

# FEU COUVANT DANS LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Placide Uwizeyimana

Maître de conférences – IMT Mines Alès

Co-auteurs : Tania Lopes, Lydia Hammad, Rodolphe Sonnier, Véronique Marchetti, Laurent Ferry, Clément Lacoste, Arnaud Regazzi, Laurent Aprin, Stéphane Moularat, Rukshala Anton

[placide.uwizeyimana@mines-ales.fr](mailto:placide.uwizeyimana@mines-ales.fr)

# INTRODUCTION

## Feu couvant (a)

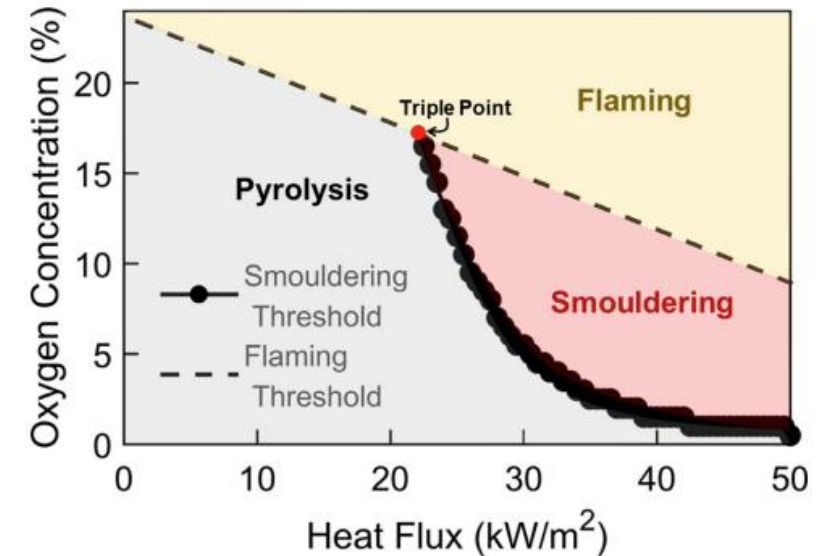


Combustion d'un matériau, sans flamme, avec ou sans émission visible de lumière (b)



## Feu vif (a)

## Facteurs d'influence : O<sub>2</sub>, Chaleur, etc. (cas du bois (c))



- ▶ **Pyrolyse** : Combustible + Chaleur → Gaz + Solides (Char et Cendre)
- ▶ **Oxydation hétérogène (Feu couvant)** : Char + O<sub>2</sub> → Chaleur + Gaz + H<sub>2</sub>O + Cendre
- ▶ **Oxydation homogène (Feu vif)** : Gaz + O<sub>2</sub> → Chaleur + Gaz + H<sub>2</sub>O

# OBJECTIFS

## ▶ Caractériser et modéliser le feu couvant :

- ▶ Méthodologie expérimentale
- ▶ Dynamique, facteurs d'influence, émissions gazeuses
- ▶ Modélisation numérique

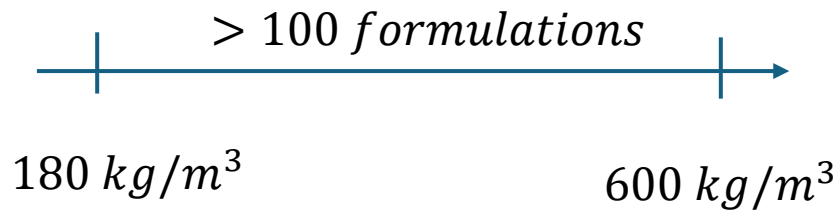
# MATÉRIAUX

## Bétons biosourcés



Bioressource  
(Ch, Pa, Ba, To)

Liant  
(C, T, P)



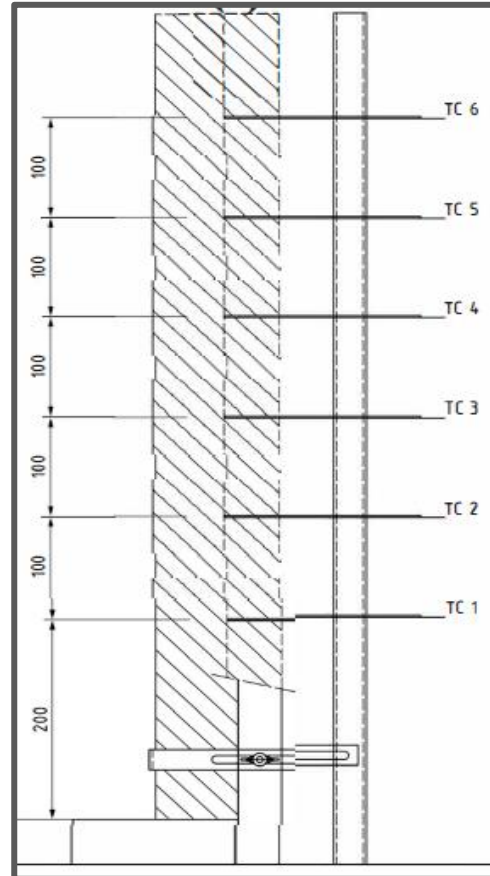
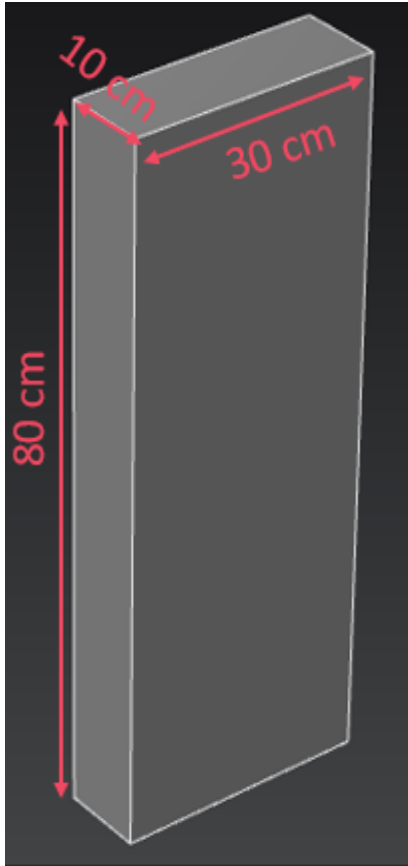
## Fibres de bois



$$50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (RF) \quad \alpha \quad 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

# MÉTHODOLOGIE DE CARACTÉRISATION DU FEU COUVANT

## EN 16733



### Déroulement :

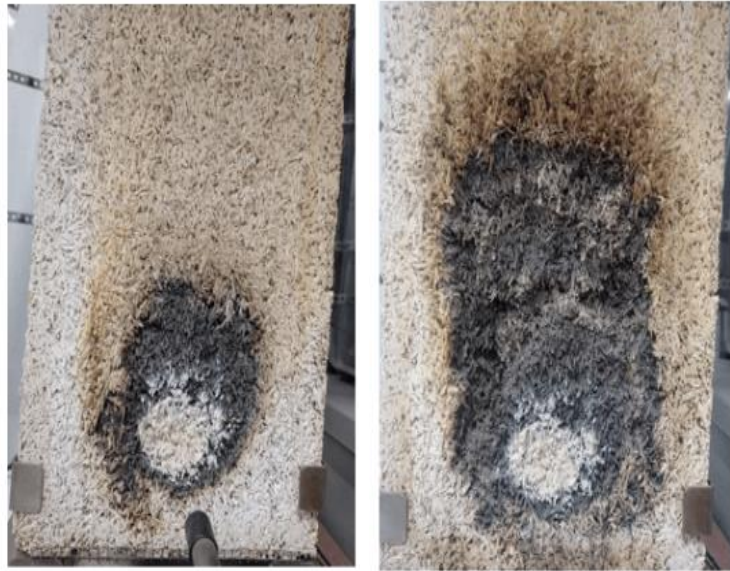
- ▶ Source de chaleur externe - brûleur (15 min)
- ▶ Suivi : T°C (6h) & gaz

### Feu couvant si :

- ▶ TC 6 > 250 °C post-arrêt
- ▶ TC > 50 °C après 6h ou une hausse continue depuis 1 h
- ▶ Ré-inflammation au moins 5 min post-arrêt
- ▶ Flammes persistantes au sommet ou sur un côté

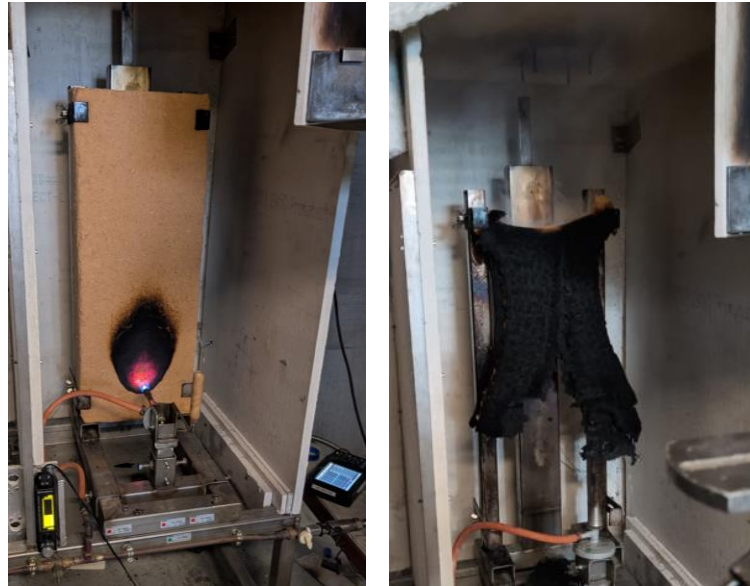
# OBSERVATIONS VISUELLES

► Bétons biosourcés C1.4Ch (291 kg/m<sup>3</sup>)



- Propagation lente du feu couvant avec une faible consommation du matériau (présence du liant minéral)

► Fibres de bois (50 kg/m<sup>3</sup>)



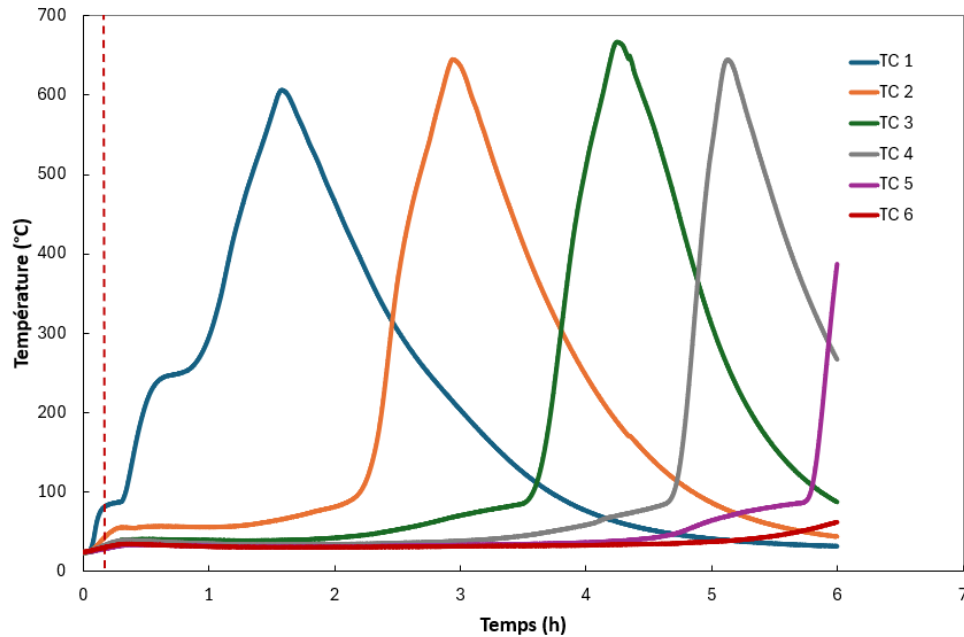
- Propagation rapide
- FB50 : absence de flamme visible après 15 minutes d'exposition (présence RF)
- FB140 : apparition de flammes transitoires, s'éteignant dès le retrait de la source de chaleur

► Fibres de bois (140 kg/m<sup>3</sup>)

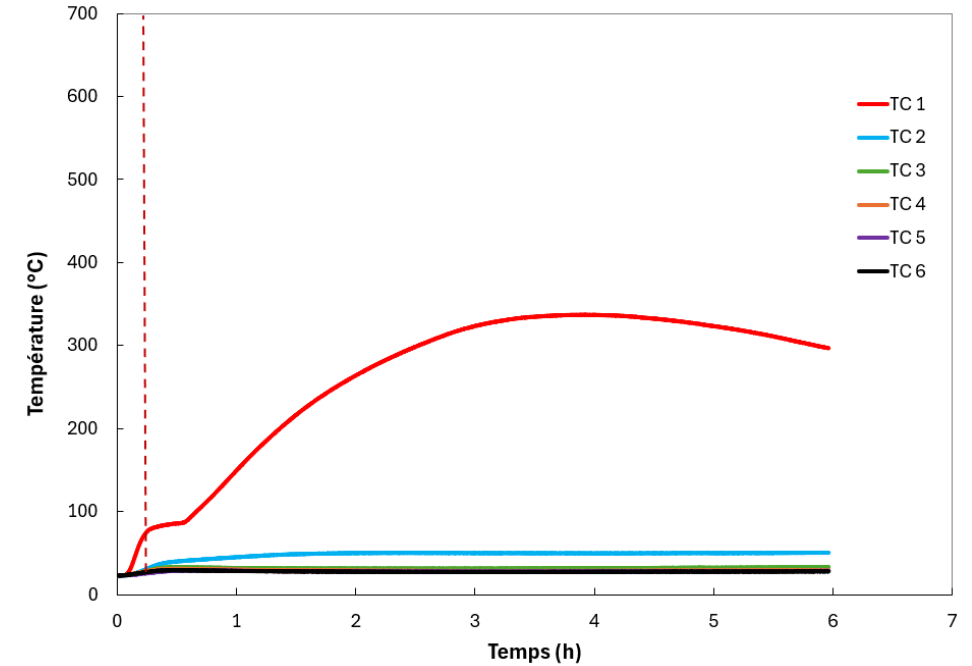


# DYNAMIQUE DU FEU COUVANT

## Béton biosourcé C1.8To (219 kg/m<sup>3</sup>)



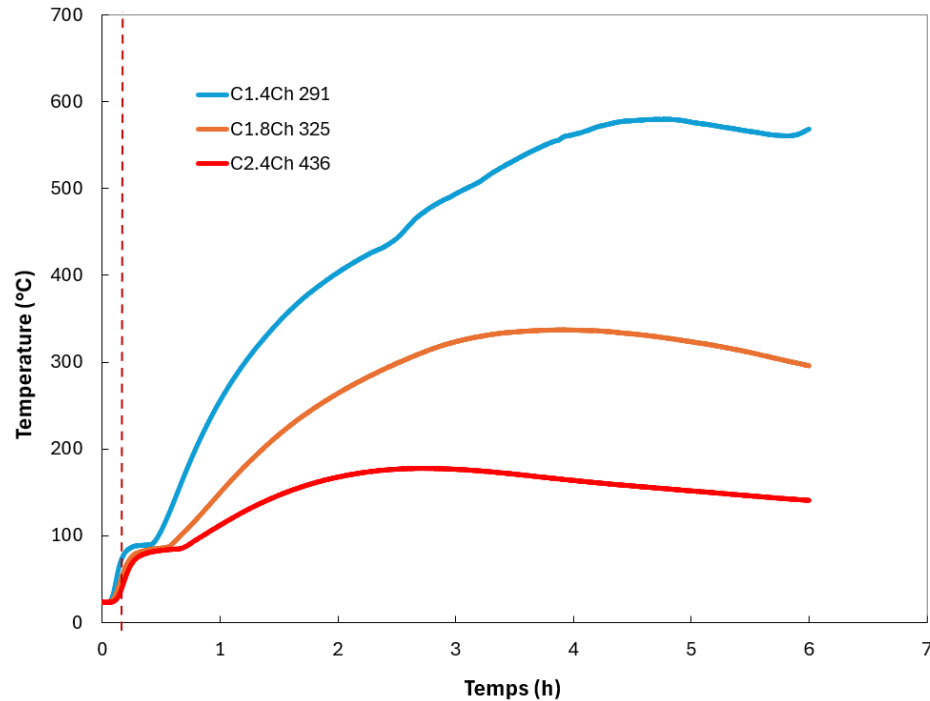
## Béton biosourcé C1.8Ch (325 kg/m<sup>3</sup>)



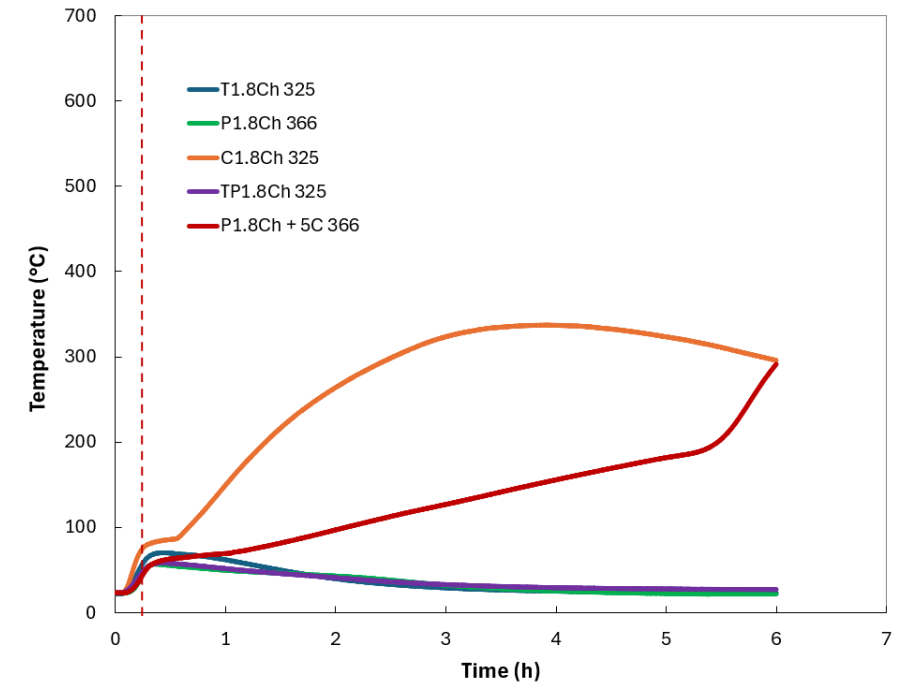
- ▶ Deux cas : Feu couvant très intense (C1.8To 219) & Feu couvant moins intense (C1.8Ch 325)
- ▶ Vitesse de propagation de la chaleur = 1,2 mm/min (C1.8To)

# INFLUENCE DE LA DENSITÉ ET DE LA COMPOSITION DU MATÉRIAU

## Béton biosourcés (TC 1)



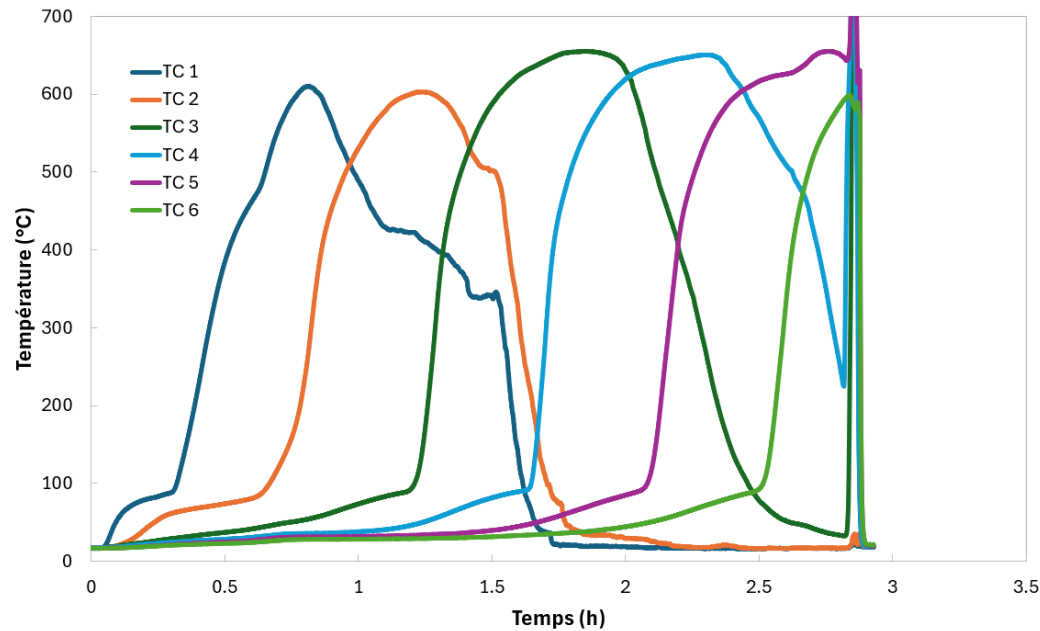
- ▶ La sensibilité au feu couvant dépend de la densité
- ▶  $\rho$  faible  $\rightarrow$  Feu couvant plus intense
- ▶  $\rho$  faible  $\rightarrow \alpha_{combustible}$  élevé,  $\phi$  élevée,  $\lambda$  faible



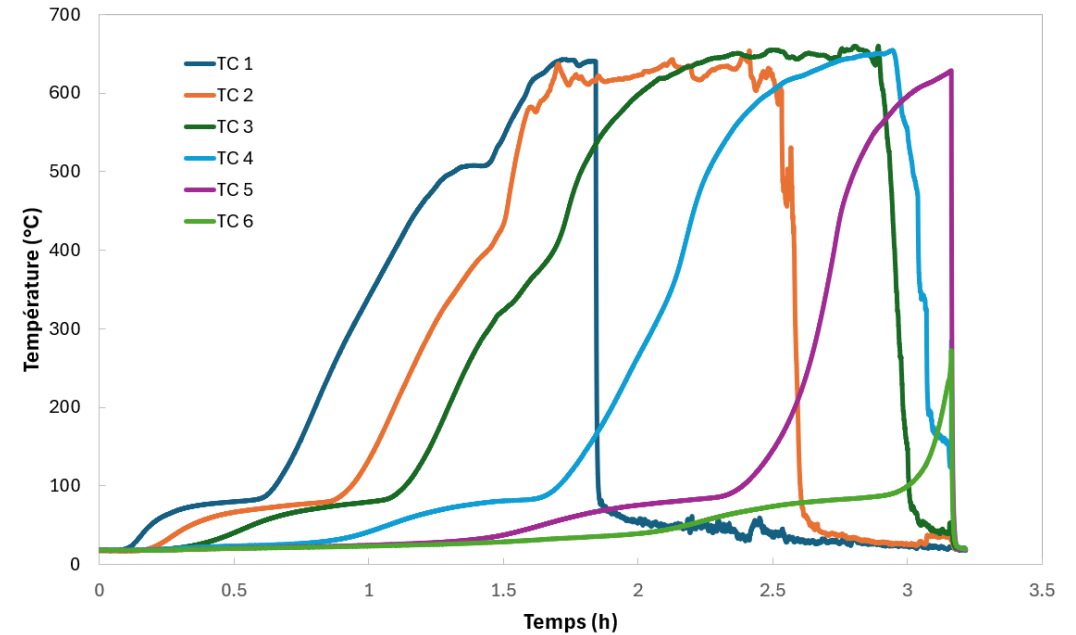
- ▶ La sensibilité au feu couvant dépend de la composition et de la nature du liant
- ▶ La chaux a tendance à accélérer le feu couvant

# INFLUENCE DE LA DENSITÉ ET DE LA COMPOSITION DU MATÉRIAU

## Fibres de bois (50 kg/m<sup>3</sup>)



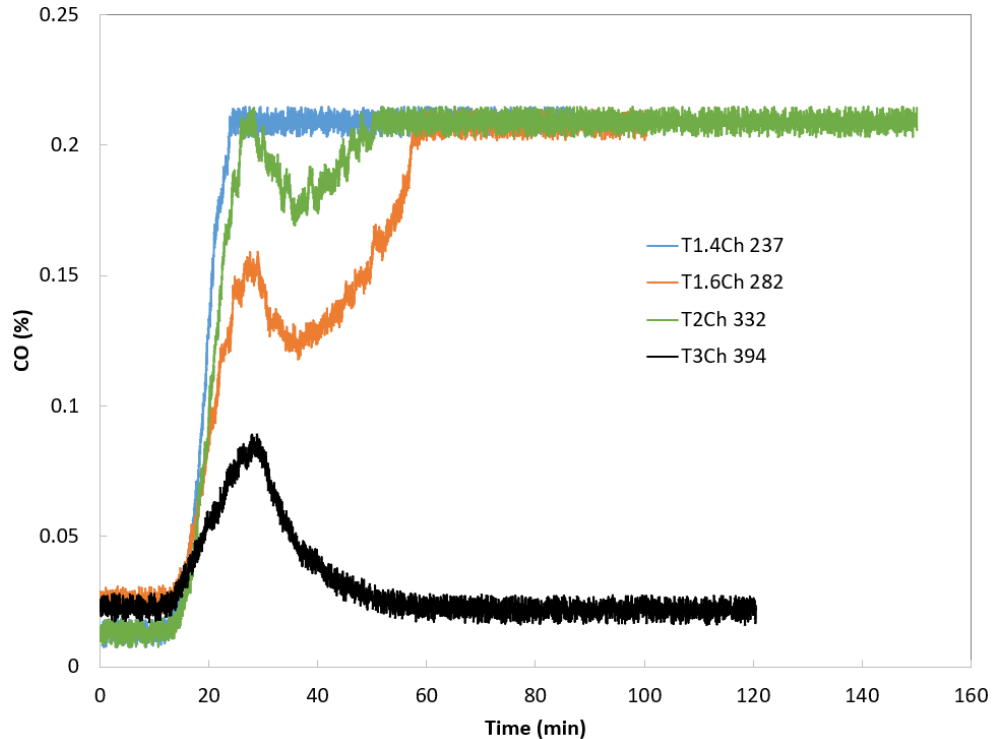
## Fibres de bois (140 kg/m<sup>3</sup>)



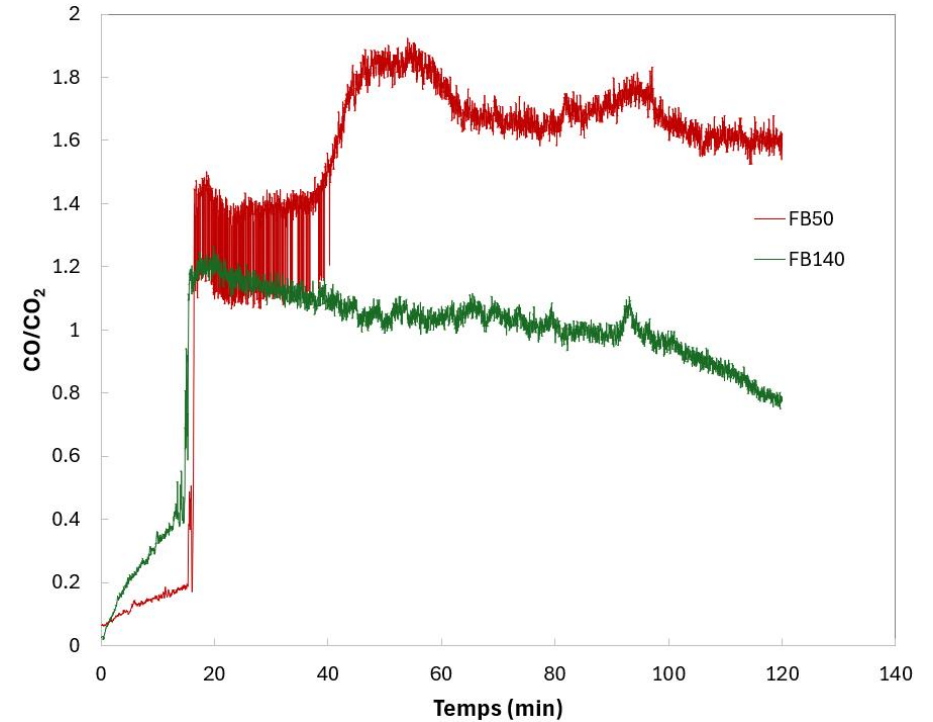
- ▶ FB50 : élévation rapide de la T° C → initiation rapide du feu couvant
- ▶ FB140 : initiation lente du feu couvant
- ▶ Vitesse de propagation = 3,6 mm/min → ( x 3 par rapport à certains bétons biosourcés)

# ÉMISSIONS GAZEUSES

## Bétons biosourcés



## Fibres de bois



- ▶ Augmentation de CO (saturation capteur) et de CO/CO<sub>2</sub> post-arrêt
- ▶ Influence de la densité et de la composition du matériau
- ▶ FB avec  $\rho$  faible et RF  $\rightarrow$  CO/CO<sub>2</sub> plus élevé que FB avec  $\rho$  élevée

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## Caractérisation du feu couvant :

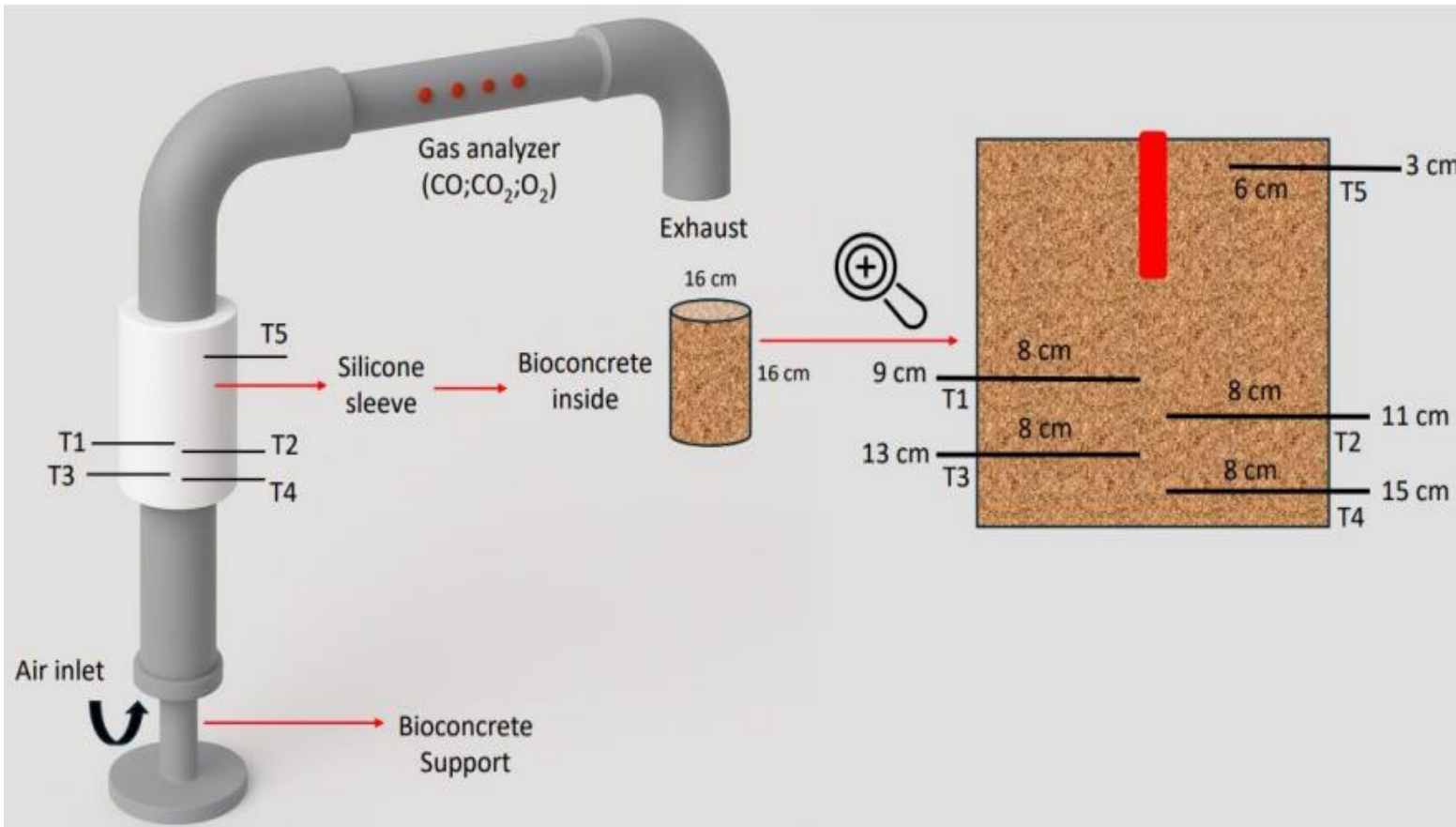
- ▶ La sensibilité au feu couvant dépend fortement de la densité et de la composition du matériau (et du type de liant pour les bétons biosourcés)
- ▶ Propagation lente dans les bétons biosourcés et rapide dans les fibres de bois
- ▶ Feu couvant → augmentation du rapport CO/CO<sub>2</sub>
- ▶ Bétons biosourcés avec  $\rho$  faible → susceptibilité de développer le feu couvant

## Modélisation numérique prédictive du feu couvant

- ▶ Thèse ANR MODEFIRE

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## Dispositif ASHES (Advanced Study of Heat and Emissions in Smoldering)



- ▶ Source de chaleur avec une puissance maîtrisée
- ▶ Contrôle du débit d'air
- ▶ Suivi :  $T^{\circ}\text{C}$  , Gaz ,  $\Delta m$
- ▶ Feu couvant co-courant et contre-courant
- ▶ Propriétés du matériau en fonction de la  $T^{\circ}\text{C}$  & dégradation ( $\delta_{air}$ , etc.)

# MERCI

**Placide UWIZEYIMANA**

**Maître de conférences – IMT Mines Alès**

**[placide.uwizeyimana@mines-ales.fr](mailto:placide.uwizeyimana@mines-ales.fr)**