

## ETUDE EXPÉRIMENTALE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE D'UN PLANCHER SOLAIRE DIRECT

M. H. BENZAAMA<sup>1,2</sup>, M. LACHI<sup>1\*</sup>, A. MOKHTARI<sup>3</sup>, C. MAALOUF<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Reims Champagne-Ardenne, GRESPI, Reims, France

<sup>2</sup> Laboratoire LMSR, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbes, Algérie

<sup>3</sup> LMST, Faculté d'Architecture et GC, USTO MB, Oran, Algérie

\* (auteur correspondant: benzaama.hichem@hotmail.com)

### RÉSUMÉ

Ce travail, porte sur l'étude de l'efficacité énergétique d'un système solaire actif (PSD) couplé à une cellule expérimentale implantée dans la région d'Oran (Algérie). Le système est composé d'un capteur solaire plan, un circuit hydraulique en deux boucles noyé dans la dalle, et d'un module de transfert hydraulique. La métrologie mise en place a permis de suivre l'évolution de la température à plusieurs niveaux du système ( $T^{\circ}$  du capteur solaire,  $T^{\circ}$  dalle,  $T^{\circ}$  de l'air intérieur et extérieur). Les mesures in situ réalisées ont été effectuées durant une période de 08 jours à partir du 18 mars 2014. Sur l'environnement TRNSYS.16, nous avons établis un modèle d'un plancher solaire direct où les résultats ont fait l'objet de validation avec ceux obtenus par l'expérience.

**Mots Clés :** *Cellule expérimentale, Plancher solaire direct, Capteur solaire, Chauffage, Confort thermique, TRNSYS.16.*

### 1. INTRODUCTION

Afin de répondre aux problèmes liés à la pollution par des émissions de gaz à effet de serre, l'utilisation des systèmes à base d'énergie solaire pour le chauffage représente un intérêt indéniable pour répondre à cette problématique.

Un plancher chauffant couplé à un capteur solaire permet une meilleure répartition de la chaleur dans la zone occupée. Ce mode fait partie des systèmes de chauffage à basse température dont l'utilisation permet de réaliser des économies d'énergie avec une réduction des gaz à effet de serre.

Dans une étude expérimentale réalisée sur le site de Bouzaréah en Algérie [1], il a été montré qu'un système (PSD) ayant un plancher chauffant couplé à un capteur solaire thermique peut stocker plus de 10000 kJ d'énergie pour une température superficielle du plancher chauffant variant entre 22 et 24 °C.

Les résultats expérimentaux présentés par [2] ont montré que l'énergie fournie par un capteur solaire de 6.4 m<sup>2</sup> de surface combiné à un volume de stockage d'ECS de 190 litres, peut satisfaire aux besoins de chauffage d'une cellule de volume proche de 50 m<sup>3</sup> sous les conditions météorologiques de la ville d'Alger.

Une étude théorique a été faite par [3] sur l'efficacité énergétique d'un plancher solaire sous les conditions météorologiques d'Oran (Algérie) dont laquelle l'auteur a montré que les besoins d'énergie couverts par le solaire sont de 90% environ des besoins totaux du bâtiment avec un ratio de captation (surface capteurs sur surface plancher chauffant) de 0.2 et de 60% avec un ratio de 0.1 seulement.

Dans ce contexte l'objectif de notre travail, porte sur l'étude de l'efficacité énergétique d'un plancher solaire direct (PSD) avec une évaluation des paramètres du confort thermique tels que la température de l'air intérieur et la température superficielle du plancher chauffant sous les conditions météorologiques de la ville d'Oran où est installée la cellule d'essai.

## 2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'étude est menée dans une cellule expérimentale implantée sur le site de l'IGCMO de l'Université des Sciences Technologiques d'Oran (Algérie) utilisée pour l'étude expérimentale des systèmes énergétiques intégrés au bâtiment [4], [5].

La cellule est composée de deux locaux identiques de 20 m<sup>2</sup> chacun. Les dimensions intérieures sont de 4.7 m de longueur, 3.7 m de largeur et 2.8 m d'hauteur sous plafond, le premier local est équipé d'un plancher solaire direct (PSD), et le deuxième est utilisé comme local technique abritant tous les équipements nécessaires pour le système de mesure (module de transfert hydraulique, pompes, vase d'expansion, chaîne d'acquisition type KEITHLEY 7700).

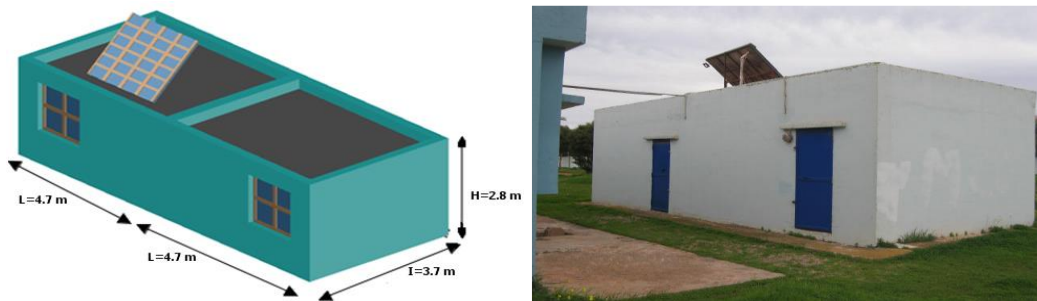


FIGURE 1 : Cellule expérimentale

La construction de la cellule d'essai a été faite pour être considérée comme une construction isolée, les parois verticales et le plancher haut et bas sont représentés dans les tableaux suivants :

Composition	Épaisseur (cm)
Enduit de ciment	1
Brique première paroi	10
Isolation en polystyrène	4
Brique deuxième paroi	10
Enduit de plâtre	1

TABLEAU 1 : Composition des parois verticales.

Composition	Épaisseur (cm)
Étanchéité	3
Forme de pente	2
Isolation	2
Plancher en bloc creux (hourdis + dalle de compression)	16 + 4
Enduit de plâtre	1.5

TABLEAU 2 : Composition du plancher haut.

Composition	Épaisseur(m)	Conductivité $\lambda$ (W/m.K)	Masse volumique $\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Capacité cp (J/Kg.K)
Revêtement en gerflex	0.003	0.31	1190	1046
Dallage	0.10	0.75	2450	920
Chappe	0.10	1.75	2450	920

Isolant	0.04	0.03	38	920
---------	------	------	----	-----

TABLEAU 3 : Caractéristiques du plancher bas de la cellule d'essai.

Le système plancher solaire direct (PSD) est composé de :

- Un capteur plan de 4,60 m<sup>2</sup> orientée vers le sud avec une inclinaison de 45°.
- Un plancher chauffant de 17 m<sup>2</sup> (4,70 × 3,70) de surface composé de :
  - ✓ deux couches de béton de 10 cm chacune séparées par 4 cm de polystyrène où le réseau de tubes est posé.
  - ✓ les tubes sont en PER (polyéthylène réticulé) en deux boucles avec un diamètre de 18 mm.
  - ✓ l'espacement entre tubes au niveau du plancher est égal à 20 cm.
  - ✓ les tubes sont posés sur un treillis soudé posé sur l'isolant, noyés dans une dalle de 10 cm d'épaisseur.

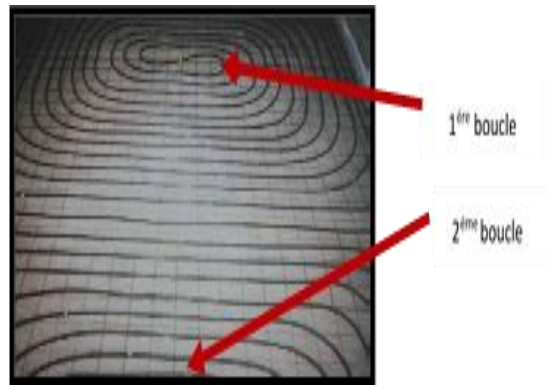


FIGURE 2. Circuit hydraulique.

- La régulation se fait à l'aide d'un module de transfert hydraulique, type Clipsol T2I.
- Des thermocouples installés à différents positions sont reliés à une chaîne d'acquisition de température de type (KEITHLEY 7700).
- La mesure de la température extérieure, est effectuée à l'aide d'une mini station météorologique.

Plusieurs thermocouples sont installés afin d'évaluer les performances énergétiques du système :

Nombres de thermocouples	Positions
1	Dalle (Surface du plancher bas)
1	Pièce (Hauteur de 1.4m)
1	sortie du fluide caloporteur du capteur solaire

TABLEAU 4 : Nombres et emplacements des thermocouples.

### 3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous suivons l'évolution des températures au niveau du système PSD pendant une période de mesure qui s'étale du 18 au 26 mars 2014.

L'évolution de la température extérieure enregistrée par la mini station météorologique est présentée dans la figure 3 ci-dessous.

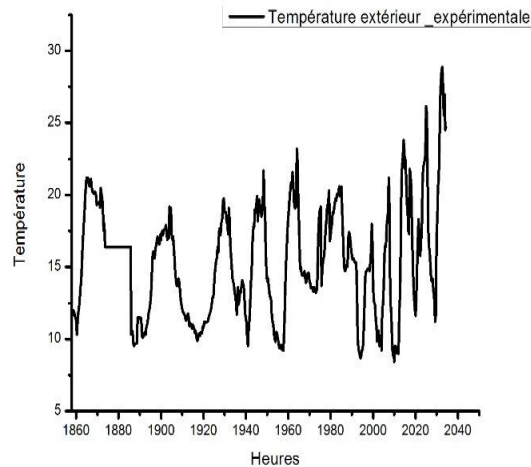


FIGURE 3 : Evolution de la température de l'air extérieur.

Un capteur de température (Thermocouple de type K) permet de mesurer la température du fluide caloporteur à la sortie du capteur solaire. La température du fluide caloporteur atteint un maximum de 49.8 °C à 12 h.30 et un minimal de 42°C comme indique la figure suivante :

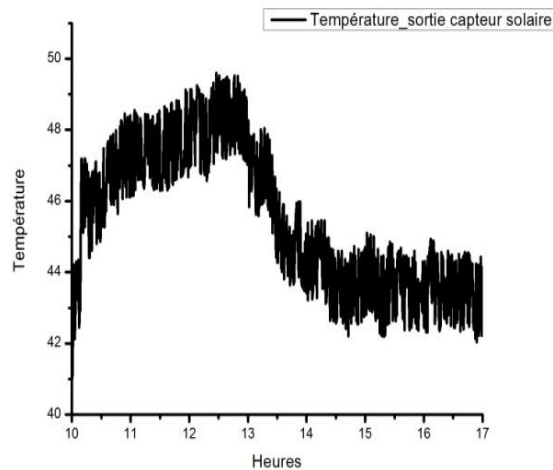


FIGURE 4 : Évolution journalière de la température à la sortie du capteur solaire (18 mars à partir de 10h).

La température du fluide caloporteur à la sortie du capteur solaire influe sur la température superficielle du plancher chauffant. La température d'entrée au plancher chauffant ne devra pas excéder les 50 °C selon la norme (DTU 65.8) [6]. La température superficielle du plancher bas enregistrée varie entre 20.5 °C et 24 °C (température du confort) [7] pendant toute la période de mesure (figure 5).

La figure 6 représente l'évolution de la température de l'air intérieur à une hauteur de 1.4 m. L'observation de la figure 6 permet de noter que la température du local durant les 8 jours étudiés, varie entre 16.5 et 20.5 °C (température du confort) [6].

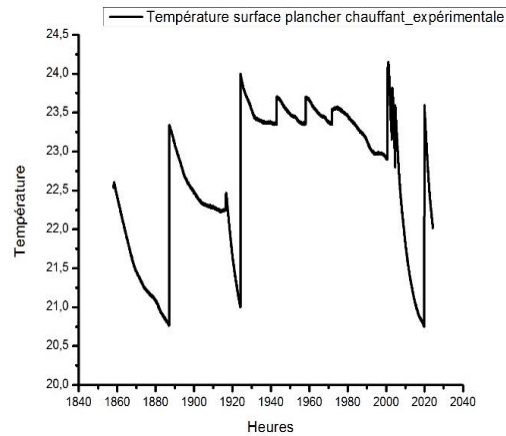


FIGURE 5 : Evolution de la température superficielle du plancher chauffant.

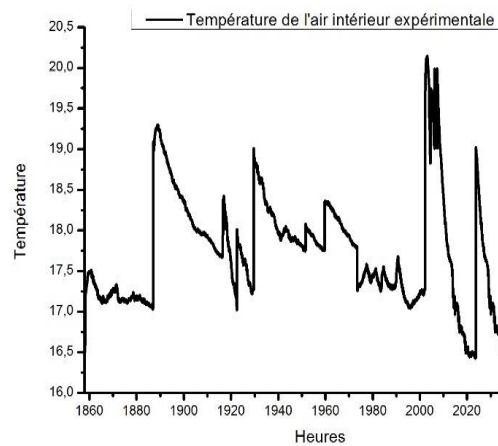


FIGURE 6 : Evolution de la température de l'air intérieur.

#### 4. SIMULATION ET VALIDATION

La simulation du système étudié est réalisée en utilisant le logiciel TRNSYS .16. Les types utilisés sont :

- " type 1b " pour modéliser le capteur solaire plan.
- " type 56" décrit le comportement thermique dynamique d'un bâtiment multizone.
- " type 2b" pour contrôler le fonctionnement du système PSD.
- " type 3b" pour les pompes circularisées.
- " type 9a" data Reader : en lien avec la température extérieure mesurée.

La figure 7 illustre l'évolution de la température expérimentale ainsi que par la simulation. D'après les résultats, on a remarqué que la température de l'air intérieur enregistrée, varie entre 16.5 et 20.5 °C, par contre celle obtenue par simulation varie entre 17 et 19.5 °C.

La validation que nous avons effectuée a montré qu'il y a des écarts autour de 1°C de température entre les mesures expérimentales et la simulation, par contre les évolutions suivent la même tendance. Dans ce cas on peut dire que globalement il existe une bonne concordance entre les résultats expérimentaux et ceux trouvés par simulation avec le logiciel TRNSYS.

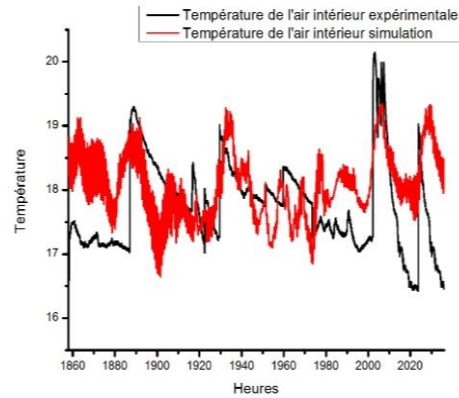


FIGURE 7 : Evolution de la température de l'air intérieur (Simulation et expérimentale).

## 5. CONCLUSION

Cette étude expérimentale a permis de montrer des résultats satisfaisants sur le comportement thermique d'un plancher solaire direct, dans le contexte d'un local Algérien, plus particulièrement implanté dans la ville d'Oran. Cette étude nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- ✓ La température du fluide caloporteur à la sortie du capteur solaire varie entre 49.8 °C et 42°C.
- ✓ La température superficielle du plancher chauffant enregistrée varie entre 20.5°C et 24 °C durant toute la période de mesure, où elle reste maintenue dans l'intervalle du confort thermique.
- ✓ La température de l'air intérieur chauffé par le plancher solaire direct varie entre 16.5°C et 20.5°C, ce qui assure un confort thermique acceptable des occupants.

Les résultats montrent que l'utilisation de la technique d'un plancher solaire direct dans un climat Algérien est très prometteuse au vu de l'importance du gisement solaire dans cette région ceci confirme l'utilité d'avoir recours à ce type de chauffage qui s'avère très rentable et non polluant.

## REFERENCES

- [1] R. Kharchi, N. Ait Messaoudene, M. Belhamel, A. Hamid, Etude Expérimentale du Comportement Thermique d'un Plancher Solaire Direct, Revue des Energies Renouvelables, JITH 2001, pp. 115-119.
- [2] F. Mokhtari, N. Ait Messaoudene, A. Hamid, M. Belhamel, Etude du comportement thermique d'une maison munie d'un système de chauffage solaire, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 9, n°4, 2006, pp. 363-370.
- [3] A. Mokhtari, H. Kazeoui, Y. Boukezzi, G. Achard, Utilisation d'un Circuit Hydraulique dans un Plancher pour le Chauffage et le Rafrâichissement des Locaux, Revue des Energies Renouvelables, Vol.1, 1998, pp. 17-27.
- [4] S. Menhoudj, H. Tennah, A. Mokhtari, Etude expérimentale de l'efficacité énergétique d'un échangeur air / sol pour le besoin de ventilation d'un local, 16èmes Journées Internationales de Thermique (JITH2013) Marrakech (Maroc), du 13 au 15 Novembre, 2013.
- [5] A. Mokhtari, K. Dehina, Simulation d'un échangeur air sol et d'une citerne rafraichissante couplés à un local multizone, 16èmes Journées Internationales de Thermique (JITH2013) Marrakech (Maroc), du 13 au 15 Novembre, 2013.
- [6] DTU N°65.8, "Exécution des Planchers Chauffants utilisant des Tubes en Matériaux de Synthèse à Eau Chaude", Documents Techniques Unifiés, Février (1990).
- [7] B. W. Olesen, Radiant Floor Heating In Theory and Practice, ASHRAE Journal, July 2002.