

Transferts de chaleur et de masse dans une paroi biosourcée : Confrontation numérique/expérimental

Abderrahim BOUDENNE



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Béton avec Fibres Naturelles



Echelle matériau



Echelle paroi

Matériaux biosourcés pour l'habitat

Béton avec Fibres Naturelles



Echelle matériau



Echelle paroi

Matériaux biosourcés pour l'habitat

Etude à l'échelle matériau

Ciment Portland + sable + eau
+ fibres (5, 10, 15, 20, 25 et 30% Wt.)



Malaxage



Moules



Après démoulage



Séchage 48h

Séchage 28 jours

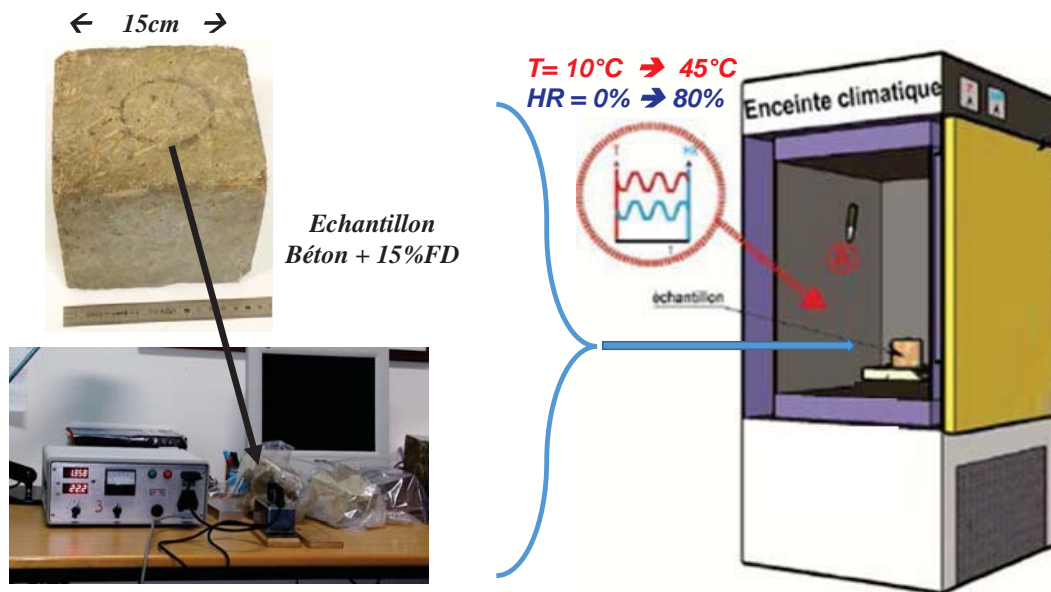


Matériaux biosourcés pour l'habitat

Etude à l'échelle matériau



Propriétés thermophysiques en f (T,HR)

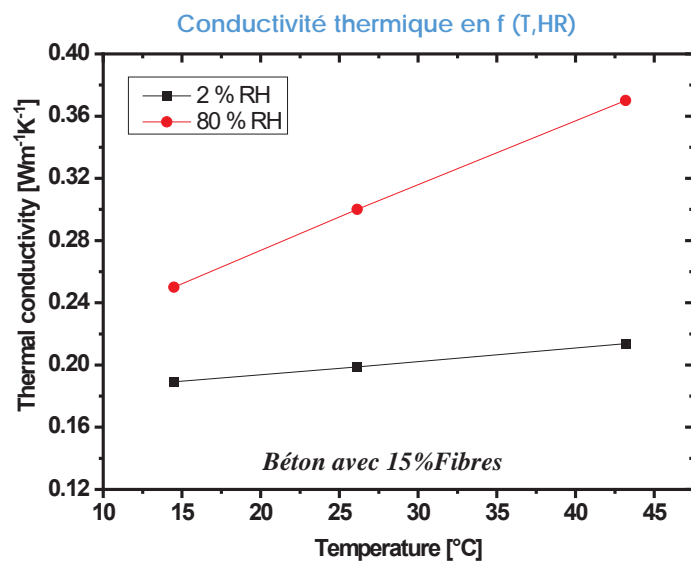


Matériaux biosourcés pour l'habitat

Etude à l'échelle matériau



Propriétés thermophysiques en f (T,HR)



Forte influence de l'humidité relative sur les propriétés thermiques

Matériaux biosourcés pour l'habitat

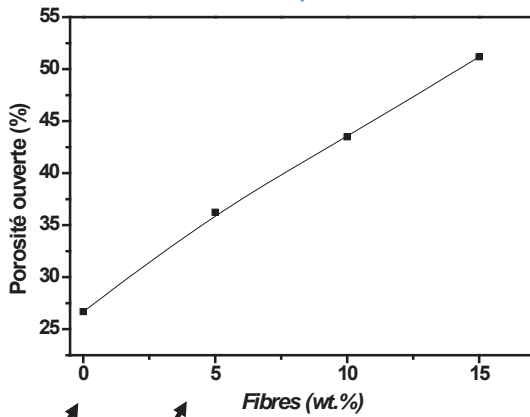
Etude à l'échelle matériau



Propriétés hydriques



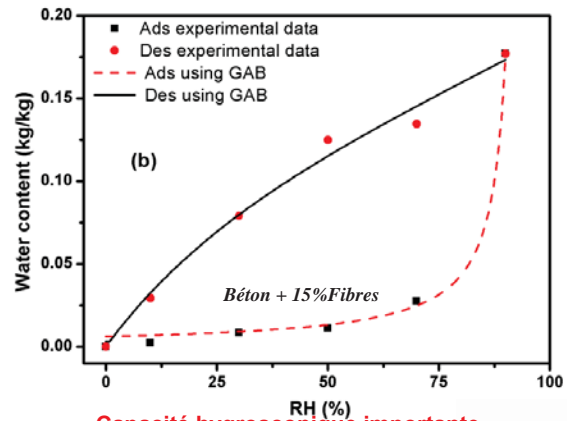
Etude de la porosité



↑ porosité ↑ d'espace vide dans le matériau



Isotherme de sorption



Capacité hygroscopique importante



Abderrahim BOUDENNE: Ecole d'Automne GDR MBS La Rochelle 10-14 Nov. 2021

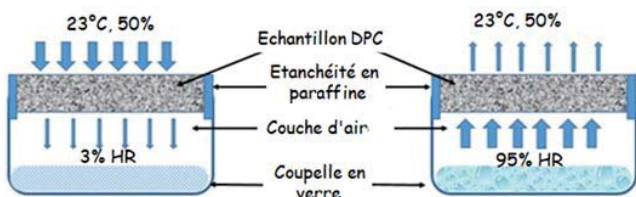


Matériaux biosourcés pour l'habitat

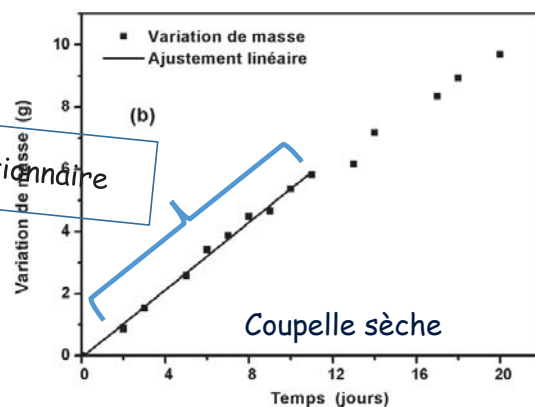
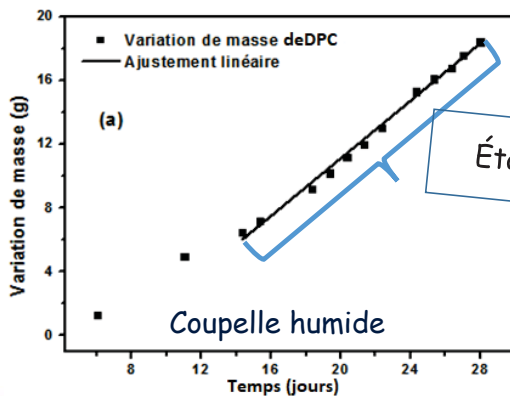
Etude à l'échelle matériau



Perméabilité à la vapeur d'eau



Méthode de la coupelle sèche et humide (0% vs. 50% HR) & (95% vs. 50% HR)



État stationnaire

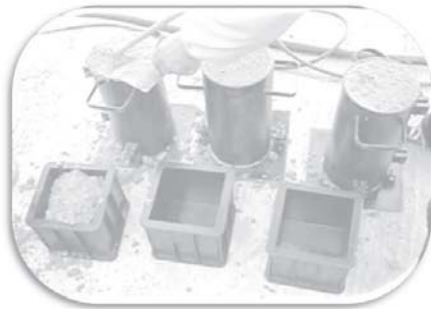


Abderrahim BOUDENNE: Ecole d'Automne GDR MBS La Rochelle 10-14 Nov. 2021

8



Matériaux biosourcés pour l'habitat



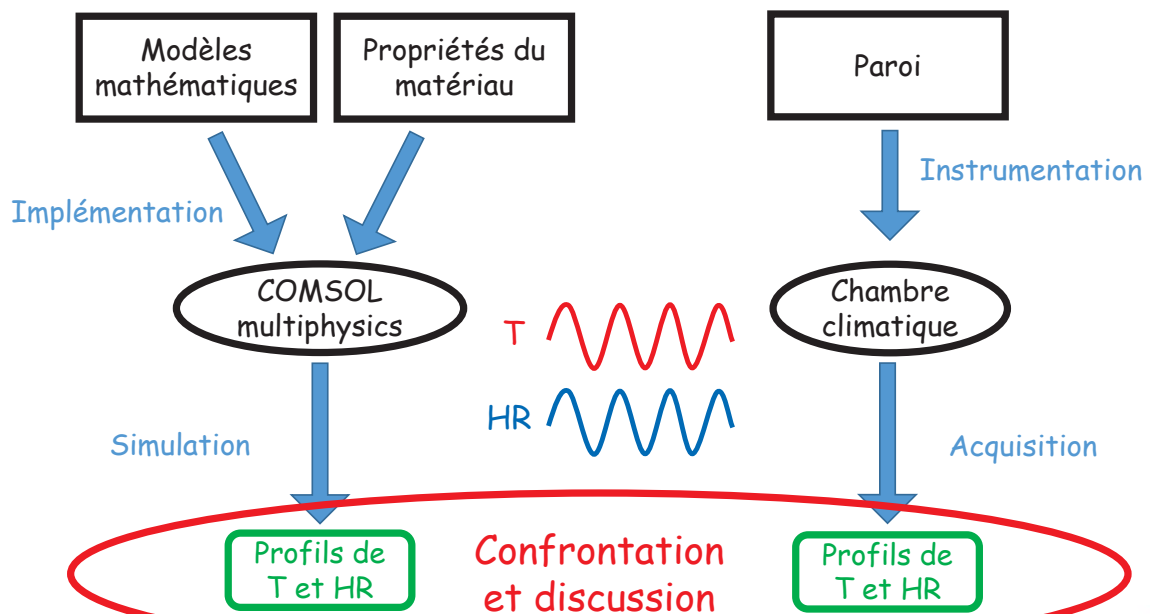
Echelle matériau



Echelle paroi

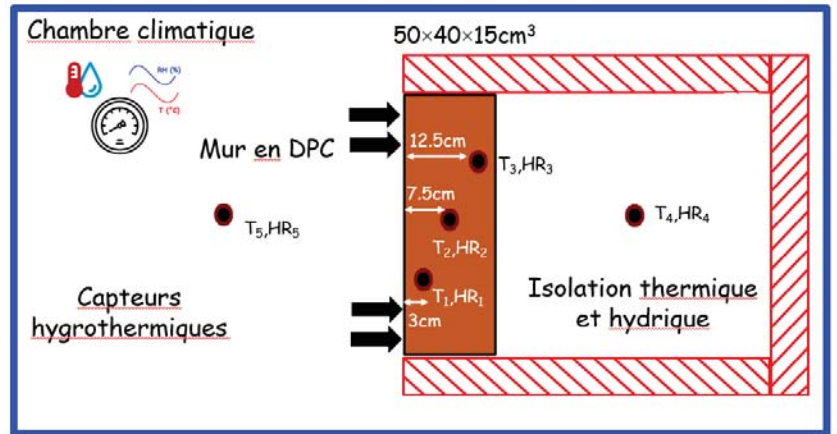
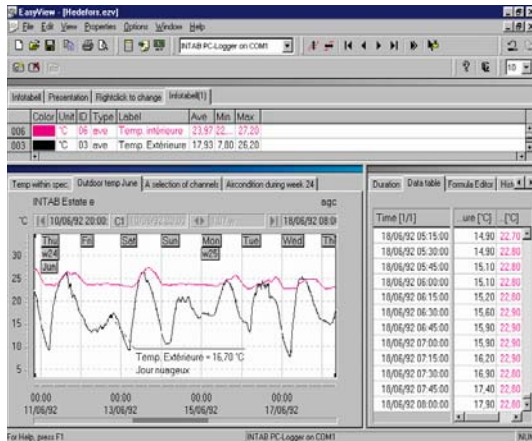
Matériaux biosourcés pour l'habitat

Modélisation et validation des transferts dans la paroi



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Dispositif expérimental



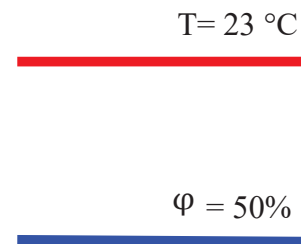
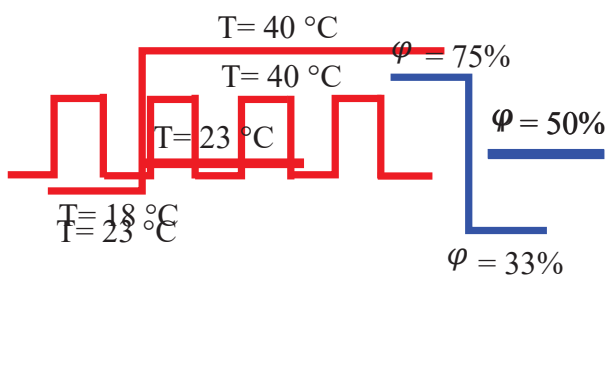
Matériaux biosourcés pour l'habitat



Conditions externes
(T, φ)

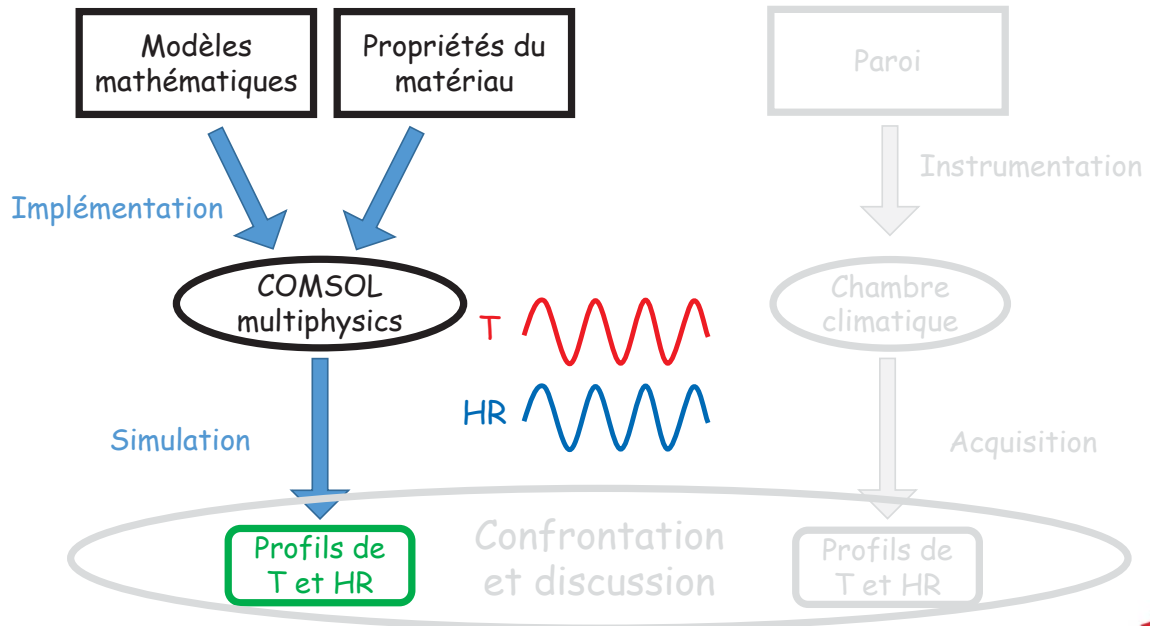
Conditions internes
(T, φ)

Scénario 1 (3 jours)



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Modélisation et validation des transferts dans la paroi



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Modélisation des transferts dans la paroi



Mise en équations des transferts couplés

Kunzel $\xi_\varphi \frac{d\varphi}{dt} = \nabla(\delta_p \nabla p_{sat} \varphi + D_{l,\varphi} \nabla \varphi)$

$(\rho_0 c_0 + c_l w) \frac{dT}{dt} = \nabla(\lambda \nabla T) - l_v \nabla(\delta_p \nabla p_{sat})$

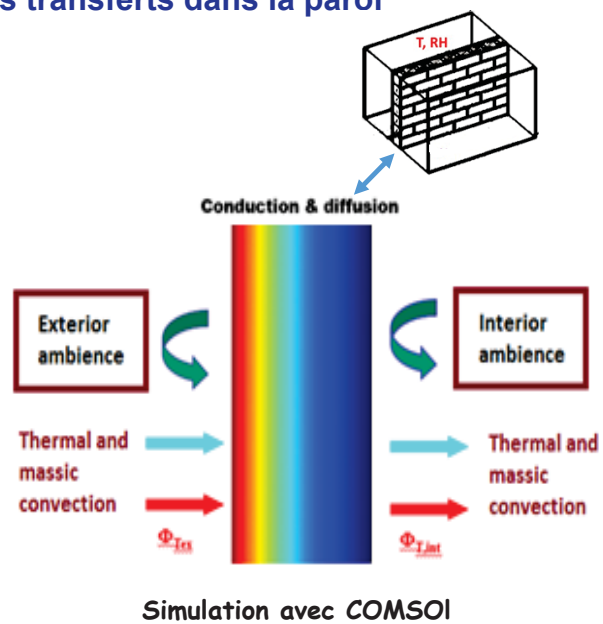
Mendes $\frac{\partial w}{\partial t} = \nabla(D_w \nabla w + D_T \nabla T)$

$(\rho_0 c_0 + c_l w) \frac{dT}{dt} = \nabla(\lambda \nabla T) + l_v \nabla(D_{w,v} \nabla w + D_T \nabla T)$

Conditions aux limites

$Q_\Omega = h(T_{surf} - T_{amb})$

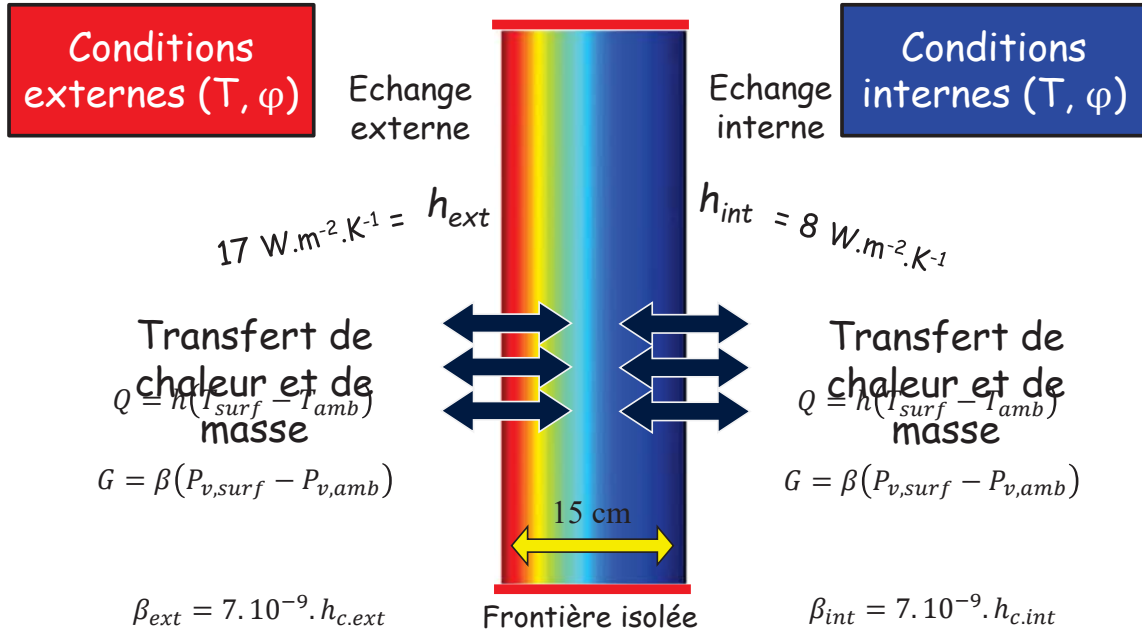
$G_\Omega = \beta(P_{v,surf} - P_{v,amb})$



Matériaux biosourcés pour l'habitat



Simulation



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Effet du maillage



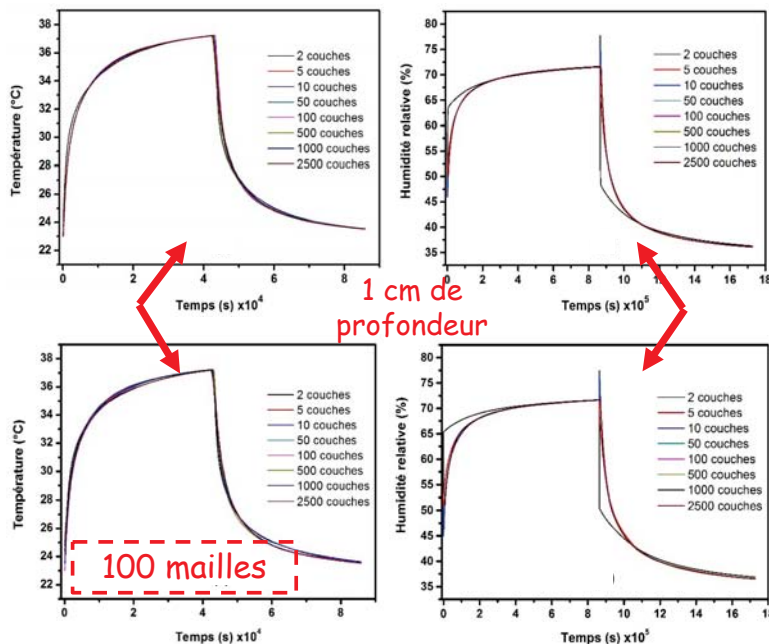
2 mailles → 2500 mailles

Sur le modèle de Kunzel

Temps de calcul plus important pour le transfert d'humidité

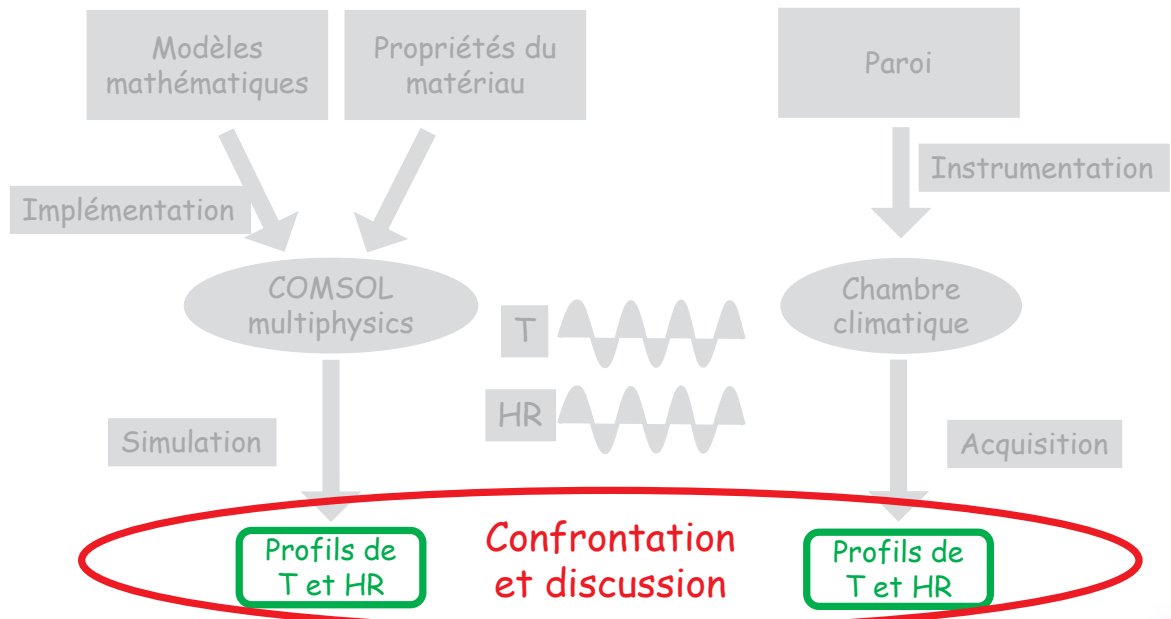
Sur le modèle de Mendes

50 mailles pour les transferts de chaleur et d'humidité



Matériaux biosourcés pour l'habitat

Modélisation et validation des transferts dans la paroi



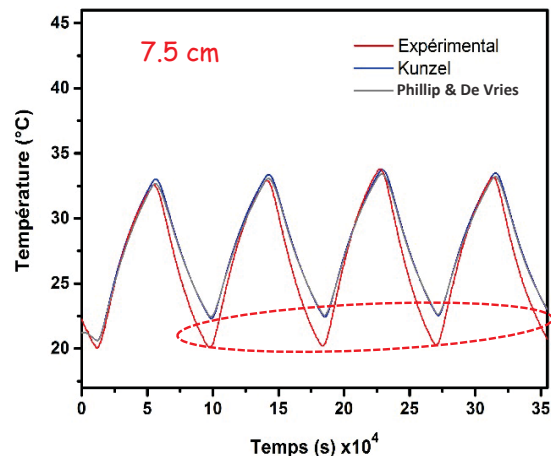
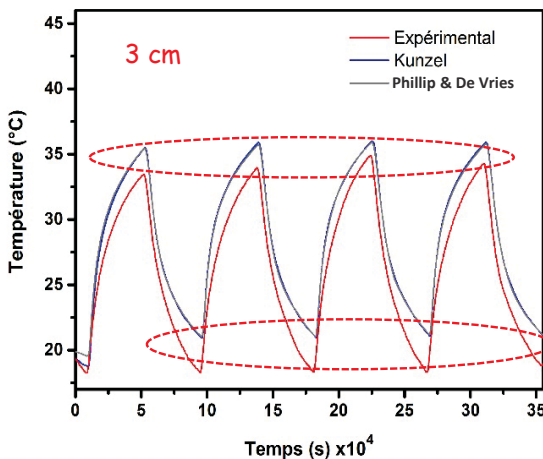
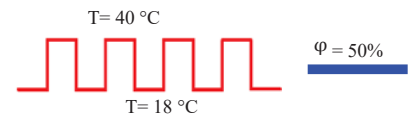
Matériaux biosourcés pour l'habitat



Scénario 1 (cycles de température)

Scénario 1

Différence maximale de 2.8°C à 3cm

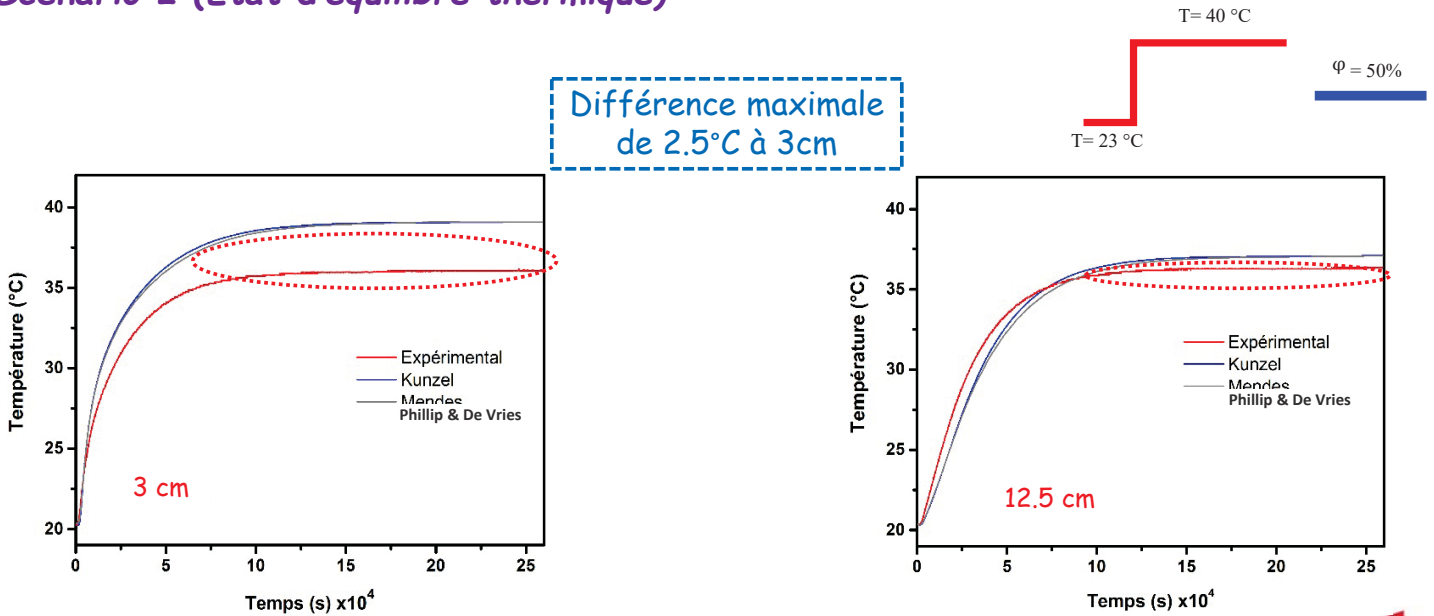


Matériaux biosourcés pour l'habitat



Scénario 2 (Etat d'équilibre thermique)

Scénario 2

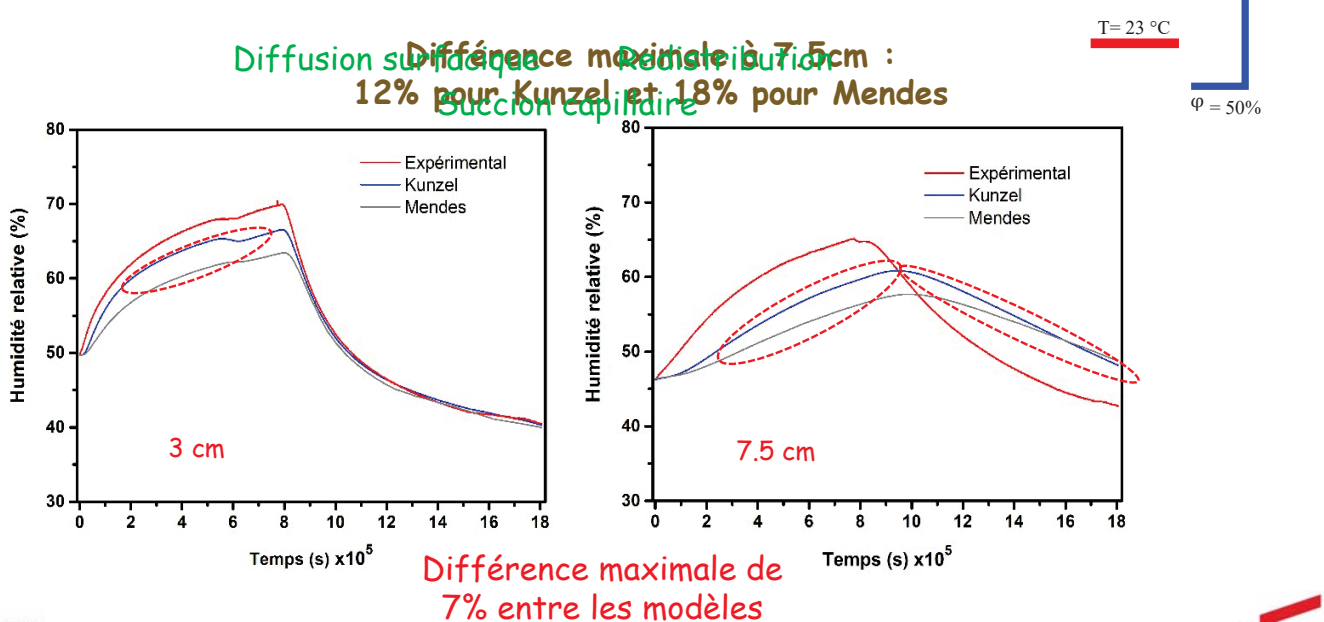


Matériaux biosourcés pour l'habitat



Scénario 3 (Créneau d'HR)

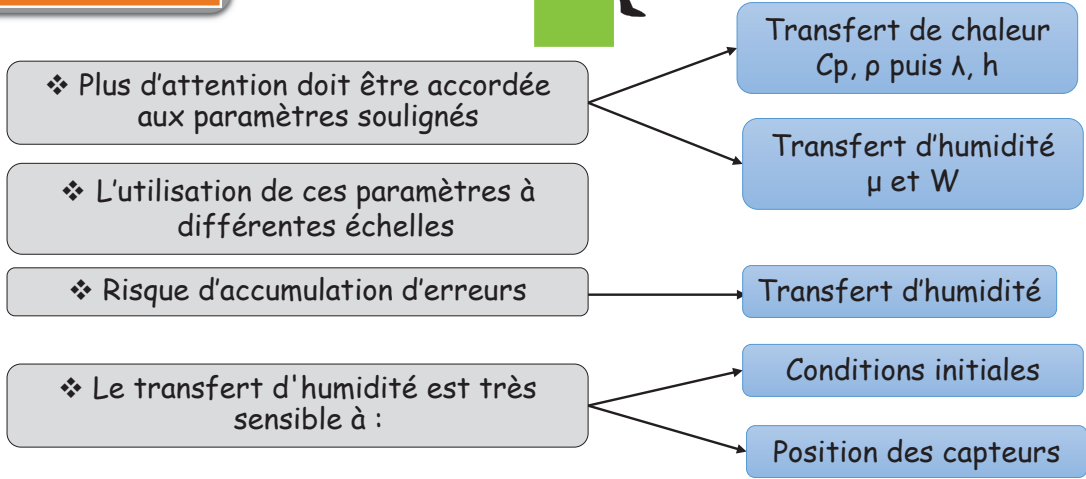
Scénario 3



Matériaux biosourcés pour l'habitat



Étude de sensibilité



Matériaux biosourcés pour l'habitat



Scénario 3 (Créneau d'HR)

Scénario 3

Hétérogénéité du matériau



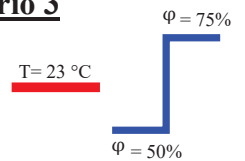
L'isolation non parfaite



La non stabilisation des conditions



L'effet d'hystérésis



Matériaux biosourcés pour l'habitat



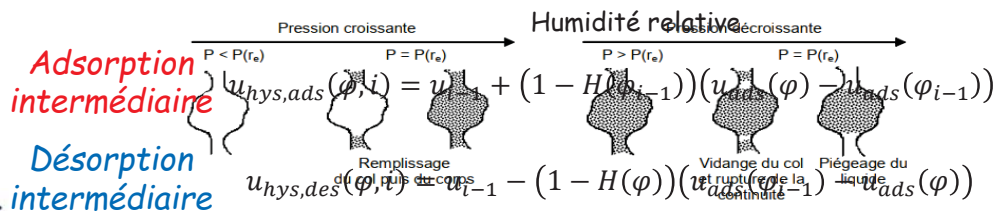
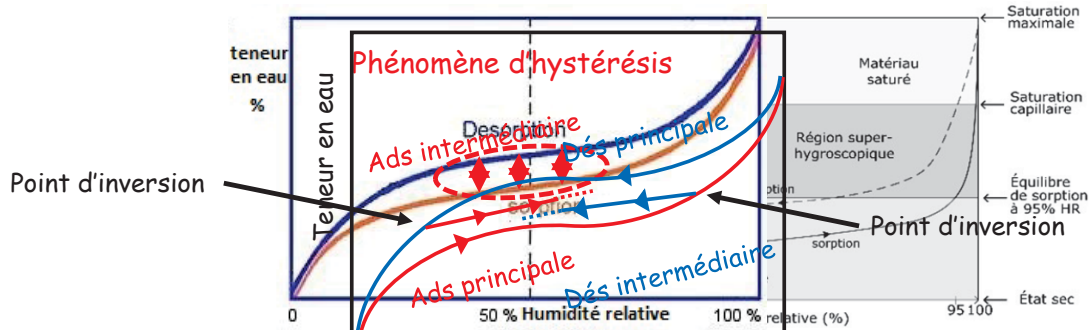
Phénomène d'hystérésis

Modèle de Mualem

Modèle de Huang

Modèle de Pedersen

Gripped Box Model



Abderrahim BOUDENNE: Ecole d'Automne GDR MBS La Rochelle 10-14 Nov. 2021

Matériaux biosourcés pour l'habitat

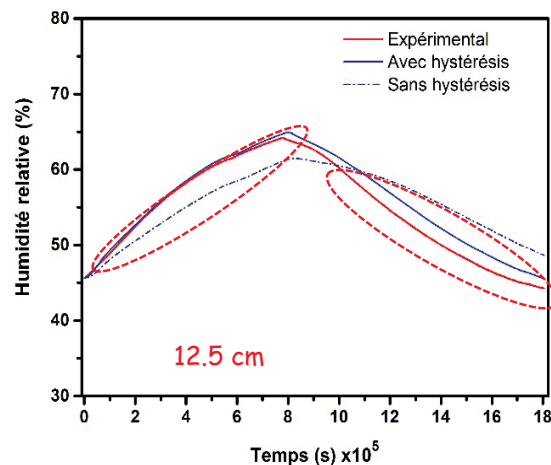
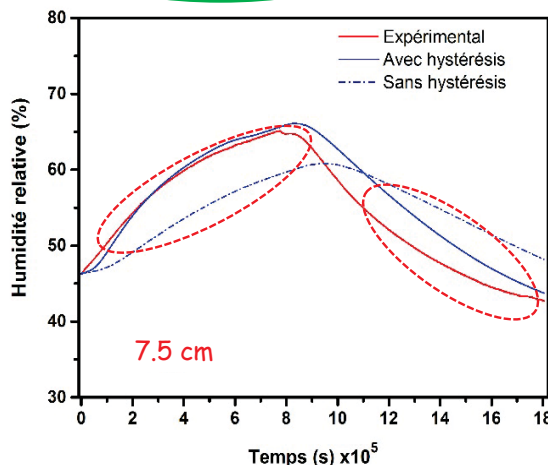


Phénomène d'hystérésis

Modèle de Mualem

Nécessité de prendre en compte l'effet d'hystérésis

Différence de 4.5% à 7.5cm
Différence de 2.3% à 12.5cm



Abderrahim BOUDENNE: Ecole d'Automne GDR MBS La Rochelle 10-14 Nov. 2021

Conclusions

- Mise en œuvre de matériaux biosourcés performants pour l'habitat
- Implémentation de deux modèles hygrothermiques (transfert de chaleur & transfert d'humidité)
- Mise en évidence de l'influence des transferts d'humidité dans une paroi à base d'un matériau biosourcé
- Nécessité de prendre en considération le phénomène d'hystérésis

Mise en place d'une méthodologie générique



Application pour des parois biosourcées ou géosourcées pour différents types de ressources : local/régional/national



Merci de votre attention

