

## Investigation sur le potentiel de refroidissement des bâtiments par ventilation nocturne dans les régions à climat modéré

Khaled IMESSAD<sup>1</sup>, Lotfi DERRADJI<sup>2</sup>, Fatiha MOKHTARI<sup>1</sup>, Abdelkrim CHENAK<sup>1</sup>, Razika KHARCHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Développement des Energies Renouvelables, BP. 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah, Alger

<sup>2</sup> Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment, Souidania, Alger, Algérie

Email : imessad@gmail.com

**Résumé :** La croissance de la demande énergétique en période estivale en raison de l'extension rapide de l'utilisation des climatiseurs a montré la nécessité de trouver des solutions alternatives pour le rafraîchissement des bâtiments. En saison chaude, les occupants sont amenés à ouvrir les fenêtres et les portes pour rafraîchir l'intérieur. La ventilation participe ainsi à améliorer le confort des habitants en permettant à l'air neuf de refroidir l'enveloppe de la structure du bâtiment. Dans cette étude nous présentons les résultats d'une étude expérimentale menée sur un logement existant ayant pour but d'analyser l'impact de la ventilation nocturne. L'étude a fait ressortir que dans un climat modéré comme celui du nord algérien, la ventilation naturelle peut suffire à garantir un niveau de confort d'été acceptable. Une modélisation du logement a aussi été faite avec le logiciel TRNSYS, le modèle a permis d'évaluer l'effet de la ventilation nocturne sur la réduction de l'énergie finale nécessaire aux besoins de rafraîchissement.

**Mots clés :** Etude expérimentale, simulation, ventilation nocturne.

### 1. Introduction

Les normes de confort thermique tel que ASHRAE Standards 55 et ISO7730 ont établi des zones de confort thermiques assez étroites, et ne distinguent pas entre ce qui pourrait être une ambiance thermiquement acceptable dans des bâtiments rafraîchis par la ventilation naturelle et ceux rafraîchis par l'air conditionné [1]. Ceci est confirmé par de nombreuses études telles que Soebarto *et al.*[2], Nicol [3], Olesen *et al.*[4], de Dear *et al.* [5]. Dans les climats modérés, la ventilation naturelle nocturne est perçue comme une méthode passive de rafraîchissement intéressante (Blondeau *et al.*[6], Geros *et al.*[7], Kolokotroni *et al.*[8][9], Pfafferoth *et al.*[10], Gratia *et al.*[11], Breesch *et al.*[12]). Blondeau *et al.* [6] ont indiqué que pour une charge de rafraîchissement de l'ordre de 20W/m<sup>2</sup> une réduction d'énergie d'environ 25% est réalisable si une ventilation avec un débit de 8 à 10 volumes/heure est maintenue. L'étude a fait ressortir que la ventilation de nuit fait baisser la température intérieure nocturne de 1.5°C à 2°C. Kolokotroni *et al.* [8] ont montré que la charge de rafraîchissement occasionnée par la ventilation d'un bâtiment standard en Grande Bretagne est d'environ 20kWh/m<sup>2</sup>/an alors que les besoins de climatisation sont d'environ 30kWh/m<sup>2</sup>/an. Ils ont trouvé qu'avec une ventilation de nuit de 1 à 4 volumes/heure, la température ambiante nocturne baisse de 1°C à 1.5°C. Dans les climats chauds et humides, l'effet de la ventilation naturelle sur le confort thermique a fait l'objet de quelques études telles que Tantasavasdi *et al.* [13], Shaviv *et al.*[14], Kubota *et al.* [15], Liping *et al.* [116]. Tantasavasdi *et al.* [13]. Les résultats de ces études ont démontré que la ventilation naturelle peut suffire pour créer un environnement intérieur confortable. L'objectif de cette étude est d'étudier l'impact de la ventilation nocturne sur la réduction de la charge de refroidissement dans un climat modéré comme celui du nord de l'Algérie. L'étude est menée sur une maison prototype implantée dans la région d'Alger.

### 2. Description de la maison prototype

La maison prototype a été réalisée par un consortium de deux centres de recherches : CDER (Centre de développement des énergies renouvelables) et le CNERIB (Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment) dans le cadre du projet MED-ENEC (Mediterranean Energy Efficiency in Construction Structure). Le projet consiste en la réalisation d'une maison de type rurale en y intégrant les différents procédés d'efficacité énergétique. La maison, de type F3 et d'une surface habitable de 65m<sup>2</sup>, est implantée dans la région d'Alger caractérisée par un climat Méditerranéen avec un hiver relativement doux et un été chaud et humide.

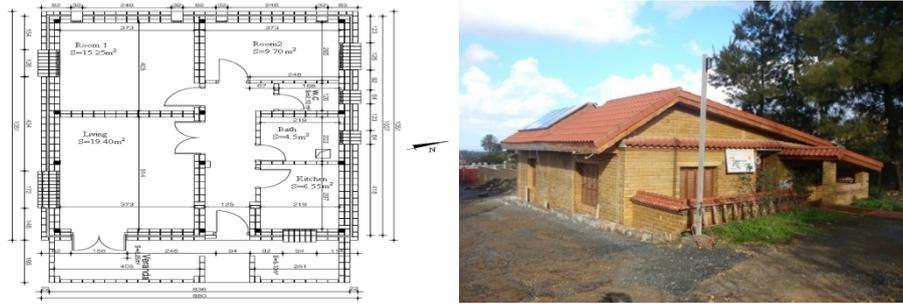


Fig.1. La maison prototype

La maison est orientée le long de l'axe est ouest avec des fenêtres orientées plein sud afin de profiter des apports solaires en hiver. Un débord de toit de 75 cm a été réalisé sur la façade sud afin de réduire les rayons solaires pendant l'été. Les fenêtres sont en pvc doubles vitrages avec un coefficient U avoisinant  $2.6 \text{ w/m}^2.\text{K}$ . Les murs extérieurs sont construits avec des briques de béton de terre stabilisé de dimension  $29 \times 14 \times 9 \text{ cm}$ . La technique consiste à comprimer de la terre crue mélangée avec un agent chimique stabilisateur (5% de ciment). Afin de réduire les pertes de chaleur en hiver et les apports de chaleur en été, les parois et les planchers sont isolés par une couche de polystyrène. Le tableau 1 donne les détails de composition et les caractéristiques thermiques des différents matériaux utilisés dans la maison prototype.

Tab.1. Composition des parois

	Composition	Epaisseur (m)	$\lambda$ ( $\text{W/m.K}^{-1}$ )	U ( $\text{W/m}^2.\text{K}^{-1}$ )
Mur extérieur	BTS	0,14	1,3	0,36
	EPS	0,09	0,04	
	BTS	0,29	1,3	
Plancher	Béton	0,05	1,75	0,54
	EPS	0,06	0,04	
	Béton	0,15	1,75	
	Mortier+sable	0,03	1,15	
	Carrelage	0,02	1,7	
Plafond	Mortier+étanchéité	0,03	1,60	0,23
	EPS	0,16	0,04	
	Béton	0,08	1,75	
	Plâtre	0,04	0,35	

### 3. L'étude expérimentale

Afin d'analyser l'efficacité de la ventilation nocturne comme moyen de rafraîchissement, une série de mesure a été entreprise durant tout le mois d'août. Durant la semaine du 22 août au 27 août les fenêtres étaient ouvertes entre 7pm et 7am. Durant les autres journées les fenêtres étaient constamment fermées.

#### 3.1 Système de monitoring

Le système d'acquisition est composé d'une acquisition de données Keitley 2700 connectée à un micro-ordinateur. 22 thermocouples de type K sont utilisés pour mesurer la température au niveau des différentes parties de l'habitation. 5 thermo-hygromètres (TESTO 175-H1) sont installés à 1.5m du sol au niveau des différentes zones de l'habitation. Une station météo WMR918 est installée derrière l'habitation à 7m du sol. Cette station permet de mesurer la vitesse du vent, la température ainsi que humidité relative de l'air extérieur. Le rayonnement solaire est mesuré grâce à un pyranomètre de marque CM3 KIPP&ZONEN. Durant la période de monitoring l'habitation était inoccupée.

#### 3.2 Résultats de l'étude expérimentale

La figure 2 représente la température ambiante extérieure et le rayonnement solaire durant la période qui s'étale du 24/08 au 30/08. Les journées étaient ensoleillées. La température extérieure moyenne durant cette période est  $27.8^\circ\text{C}$  avec une température minimale de  $20.7^\circ\text{C}$  et une température maximale de  $38.8^\circ\text{C}$ .

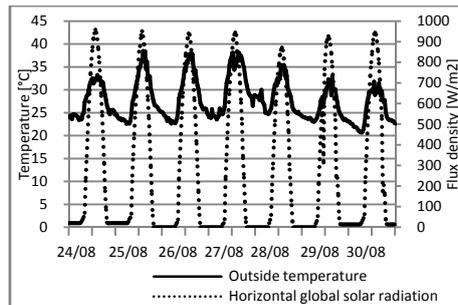


Fig.2. les conditions climatiques extérieures

La figure 3 représente la température ambiante au niveau du séjour et des deux chambres. Il apparaît que durant les quatre premiers jours, avec une ventilation nocturne naturelle opérationnelle, la température moyenne au niveau des trois pièces est de 26.5°C. Il apparaît que les températures sont toujours inférieures à 28°C pour une température extérieure qui dépasse des fois 38°C. Il est à noter une température ambiante au niveau du séjour durant la journée légèrement supérieure à celle des deux chambres du fait d'une proportion plus importante d'espaces vitrés. Durant les trois derniers jours et malgré des températures externes moins élevées comparées aux quatre premiers jours, nous remarquons une élévation de la température moyenne au niveau des trois pièces de l'ordre 1°C. Ceci s'explique par l'absence de ventilation nocturne durant ces journées et démontre du potentiel intéressant de cette technique de rafraîchissement.

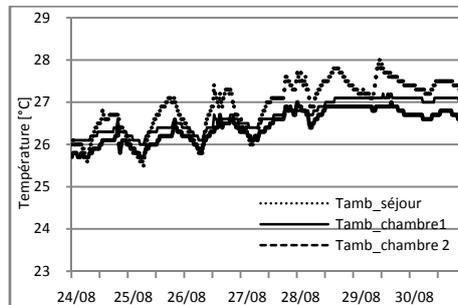


Fig.3. Température ambiante dans les pièces principales

#### 4. Simulation : impact du rafraîchissement passif

Le logiciel TRNSYS [17] est utilisé pour modéliser l'habitation prototype. TRNSYS est un environnement de modélisation utilisé principalement dans le domaine de la thermique du bâtiment, il permet de simuler le comportement thermique d'un bâtiment en régime dynamique. L'habitation est modélisée par 6 zones thermiques : les trois pièces principales, la cuisine, le hall, et la salle de bain. La modélisation du bâtiment sous TRNSYS nécessite la description de l'enveloppe, des fenêtres, des gains internes, et des données relatives à la gestion du climat intérieur dans un sous-programme nommé TRNbuild. Une ventilation hygiénique de 0.8 vol/h est supposée présente tout au long de la journée. La ventilation nocturne considère un volume supplémentaire de 4vol/h. Une confrontation des résultats théoriques obtenus par le logiciel de simulation avec les résultats expérimentaux vont nous permettre une validation du modèle théorique.

##### 4.1 Résultats et discussion

La figure 4 représente une comparaison entre la température ambiante au niveau du séjour obtenue par le modèle théorique avec celle obtenue expérimentalement. La comparaison est faite sur le période allant du 22/08 au 27/08. Il est à noter que la différence entre les valeurs théoriques et les valeurs expérimentales n'excède pas 0.5°C. Une modélisation du comportement de l'habitation sans la prise en compte de la ventilation nocturne permet de confirmer de l'efficacité de cette technique comme moyen de rafraîchissement. Durant la nuit, la ventilation fait baisser la température de 1°C à 1.8°C. L'effet de cette ventilation apparaît même durant la journée du fait que les parois, sous l'effet de leurs inerties thermiques, profitent du rafraîchissement occasionné durant la nuit.

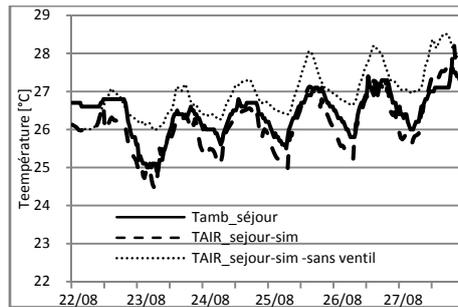


Fig.4. Effet de la ventilation nocturne sur la température ambiante du séjour

Le modèle étant validé, il est par la suite utilisé pour évaluer les économies sur les besoins annuels de climatisation. Deux habitations ont été considérées : la maison prototype et une habitation de construction classique. Une habitation classique du parc immobilier Algérien est construite avec des parois extérieures en double cloison de brique séparées par une lame d'air ( $U=1.2W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ), et un plancher en hourdie ( $U=2.7W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ). Les fenêtres sont en simple vitrage.

La figure 5 représente les besoins énergétiques annuels de climatisation afin d'assurer une température de confort de  $24^\circ C$ . Les apports internes de chaleur sont de  $5W/m^2$ . Deux scénarios sont considérés, le premier prend en compte uniquement une ventilation hygiénique de  $0.8\text{vol/h}$  tout au long de la journée. Un deuxième scénario considère une ventilation nocturne de  $5\text{vol/h}$  active entre 7pm et 7am. Les besoins de climatisation d'un logement classique sont de l'ordre de  $41\text{kWh}/m^2$  alors que ceux du logement prototype sont de l'ordre de  $17\text{kWh}/m^2$ , soit une réduction de 58%. Ceci démontre de l'intérêt de construire des logements intégrant les notions d'efficacité énergétique à travers l'isolation des parois, l'utilisation de fenêtres performantes thermiquement, ainsi que l'intégration de matériaux à forte inertie thermique. Il est à noter aussi que la ventilation nocturne fait baisser la charge de climatisation de  $5\text{kWh}/m^2$ .

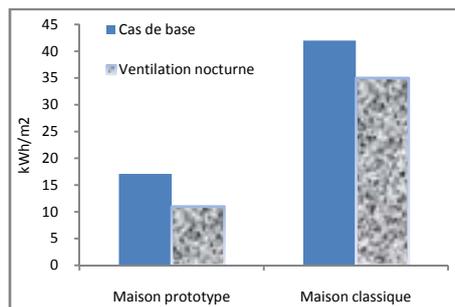


Fig.5. Besoins de climatisation pour les cas avec et sans ventilation

## 5. Conclusion

La croissance de la demande énergétique en période estivale en raison de l'extension rapide de l'utilisation des systèmes de conditionnement d'air impose la nécessité de trouver des solutions alternatives pour le rafraîchissement des bâtiments. Cette étude traite de la ventilation nocturne comme moyen de rafraîchissement passif. L'étude fait ressortir que la ventilation fait baisser la température ambiante nocturne de  $1^\circ C$  à  $1.8^\circ C$ . L'effet de cette ventilation apparaît même durant la journée du fait que les parois, sous l'effet de leurs inerties thermiques, profitent du rafraîchissement occasionné durant la nuit.

## Références

- [1] G.S. Brager et R. de Dear, "A standard for natural ventilation," *ASHRAE journal*, vol. 42, 2000, p. 21–29.
- [2] V.I. Soebarto et S. Handjarinto, "Thermal Comfort Study in a Naturally Ventilated Residential Building in a Tropical Hot-Humid Climate Region," 1998.
- [3] F. Nicol, "Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics," *Energy & Buildings*, vol. 36, 2004, p. 628–637.
- [4] B.W. Olesen et K.C. Parsons, "Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730," *Energy & Buildings*, vol. 34, 2002, p. 537–548.
- [5] R. de Dear et G.S. Brager, "Developing an adaptive model of thermal comfort and preference," *Center for the Built Environment*, 1998.
- [6] Blondeau, P., Sperandio, M., Allard, F, "Night ventilation for building cooling in summer," *Solar Energy*, vol. 61, 1997, p. 327–335.

- [7] Geros, V., Santamouris, M., Tsangrasoulis, A., Guarracino, G., "Experimental evaluation of night ventilation phenomena," *Energy and Buildings*, vol. 29, 1999, p. 141–154.
- [8] Kolokotroni, M., Webb, B.C., Hayes, S.D, "Summer cooling with night ventilation for office buildings in moderate climates," *Energy and Buildings*, vol. 27, 1998, p. 231–237.
- [9] Kolokotroni, M., Aronis, A, "Cooling-energy reduction in airconditioned offices by using night ventilation," *Applied Energy*, vol. 63, 1999, p. 241–253.
- [10] J. Pfafferott, S. Herkel, et M. Jäschke, "Design of passive cooling by night ventilation: evaluation of a parametric model and building simulation with measurements," *Energy & Buildings*, vol. 35, 2003, p. 1129–1143.
- [11] E. Gratia, I. Bruyere, et A. De Herde, "How to use natural ventilation to cool narrow office buildings," *Building and environment*, vol. 39, 2004, p. 1157–1170.
- [12] Breesch, H., Brossaer, A., Janssens, A, "Passive cooling in a lowenergy office building," *Solar Energy*, vol. 79, 2005, p. 682–696.
- [13] Tantasavasdi C, Srebric J, Chen Q, "Natural ventilation design for houses in Thailand," *Energy and Buildings*, vol. 33, 2001, p. 815–24.
- [14] Shaviv, E., Yezioro, A., Capeluto, I.G, "Thermal mass and night ventilation as passive cooling design strategy," *Renewable Energy*, vol. 24, 2001, p. 445–452.
- [15] T. Kubota, D.T. Chyee, et S. Ahmad, "The effects of night ventilation technique on indoor thermal environment for residential buildings in hot-humid climate of Malaysia," *Energy & Buildings*, 2009.
- [16] W. Liping et W.N. Hien, "The impacts of ventilation strategies and facade on indoor thermal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore," *Building and Environment*, vol. 42, 2007, p. 4006–4015.
- [17] TRNSYS, 2006, version 16. A Transient System Simulation Program. Solar Energy Laboratory. University of Wisconsin.