



**HAL**  
open science

## Etudes énergétiques des parois rayonnantes réalisées en brique HELIOTERRE

Adriana Soveja, André Péninou, Adrien van den Bossche, Thierry Val, Thierry  
Alhalel

► **To cite this version:**

Adriana Soveja, André Péninou, Adrien van den Bossche, Thierry Val, Thierry Alhalel. Etudes énergétiques des parois rayonnantes réalisées en brique HELIOTERRE. Congrès National de la Recherche des IUT (CNRIUT 2021), ADIUT : Assemblée des Directeurs d'IUT, Jun 2021, Lyon (en ligne), France. hal-03196608

**HAL Id: hal-03196608**

**<https://hal.science/hal-03196608>**

Submitted on 13 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

## Études énergétiques des parois rayonnantes réalisées en brique HELIOTERRE

---

Adriana Soveja<sup>1</sup>

adriana.boveja@univ-tlse2.fr

André Peninou<sup>2</sup>

andre.peninou@univ-tlse2.fr

Adrien van den Bossche<sup>3</sup>

adrien.van-den-bossche@univ-tlse2.fr

Thierry Val<sup>4</sup>

thierry.val@univ-tlse2.fr

Thierry Alhalel<sup>5</sup>

thierry.alhalel@univ-tlse2.fr

<sup>1</sup> IUT Blagnac, Université Toulouse 2

ICA, Université de Toulouse, CNRS, INSA, ISAE, Mines Albi, UPS, UMR 5312

<sup>2,3,4</sup> IUT Blagnac, Université Toulouse 2

IRIT, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, UT1, UT2J, UMR 5505

<sup>5</sup> IUT Blagnac, Université Toulouse 2, Département Génie Industriel et Maintenance

**Thèmes** – *Énergie - Environnement - Informatique - Mathématiques - Matériaux - Mécanique*

**Résumé** – *L'efficacité énergétique des bâtiments passe par le choix des matériaux utilisés dans leur construction tout en tenant compte de l'environnement. Il est bien connu que l'utilisation des briques de terre crue pour la construction de murs permet, d'une part, d'améliorer le confort thermique des bâtiments et d'autre part, d'apporter un gain dans les coûts énergétiques en utilisant l'hygrométrie naturelle du logement provenant de l'activité humaine. Le gain sur les coûts énergétiques est obtenu par la diffusion de la chaleur latente produite suite à la condensation des vapeurs saturées dans le mur. L'objectif de ce projet est d'étudier l'efficacité énergétique de ces murs en collaboration avec le Centre de Terre de Lavalette où des prototypes de murs réalisés en brique de terre crue sont actuellement en place. Une instrumentation de ces murs avec des capteurs de température, d'humidité et de pression a été réalisée à plusieurs positions afin d'observer, quantifier et améliorer les performances énergétiques obtenues par cette diffusion de chaleur latente produite suite à la condensation des vapeurs saturées dans le mur.*

**Mots-Clés** – *matériaux, thermodynamique, acquisition des données*

## Introduction

Le chauffage Basse Température demande des surfaces d'émission importantes sous la forme de planchers chauffants et plus récemment des murs chauffants. Ces derniers présentent aussi un intérêt écologique surtout s'ils sont construits en briques réalisés en terre crue (Hélioterre) [1]. Le principe de fonctionnement de ces parois chauffantes est basé sur le principe de la thermodynamique. Le procédé utilise l'hygrométrie du logement provenant de l'activité humaine (respiration, salle de bain...) qui pénétrera dans les murs et sera transformée en énergie thermique suite à sa condensation. Construire des parois chauffantes ouvre un nouveau champ d'utilisation de matériaux naturels sains à l'intérieur d'un bâtiment avec des effets bénéfiques pour :

- les occupants : confort hygrométrique, qualité de l'air intérieur, neutralité ionique, climatisation naturelle pendant l'été,
- l'environnement : matériaux locaux abondant à cout énergétique réduit, faible consommation de l'énergie grise, émission de CO2 quasi-nulle, etc.

Cet article présente l'étude sur l'efficacité énergétique de murs réalisés en brique HELIOTERRE couplé à un réseau de chauffage.

## Expérimentation et résultats

### 1.1 Contexte

L'expérimentation a eu lieu en collaboration avec le Centre de Terre ou une paroi extérieure, de type HELIOTERRE® (brique de terre crue extrudée ou BTC) a été construite (figure 1a). La face intérieure est chauffée grâce à un réseau de chaleur où circule une eau à une température de 35° C (figure 1b).

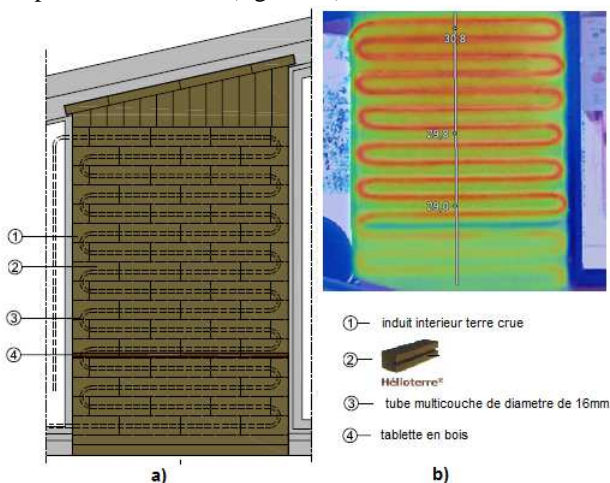


Figure 1 – a) Schéma du mur en brique HELIOTERRE et b) mesure de température par la caméra infrarouge

Cette paroi a pour objectif de créer une dynamique naturelle :

- d'ascension de l'air contre la face intérieure du mur,
- de transfert d'eau traversant la paroi, transfert possible grâce à la porosité de la terre, pression et vitesse étant liées à la température de l'air froid extérieur,
- d'augmentation du taux d'hygrométrie de l'air jusqu'à saturation de cette lame d'air.

Une instrumentation de ce mur avec des capteurs de température, d'humidité et de pression a été réalisée à plusieurs niveaux afin d'observer, quantifier et améliorer les performances énergétiques obtenu par la diffusion de la chaleur latente produite suite à la condensation des vapeurs saturés dans le mur.

### 1.2 Etudes de faisabilité des capteurs et développement du programme d'acquisition de données

Suite aux mesures de températures effectuées par caméra IR, le choix des capteurs s'est porté sur les BME280 permettant de mesurer en même temps la température, la pression et l'humidité dans le mur.

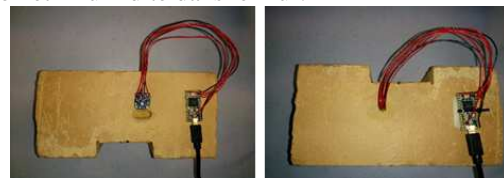


Figure 2 – Instrumentation brique avec capteur BME280 (à gauche avant enfouissement du capteur, à droite après enfouissement et saturation avec de la terre)

Une brique HELIOTERRE a été instrumentée à l'IUT de Blagnac avec 5 capteurs reliés chacun à un Teensy 3.2 (microprocesseur embarqué de l'écosystème Arduino) permettant l'acquisition des données (figure 2). Un programme d'acquisition a été codé en C afin de faire l'acquisition des données. Afin de valider le programme d'acquisition, cette brique HELIOTERRE a été installée dans la porte d'un réfrigérateur domestique modifié afin de simuler l'intérieur / l'extérieur d'un mur. Un système de production artificiel de vapeurs a été installé devant le dispositif expérimental (figure 3).

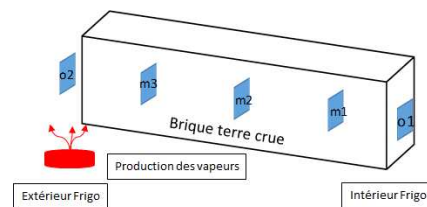


Figure 3 – Schéma de l'instrumentation d'une brique avec des capteurs BME280

On peut observer que lors de la production de vapeurs, le capteur O2 enregistre une variation importante de la température et de l'humidité (figure 4a), tandis que le capteur O1 situé à l'intérieur du réfrigérateur n'enregistre

pas des variations (figure 4b). Une variation de la température et de l'humidité est aussi observée pour les capteurs situés dans la brique (figure 5). Les résultats expérimentaux montrent que lors de la migration des vapeurs de l'extérieur du réfrigérateur vers l'intérieur à travers la brique, une variation de la température proportionnelle à la variation de l'humidité se produit, donc les capteurs choisis sont fiables.

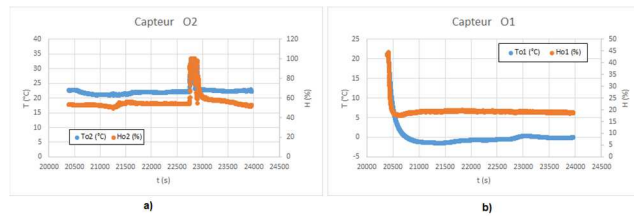


Figure 4 – Variation de la température et de l'humidité selon la position du capteur : a) extérieur frigo, b) intérieur frigo

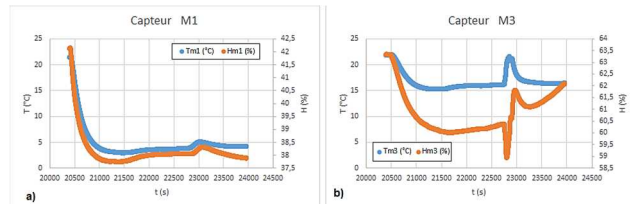


Figure 5 – Variation de la température et de l'humidité à l'intérieur de la brique selon la position du capteur : a) vers l'intérieur du frigo, b) vers l'extérieur du frigo

### 1.3 Instrumentation mur Centre de Terre

Afin d'observer le phénomène dans des conditions réelles nous avons instrumenté le mur situé au centre de Terre avec 9 capteurs à l'intérieur du mur et 6 capteurs à l'extérieur du mur (en surface) comme présenté dans la figure 6. Le tableau 1 présente le positionnement des capteurs par rapport au sol et dans la profondeur du mur.

Table 1 – positionnement des capteurs dans le mur

Capteurs	H (cm)	P (cm) (->3 capteurs)		
MUR1	75	1	9	17
MUR2	130	1	9	17
MUR3	180	1	9	17
	<b>Position</b>	<b>H (cm) (-&gt;3 capteurs)</b>		
IN	intérieur	75	130	180
OUT	Extérieur	75	130	180

L'acquisition des données a eu lieu pendant l'hiver durant 3 mois. Les données enregistrées ont servi pour le calcul de la pression saturée des vapeurs en utilisant la formule de Rankin et de la pression partielle. En analysant les courbes des deux pressions, on peut observer qu'il y aura condensation à l'intérieur du mur autour de 10°C lorsque la courbe de pression partielle coupe la courbe de pression de saturation des vapeurs (figure 7a). Cela nous permet de déterminer à partir de quelle profondeur dans la brique ce

phénomène a lieu (figure 7b). On observe que pour des parois soumises à une différence de température entre 28°C (intérieur) et 4°C (extérieur), la condensation des vapeurs se produit sur une grande partie de l'épaisseur du mur (entre 0 et 15 cm à partir de l'intérieur).

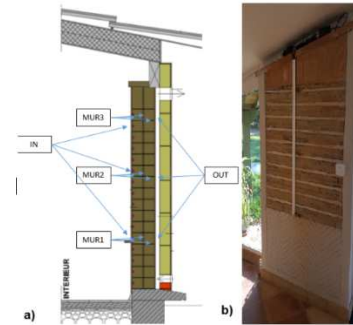


Figure 6 – Instrumentation mur : a) schéma du positionnement de capteurs et b) mur test instrumenté

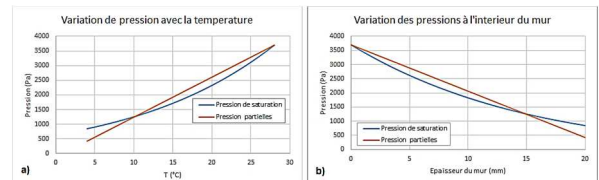


Figure 7 – Variation de la pression de saturation de vapeurs et de la pression partielle : a) avec la température et b) avec la profondeur du mur

### Conclusions et perspectives

Cette étude nous permet de mettre en évidence qu'il existe des possibilités d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments en utilisant les phénomènes thermodynamiques ayant lieu lors de la migration des vapeurs à travers des murs conçus avec des matériaux plus respectueux de l'environnement. En perspective de ce travail, un modèle numérique évolutif du transfert thermique sera mis en place afin d'optimiser la fabrication des briques en terre crue en fonction de la granulométrie de l'argile par région.

### Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à M. Joseph COLZANI, architecte et président du Centre de Terre pour la mise à disposition des locaux. Nos remerciements vont aussi au Service de Valorisation de l'UT2J pour l'aide financière accordé suite à l'appel à projet EPSI et sans lequel cette étude n'aurait pas pu être réalisée.

### Références

[1] Joseph Colzani, *Mur extérieur porteur, chauffant basse température isolé par l'extérieur : mur « Hélioterre »*, XIIe Congrès mondial sur les architectures de terre, 11-14 juillet 2016, Lyon, France Proceedings of the 1st Int. Conf., Tristan Da Cunha, Feb 30 – 31, 2017, p. 1 – 11