

---

# Réhabilitation thermique d'une maison d'habitation en utilisant le biocomposite béton paille

**Naima Belayachi<sup>1</sup>, Jacques Boulnois<sup>2</sup>, Dashnor Hoxha<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Université d'Orléans, INSA-CVL, PRISME, EA 4229, 8 Rue Léonard de Vinci, 45072 Orléans cedex 2, France

<sup>2</sup> bhpr du territoire au design par l'architecte, 15 rue Fernand Rabier, 45000 Orléans, France

---

*RÉSUMÉ. Ce papier traite de l'étude thermique d'une maison d'habitation dans le cas d'une rénovation en utilisant un matériau isolant à base de paille céréalière. La rénovation énergétique des bâtiments existants représente une priorité bien identifiée du gouvernement pour réduire de 38 % la consommation du parc existant en 2020. Comme pour les constructions neuves, la rénovation thermique des bâtiments existants doit aussi respecter la réglementation thermique actuelle pour diminuer la consommation d'énergie et pourra bénéficier d'une labélisation. L'objectif de ce travail est de proposer plusieurs solutions de rénovation thermique en utilisant un nouveau matériau bio-sourcé à base de paille céréalière. Le but est aussi de proposer une solution afin d'obtenir le label EnerPHIT, le label bâtiment passif dédié à la rénovation. L'évaluation de la rénovation et la prédiction de la consommation d'énergie est réalisée en utilisant le logiciel de conception de bâtiments passifs PHPP. La maison individuelle utilisée comme exemple d'étude est située à Artenay dans la région centre Val de Loire. Les Propriétés du bio-composite sont prises en compte à partir des différentes études précédentes de recherche.*

*ABSTRACT. This paper deals with thermal study of a dwelling house in the case of a renovation using an insulating material based on cereal straw. The energy renovation of existing buildings is a well-identified priority for the government to reduce the energy consumption by 38% in 2020. As for new buildings, thermal renovation of existing buildings must also follow current thermal standards and rules in order to reduce energy consumption and can benefit from labeling. The objective of this work is to propose several solutions for thermal renovation using a new bio-sourced material based on cereal straw in the case of external insulation. The goal is also to propose a solution in order to obtain the label "EnerPHIT", the passive building label dedicated to building renovation. The evaluation of the thermal renovation of walls and the prediction of energy consumption is carried out using the passive building design software PHPP. The single family house used as a case study in this work is located in Artenay in the region Centre-Loire Valley. Properties of the composites are taken into account from the various investigations.*

*MOTS-CLÉS : Isolation thermique, rénovation, béton-paille, consommation d'énergie, maison passive.*

*KEYWORDS: Thermal insulation, renovation, straw-concrete, energy consumption, passive house.*

---

## 1. Introduction

L'utilisation de l'énergie dans le bâtiment ne cesse d'augmenter ces dernières années vu la demande croissante en énergie utilisée pour le chauffage, la climatisation ou encore différentes activités humaines. Le bâtiment compte à lui seul 43 % de la consommation d'énergie totale d'un pays et 21 % d'émission de gaz à effet de serre (de CO<sub>2</sub>). D'un autre côté dans un contexte de protection de l'environnement et de développement durable, la réduction de la consommation d'énergie pour tous les secteurs et plus particulièrement pour le bâtiment est devenue une priorité et un défi mondial devant la raréfaction des ressources primaires d'énergie. L'efficacité énergétique des bâtiments en vue d'une réduction de consommation d'énergie qui consiste à utiliser moins d'énergie pour des services équivalents représente donc un enjeu scientifique, technique et socioéconomique [WAH 15]. Afin d'atteindre les objectifs environnementaux, un certain nombre d'actions ont été entrepris au niveau national que mondial. En France, la réglementation thermique a évolué principalement pour réduire l'énergie du chauffage, de ventilation et d'éclairage en se basant sur l'isolation thermique plus performante des nouvelles constructions [CHE 06]. L'essentiel des efforts en France concerne aussi les bâtiments existants qui sont les plus sur-consommateurs via une rénovation thermique efficace. Une rénovation thermique (isolation thermique) n'est pas suffisante, et elle est parfois combinée à d'autres facteurs influençant le comportement global de l'habitat comme la ventilation et le climat [DUA 16] [NAB 11] et [SPA 17]. Parmi d'autres actions adoptées pour diminuer la consommation d'énergie, le développement et l'utilisation des éco-matériaux à impact environnemental faible est très encouragée, en utilisant des matériaux à base de fibres végétales. La présente étude s'intéresse à proposer une rénovation thermique d'une maison individuelle en utilisant un matériau développé pour l'isolation thermique à base de paille céréalière [BEL 13, BEL 15]. L'objectif est d'atteindre le label EnerPHIT pour la rénovation thermique des bâtiments en proposant une solution avec une restructuration des parois, et une modification des surfaces vitrées. Ce label porte la consommation de chauffage à 25 kWh/m<sup>2</sup>/an. La simulation de la consommation d'énergie du bâtiment et de son évaluation a été réalisée en utilisant le logiciel PHPP pour le bâtiment passif.

## 2. Etude Thermique

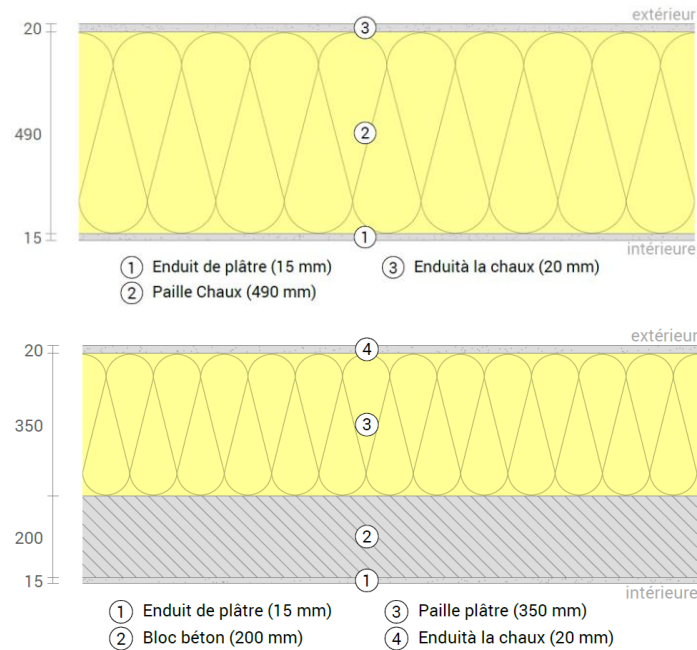
La simulation de la consommation d'énergie a été réalisée sur une maison individuelle de 1970 située à Artenay dans le Loiret. La maison est composée de deux niveaux habitables et d'un sous-sol semi enterré. Les figures, illustrations et tableaux doivent être incorporés au texte. La majorité des ouvertures se situe sur les façades Nord et SUD (Figure 1). La maison est caractérisée par un mode constructif classique, des murs en briques creuses avec des planchers en béton armé sans système de ventilation.



**Figure 1.** Façade Nord du bâtiment d'étude.

Les parois extérieures sont constituées d'une brique creuse, d'un enduit de façade clair et d'une plaque de plâtre à l'intérieur. Ce système montre un grand risque de condensation et une consommation importante d'énergie (avec un Cep de 735 kWh/m<sup>2</sup>/an). Dans le cadre d'une recherche de performance isolante et de qualité de diffusion de la vapeur d'eau pour ce bâtiment, plusieurs combinaisons de parois contenant deux matériaux béton paille, l'un à base de chaux et l'autre à base de plâtre en utilisant les deux logiciels PHPP et U-WERT. Le logiciel PHPP est un outil de conception passivhaus. L'objectif de sa mise au point est d'agir principalement sur les consommations d'énergie sur la durée d'usage de l'ouvrage. La méthode allie la physique de bâtiment, les besoins qualitatifs en terme de confort hygrothermique, de qualité de l'air et de luminosité naturelle.

PHPP est un tableur complexe destiné à calculer précisément les échanges thermiques, apports et déperditions, dans le cadre d'une conception passive. Il permet également le dimensionnement des systèmes de ventilation et de fourniture d'eau chaude sanitaire. Ainsi, il fournit l'évaluation totale de l'énergie primaire nécessaire à l'ouvrage. Afin de modéliser la paroi, le risque de condensation, le confort d'été avec l'évaluation du coefficient de transmission thermique U en  $W/(m^2K)$  en prenant en compte la température et l'humidité, le logiciel U-WERT a été utilisé. Toutes les parois proposées ont été modélisées pour atteindre la valeur optimale de U de  $0,15 W/m^2k$ . Quatre types de parois modélisées sont présentés dans ce papier pour étudier et analyser le comportement du béton paille et sa performance isolante (Figure 2).



**Figure 2.** Exemples de composition de parois utilisés pour les simulations.

Les propriétés du béton paille déterminées au laboratoire utilisées comme données d'entrée des outils de conception (La masse volumique est égale à  $468$  et  $368 \text{ Kg/m}^3$  ; la conductivité thermique est égale à  $0,076$  et  $0,056 \text{ W/mK}$  pour le béton chaux-blé et plâtre-blé respectivement).

### 3. Résultats

Un exemple de résultats est présenté dans le tableau 1 en termes d'épaisseur de paroi, de confort et de risque de condensation dans le cas où la composition atteint l'objectif de la valeur optimale pour une conception passivhaus. Au vu de ses résultats, on peut noter que le béton paille intégré dans un complexe, comprenant une fibre de bois support d'un enduit en face extérieure avec une épaisseur de  $25 \text{ cm}$  facilement manipulable devient intéressant pour une mise en œuvre conventionnelle. Cette paroi complexe offre une certaine cohérence par l'usage de matériaux bio-sourcés et ne nécessite pas un frein vapeur.

**Tableau 1.** Exemple de résultats pour différentes compositions de paroi à base de béton paille.

Type de parois	Epaisseur Totale [cm] pour atteindre l'objectif (épaisseur du béton paille)	Confort d'été (Déphasage)	Risque de condensation
Béton paille uniquement revêtu d'un enduit chaux sable sur face extérieure et enduit			

plâtre sur sa face intérieure  (Paille-chaux)  (Paille-plâtre)	52,5 (49)	28h	non
	39,5 (49)	29h	non
Béton paille utilisé en isolation additionnelle extérieure à un mur maçonné existant ou structurel avec enduit extérieur chaud et enduit plâtre en face intérieure  (Paille-chaux)  (Paille-plâtre)	71,5 (48)	Non significatif	non
	58,5 (35)	Non significatif	non
Béton paille utilisé dans un complexe comprenant un isolant classique (laine minérale 0,032 W/mk) sur la face intérieure, revêtu d'un enduit Chaux sur sa face extérieure et une plaque de plâtre  (Paille-chaux)  (Paille-plâtre)	38,3 (25)	19h	important
	34,3 (25)	18h	important

#### 4. Bibliographie

- [BEL 13] N. Belayachi, M. Bouasker, D. Hoxha, M. Al-Mukhtar, 2013, « Thermo-Mechanical Behaviour of an Innovant Straw Lime Composite for Thermal Insulation Applications », *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 390, pp. 542-546, 2013.
- [BEL 15] N. Belayachi, D. Hoxha, M. Slaimia, « Durability studies on lightweight plaster and straw fiber based material for building thermal insulation ». ICBBM 2015: 203-207.
- [CHE 06] CHENAILLER H., L'efficacité d'usage énergétique : pour une meilleure gestion de l'énergie électrique intégrant les occupants dans les bâtiments, Thèse de doctorat, Université de Grenoble, 2006.
- [DUA 16] DUAH D., SYAL M., Intelligent decision support system for home energy retrofit adoption » *International Journal of Sustainable built environment*, vol. 5, 2016, p. 620-634.
- [NAB 11] NABINGER S., PERSILY A., « Impacts of airtightening retrofits on ventilation rates and energy consumption in a manufactured home » *Energy and Buildings*, vol. 43, 2011, p. 3059-3067.
- [SPA 17] SPANDAGOS C., LING NG T., Equivalent full load hours for assessing climate change impact on building cooling and heating energy consumption in large Asian cities » *Applied Energy*, vol. 189, 2015, p. 352-368.
- [WAH 15] WAHLSTRÖM M-H., HARSMAN B., « Residential energy consumption and conservation » *Energy and Buildings*, vol. 102, 2015, p. 58-66.