

Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride

Nabil MATARI¹, Abdelkader MAHI^{1*} et Mohammed LACHI²

¹ Département de Génie Civil, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
B.P 1505 El M'Naoeur, Oran Algérie

² Laboratoire de Thermomécanique,
GRESPI/URCA, Faculté des Sciences, B.P 1039, 51687 Reims France

*(auteur correspondant : abdelkadermahi_05@yahoo.fr)

Résumé - Ces dernières années en Algérie, la consommation énergétique des ménages a connu un essor considérable dû à l'augmentation des besoins en confort des occupants et à l'accroissement rapide du parc immobilier qui découle d'une crise de logement aigue.

Pour répondre à ce besoin, on a construit un nombre important de logements, mais sans prendre en considération la qualité thermique de ces derniers, ce qui a conduit à une surconsommation énergétique en matière de chauffage et de climatisation, particulièrement au sud du pays où la majorité des bâtiments sont construits avec du parpaing en béton bien que le climat soit très rude en été comme en hiver [1].

La production de l'énergie nécessaire revient de plus en plus chère à l'état qui subventionne son prix mais elle engendre également un impact néfaste sur l'environnement par ces rejets des gaz à effet de serre, d'autant plus que le secteur résidentiel et tertiaire en Algérie est parmi les plus énergivores avec une consommation de 41% de l'énergie finale [2]. Face à ce grand problème, l'étude du comportement thermique de l'enveloppe du bâtiment s'avère indispensable afin de déterminer un microclimat intérieur confortable tout en optimisant les consommations énergétiques dans l'habitat.

L'objectif de ce travail est d'étudier le comportement thermique d'un bâtiment en utilisant différents types de matériaux, tout en tenant compte des spécificités du climat du site considéré. Le bâtiment étudié est constitué d'un rez de chaussée et d'un étage. Il est implanté dans la région de Béchar (Algérie) qui est caractérisée par un climat aride. Le but final de cette étude est de valoriser l'utilisation des matériaux locaux (l'Adobe) dans la construction de logement situé dans un climat aride, tout en respectant l'architecture locale et le confort thermique vis-à-vis de la température.

Pour réaliser cette étude nous avons analysé l'effet, de la conception architecturale et des différents matériaux constituant l'enveloppe du bâtiment, sur le confort thermique et sur la consommation énergétique annuelle du bâtiment. La simulation numérique est réalisée à l'aide du logiciel Energie Plus V7. Nous présentons l'évolution journalière des températures ambiantes intérieures ainsi que les consommations énergétiques pour les journées les plus froides et les plus chaudes de l'année.

1. Introduction

Les derniers rapports des experts du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) sont unanimes sur le fait que la croissance exponentielle des gaz à effet de serre durant les dernières décennies a contribué à modifier les conditions climatiques sur la planète [3]. Ces gaz à effet de serre comme le CO₂ qui verra sa concentration doubler d'ici 2050 induira une augmentation de quelques degrés dans nos régions [4] et [5].

Face au danger causé par le réchauffement climatique, l'opinion publique et les décideurs politiques, même des pays en voie de développement, prennent de plus en plus conscience de la nécessité de prendre en compte ce fléau dans les plans de développement comme celui du bâtiment [6].

Dans le contexte énergétique, le bâtiment est considéré comme un secteur économique clé. Fortement consommateur d'énergie et émetteur de gaz à effet de serre, il est à ce titre un passage obligé vers un monde plus économe en énergie et moins carboné. De plus, le secteur du bâtiment présente un important potentiel de réduction des consommations et des émissions, notamment dû à l'existence de solutions techniques, nombreuses, variées et efficaces.

La prise en compte d'informations sur le climat et l'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation permettent aujourd'hui de réaliser des bâtiments économiques en énergie et confortables.

L'Algérie a connu ces dernières années, suite à une croissance démographique accrue, la réalisation d'un nombre important de logement ; malheureusement la plupart de ces logements ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. Ceci s'explique par un non-respect de la réglementation en vigueur, par le manque de savoir-faire et connaissances dans le domaine.

Grace à l'outil de simulation numérique Energy Plus nous avons pu tester l'efficacité énergétique pour différentes dispositions, matériaux et technique, en tenant compte de l'influence des paramètres climatiques de la ville de Bechar au sud de l'Algérie.

2. Caractéristiques générales de la ville de Béchar

La ville de Béchar se situe au Sud-ouest de l'Algérie et elle se caractérise par un climat aride voire hyper aride (saharien) où les températures peuvent atteindre 42°C en été et -3°C en hiver [6]. Ces dernières années cette ville a subi une métamorphose avec un taux d'urbanisation très élevé. L'utilisation de matériaux de construction inadaptés au climat saharien a poussé l'habitant au recours à des solutions de chauffage et de climatisation artificielles (appareils d'appoints) dont on sait qu'elles sont très énergivores.

3. Description du bâtiment étudié

Dans le but d'étudier l'effet de l'enveloppe sur le comportement thermique du bâtiment, nous avons conçu une maison en nous inspirant des techniques de chauffage et de climatisation utilisée jadis dans l'architecture traditionnelle. L'implantation de ce logement est semi-enterrée ce qui permet, d'une part de réduire la surface des parois donnant sur l'extérieur tout en minimisant d'autre part les pertes thermiques et de profiter de l'inertie thermique du sol.

L'organisation spatiale de cette maison (fig.1 et 2) s'articule autour d'un patio central semi enterré. Il est implanté à une profondeur de -2,21 m par rapport au niveau extérieur.

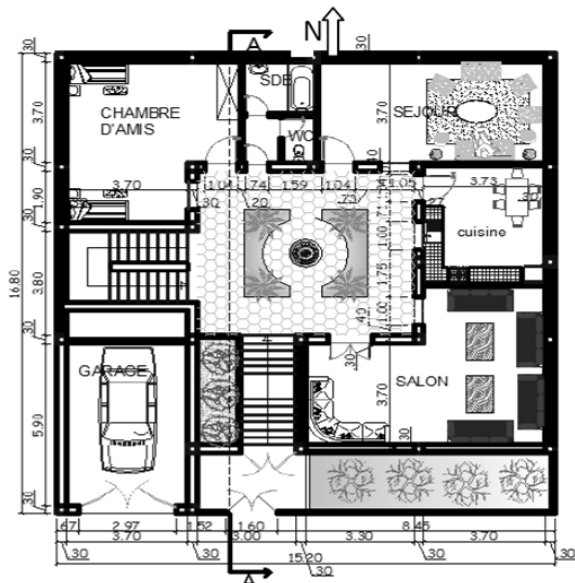


Figure 1 : Plan du rez de chaussée

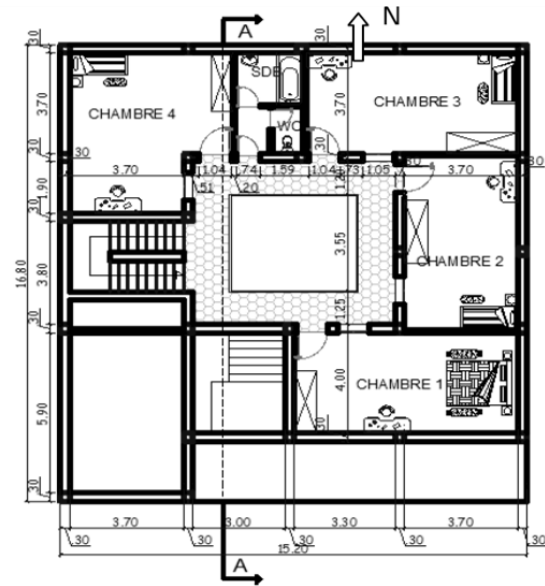


Figure 2 : Plan du 1^{er} étage

Dans le rez de chaussée, sont implantés des espaces de vie, une chambre et un garage. A l'étage on retrouve les 4 chambres qui donnent aussi sur le patio central. L'accès à la cour se fait à travers des escaliers d'une hauteur de 2,21 m, au milieu du patio on retrouve une fontaine d'eau qui permettra, tout en absorbant une partie de la chaleur et d'augmenter l'humidité relative de l'air. La présence de la végétation aux abords adoucira la température de l'air intérieure de cette cour (fig3).

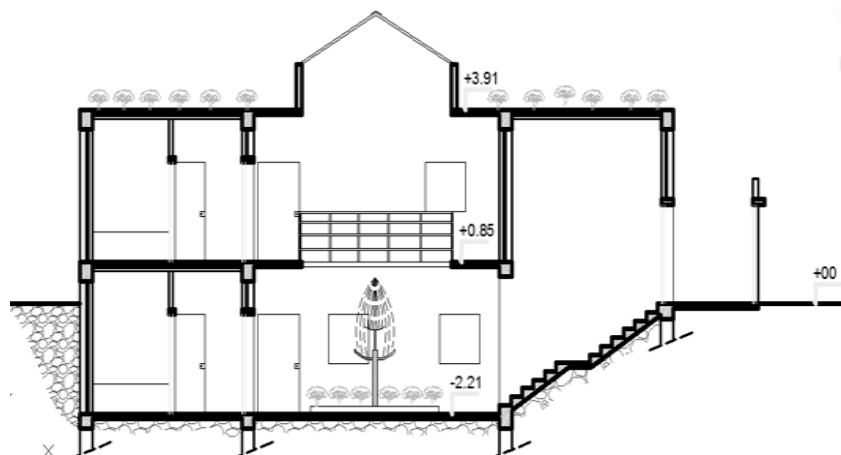


Figure 3 : Coupe A-A

La structure du bâtiment est composée d'un système poteaux-poutres, la hauteur de chaque niveau est de 3,06 m. Les caractéristiques de l'enveloppe de cette habitation sont :

- les murs extérieurs sont soit en double parois en briques creuses en terre cuite séparées par une lame d'air d'épaisseur 5 cm, soit en parpaing en béton de 20 cm ou en adobe de 50 cm d'épaisseur.

- les murs intérieurs sont de simples parois en briques en terre cuite de 10 cm d'épaisseur.
- l'enduit extérieur est en mortier de ciment.
- l'enduit intérieur est en plâtre.
- la toiture est composée d'une dalle en corps creux et une dalle de compression en béton (16+4) cm.

A savoir que l'Adobe est un produit local composé d'une terre locale malléable avec de l'eau et un peu de paille. Le mélange est aggloméré dans un moule parallélépipédique. Une fois séché on l'utilise pour la construction de la paroi.

Le tableau 1 suivant récapitule les propriétés thermo physiques des matériaux utilisés.

Matériaux	Epaisseur(m)	Conductivité thermique λ (W/m.K)	Chaleur Spécifique C (J/kg.°C)	Masse volumique ρ (kg/m ³)
Brique creuse en terre cuite	0.01	0,42	/	650
Brique creuse en terre cuite	0.15	0,42	/	650
Parpaing en béton	0.2	0,95	1080	900
Adobe	0.5	0,65	1008	1600
Lame d'air	0.05	0,024	1024	1,29
Enduit en plâtre	0.02	0,35	936	1000
Enduit en ciment	0.02	1,15	1080	1800
Corps creux + dalle de compression	0.2	1,4	1080	1800
Corps creux en polystyrène + dalle compression	0.05	0,65	1600	600
Polystyrène	0.05	0,036	1450	34

Tableau1 : *Caractéristiques thermo physiques des matériaux [3]*

Pour la simulation, on a supposé que la maison est occupée au maximum par sept personnes. Chaque occupant représente une source de chaleur émettant une puissance de 80W. Le taux d'occupation du logement est de 50% entre 8H et 17H et de 90% pour le reste de la journée.

En hiver, les consignes de chauffage sont les mêmes dans toutes les zones, le chauffage se déclenche automatiquement lorsque la température est en dessous de 21°C. Pour la période d'été, les climatiseurs se déclenchent lorsque la température dépasse 27°C.

4. Résultats et discussions

4.1. Effet du type des parois extérieures sur le comportement thermique du bâtiment

Pour étudier l'effet des différents matériaux, la simulation est faite en multizones. Six (6) zones au RDC, 7 zones au 1^{er} étage et une zone pour la buanderie. Nous présentons les résultats de la chambre n°3 (fig.2). Le choix de cette dernière est dicté par son orientation plein sud, de son ouverture, de ses parois et de son plafond qui sont en contact avec le milieu extérieur.

La simulation est réalisée pour toute l'année. Les résultats présentés concernent uniquement la journée la plus froide (14 janvier) et la journée la plus chaude (28 juillet). Trois cas de figures de parois sont étudiés:

Cas n° 1 : murs extérieurs en brique de terre cuite (15+10) cm séparés par une lame d'air d'épaisseur 5 cm. La résistance thermique totale est égale à $2,866 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$.

Cas n° 2 : murs extérieurs en parpaing de béton d'épaisseur 20 cm. La résistance totale du mur est de $0,389 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$.

Cas n° 3 : murs extérieurs en adobe d'épaisseur 50 cm. La résistance totale du mur est de $0,939 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$.

Comme résultats de simulation on obtient (fig.4) que la température de l'ambiance intérieure est plus élevée que la température de milieu extérieur entre 1h et 7h du matin, cela est dû à la chaleur cumulée tout au long de la journée et qui reste emmagasinée à l'intérieur de la chambre. Ceci s'explique aussi par la masse thermique élevée des matériaux de parois utilisés qui gardent la chaleur accumulée dans la journée.

La figure 5 représente l'évolution de la température de l'air intérieur de la chambre n°3 pour la journée la plus froide. Nous constatons une baisse de la température intérieure plus importante lorsque les parois sont en parpaing de béton, l'écart maximal est de l'ordre de $4,5^\circ\text{C}$ vers 8h du matin. Les températures de l'air intérieures sont presque similaires lorsqu'on utilise des parois en brique ou en adobe.

Pour la journée la plus chaude (fig.5), les températures intérieures de l'air sont les plus élevées dans le cas d'un mur en parpaing de béton, où elles atteignent les 39°C , par contre elles ne dépassent guère les 36°C pour le cas de l'adobe ou de la brique avec des amplitudes thermiques moins importantes.

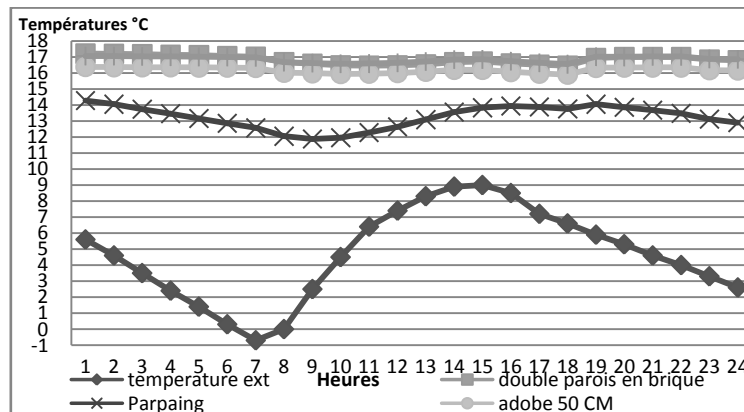


Figure 4: Evolution de la température de l'air intérieur de la chambre n° 3 pour la journée la plus froide.

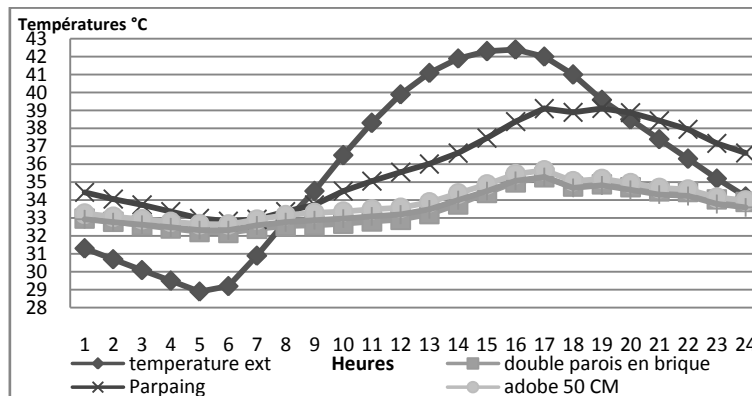


Figure 5: Evolution de la température de l'air intérieur de la chambre n° 3 pour la journée la plus chaude.

La figure 6 illustre les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation en fonction de différents matériaux constituant l'enveloppe de l'habitat (double paroi en brique, mur en parpaing de béton et mur en adobe). On constate que pour le mur en double paroi et le mur en adobe la consommation énergétique de chauffage et de climatisation est réduite de plus de 90% par rapport à celle du mur en parpaing.

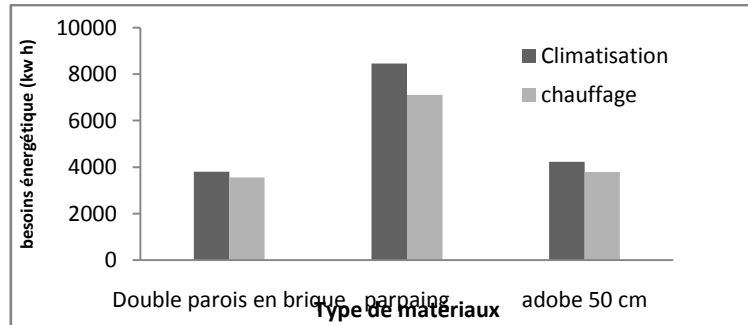


Figure 6 : Besoins énergétiques annuelles du 1^{er} étage des matériaux constituant les parois extérieures

4.2. Effet de l'isolation thermique

Pour étudier l'effet de l'isolation thermique sur le comportement thermique du bâtiment, nous avons choisi trois cas de figure qui sont :

Cas n° 1 : Double parois en brique de terre cuite (15+10) cm séparé par une lame d'air d'épaisseur 5 cm, d'où la résistance thermique totale de $2,866 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$.

Cas n° 2 : Double parois en brique séparé par une lame d'air d'épaisseur 5 cm et une isolation extérieure en polystyrène de 5cm d'épaisseur (résistance thermique totale égale à $4,21 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$).

Cas n° 3 : Double parois en brique séparé par une couche de polystyrène d'épaisseur 5 cm (résistance thermique totale égale à $2,04 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W}^{-1}$)

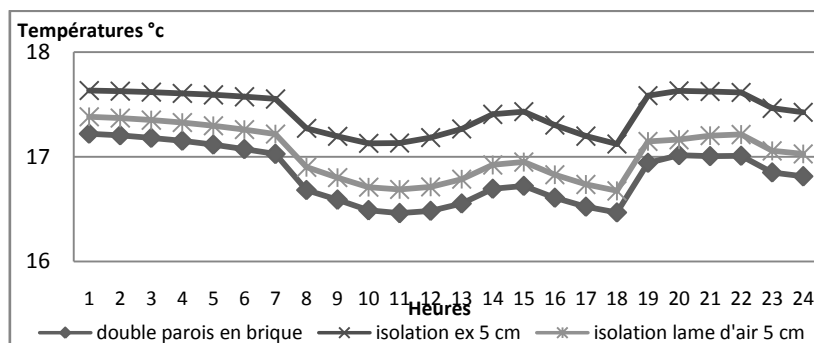


Figure 7: Evolution de la température de l'air intérieur de la chambre n° 3, cas de la journée la plus froide.

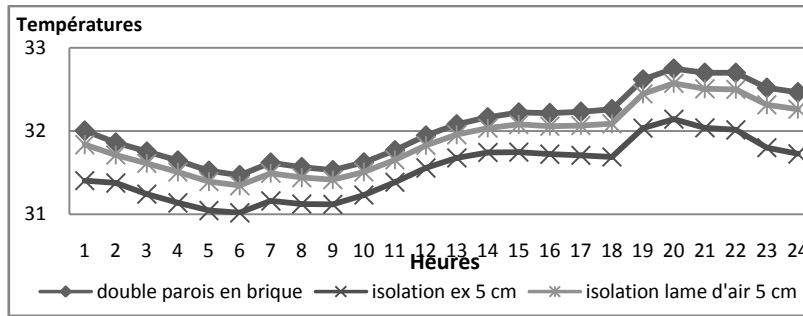


Figure 8 : Evolution de la température de l'air intérieur de la chambre n° 3, cas de la journée la plus chaude.

Pour le cas de la journée la plus froide (fig.7) on constate une différence de température ambiante qui peut atteindre 1°C de 9H à 17h entre les doubles parois avec et sans isolant.

Pour la journée la plus chaude (fig.8) la différence de température entre les doubles parois avec et sans isolant est de l'ordre de 0,5°C, l'isolation des doubles parois est presque inefficace et n'apporte pas un gain thermique important.

4.3. Effet du type de toiture sur le comportement thermique du bâtiment

Pour étudier l'effet de la toiture sur le comportement du bâtiment nous avons proposé trois variantes (fig. 9 et fig. 10) :

Cas n° 1 : toiture en corps creux en ciment.

Cas n° 2 : toiture en corps creux en ciment + isolation en polystyrène de 5 cm.

Cas n° 3 : toiture en corps creux en polystyrène.

D'après la figure 10, pour la journée la plus froide, on constate que les toitures en corps creux en polystyrène sont les plus efficaces puisque le gain thermique peut atteindre 1,5°C. Pour le cas de la toiture en ciment sans isolation les températures de l'air sont les plus basses.

Pour la journée la plus chaude sur la figure 11, on remarque que la toiture en hourdis en polystyrène présente une solution bien efficace puisque la température de l'air intérieur avoisine la température de confort thermique. La différence de température de l'air intérieur entre le cas n°1 et le cas n° 3 est de l'ordre de 1,5°C tout au long de la journée.

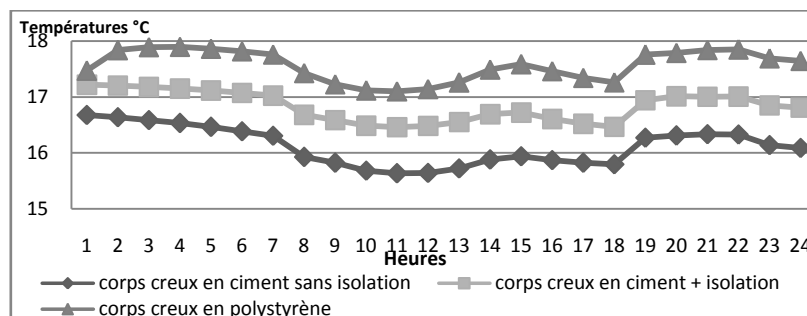


Figure 9 : Effet du type de toiture sur le comportement thermique de la chambre n°3 le cas de la journée la plus froide

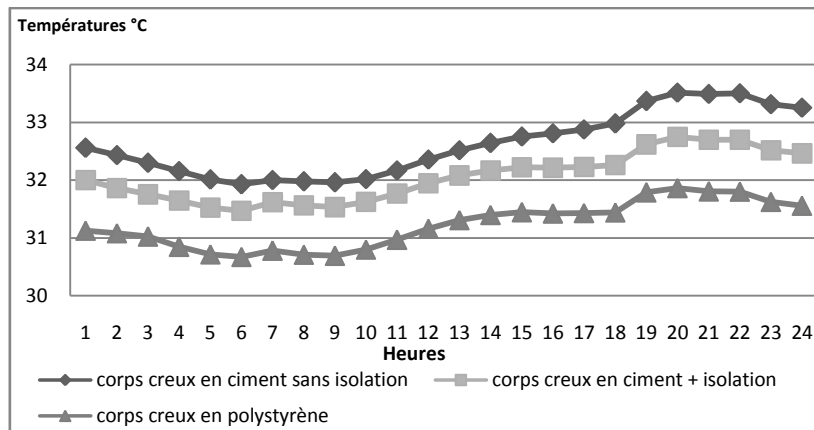


Figure 10 : Effet du type de toiture sur le comportement thermique de la chambre n°3, journée la plus chaude

5. Conclusion

Cette étude de performance thermique d'une maison individuelle située dans la région de Béchar dont le climat est aride a mis en évidence l'effet de la conception et le choix des matériaux constituant l'enveloppe de la maison sur le confort thermique de l'occupant et sur consommation énergétique en période hivernale et estivale. Un mauvais choix du matériau constituant l'enveloppe du bâtiment peut engendrer un surcoût à long terme pour pourvoir assurer le confort thermique. Nous constatons aussi que les doubles parois en brique et simples parois en adobe sont nettement plus efficaces par rapport aux simples parois en parpaing de béton. De plus on peut rajouter que l'adobe est un produit local qui nécessite moins de rejets polluant lors de sa production.

Références

- [1] H. M'Sellem, D. Alkam, Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique- Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec-*Revue des Energies Renouvelables* Vol. 12 N°3 (2009), 471 – 488.
- [2] Ministère de l'Energie et des Mines, Consommation Energétique Finale de l'Algérie, Chiffre Clé -Année 2005-, in APRUE 'Données et Indicateurs', <http://www.aprue.org.dz/documents/consommationenergetique.pdf>
- [3] GIEC, groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (2010).
- [4] C.F. Chan, J. Lebedeva, J. Otere, G. Richardson. Urban heat island: a climate change adaptation strategy for Montreal. Climate change action partnership, *McGill University School of Urban Planning, Montréal*, 78 p. (2007).
- [5] J.-P. Besancenot, Santé et changement climatique, la montée de l'inquiétude *Delachaux et Niestle*, 240 p. (2007).
- [6] Document, Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, Règlement Thermique des Bâtiments d'Habitation- Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques, *DTR C3-2, Fascicule 1, CNERIB, Alger* (1998).