

OFFRE DE STAGE MASTER/INGÉNIEUR – 2026
(Avec perspective de poursuivre en thèse de doctorat)

Modélisation du comportement au feu couvant des agro-bétons

1. Contexte et objectifs

Le secteur du bâtiment présente un intérêt croissant pour l'utilisation de matériaux biosourcés. Issus de ressources naturelles renouvelables, principalement d'origine végétale (chènevotte, paille, agro-béton, bois, etc.), ces matériaux présentent une faible empreinte carbone et contribuent à réduire l'impact environnemental de la construction. Ils offrent par ailleurs de bonnes performances d'isolation et participent à la régulation du climat intérieur des bâtiments.

Parmi ces éco-matériaux, les agro-bétons connaissent un développement notable depuis quelques années. Constitués d'un liant minéral (chaux, terre, plâtre, etc.) associé à des granulats végétaux (chènevotte, paille, lin, miscanthus, etc.), ils favorisent l'utilisation de ressources locales et renouvelables tout en participant à la décarbonation du secteur de la construction.

Cependant, malgré leurs excellentes performances isolantes, l'usage des agro-bétons reste freiné par le manque de connaissances sur leur comportement au feu, en particulier face au feu couvant. Ce phénomène, caractérisé par une combustion lente et sans flamme, se manifeste fréquemment dans les combustibles poreux tels que les isolants biosourcés [1-4]. Sa dangerosité réside dans sa capacité à démarrer sous une faible sollicitation thermique, puis à se propager au sein du matériau. Tant que l'apport en oxygène est suffisant et que les pertes de chaleur restent limitées, les réactions exothermiques s'auto-entretiennent, pouvant parfois conduire à un emballement thermique et évoluer vers un incendie majeur. Comprendre ce phénomène est donc essentiel pour prévenir les risques d'incendie dans les bâtiments et encourager l'utilisation d'isolants biosourcés, plus durables et respectueux de l'environnement.

Des travaux expérimentaux sur ce sujet ont été réalisés dans le cadre de la thèse de Tania Lopes [1, 3, 5]. Néanmoins, afin de réduire le coût des essais et de disposer d'un outil d'aide à la décision en protection incendie, le développement d'un modèle numérique prédictif fiable s'avère nécessaire.

L'objectif du stage est ainsi de contribuer au développement d'un modèle multiphysique capable de prédire la propagation du feu couvant dans les agro-bétons.

2. Méthodologie de recherche

La démarche repose sur trois étapes complémentaires : analyse théorique, modélisation physique et numérique, validation et analyse de sensibilité.

- Analyse théorique et schéma réactionnel

Comprendre les phénomènes physiques en jeu lors du feu couvant dans les agro-bétons, la réactivité de ces matériaux et le schéma réactionnel servant de base à la modélisation.

- Modélisation physique et numérique

Mettre en place et consolider un modèle basé sur les équations de conservation couplées, intégrant les transferts thermiques, le transport de masse et les réactions chimiques. Le modèle numérique sera implémenté sous Comsol Multiphysics.

- Validation expérimentale et étude de sensibilité des paramètres

Confronter les résultats numériques aux données expérimentales disponibles et analyser les paramètres les plus influents afin d'évaluer et d'affiner la fiabilité du modèle.

3. Lieu, conditions et encadrement du stage

Lieu et gratification

Le stage se déroulera à IMT Mines Alès, au sein des équipes DMS (Durabilité des éco-matériaux et des structures, LMGC UMR CNRS 5508) et PCH (Polymères composites hybrides). Le/la stagiaire bénéficiera d'une gratification réglementaire (environ 600€/mois). Il/elle aura également accès à la cantine de l'IMT Mines Alès au tarif étudiant.

Durée : 5 à 6 mois à partir de février 2026

Encadrement

Placide Uwizeyimana, Maître de Conférences – IMT Mines Alès – placide.uwizeyimana@mines-ales.fr

Arnaud Regazzi, Maître de Conférences – IMT Mines Alès – arnaud.regazzi@mines-ales.fr

Rodolphe Sonnier, Professeur – IMT Mines Alès – rodolphe.sonnier@mines-ales.fr

Laurent Ferry, Professeur – IMT Mines Alès – laurent.ferry@mines-ales.fr

Profil du candidat

Le/la candidat(e) devra être en formation de Master ou d'École d'ingénieur, avec de solides compétences en modélisation, matériaux et phénomènes de transfert, ainsi qu'un intérêt marqué pour la simulation numérique. Des connaissances sur le comportement au feu des matériaux seront appréciées.

Les personnes intéressées devront soumettre les documents suivants : CV, lettre de motivation, relevés de notes (L3 et M1) et lettre de recommandation.

Ce stage ouvre la perspective de poursuivre en thèse de doctorat, financée par le projet ANR MODEFIRE.

4. Références

1. Lopes, T., Uwizeyimana, P., Sonnier, R., Ferry, L., Regazzi, A., Aprin, L., Delot, P., Hellouin de Menibus, A., & Potin, M. (2025). Fire performance of hemp concrete. In *Advances in Bio-Based Materials for Construction and Energy Efficiency* (pp. 199-228). Woodhead Publishing.
2. Torero, J. L., Gerhard, J. I., Martins, M. F., Zaroni, M. A., Rashwan, T. L., & Brown, J. K. (2020). Processes defining smouldering combustion: Integrated review and synthesis. *Progress in energy and combustion science*, 81, 100869.
3. Lopes, T., Sturlès, L., Sonnier, R., Reynaud, C., Regazzi, A., Hellouin de Menibus, A., Wielezyski, F., Ferry, L., Aprin, L., Potin, M., Delot, P., Uwizeyimana, P., Carvalho Martins, R., Warren, S. (2025). Smoldering in biobased concretes. *Construction and Building Materials*, 498, 143949.
4. Rein, G. (2016). Smoldering combustion. In *SFPE handbook of fire protection engineering* (pp. 581-603). New York, NY: Springer New York.
5. Lopes, T., Labeni, S., Sonnier, R., Ferry, L., Regazzi, A., Uwizeyimana, P., Aprin, L., Delot, P., Hellouin de Menibus, A., & Potin, M. (2024). Ignition of biobased concretes. *Construction and Building Materials*, 440, 137423.
6. Rogaume, T. (2019). Thermal decomposition and pyrolysis of solid fuels: Objectives, challenges and modelling. *Fire Safety Journal*, 106, 177-188.

MASTER'S/ENGINEERING INTERNSHIP OFFER – 2026

(With the possibility of pursuing a PhD)

Modeling the smoldering fire behavior of bio-based concretes

1. Context et objectives

The building sector has shown growing interest in the use of bio-based materials. Derived from renewable natural resources, mainly of plant origin (hemp shiv, straw, bio-based concrete, wood, etc.), these materials have a low carbon footprint and help reduce the environmental impact of construction. They also offer good thermal insulation performance and contribute to regulating indoor building climates.

Among these eco-materials, bio-based concrete has experienced significant development in recent years. Composed of a mineral binder (lime, earth, gypsum, etc.) combined with plant aggregates (hemp shiv, straw, flax, miscanthus, etc.), they promote the use of local and renewable resources while contributing to the decarbonization of the construction sector.

However, despite their excellent insulating properties, the use of bio-based concrete remains limited by the lack of knowledge regarding their fire behavior, particularly under smoldering fire conditions. This phenomenon, characterized by slow, flameless combustion, frequently occurs in porous fuels such as bio-based insulation materials [1–4]. Its danger lies in its ability to initiate under low thermal stress and then spread within the material. As long as oxygen supply is sufficient and heat loss remains limited, the exothermic reactions are self-sustaining, sometimes leading to thermal runaway and developing into a major fire. Understanding this phenomenon is therefore essential to prevent fire risks in buildings and for promoting the use of bio-based insulation, which is more sustainable and environmentally friendly.

Experimental studies on this topic have been carried out as part of Tania Lopes' PhD work [1, 3, 5]. However, in order to reduce experimental costs and provide a decision-making tool for fire safety engineering, the development of a reliable predictive numerical model is necessary.

The objective of this internship is therefore to contribute to the development of a Multiphysics model capable of predicting smoldering fire propagation in bio-based concretes.

2. Research Methodology

The approach is based on three complementary steps: theoretical analysis, physical and numerical modeling, and validation with sensitivity analysis.

- **Theoretical analysis and reaction scheme**

Understanding the physical processes involved in smoldering in bio-based concretes, the reactivity of these materials, and the reaction scheme used as a basis for modeling.

- **Physical and numerical modeling**

Developing and refining a model based on coupled conservation equations, integrating heat transfer, mass transport, and chemical reactions. The numerical model will be implemented using COMSOL Multiphysics.

- **Experimental validation and parameter sensitivity analysis**

Comparing numerical results with available experimental data and identifying the most influential parameters to evaluate and improve the reliability of the model.

3. Internship location, conditions, and supervision

Location and compensation

The internship will take place at IMT Mines Alès, within the DMS team (Durability of Eco-Materials and Structures, LMGC UMR CNRS 5508) and the PCH team (Hybrid Composite Polymers). The intern will receive a standard legal internship stipend (approximately 600€/month). He/she will also have access to the IMT Mines Alès restaurant at student rates.

Duration: 5 to 6 months starting in February 2026

Supervision

Placide Uwizeyimana, Associate Professor – IMT Mines Alès – placide.uwizeyimana@mines-ales.fr

Arnaud Regazzi, Associate Professor – IMT Mines Alès – arnaud.regazzi@mines-ales.fr

Rodolphe Sonnier, Professor – IMT Mines Alès – rodolphe.sonnier@mines-ales.fr

Laurent Ferry, Professor – IMT Mines Alès – laurent.ferry@mines-ales.fr

Candidate Profile

The candidate should be enrolled in a Master's or Engineering School program, with strong skills in modeling, materials, and transfer phenomena, as well as a strong interest in numerical simulation. Knowledge of the fire behavior of materials would be appreciated.

Applicants must submit the following documents: CV, cover letter, transcripts (Bachelor year 3 and Master year 1), and letter of recommendation.

This internship offers the possibility of continuing into a PhD program funded by the ANR MODEFIRE.

4. References

1. Lopes, T., Uwizeyimana, P., Sonnier, R., Ferry, L., Regazzi, A., Aprin, L., Delot, P., Hellouin de Menibus, A., & Potin, M. (2025). Fire performance of hemp concrete. In *Advances in Bio-Based Materials for Construction and Energy Efficiency* (pp. 199-228). Woodhead Publishing.
2. Torero, J. L., Gerhard, J. I., Martins, M. F., Zaroni, M. A., Rashwan, T. L., & Brown, J. K. (2020). Processes defining smouldering combustion: Integrated review and synthesis. *Progress in energy and combustion science*, 81, 100869.
3. Lopes, T., Sturlès, L., Sonnier, R., Reynaud, C., Regazzi, A., Hellouin de Menibus, A., Wielezyski, F., Ferry, L., Aprin, L., Potin, M., Delot, P., Uwizeyimana, P., Carvalho Martins, R., Warren, S. (2025). Smoldering in biobased concretes. *Construction and Building Materials*, 498, 143949.
4. Rein, G. (2016). Smoldering combustion. In *SFPE handbook of fire protection engineering* (pp. 581-603). New York, NY: Springer New York.
5. Lopes, T., Labeni, S., Sonnier, R., Ferry, L., Regazzi, A., Uwizeyimana, P., Aprin, L., Delot, P., Hellouin de Menibus, A., & Potin, M. (2024). Ignition of biobased concretes. *Construction and Building Materials*, 440, 137423.
6. Rogaume, T. (2019). Thermal decomposition and pyrolysis of solid fuels: Objectives, challenges and modelling. *Fire Safety Journal*, 106, 177-188.