

# Comportement thermique d'été d'un bâtiment rénové en béton de chanvre

Naima Boumediene<sup>1</sup>, Florence Collet<sup>1</sup>, Sylvie Prétot<sup>1</sup>, Christophe Lanos<sup>1</sup>, Florent Dubois<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Rennes, Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique, Axe matériaux pour l'éco-construction, 3 rue du Clos Courtel, BP 90422, 35704 Rennes, France

<sup>2</sup> LafargeHolcim France, 2, avenue du Général de Gaulle, 92148 Clamart Cedex, France

**RESUME** Cet article constitue une étude préliminaire du comportement hygrothermique d'un bâtiment à colombage rénové en béton de chanvre. Il est instrumenté au niveau des ambiances (intérieure et extérieure) ainsi qu'au sein de différentes parois. L'étude porte sur le mois d'août 2019. La mesure de température extérieure est en accord avec le relevé météo France et montre un mois chaud, proche des records sur la période 1980-2010. La confrontation de la température intérieure à la température extérieure montre un bon niveau de confort thermique. L'étude du comportement au sein de la partie courante en béton de chanvre de la paroi sud souligne la contribution des parois au comportement thermique du bâtiment.

**Mots clefs** comportement thermique, étude in-situ, ambiance, parois, amortissement, déphasage

## I. INTRODUCTION

La rénovation thermique des bâtiments existants a pour objectif de réduire les consommations énergétiques des bâtiments tout en contribuant au confort hygrothermique des usagers en toutes saisons. Les matériaux utilisés pour la rénovation doivent être adaptés à l'enveloppe existante. Le comportement hygrothermique du béton de chanvre en fait un matériau pertinent dans le cas de la rénovation d'un bâtiment à colombage. Ce matériau présente en outre un intérêt environnemental certain (Amziane et al., 2017).

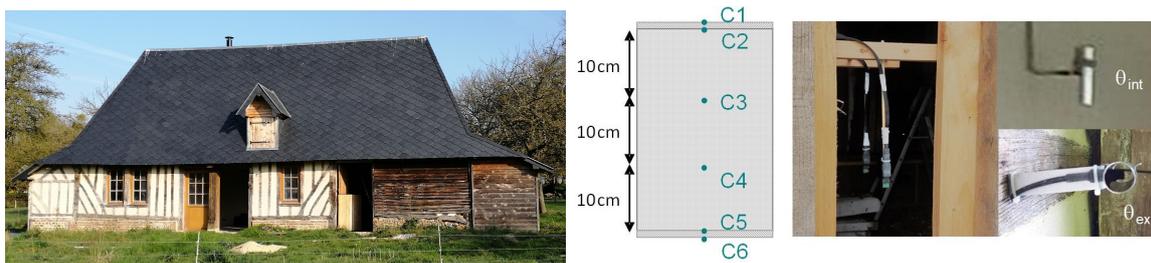
LafargeHolcim France s'est investi dans un projet de rénovation en béton de chanvre d'une étable normande en colombage datant du début du 19<sup>ème</sup> siècle à Heudreville-sur-Eure (27). Ce bâtiment fait l'objet d'un suivi expérimental sur 2 ans. Cet article présente les résultats de la saison estivale 2019. Il présente l'instrumentation du bâtiment, les sollicitations climatiques, l'ambiance intérieure et le comportement thermique au sein du béton de chanvre de la paroi sud afin d'analyser le confort et la contribution des parois à celui-ci.

## II. BATIMENT ETUDIE, METROLOGIE ET METHODOLOGIE

Le bâtiment étudié (Fig. 1) est une étable en colombage (12x12 cm<sup>2</sup>) destinée à un usage d'habitation. Il est composé d'une pièce d'habitation unique de 47 m<sup>2</sup> surmontée d'un grenier. Ce bâtiment présente sa façade principale au Sud-Sud Est (- 20° par rapport au sud).

La structure bois repose sur un soubassement pierre. Le béton de chanvre est produit avec de la chaux Tradibat 85 (HL 5) et des chènevottes Kanabat – LCDA. Il est recouvert d'un enduit intérieur chaux Nathural® (NHL 3,5) – chanvre fin et d'un enduit extérieur traditionnel en chaux Nathural® (NHL 3,5) - sable entre les colombages.

La métrologie mise en place comprend 47 capteurs de température et d'hygrométrie sensirion SHT35 (ambiances intérieure et extérieure, murs et plafond) et une dizaine de thermocouples (plancher bas et voisinage des équipements) implantés durant les différentes phases du chantier. Les capteurs sensirion SHT35 ont une précision est de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  pour une plage de  $20^{\circ}\text{C}$  à  $60^{\circ}\text{C}$  et  $\pm 1,5\%$  d'humidité, ils ont été vérifiés avec des solutions salines avant implantation. Les capteurs sont reliés à des centrales d'acquisition, raccordées à un ordinateur connecté à Internet. Le pas d'acquisition est de 1 heure, la collecte des données se fait à distance. (Collet et al., 2019).



**FIGURE 1.** Façade sud du bâtiment étudié (gauche) et métrologie de la paroi nord au droit du béton de chanvre (capteurs internes en attente et capteur d'ambiance extérieure dans l'écran de protection)

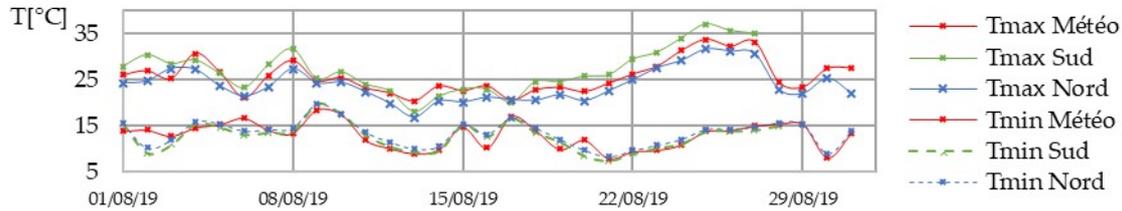
Le traitement des données expérimentales permet d'étudier l'évolution des températures ambiantes et au sein des parois. Le confort sera évalué par rapport à la température intérieure atteinte, au regard de la température extérieure (ASHRAE, 2004). Le comportement de l'enveloppe sera caractérisé par l'amortissement et le déphasage entre les températures ambiantes intérieure et extérieure pour prendre en compte l'ensemble des apports gratuits, et entre les températures de surface (intérieure / extérieure) pour caractériser l'effet de la paroi. L'amortissement est défini par la différence entre l'amplitude de la température extérieure et celle de la température intérieure. Le déphasage est le temps entre les instants de température maximale entre les deux points étudiés.

### III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### A. Sollicitations climatiques

La figure 2 présente les températures extérieures minimales et maximales journalières mesurées sur la paroi nord et sur la paroi sud, ainsi que celles relevées à par météo France à la station d'Evreux ([www.meteofrance.com](http://www.meteofrance.com)) lors du mois d'août 2019. Les températures minimales relevées sont en total accord alors que les températures maximales diffèrent légèrement. En effet, les relevés météo France sont réalisés sous abri. Sur site, les capteurs sont protégés du rayonnement solaire direct mais l'air au voisinage de la paroi est échauffé par l'ensoleillement conduisant à des températures plus élevées au sud qu'au nord.

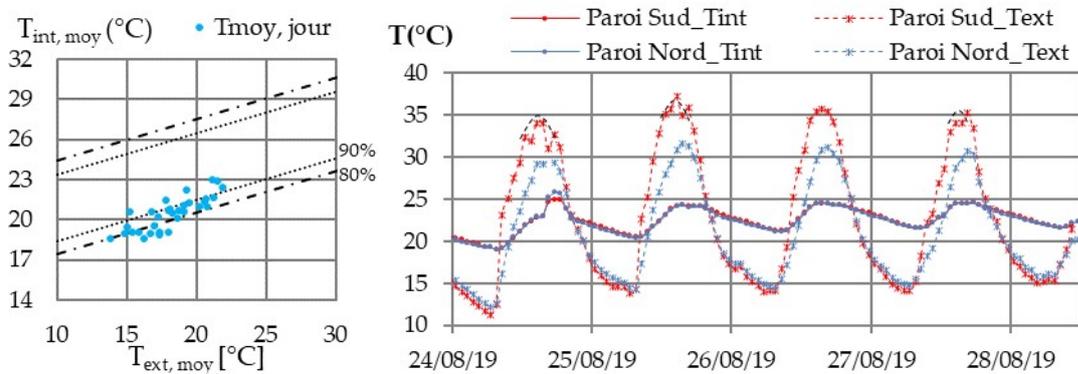
Le mois d'août 2019 a été globalement chaud, avec des températures minimales comprises entre 10 et 20 °C et une température maximale comprise entre 20 et 37.2 °C, proche du record observé pour la période 1980-2010 (38.4°C). On observe une séquence de chaleur du 21 au 26, avec une augmentation continue des températures maximales et minimales. Cette période sera la période détaillée dans cette étude.



**FIGURE 2.** Les températures maximales et minimales (sud, nord et météo France) pour Août 2019

### B. Ambiance intérieure : confort, amortissement et déphasage par rapport à l'ambiance extérieure

La figure 3 gauche donne le diagramme de confort défini dans (ASHRAE, 2004). Elle donne la température ambiante intérieure moyenne en fonction de la température extérieure moyenne pour chaque jour. Sur l'ensemble du mois d'août, 7 jours conduisent à 90% d'acceptabilité, 18 à 80 % et 6 sont légèrement en dehors de la zone de confort. Il s'agit des jours compris entre le 14 et le 18 août pour lesquels l'ambiance intérieure est jugée légèrement trop froide au regard de l'ambiance extérieur. Ceci s'explique par la conjugaison de deux phénomènes : une baisse continue des températures extérieures du 9 au 13 août conduisant à un lent refroidissement du bâtiment jusqu'à 18°C et un déficit d'apports gratuits les jours suivants dus à une forte couverture nuageuse et des précipitations. Toutefois, la température intérieure reste entre 18 et 20°C.



**FIGURE 3.** Évaluation du confort intérieur selon le diagramme de confort adaptatif (ASHRAE, 2004) (gauche) et Températures d'ambiances intérieures et extérieures des parois sud et nord (droite)

La figure 3 droite donne le suivi horaire des températures ambiantes intérieure et extérieure pour les paroi sud et nord pour les quatre jours les plus chauds. Les deux mesures d'ambiance intérieure coïncident et montrent une bonne homogénéité dans le bâtiment. Durant cette période, la température extérieure au voisinage de la paroi est comprise entre 11°C et 32°C côté Nord – 37°C côté Sud. La température intérieure est comprise entre 20 et 25°C, ne conduisant pas à une surchauffe du bâtiment. Elle évolue plus rapidement en montée qu'en descente. En effet, la phase de montée en température est liée aux apports par les parois ainsi qu'aux apports solaires directs alors que les phases de descente sont liées principalement à l'inertie du bâtiment. Cette inertie est

caractérisée par un déphasage d'environ 2 heures et un amortissement d'environ 20 °C entre l'ambiance intérieure et l'ambiance extérieure au sud.

### C. Parois sud et nord : amortissement et déphasage au sein des parois

La figure 4 présente l'évolution des températures au sein de la paroi au cours du temps ainsi que l'évolution des profils le 27/08/2019. La diffusion de la chaleur au sein du béton de chanvre se traduit par un amortissement et un déphasage entre les courbes C5, C4 et C3. Les températures C1 et C2 étant fortement influencées par les ambiances intérieures, leur déphasage par rapport à C6 est plus court que celui de C3. L'amorti entre les températures de surface intérieure et extérieure est de l'ordre de 23°C, le déphasage d'environ 3 heures. Le profil de température montre le stockage et déstockage de chaleur au cour d'une journée. L'absorption du rayonnement solaire conduit à un stockage avec une augmentation rapide de la température dans les couches extérieures puis différée sur l'épaisseur du mur. Lorsque les températures ambiantes diminuent, le mur restitue l'énergie stockée dans la journée. Cela conduit à un apport retardé et amorti pour l'ambiance intérieure qui est alors maintenue autour de 20°C et à un rafraichissement du mur côté extérieur qui pourra de nouveau constituer un tampon thermique le jour suivant.

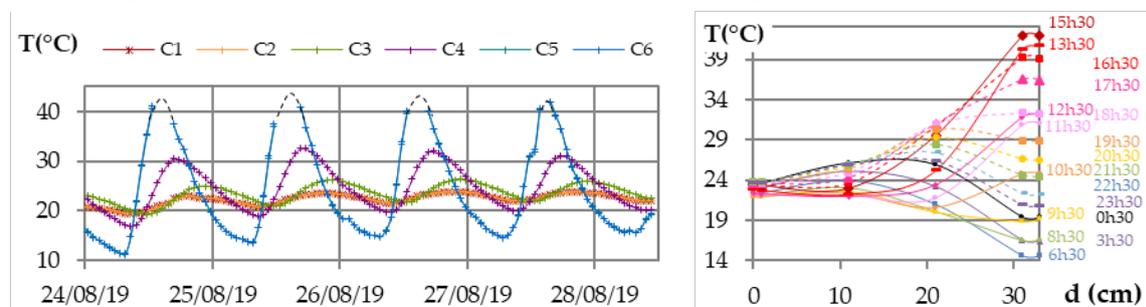


FIGURE 4. Températures au sein de la paroi Sud, gauche : cinétiques, droite : profils le 27/08/2019

## IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Cet article montre la pertinence de l'utilisation du béton de chanvre en rénovation d'un bâtiment à colombage. Le béton de chanvre contribue à assurer un bon niveau de confort thermique d'été par les effets d'inertie qu'il apporte. Cette étude sera étendue au comportement hygrothermique en toutes saisons.

## REFERENCES

- ASHRAE Standard 55 (2004), Thermal environmental conditions for human occupancy.
- S. Amziane, F. Collet, M. Lawrence, V. Picandet, C. Lanos, S. Marceau, S. Pavia (2017), Bio-aggregates Based Building Materials, Springer Netherlands, Ed. S. Amziane et F. Collet.
- F. Collet, C. Lanos, T. Hautecoeur, F. Dubois (2019), Quelle métrologie thermo-hygrique implanter dans un démonstrateur en béton de chanvre, 37èmes Rencontres de l'AUGC, école d'ingénieur Polytech Nice Sophia, 19 au 21 juin 2019