

Intitulé de la thèse

Analyse physique et modélisation dynamique de l'impact du gel-dégel sur la durabilité des constructions en terre crue. Application au pisé

Doctorant

Lassana, Bakary TRAORÉ

Encadrants

Antonin FABBRI (directeur de thèse) - ENTPE
Fionn MCGREGOR (co-directeur de thèse) - UPPA
Fabrice ROJAT (co-encadrant) - CEREMA

Organismes d'accueil

LTDS ENTPE – RN CEREMA



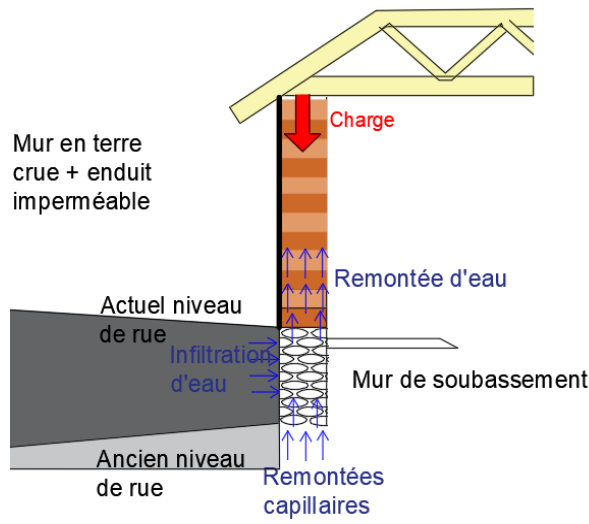
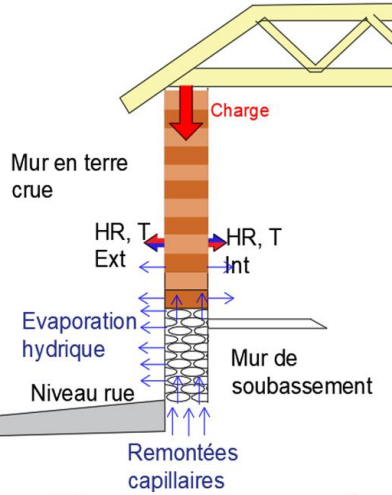
MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE



Intérêt et renouveau de la construction en terre

Pathologies humides à l'origine d'endommagement

Programme des activités de recherche



Maison en terre crue (Isère)
<http://www.terramata.fr/site/Architecture.html>



Maison à Chatanay (Isère)



L'Orangery du Projet Ydéal Lyon-Confluence



Maison d'hôte à Dolomieu (Isère)

Formulations

- Effet de la nature de la terre: tests sur différents sols utilisés en construction
- Effet des granulats : tests sur des granulats gélifs/non-gélifs

Caractéristiques majeures

- Courbe de gel-dégel \leftrightarrow microstructure
- Propriétés poro-mécaniques (E , ν , b), fluage
- Propriétés hygrothermiques (μ , λ)

Essai de gel-dégel sous des configurations spécifiques

Evolution des caractéristiques majeures au cours des cycles

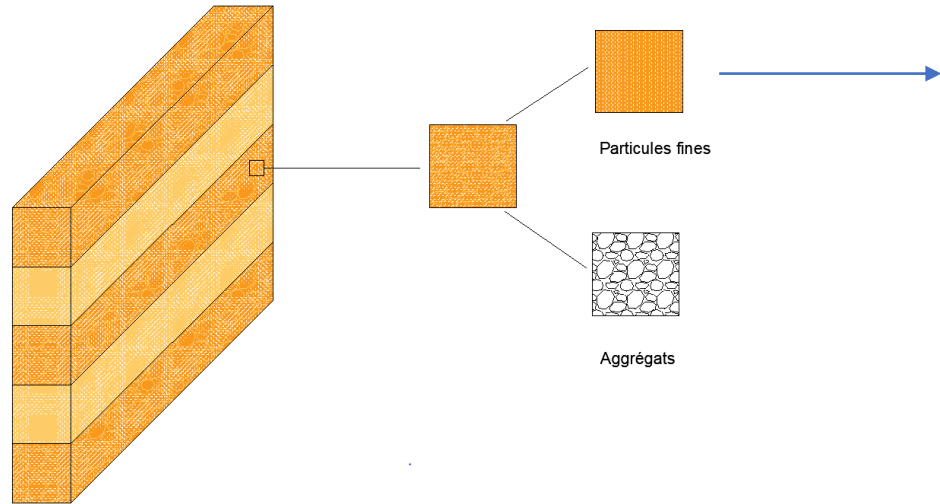
- Conditions initiales**
- Saturation liquide initiale
 - Fluage (déformation initiale)
- Conditions test**
- Avec et sans charge mécanique
 - Avec et sans gradient thermique

Evaluation du comportement au gel-dégel

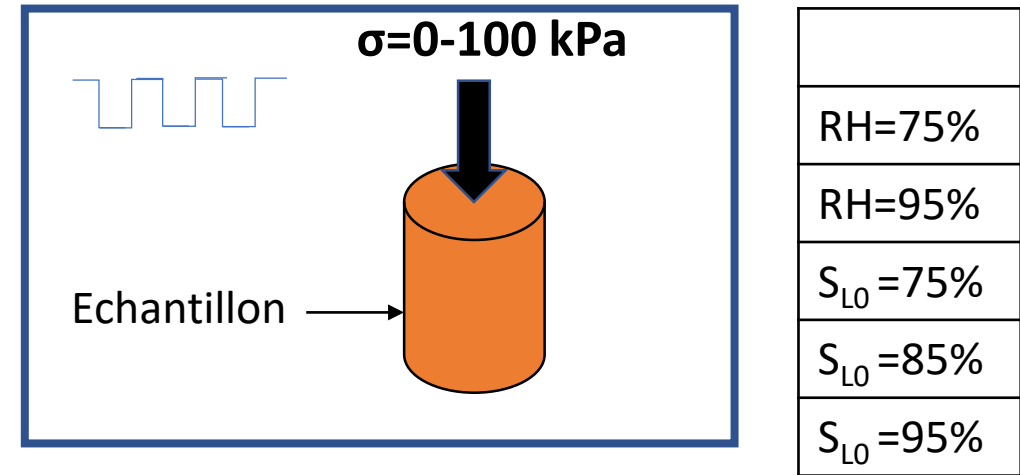
- Mesure et modélisation des déformations et des phénomènes de transfert de masse et de chaleur
- Prise en masse d'eau
- Perte de masse par écaillage

Analyse du comportement au gel-dégel des murs en terre sous chargement mécanique (échelle locale)

Conditions sur site



Conditions expérimentales



Mesure de profil de température
Mesure de déformation axiale

Couplage des modèles hygrothermique (0D) et poromécanique (1D) ; cas système fermé

Équations de transfert de masse et de chaleur

$$\rho c V \frac{\partial T}{\partial t} = A \cdot h \cdot (T_e - T) + \Delta_{fus} h \cdot \dot{m}_{\rightarrow c}$$

$$\frac{\partial m_c}{\partial t} = \dot{m}_{\rightarrow c}$$

$$\frac{\partial m_L}{\partial t} = -\dot{m}_{\rightarrow c}$$

$$\Delta_{fus} h \cdot \dot{m}_{\rightarrow c} = \Sigma_{fus} \cdot T \cdot V \cdot \phi \cdot \frac{\partial S_c}{\partial T}$$

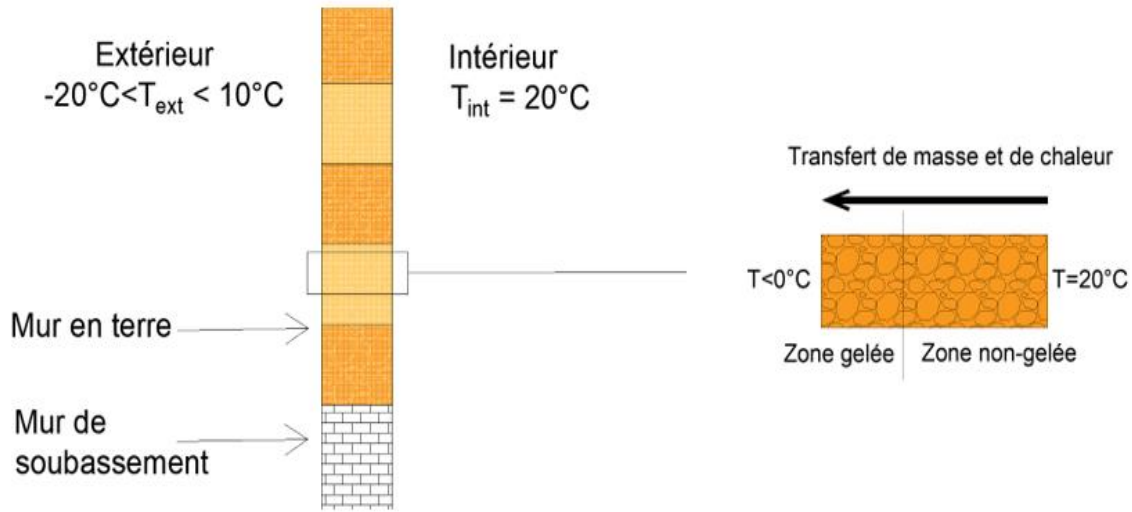
Équations poromécaniques

$$\left(K - \frac{2}{3} G \right) d\epsilon \delta + 2G d\epsilon - \left(\Sigma_{i=L,C,G} b_i dP_i + 3\alpha K dT \right) \delta = 0$$

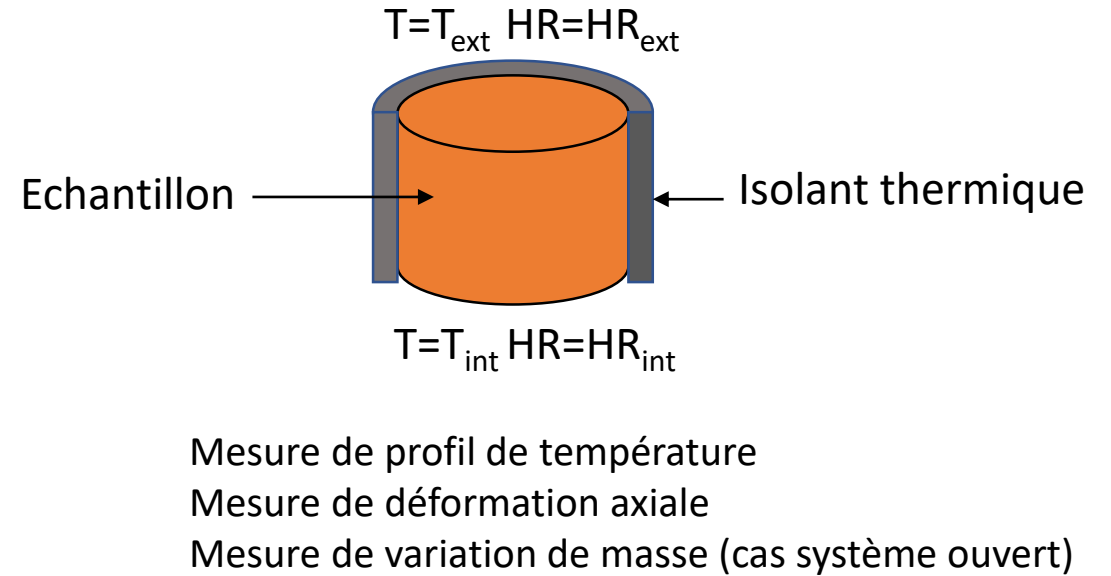
$$d\phi_i = b_i d\epsilon + \sum_{k=L,C,G} \frac{1}{N_{ik}} dP_k - 3\alpha_{\phi_i} dT$$

Analyse du comportement au gel-dégel des murs en terre sous gradients thermique/hydrigue

Conditions sur site



Conditions expérimentales



Couplage des modèles hygrothermique (1D) et poromécanique (1D) (cas système fermé)

Équations de transfert de masse et de chaleur

$$\rho c V \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda \cdot A \cdot \underline{\nabla} T) + \Delta_{fus} h \cdot \dot{m}_{\rightarrow c}$$

$$\frac{\partial m_c}{\partial t} = \dot{m}_{\rightarrow c} \quad \frac{\partial m_L}{\partial t} = \underline{\nabla} \cdot \underline{\omega}_L - \dot{m}_{\rightarrow c}$$

$$\Delta_{fus} h \cdot \dot{m}_{\rightarrow c} = V \cdot \phi \cdot \Sigma_{fus} \cdot T \cdot \frac{\partial S_c}{\partial T}$$

Équations poromécaniques

$$\left(K - \frac{2}{3} G \right) d\epsilon \delta + 2G d\epsilon - \left(\sum_{i=L,C,G} b_i dP_i + 3\alpha K dT \right) \delta = 0$$

$$d\phi_i = b_i d\epsilon + \sum_{k=L,C,G} \frac{1}{N_{ik}} dP_k - 3\alpha_{\phi_i} dT$$