

# Etude numérique et expérimentale du comportement hygrothermique d'un agrocomposé à base de fibres de chanvre et d'amidon de blé.

Benitha Sandrine UMURIGIRWA\*, Chadi MAALOUF, Ali HALOUANI, Ton Hoang MAI



GRESPI/LTM EA4694, Université de Reims Champagne-Ardenne, BP 1039 Moulin de la Housse 51687 Reims cedex 2, France.

\*Auteur correspondant: benitha-sandrine.umurigirwa@univ-reims.fr

## Résumé:

Ce travail s'intéresse aux propriétés hygrothermiques d'un béton végétale à base de la chènevotte dans un liant d'amidon de blé. Le béton de chanvre fait parti des matériaux écologiques applicable dans le secteur du bâtiment grâce à ses propriétés intéressantes du point de vue isolation thermique, acoustique et régulateur d'humidité relative de l'air ambiant. Dans un premier temps, nous avons effectué une étude expérimentale des propriétés hygrothermiques du matériau par la mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau, la capacité tampon hydrique ainsi que la courbe de l'isotherme de sorption. Pour modéliser les transferts hygrothermiques de l'ambiance, nous utilisons la méthode nodale et les équations ont été implémentés dans un environnement de simulation SPARK à l'échelle d'un local en chanvre-amidon.

## Méthodes et modèles mathématiques

La perméabilité à la vapeur est mesurée en utilisant la méthode normalisée de la coupelle (fig. 1a et fig.1b), la capacité tampon hydrique (MBV) selon le protocole NordTest et l'isotherme de sorption selon la norme EN ISO 12572:2001.

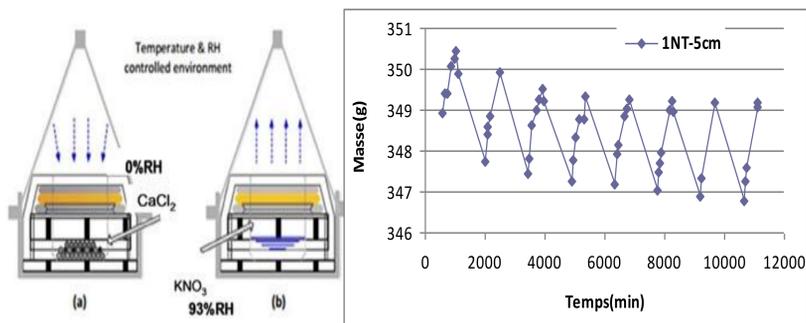


Figure 1: Dispositif expérimental pour la perméabilité à la vapeur d'eau : (a) coupelle sèche (b) coupelle humide.

$$MBV = \frac{\Delta m}{A \cdot (HR_{haute} - HR_{faible})}$$

Figure 2: Cinétique de sorption d'un échantillon.

### Equation du bilan d'humidité et ses conditions aux limites :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_T \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \quad \text{En } x=0 \quad -\rho_l \left( D_T \frac{\partial T}{\partial x} + D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = h_{M,e} (\rho_{ve,a} - \rho_{ve,s})$$

### Equations du bilan d'énergie :

$$\rho_0 C_{p,m} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(T, \theta) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + L_v \rho_l \left( \frac{\partial}{\partial x} \left( D_{T,v} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( D_{\theta,v} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \right) \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C_{p,m} = C_{p0} + C_{p1} \frac{\rho_l}{\rho_0} \theta \\ D_\theta = \varphi \frac{\delta_a}{\rho_1 \mu} \frac{dP_{vs}}{dT} \\ D_\theta = \frac{\delta_a}{\mu} \frac{P_{vs}}{\rho_0 \xi} \end{cases}$$

### Avec les conditions aux limites suivantes

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0,e} - L_v \rho_l \left( D_{T,v} \frac{\partial T}{\partial x} + D_{\theta,v} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=0,e} = h_{T,e} (T_{a,e} - T_{s,e}) + L_v h_{M,e} (\rho_{ve,a,e} - \rho_{ve,s,e}) + \Phi_{ray,e}$$

## Résultats

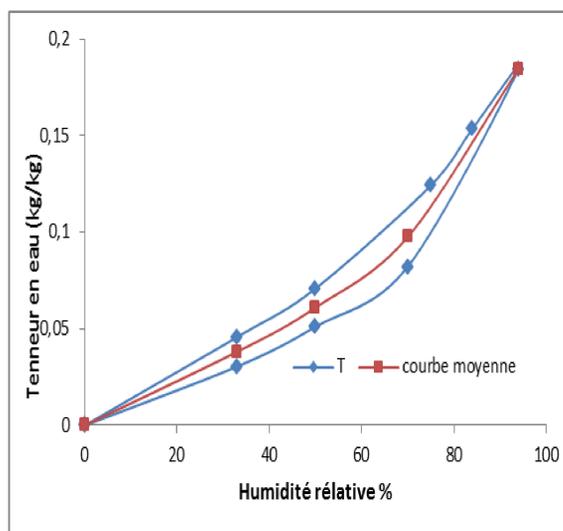


Figure 3. Isotherme d'adsorption et de désorption du béton de chanvre amidon à 23°C et la courbe moyenne utilisée pour la simulation

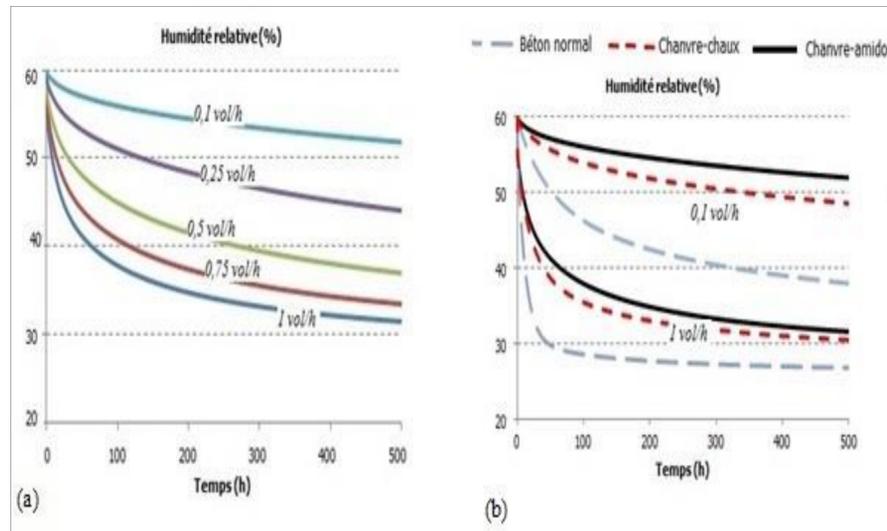


Figure 4: (a) Variation de HR dans le local en chanvre-amidon en fonction du taux de renouvellement d'air (b) comparaison de l'humidité relative pour des locaux en chanvre-amidon, chanvre-chaux et béton normal pour deux débits de 0,1 vol/h et 1 vol/h

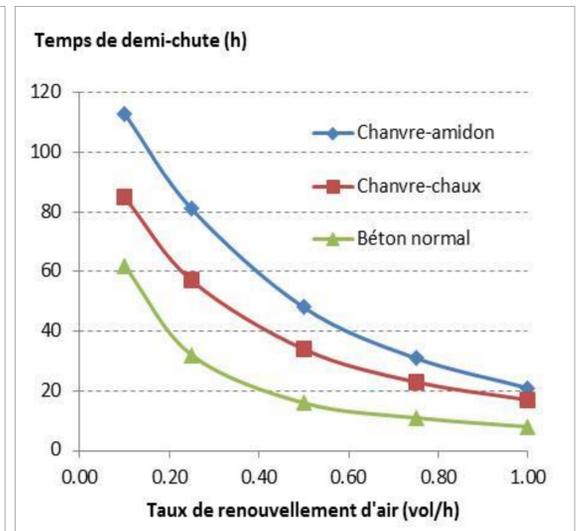


Figure 5: Comparaison du temps de demi-chute de l'humidité relative pour le chanvre-amidon, le chanvre chaux et le béton normal en fonction du taux de renouvellement d'air dans le local.

## Conclusion

Comparé au béton de chanvre-chaux, ce matériau présente une perméabilité à la vapeur d'eau élevée environ de 3,39E-11 kg / m.sec.Pa à faible humidité relative et de 4,64E-11 kg / m.sec.Pa pour une humidité relative élevée. Il présente également un coefficient tampon hydrique égale à 3,4 g/m<sup>2</sup>.% HR et classé comme étant «excellent régulateur d'humidité» selon la classification de [Rode 2005], ce qui lui permet de mieux amortir les variations de l'humidité relative par rapport au béton chanvre-chaux et béton normal. On remarque un phénomène d'hystérésis entre la courbe de l'isotherme d'adsorption et de désorption qui est lié à l'effet de la « bouteille d'encre » et Le taux réel d'humidité se situe toujours entre les deux courbes en prenant en compte la courbe moyenne. Les simulations montrent que plus le taux de renouvellement d'air est faible, plus la capacité de régulation hygrothermique est importante.