



## Journal of Renewable Energies

Revue des Energies Renouvelables

journal home page : <https://revue.cder.dz/index.php/rer>

# Ventilation adaptée des combles en vue de l'amélioration de l'efficacité énergétique des constructions

Sadia Laidi <sup>a,\*</sup>, Sidi Mohamed Karim El Hassar <sup>a</sup>, Achour Mahrane <sup>b</sup>, Rabah Sellami <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Faculté de génie civil-LBE-USTHB, BP 32 EL Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger, Algérie

<sup>b</sup> Unité de Développement des Equipements Solaires, UDES, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, Tipaza, Algeria

\* Corresponding author, E-mail address: [laidi.s@outlook.fr](mailto:laidi.s@outlook.fr)

Tel.: + 213.541.45.89.25 / +213.795.98.74.84

## Résumé

Ce travail a pour but d'analyser l'influence de la présence d'un comble sur la consommation énergétique d'une construction. Des essais ont donc été menés sur une construction avec comble implantée à Bou Ismail au sein de l'Unité de Développement des Equipements Solaires (UDES). L'étude du comportement thermique de cette construction a été réalisée pendant les périodes hivernale et estivale. Des températures d'air de différentes zones thermiques de la construction ont été relevées et ont été comparées aux températures d'air calculées à partir d'un modèle numérique réalisé en utilisant le logiciel TRNSYS. Un modèle numérique calibré a pu ainsi être obtenu et a été utilisé pour réaliser différentes simulations numériques en faisant varier le taux de ventilation du comble. Les résultats des simulations ont permis de montrer que la diminution des besoins de climatisation est proportionnelle à l'augmentation du taux de ventilation du comble en été, et que la diminution des besoins de chauffage est proportionnelle à la diminution du taux de ventilation du comble en hiver.

**Mots clés :** Bâtiment - Economie d'énergie - Simulations - Toiture – Comble

## 1. Introduction

L'Algérie a vu sa consommation interne d'énergie augmenter de manière importante en passant de 17 millions de tonnes équivalent pétrole (TEP) en 2005 avec 33 millions d'habitants à 60 millions de TEP en 2019 avec 43 millions d'habitants (source ONS, Office National des Statistiques). Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie en absorbant 41% de la consommation totale d'énergie finale [1]. Le nombre de logements a évolué également de manière importante. Selon le Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de la Ville, le parc

national du logement comptait 9,6 millions d'unités à la fin de l'année 2018, soit une augmentation de près de 60% en comparaison avec l'année 2004. D'autre part, les bâtiments existants ont été réalisés pour la plupart sans se soucier de leur efficacité énergétique [1]. Ainsi, si ce même scénario se poursuit, à savoir augmentation de la population avec son corollaire augmentation du nombre de logements, la consommation interne d'énergie à l'horizon 2040 risque de doubler. Ces chiffres démontrent l'urgence d'une utilisation plus rationnelle de l'énergie en Algérie notamment dans le secteur de la construction.

Le travail présenté dans cet article vise les constructions individuelles. Ce type de construction est prédominant dans la structure du parc algérien, l'habitat individuel et l'habitat traditionnel représentant environ 75 % du parc total de logements (source ONS). Plus précisément, ce travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité énergétique des toitures avec comble pour ce type de construction. Notons que la toiture constitue la principale source des pertes et des apports calorifiques des constructions individuelles [2]. Pour ce faire, des mesures expérimentales ont été menées sur la maison solaire de l'Unité de Développement des Equipements Solaires (UDES) implantée dans la ville de Bou Ismail à l'Ouest d'Alger. Cette maison solaire est assez représentative d'une maison individuelle et comporte un comble. La méthodologie adoptée a consisté à élaborer un modèle numérique calibré de cette maison solaire. Dans un second temps, il s'agissait d'utiliser ce modèle numérique afin d'évaluer l'efficacité énergétique de la ventilation du comble.

## 2. Présentation de l'étude

La maison solaire est illustrée dans les figures 1 et 2. La toiture du comble est en tôle galvanisée. Le plancher bas du comble est thermiquement isolé avec du polyuréthane ainsi que les parois verticales. Il existe un vide d'air d'environ 30 cm entre le plancher bas de la cellule et le sol extérieur.



Fig 1. Maison solaire - Façades

Le logiciel TRNSYS dans sa version 14 a été utilisé pour modéliser le comportement thermique de la maison solaire. Trois zones thermiques ont été considérées (voir figure 2) dans le cadre

de cette étude : la zone thermique 1 (appelée cellule) contient un salon, une chambre, une cuisine, une SDB et un WC ; les valeurs des températures de ces différentes pièces sont considérées proches. Le comble constitue la zone thermique 2, le local technique la zone thermique 3. Les coefficients d'échanges adoptés dans les calculs sont ceux fournis par la réglementation algérienne [3].

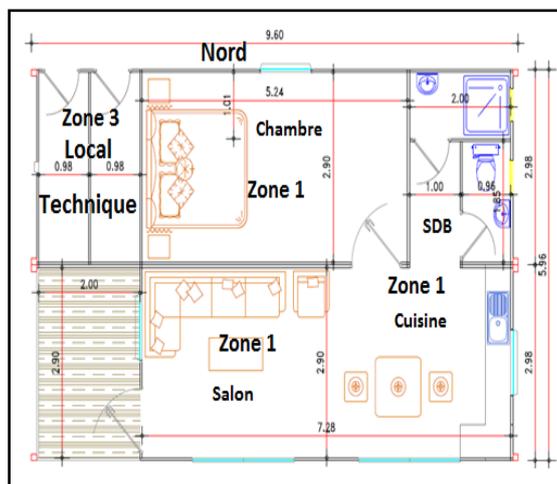


Fig 2. Maison solaire - Zones thermiques 1 et 3

Le modèle numérique a été calibré en comparant les températures d'air calculées et mesurées des trois zones thermiques. Pour la mesure de la température de l'air, nous avons utilisé des thermocouples du type K branchés au système d'acquisition de données « HYDRA série II ».



Fig 3. Matériel expérimental utilisé

Aucun système de chauffage ou de climatisation n'a été actionné pendant les périodes d'essai. Il n'y a pas d'apports internes au sein de la cellule (zone thermique 1) et du comble. Le local technique contient des machines qui sont en marche 24 heures/24. Dans cette salle, les apports convectifs sont de 167 W environ, les apports radiatifs sont de 69 W, et les apports en humidité sont de l'ordre de 0,1 kg/h.

Les fenêtres et les portes sont restées fermées pendant les essais. Les parois du comble contiennent plusieurs ouvertures (voir figure 4) qui permettent la circulation de l'air extérieur vers l'intérieur du comble ou inversement. Ces infiltrations ont été prises en compte dans les calculs.

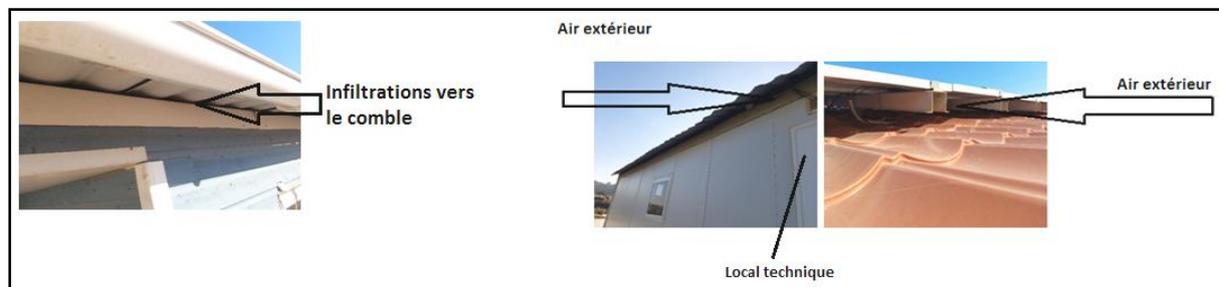


Fig 4. Infiltrations d'air au niveau du comble et du local technique

### 3. Calibration du modèle

Afin de calibrer notre modèle numérique, les essais ont été menés pendant la période allant du 30 décembre 2019 au 13 janvier 2020. Les résultats sont illustrés dans les figures 5, 6 et 7.

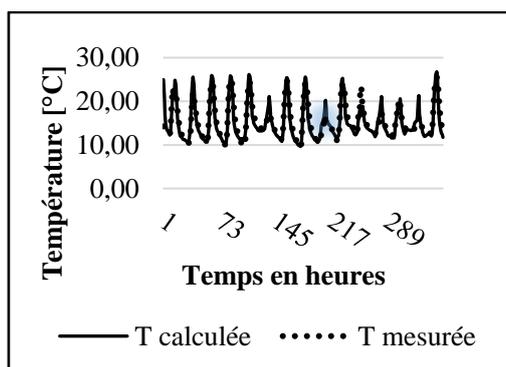


Fig 5. Températures d'air mesurées et calculées pour la zone 1

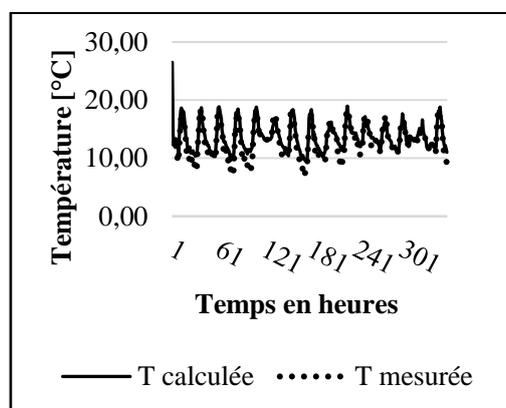


Fig 6. Températures d'air mesurées et calculées pour la zone 2 (comble)

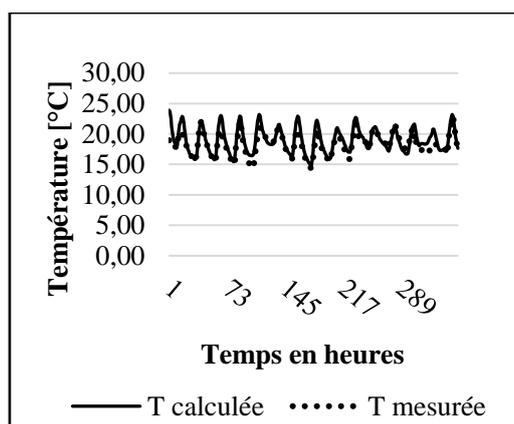


Fig 7. Températures d'air mesurées et calculées pour la zone 3 (local technique)

La comparaison des valeurs expérimentales et des valeurs obtenues numériquement a été effectuée en calculant les coefficients NMBE (Normalized Mean Bias Error) et CVRMSE (Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error) à l'aide des formules 1 et 2 [4] :

$$NMBE (\%) = \frac{1}{\bar{m}} \times \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (m_i - s_i)}{n} \times 100 \quad (1)$$

$$CVRMSE (\%) = \frac{1}{\bar{m}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (m_i - s_i)^2}{n-1}} \times 100 \quad (2)$$

Dans les formules 1 et 2, n représente le nombre de mesures, m la valeur de la variable mesurée (température d'air dans notre cas), s la valeur de la variable calculée (température d'air) et  $\bar{m}$  la moyenne de la variable mesurée. Le tableau 1 fournit les valeurs des indices NMBE et CVRMSE obtenues.

	Zone 1	Zone 2 (Comble)	Zone 3 (Local Technique)
NMBE (%)	0.96	-6.04	-3.53
CVRMSE (%)	9.73	11.08	6.08

Tableau1. Coefficients NMBE et CVRMSE

Nous obtenons des valeurs NBME inférieures à  $\pm 10\%$  et des valeurs CVRMSE inférieures à 30%, ce qui répond aux critères usuels [4, 5]. Nous pouvons donc considérer que le modèle numérique est calibré.

#### 4. Simulations thermiques

Les simulations numériques ont été menées du 1<sup>er</sup> janvier au 28 février pour la période hivernale et du 1<sup>er</sup> juillet au 31 août pour la période estivale. La température de la cellule (zone 1) est

considérée constante pour ces deux périodes, soit 20°C en hiver et 23°C en été. Pour toutes les simulations, les besoins énergétiques de la zone 1 sont calculés en MJ. L'influence du taux de ventilation du comble a été étudiée. La ventilation des combles avec l'air extérieur est la méthode la plus utilisée pour contrôler les températures élevées pendant l'été [6]. Afin d'éviter l'accumulation de l'humidité [6], un taux de ventilation minimal de 0,5 volumes par heure a été adopté dans les calculs.

#### 4.1. Période hivernale

Les figures 8 et 9 illustrent les résultats obtenus pour la période hivernale :

- figure 8 : le plancher bas du comble ne comporte pas d'isolation thermique ;
- figure 9 : le plancher bas du comble comporte une isolation thermique.

Pendant la période hivernale, nous avons fait varier le taux de ventilation du comble entre 0,5 et 60 volumes par heure.

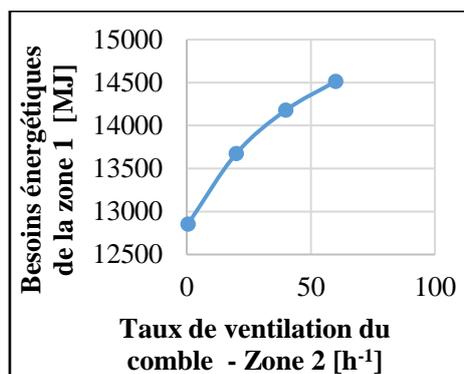


Fig 8. Besoins énergétiques de la Zone 1 - Plancher du comble non isolé - Hiver

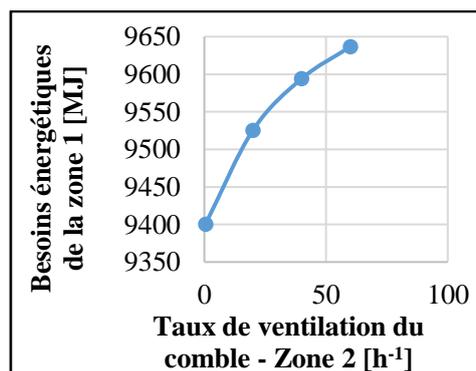


Fig 9. Besoins énergétiques de la Zone 1 - Plancher du comble isolé - Hiver

Les calculs montrent que la ventilation du comble a peu d'influence sur les besoins énergétiques en chauffage de la zone 1 lorsque le plancher bas du comble est isolé. Une augmentation de l'ordre de 1% est envisageable sur les besoins énergétiques de la zone 1 si le taux de ventilation du comble augmente.

Lorsque le plancher bas du comble ne dispose pas d'isolation thermique, les besoins énergétiques en chauffage de la zone 1 augmentent de près de 13 % si le taux de ventilation du comble passe de 0,5 à 60 volumes par heure.

#### 4.2. Période estivale

Les figures 10 et 11 illustrent les résultats obtenus pour la période estivale :

- figure 10 : le plancher bas du comble ne comporte pas d'isolation thermique ;
- figure 11 : le plancher bas du comble comporte une isolation thermique.

Pendant la période estivale, nous avons fait varier le taux de ventilation du comble entre 0,5 et 100 volumes par heure.

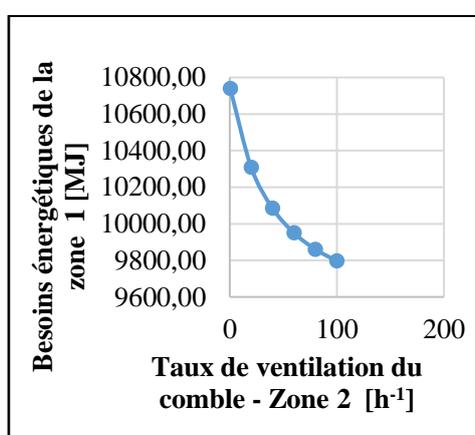


Fig 10. Besoins énergétiques de la Zone 1 - Plancher du comble non isolé - Été

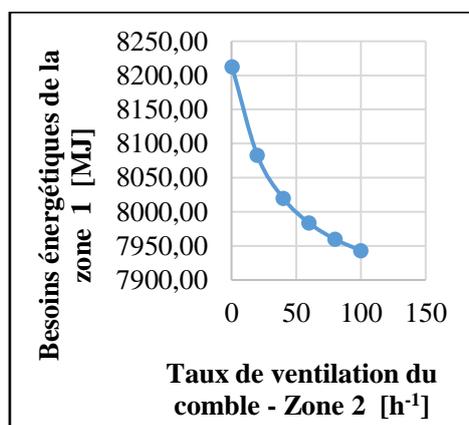


Fig 11. Besoins énergétiques de la Zone 1 - Plancher du comble isolé - Été

Les calculs montrent là aussi que la ventilation du comble a peu d'influence sur les besoins énergétiques en climatisation de la zone 1 lorsque le plancher bas du comble est isolé. Une économie de près de 3% est envisageable sur les besoins énergétiques de la zone 1 si le taux de ventilation du comble augmente.

Lorsque le plancher bas du comble ne dispose pas d'isolation thermique, les besoins énergétiques de la zone 1 diminuent de près de 10 % si le taux de ventilation du comble passe de 0,5 à 100 volumes par heure.

## 5. Conclusion

Ce travail a permis d'élaborer de modéliser numériquement le comportement thermique de la maison solaire de l'UDES située à Bou Ismaïl. Cette maison solaire comporte une toiture avec comble. Le modèle de calcul a été confronté à des mesures expérimentales avec succès.

Différentes simulations numériques ont été réalisées en faisant varier le taux de ventilation du comble. Les résultats des calculs montrent que la ventilation du comble influe sur les besoins énergétiques de la maison solaire dans le cas où le plancher bas du comble n'est pas isolé. En été, les besoins énergétiques en climatisation de la cellule (zone thermique 1) peuvent diminuer de 10 % si l'on augmente fortement le taux de ventilation du comble. En hiver, les besoins énergétiques en chauffage de la cellule peuvent augmenter de 13 % si l'on augmente le taux de ventilation du comble. Il faut retenir qu'une forte ventilation du comble est recommandée en été, et qu'une faible ventilation du comble est recommandée en hiver. Cette faible ventilation du comble en hiver doit être envisagée afin d'éviter les moisissures pouvant être provoquées par un comble humide non ventilé.

D'autres simulations sont en cours afin d'évaluer l'influence du zonage climatique et de la nature des matériaux utilisés.

## 6. Références

- [1] S. M. K. El Hassar, "*Guide pour une construction éco-énergétique en Algérie*", Livre, Editions Universitaires Européennes, Saarbrücken, Allemagne, 2016.
- [2] AS. Elasfour, R. Maraqa and R. Tabbalat, *Shading control by neighbouring buildings*, International Journal of Refrigeration, Issue 2, Vol. 14, March 1991, Elsevier.
- [3] Commission Technique Permanente, *Réglementation thermique du bâtiment C 3-2 et C 3-4*, Alger, Document Technique Réglementaire, CNERIB, 2014.
- [4] Ramos, Germán & Fernandez Bandera, Carlos, *Validation of Calibrated Energy Models: Common Errors*. Energies. 10. 1587. 10.3390/en10101587, 2017.
- [5] ASHRAE Guideline 14-2014, *Measurement of Energy, Demand, and Water Savings*, ASHRAE. December 18, 2014, USA.
- [6] Prahl, D., and Shaffer, M., *Moisture Risk in Unvented Attics Due to Air Leakage Paths*, United States: N. p., 2014. Web. doi:10.2172/1164104.