) \right. \\ \left. + h_{r13\text{sol}} S_{\text{ms2}} (T_{\text{solex}} - T_{13}) + h_{\text{cv13aiex}} S_{\text{ms2}} (T_{\text{am}} - T_{13}) \right] \quad (13)$$

*** Bilan énergétique du mur Nord**

$$\frac{dT_{14}}{dt} = \frac{1}{\rho_{14} v_{14} C_{14}} \left[Q_{r1\ 14} + Q_{r2\ 14} + Q_{r4\ 14} + Q_{r5\ 14} + Q_{r8\ 14} + Q_{r10\ 14} + Q_{r12\ 14} \right. \\ \left. + Q_{r\text{f}\ 14} + Q_{\text{cv14}\ 7} - \frac{(T_{14} - T_{\text{mnex}}) S_{\text{mn}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_i/\lambda_i)} \right] \quad (14)$$

*** Isolation des murs exposés au soleil (mur ouest, mur sud et la toiture) par 6 cm du polystyrène**

Les modifications dans le bilan thermique global de la pièce seront au niveau des équations (2), (3), (5), (6), (8), (9), (10), (11), (12) et (13).

$$\frac{(T_3 - T_2) S_{\text{mo}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} \longrightarrow \frac{(T_3 - T_2) S_{\text{mo}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c) + (e_{\text{isolant}}/\lambda_{\text{isolant}})} \quad (15)$$

$$\frac{(T_6 - T_5) S_t}{(2e_a/\lambda_a) + (e_h/\lambda_h) + (e_g/\lambda_g)} \longrightarrow \frac{(T_6 - T_5) S_t}{(2e_a/\lambda_a) + (e_h/\lambda_h) + (e_g/\lambda_g) + (e_{\text{isolant}}/\lambda_{\text{isolant}})} \quad (16)$$

$$\frac{(T_9 - T_8) S_{\text{msl}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} \longrightarrow \frac{(T_9 - T_8) S_{\text{msl}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c) + (e_{\text{isolant}}/\lambda_{\text{isolant}})} \quad (17)$$

$$\frac{(T_{11} - T_{10}) S_{\text{ms3}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b)} \longrightarrow \frac{(T_{11} - T_{10}) S_{\text{ms3}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_{\text{isolant}}/\lambda_{\text{isolant}})} \quad (18)$$

$$\frac{(T_{13} - T_{12}) S_{\text{ms2}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c)} \longrightarrow \frac{(T_{13} - T_{12}) S_{\text{ms2}}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_c/\lambda_c) + (e_{\text{isolant}}/\lambda_{\text{isolant}})} \quad (19)$$

*** Isolation de tous les murs de la pièce par 6 cm de polystyrène**

En plus des modifications précédentes, d'autres modifications sont ainsi apportées au niveau des équations (1) et (14), on obtient donc :

$$\frac{(T_1 - T_{11}) S_{me}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b)} \longrightarrow \frac{(T_1 - T_{11}) S_{ms}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_b/\lambda_b) + (e_{isolant}/\lambda_{isolant})} \tag{20}$$

$$\frac{(T_{14} - T_{1414}) S_{mn}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_i/\lambda_i)} \longrightarrow \frac{(T_{14} - T_{1414}) S_{mn}}{(2e_a/\lambda_a) + (e_i/\lambda_i) + (e_{isolant}/\lambda_{isolant})} \tag{21}$$

5. RESULTATS DE LA SIMULATION NUMERIQUE

Les résultats que nous avons obtenus par simulation sont illustrés sur les figures suivantes :

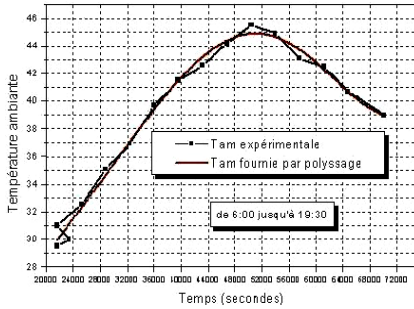


Fig. 5: Température ambiante

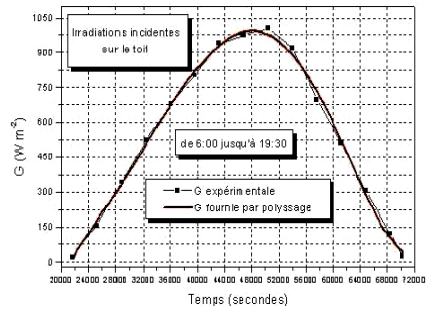


Fig. 6: Rayonnement solaire incident sur le toit

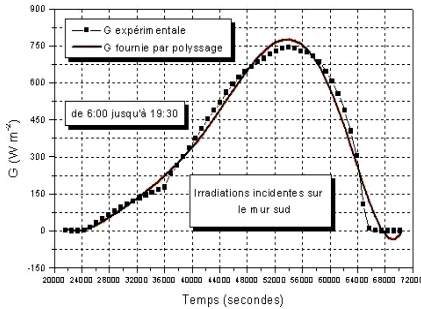


Fig. 7: Rayonnement solaire sur le mur Sud

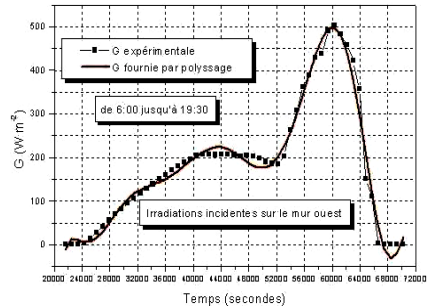


Fig. 8: Rayonnement solaire sur le mur Ouest

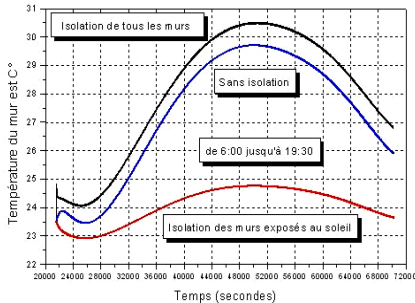


Fig. 9: Température du mur Est

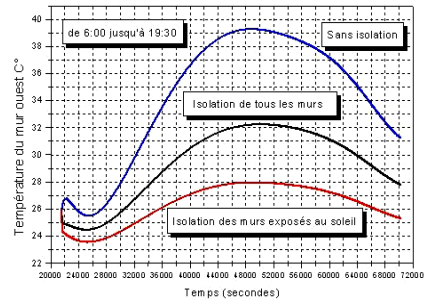


Fig. 10: Température du mur Ouest

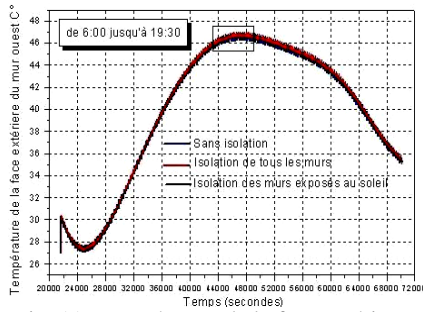


Fig. 11: Température de la face extérieure du mur Ouest

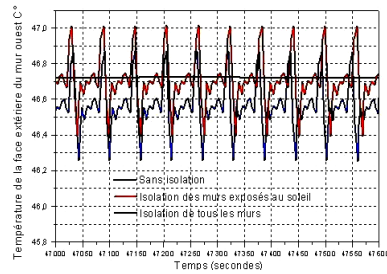


Fig. 12: Zoom sur la température de la face extérieure du mur Ouest

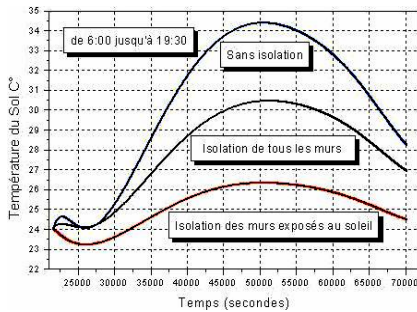


Fig. 13: Température du sol

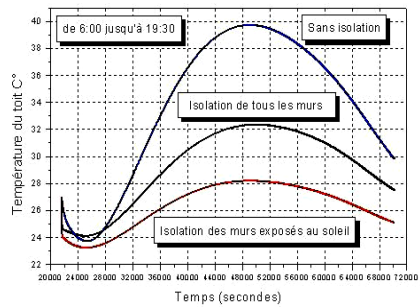


Fig. 14: Température du toit

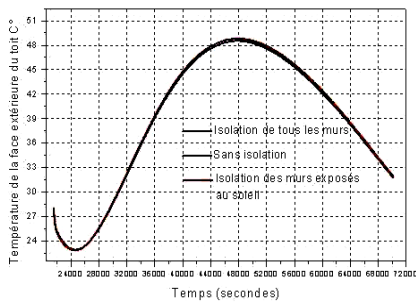


Fig. 15: Température de la face extérieure du toit

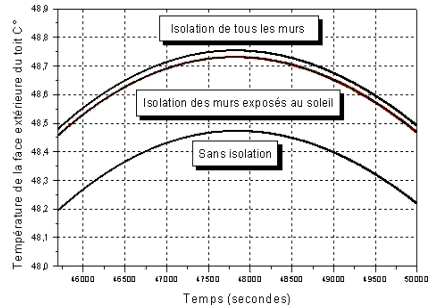


Fig. 16: Température de la face extérieure du toit

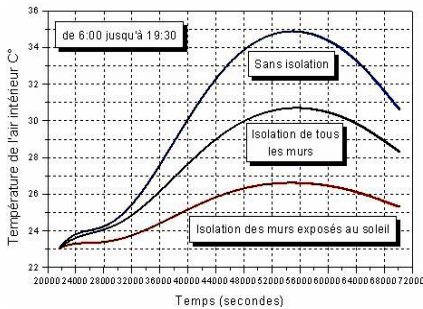


Fig. 17: Température de l'air intérieur de la pièce

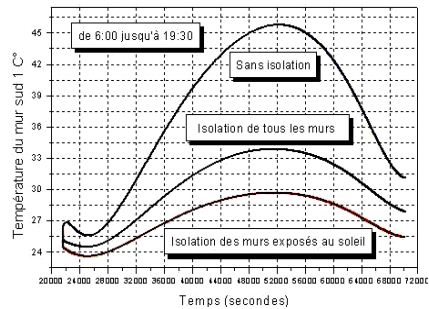


Fig. 18: Température du mur Sud 1

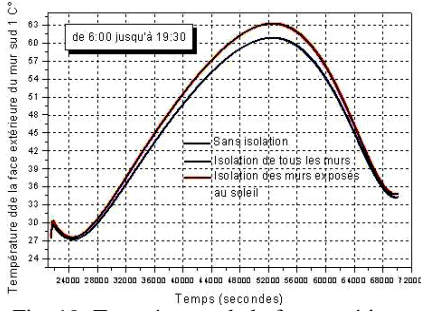


Fig. 19: Température de la face extérieure du mur Sud 1

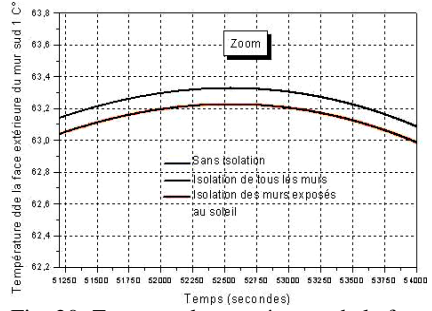


Fig. 20: Zoom sur la température de la face extérieure du mur Sud 1

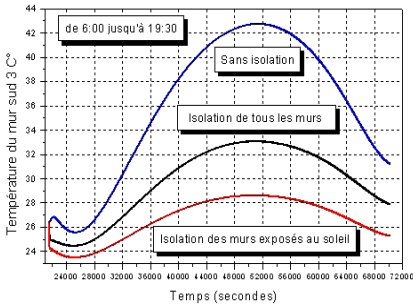


Fig. 21: Température du mur Sud 3

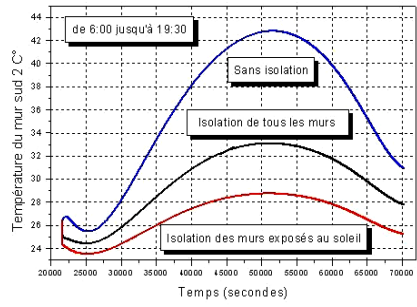


Fig. 22: Température du mur Sud 2

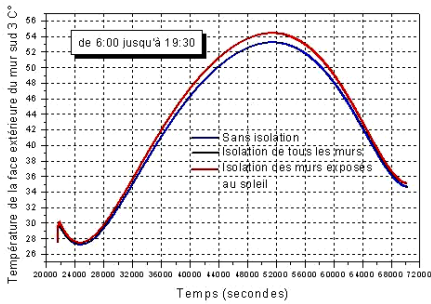


Fig. 23: Température de la face extérieure du mur Sud 3

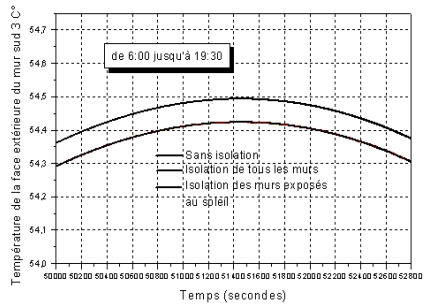


Fig. 24: Zoom sur la température de la face extérieure du mur Sud 3

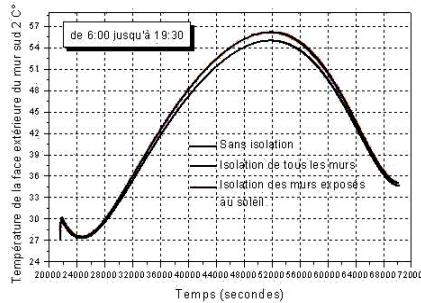


Fig. 25: Température de la face extérieure du mur Sud 2

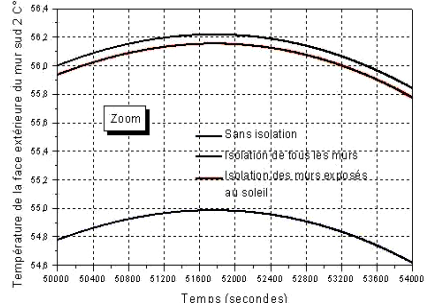


Fig. 26: Zoom sur la température de la face extérieure du mur Sud 2

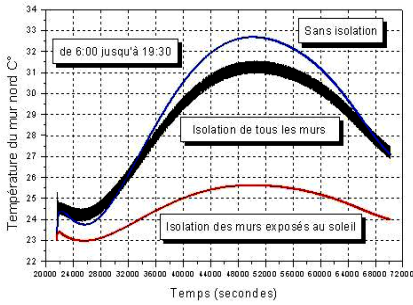


Fig. 27: Température du mur Nord

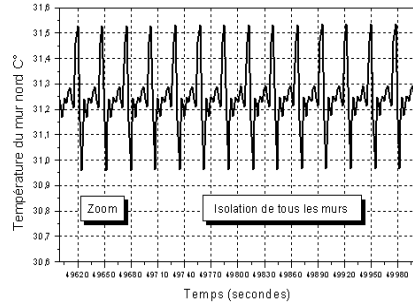


Fig. 28: Zoom sur la température de la face extérieure du mur Nord

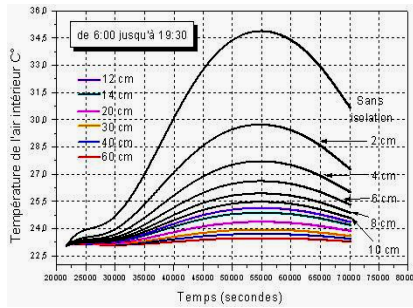


Fig. 29: Influence de l'épaisseur de l'isolant sur la température de l'air intérieure de la pièce

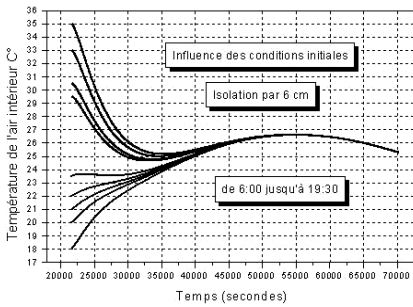


Fig. 30: Influence des conditions initiales sur la température de l'air intérieure de la pièce

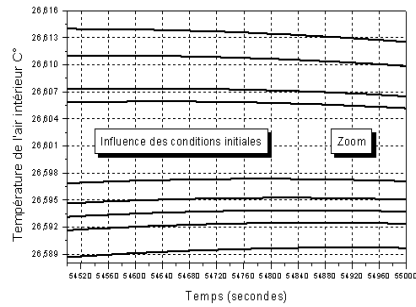


Fig. 31: Zoom sur l'influence des conditions initiales sur la température de l'air intérieur

6. CONCLUSIONS ET INTERPRETATIONS

D'après cette étude, différentes décisions et conclusions ont été évaluées et appréciées.

- L'isolation des trois murs exposés au soleil fournit et donne des meilleurs résultats par rapport au premier cas. C'est-à-dire, le cas où on va isoler uniquement un mur ou deux. C'est tout à fait logique et normal, puisque ces derniers murs représentent trois sources principales de la chaleur.
- La modélisation numérique fournit des profils de température des faces extérieures des murs isolés exposés au soleil, donnant des valeurs de températures plus élevées que ceux obtenues sans isolation thermique, (Fig. 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25 et 26). Ces résultats peuvent être justifiés par le fait que, l'isolant joue le rôle d'une barrière thermique.

- L'effet de l'isolation thermique apparaît nettement sur la toiture, le mur Ouest et le mur Sud, (les surfaces intérieures étant isolées). Comme c'est illustré dans le **Tableau 1**, l'écart maximum des températures sur les faces intérieures des murs exposés peut atteindre une valeur de l'ordre de 16 °C, (Fig. 10, 14, 18, 21 et 22).

Tableau 1: Ecarts maximums des températures sur la toiture, le mur Ouest et le mur Sud

Murs exposés	Mur Sud 1	Mur Sud 2	Mur Sud 3	Mur Ouest	Toiture
Ecart maximum (C°)	16	14	14	11	12

- Pour les autres surfaces et l'air intérieur de la pièce, l'écart maximum de la température peut atteindre des valeurs qui couvrent un domaine compris entre 6 et 8.5 °C°.
- Aussi, remarquons-nous que si on considère et on suppose que tous les murs sont isolés thermiquement, le modèle mathématique fournit des profils qui donnent des valeurs de température comprises entre le deuxième graphe et le troisième, c'est-à-dire que la simulation dans ce cas, attribut des valeurs de température qui se situent entre les graphes qui représentent les températures des différentes surfaces sans isolation et avec isolation des murs exposés.
- En s'intéressant essentiellement à la détermination et l'évaluation de la température intérieure de la chambre considérée, nous nous pouvons conclure que : la meilleure façon de l'isolation, c'est isoler uniquement les murs exposés au soleil; cela peut être interpréter par le fait que, si on isole uniquement les murs exposés au soleil, le flux de chaleur traversant les surfaces isolées, est absorbé par les autres surfaces non isolées. Dans le cas où toutes les surfaces sont isolées thermiquement, le flux de chaleur, traversant les surfaces isolées, est piégé à l'intérieur de la pièce. Ces conditions provoquent une augmentation de la température intérieure de la chambre.
- L'épaisseur du polystyrène influe sur l'efficacité et le rendement de l'isolation et donc sur la température de l'air intérieur du salon (Fig. 29). La température de l'air intérieur de la pièce, atteint le même état d'équilibre quelque soit les conditions initiales environnantes.

NOMENCLATURE

T	Température, K	α	Coefficient d'absorption
ρ	Masse volumique, kg/m ³	e	Epaisseur du mur, m
v	Volume, m ³	C	Chaleur spécifique, J/kgK
S	Surface, m ²	λ	Conductivité thermique, W / K m
σ	Constante de Stefan-Boltzmann, ($\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)	G	Irradiation globale incidente, W/m ²
F_{i-j}	Facteur de forme entre les surfaces i et j	h_r	Coefficient d'échange par rayonnement, W m ⁻² K ⁻¹
h_{cv}	Coefficient d'échange par convection, Wm ⁻² K ⁻¹		

Indices

1, me:	Mur est	11:	Face extérieure du mur sud 3
2, mo:	Mur ouest	12, ms2:	Mur sud 2
3:	Face extérieure du mur ouest	13:	Face extérieure du mur sud 2
4, s:	Sol	14, mn:	Mur nord
5, t:	Toit	p:	Porte
6:	Face extérieure de la toiture	f:	Fenêtre
7:	Air intérieur de la pièce	aiex,am:	Air extérieur (ambient)

8, ms1:	Mur sud 1	solex:	Face extérieure du sol
9:	Face extérieure du mur sud 1	meex:	Face extérieure du mur est
10, ms3:	Mur sud 3	mnex:	Face extérieure du mur nord

REFERENCES

- [1] F. Therin, 'L'Energie Solaire au Secours du Chauffage Urbain', Les Echos, p. 35, 30 Novembre 2005.
- [2] Document, 'Le Secteur Phoenicicole Algérien: Situation et Perspectives à l'horizon 2010', E.M. Messar, Direction des Services Agricoles.
- [3] S. Courgey et J.P. Oliva, 'La Conception Bioclimatique : des Maisons Confortables et Economes', Terre Vivante, 2006.
- [4] J.P. Oliva, 'L'Isolation des Toitures en Rénovation', Les Quatre Saisons du Jardinage, N°124, pp. 44-45, Sep./Oct. 2000.
- [5] J.P. Oliva, 'L'Isolation Thermique', Les Quatre Saisons du Jardinage, N°124, pp. 39-43, Sep./Oct. 2000.
- [6] Y. Jannot, 'Thermique Solaire', Octobre 2003.
- [7] J.A. Duffie and W.A. Beckman, 'Solar Energy Thermal Processes', Wiley Interscience, New York, 1974.
- [8] J.M. Chassériaux, 'Convection Thermique et Rayonnement Solaire', Ed. Dunod, 1984.
- [9] J.F. Sacadura, 'Initiation aux Transferts Thermiques', Technique et documentation, Paris, 1978.
- [10] Document, 'Réconcilions Progrès et Environnement, Ademe, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 'Guide Pratique: l'isolation thermique- les maisons individuelles gagnent en confort',
Site: http://www.ale-renoble.org/uploads/Document/4f/WEB_CHEMIN_179_1160495064.pdf
- [11] Document, Ademe, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 'Améliorez le confort de votre maison, l'isolation thermique',
Site: <http://www.ademe.fr/particuliers/pdf/AdemeFicheIsolation.pdf>.

ANNEXE

Coefficient d'échange par convection naturelle

Dans la convection naturelle, le mouvement du fluide est dû aux variations de la masse volumique du fluide provenant des échanges de chaleur entre le fluide et la paroi. Le fluide est mis en mouvement sous l'effet des forces d'Archimède car sa masse volumique est fonction de sa température.

$$Nu = (h D) / \lambda \quad \text{Nombre de Nusselt}$$

La convection forcée est négligeable si $Gr / Pr^2 > 100$, $Nu = C (Gr Pr)^n$

$$\text{Convection laminaire} \rightarrow Gr Pr < 10^9 \Rightarrow n = 0.25$$

$$\text{Convection turbulente} \rightarrow Gr Pr > 10^9 \Rightarrow n = 1/3$$

Ex. mur ou plaque plane verticale ou horizontale de longueur L et de température uniforme.

$$\text{Convection laminaire} \quad Nu = 0.53 (Gr Pr)^{0.25}$$

$$\text{Convection turbulente} \quad Nu = 0.104 (Gr Pr)^{1/3}$$

Echange de chaleur par rayonnement

La densité du flux (rayonnement) thermique émis par une surface dont la température est T, est donné par la loi de Stéphane Boltzmann.

$$Q = \varepsilon \sigma T^4$$

Le rayonnement pur à grande longueur d'onde entre deux surfaces i et j est donné par la relation :

$$Q_{i-j} = F_{i-j} S_i \sigma (T_{Si}^4 - T_{Sj}^4) = F_{j-i} S_j \sigma (T_{Si}^4 - T_{Sj}^4)$$

avec: T_S : Température de la surface, K; F_{i-j} : Facteur de forme entre les surfaces i et j ; σ : Constante de Stéphan Boltzmann, ($\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$); S_i : Superficie de la surface, (m^2); Q_{i-j} : Flux de rayonnement à grande longueur d'onde entre les surfaces i et j .

Si pour le coefficient d'émission ε du corps est différent du facteur F_{i-j} , on admet que :

$$F_{i-j} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_i} - 1 + \frac{1}{F_{i-j}} + \frac{S_i}{S_j} \left(\frac{1}{\varepsilon_j} - 1 \right)}$$

On peut trouver dans la littérature que :

$$Q_{i-j} = hr_{i-j} S_i (T_{Si} - T_{Sj}) \text{ avec } hr_{i-j} = \frac{\sigma (T_{Si} + T_{Sj}) (T_{Si}^2 + T_{Sj}^2)}{\frac{1}{\varepsilon_i} - 1 + \frac{1}{F_{i-j}} + \frac{S_i}{S_j} \left(\frac{1}{\varepsilon_j} - 1 \right)}$$

Pour l'estimation du flux du rayonnement thermique entre une surface et le ciel, le modèle prend en compte les hypothèses suivantes :

- L'air rayonne comme un corps noir
- Le facteur de forme entre une surface verticale et le ciel est de 0.5. Il égal à 1 entre le ciel et une surface verticale.