

Doctorant:

GBEKOU K. Franck

Début de thèse: 1^{er} octobre 2020

Encadrement de thèse:

Karim BENZARTI

Abderrahim BOUDENNE

Anissa EDDHAHAK

Julien YVONNET

Ecole d'automne du GdR MBS à la Rochelle

Performances énergétiques de parois en béton imprimable incorporant des matériaux à changement de phase (MCP) et des fibres végétales : approche expérimentale et modélisation du comportement thermo-hydrique.

1. Contexte et objectifs

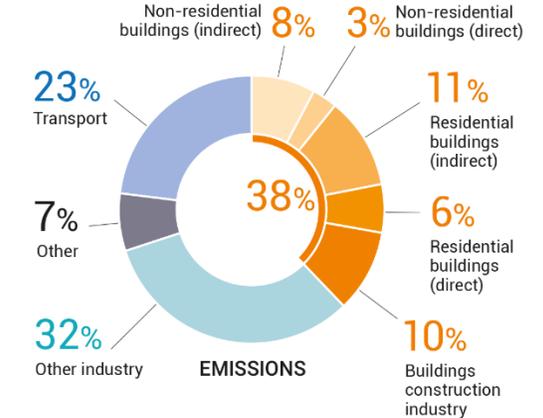
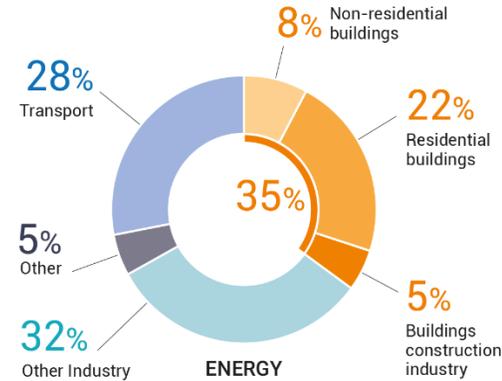
- Amélioration des performances énergétiques et hygroscopiques (en y incorporant des **matériaux à changement de phases (MCP)** et des **fibres végétales**) du béton d'enveloppe des bâtiments, avec l'**objectif d'améliorer le confort** des occupants, tout en réduisant les besoins de chauffage en hiver et de climatisation en période de surchauffe estivale.
- Utilisation de la **méthode de fabrication additive par dépôt de couches successives** en vérifiant si elle peut permettre une mise en œuvre efficace de matériaux d'enveloppe incorporant des MCP et des fibres végétales et **évaluer son impact sur le gain de performances énergétiques et la capacité de tampon hydrique** à l'échelle de la paroi de bâtiment, par comparaison avec une réalisation classique en une seule phase.

1.1. Les matériaux à changement de phase.

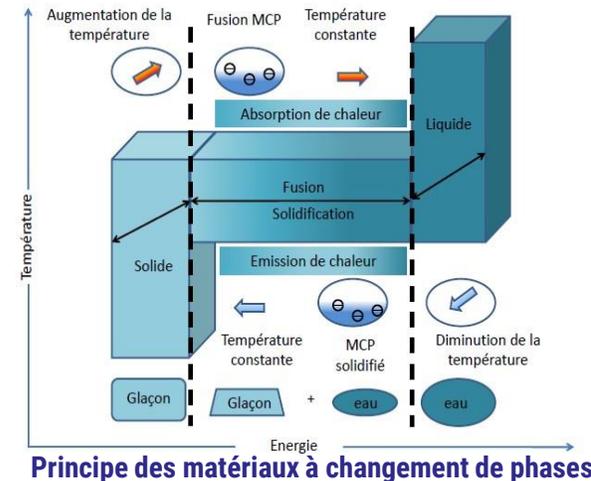
- Amélioration de la régulation thermique des bâtiments / réduction de la consommation d'énergie **en augmentant l'inertie thermique du béton**
- intégration possible dans différentes parties d'un bâtiment (Murs, Toitures, Plafonds, Planchers, ...)

1.2. Les fibres végétales

- Isolation thermique et acoustique, **Régulation de l'humidité**
- Écoconstruction / Légèreté du béton
- Valorisation des ressources locales et de sous produits agricoles



Part mondiale de l'émission énergétique du secteur du bâtiment et de la construction, *Rapport annuel Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction 2020*



Béton biosourcé

Contexte et objectifs

1.3 Démarche scientifique : incorporation des MCP et des fibres dans le béton

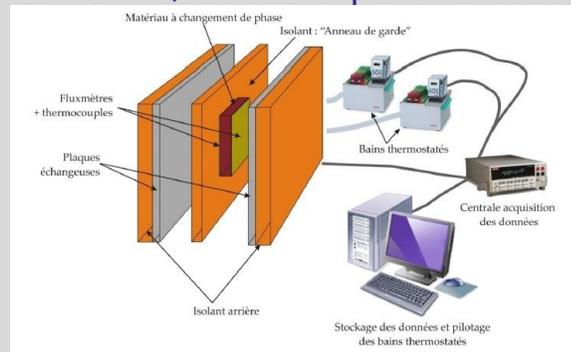
☐ Approche expérimentale

Echelle matériau

- **Caractérisation multi-physique en $f(T)$ "au dessus/en dessous de la Température de changement phase"**
 - Propriétés thermo-physiques
 - Isothermes de sorption/désorption
 - Tampon hydrique (MBV), perméabilité
 - Propriétés mécaniques des BCP

Echelle paroi

- **Caractérisation thermo-hydrigue**
 - Configuration bi-climatique
 - Sollicitation dynamique (\neq scenarios)
 - Mesures T/HR dans l'épaisseur du mur



Dispositif expérimental développé pour la caractérisation macroscopique d'un échantillon de mortier + MCP

Données d'entrée (matériau)



Données d'entrée (conditions aux limites ext/int)

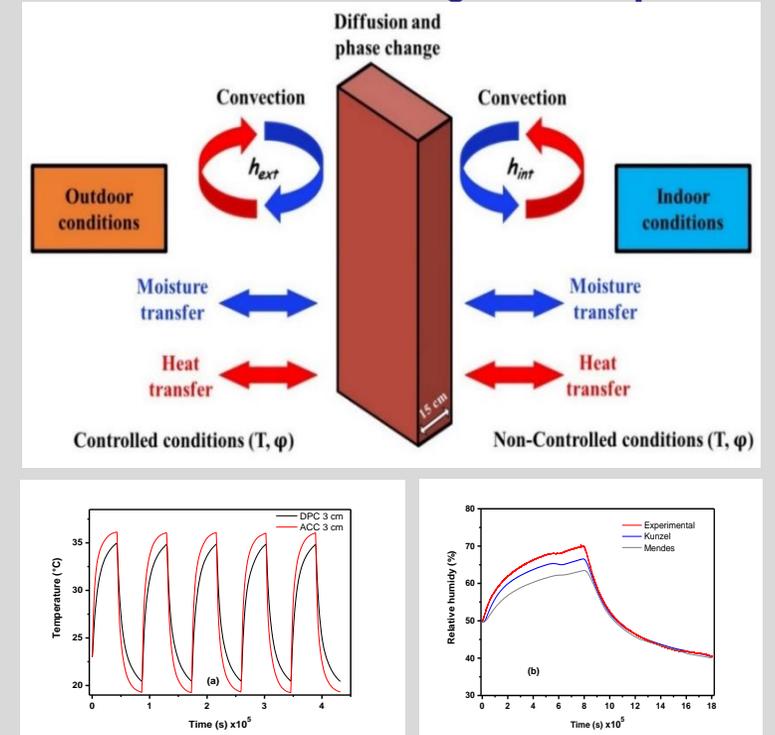


Confrontation-validation



☐ Modélisations

- **Modélisation aux EF transferts chaleur/masse – Changement de phase**



- **Modélisation du comportement mécanique (homogénéisation)**

Contexte et objectifs

1.4. La fabrication additive

Echelle matériau

- Adaptation de la méthode de dépôt de couches successives à la fabrication des BCP
- Evaluation de l'impact de la méthode de fabrication sur les caractéristiques mécaniques et thermo-hydrauliques des BCP

Echelle paroi

- **Caractérisation thermo-hydraulique**
 - Configuration bi-climatique
 - Sollicitation dynamique (\neq scénarios)
 - Mesures T/HR dans l'épaisseur du mur
- **Etude comparative** entre les parois monobloc et les parois multicouches



Impression 3D des bétons

Financement : Co-financement



+

LABEX MMCD



LABEX MMCD



2. Matériaux

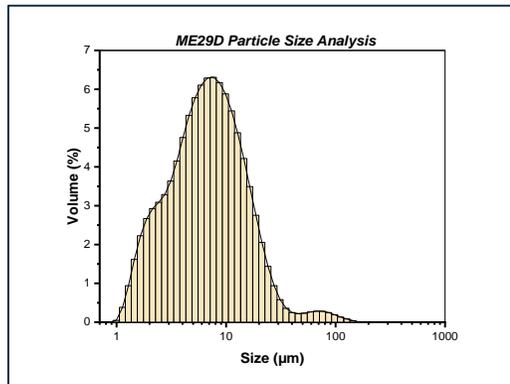
- **Matériaux à changement de phase (MCP):** CrodaTherm ME29 sous forme de poudre (ME29P) et de dispersion aqueuse (ME29D)
 - Cire microencapsulée avec un **noyau d'origine biosourcé** enveloppé dans **une coque en polymère acrylique 100% sans formaldéhyde**
 - Température de fusion : 28,8 °C
 - Température de cristallisation à 23,5 °C



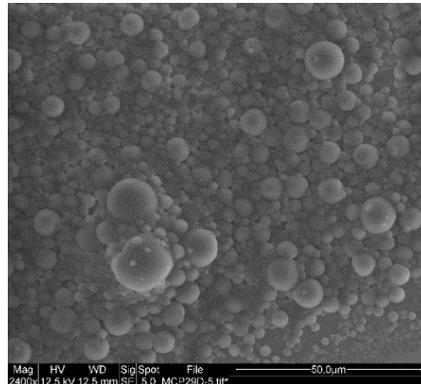
ME29D



ME29P



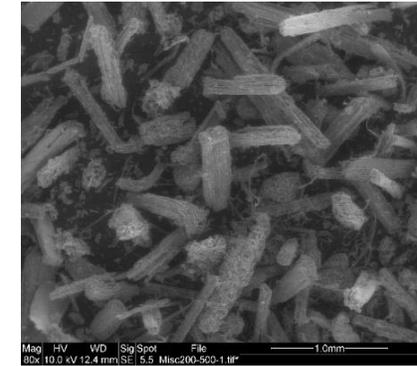
Distribution granulaire du MCP



- **Fibres végétales:** Miscanthus
Diamètre : 200 – 500µm



Fibres de Miscanthus



Fibres de Miscanthus (200 – 500µm)

- **Formulation de béton imprimable** extrait de la thèse de (Khalil, 2018)]
 - Ciment portland EXTREMAT® CEM I 52,5 N-SR3 CE PM-CP2 NF I contenant 99% de Clinker (CEM I)
 - Ciment Sulfo-alumineux Alpenat (noté CSA)
 - Sable normalisé : Diamètre max 2mm
 - Superplastifiant: haut réducteur d'eau, SIKA VISCOCRETE TEMPO 11.