



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

LA SCIENCE & LA CRÉATIVITÉ POUR INVENTER UN MONDE DURABLE



DOCTORAT EN Sciences des Procédés des Matériaux, Bioproduits et Aliments

Etablissement	IMT Mines Alès (Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès)
Affectation principale	Centre d'Enseignement et de Recherche C2MA
Résidence administrative	Alès (Département du Gard – Région Occitanie)
Date de prise de poste	

1. Présentation IMT et IMT Mines Alès

L'institut Mines-Télécom (IMT), grand établissement au sens du code de l'éducation, est un établissement public scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) placé sous la tutelle principale des ministres chargés de l'industrie et du numérique. Premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France, il fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 personnes et dispose d'un budget annuel de 400M€ dont 40% de ressources propres. L'IMT comporte 2 instituts Carnot, 35 chaires industrielles, produit annuellement 2100 publications de rang A, 60 brevets et réalise 110M€ de recherche contractuelle.

Créé en 1843, IMT Mines Alès compte à ce jour 1400 élèves (dont 250 étrangers) et 380 personnels. L'école dispose de 3 centres de recherche et d'enseignement de haut niveau scientifique et technologique, qui œuvrent dans les domaines des matériaux et du génie civil (C2MA), de l'environnement et des risques (CREER), de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique (CERIS). Elle dispose de 12 plateformes technologiques et compte 1600 entreprises partenaires.

2. Projet de recherche

Titre : Biocomposites À matrice Géopolymère pour l'habitat en Afrique – valorisation de la balle de Riz comme amorceur, catalyseur et renfort (BAGAR)

Le projet de thèse proposé a pour objet de développer des biocomposites à matrice géopolymère pour répondre à la problématique de l'habitat durable en Afrique, à partir de la balle de riz, ressource locale abondante, à la fois comme amorceur et comme renfort. Alternative durable au ciment traditionnel, les géopolymères sont moins énergivores et surtout moins polluants puisqu'ils émettent moins de CO₂. Il s'agira de mettre au point des géopolymères à partir de cendres de balles de riz, des briques renforcées par des fibres de déchets agricoles, et des revêtements à même d'améliorer la durabilité des matériaux locaux disponibles (briques en torchis, plastiques recyclés). Les lieux d'expérimentation se situent dans des conditions

climatiques extrêmes (97 % d'humidité relative, températures autour de 0°C, etc.), pour envisager des solutions de bâtis durables conjuguant à la fois économie circulaire et faible empreinte environnementale. Ce projet concilie les qualités mécaniques, thermiques, de durabilité avec les conditions climatiques tropicales et des coûts de production faibles. Des revêtements géopolymériques seront élaborés pour améliorer les performances de résistance à l'eau des briques locales fabriquées en terre crue et en plastique recyclé. La solution proposée répond à l'accroissement des besoins en logement en Afrique, contribue à un habitat durable et réduit l'impact environnemental associé à des matériaux de construction classiques.

Ainsi, les travaux de cette étude seront basés sur plusieurs axes :

1) Synthèse de géopolymères à partir de cendres de balles de riz

L'utilisation combinée des cendres de balles de riz et d'autres sources d'aluminium, telles que le métakaolin, la montmorillonite ou une combinaison des deux, serait explorée pour produire des géopolymères.

2) Formulations de biocomposites à matrice géopolymère

Une fois la réaction de géopolymérisation à partir de cendres de balles de riz et d'autres sources d'alumine maîtrisée et optimisée, l'idée est de développer des briques composites avec des renforts lignocellulosiques issus de déchets agricoles disponibles localement. Le potentiel renforçant de différentes fibres telles que la balle de riz seule ou combinée avec d'autres déchets agricoles sera testé en faisant varier les ratio Fibres/Matrice ainsi que la granulométrie des fibres.

3) Evaluation des propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des biocomposites

Cette partie de la thèse vise à caractériser du point de vue physico-chimique, mécanique et thermique les matériaux biocomposites développés. Les géopolymères sont connus pour avoir une très bonne stabilité thermique, une excellente inertie chimique et des propriétés mécaniques intéressantes. La caractérisation des biocomposites élaborés vise à évaluer l'influence d'un nouveau précurseur dans la réaction de géopolymérisation, ainsi que l'ajout de fibres comme renfort sur les propriétés des géopolymères

4) Revêtement à base de géopolymères sur des matériaux existants et utilisés en Afrique

Dans un premier temps, l'objectif est d'évaluer dans quelle mesure l'application d'un revêtement sur des briques en torchis permettrait de les imperméabiliser vis-à-vis de l'eau, tout en préservant leurs propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques.

Un second objectif est d'examiner la possibilité de développer un revêtement pour des briques en plastique recyclé afin de les imperméabiliser et ainsi limiter le relargage des produits issus de leur dégradation. En effet, ces matériaux sont utilisés pour la fabrication de dalles de pavage dans les allées et peuvent être lixiviés dès la première pluie, constituant ainsi une nouvelle source de pollution par micro- et nanoparticules qui se retrouvent dans le sol et les nappes phréatiques. Ce revêtement offrirait donc une perspective de valorisation durable pour ces briques en plastique recyclé, en évitant qu'elles ne deviennent simplement un vecteur de pollution déplacé.

5) Etude du vieillissement des biocomposites et des matériaux avec un revêtement à base de géopolymères

Le vieillissement de ces matériaux qui seront utilisés dans des conditions climatiques sévères du point de vue Température, Humidité et UV sera évalué en conditions réelles et en conditions simulées en laboratoire.

Mots clés : Biocomposites, Matrice géopolymère, renfort, revêtement, Matériaux écologiques

3. Encadrement

Roland EL HAGE (MCF, HDR), IMT Mines Alès, Centre des matériaux des mines d'Alès, Polymères composites, hybrides (PCH)

Rodolphe Sonnier (Pr), IMT Mines Alès, Centre des matériaux des mines d'Alès, Polymères composites, hybrides (PCH)

Une collaboration avec le CIRAD est envisagée, en particulier avec Amandine Viretto, PhD (Chercheure, équipe BioWooEB).

Ecole doctorale : GAIA

4. Profil recherché

Diplôme de Master ou d'Ingénieur en Sciences des Matériaux, Génie des Procédés, Génie Civil ou Chimie des Matériaux. Connaissances en matériaux composites, chimie des polymères et/ou céramiques. Expérience en synthèse et caractérisation de matériaux biosourcés. Expérience en élaboration et formulation de matériaux composites. Bases en géopolymérisation et chimie des liants (serait un plus). Autonomie et capacité à mener un projet de recherche en collaboration. Bonnes compétences en rédaction scientifique et présentation de résultats

5. Références bibliographiques

- 1) Beaino, S.; El Hage, P.; Sonnier, R.; Seif, S.; El Hage, R. Novel Foaming-Agent Free Insulating Geopolymer Based on Industrial Fly Ash and Rice Husk. *Molecules* 2022, 27(2), 531.
- 2) Turner, L.K.; Collins, F.G. Carbon dioxide equivalent (CO₂-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete. *Constr. Build. Mater.* 2013, 43, 125–130.
- 3) De Moraes Pinheiro, S.M.; Font, A.; Soriano, L. Olive-stone biomass ash (OBA): An alternative alkaline source for the blast furnace slag activation. *Constr. Build. Mater.* 2018, 178, 327–338.
- 4) Ling, Y.; Wang, K.; Wang, X.; Hua, S. Effects of mix design parameters on heat of geopolymerization, set time, and compressive strength of high calcium fly ash geopolymer, *Constr. Build. Mater.* 2019, vol. 228, pp. 116–763.
- 5) Duxson, P.; Fernández-Jiménez, A.; Provis, J.; Lukey, G.C.; Palomo, A.; Van Deventer, J.S.J. Geopolymer technology: The current state of the art, *J. Mater. Sci.* 2007, vol. 42, no. 9, pp. 2917–2933.
- 6) Detphan, S. Chindaprasirt, P. Preparation of fly ash and rice husk ash geopolymer, *Int. J. Min. Met. Mater.* 2009, vol. 16 (6), pp. 720-726.
- 7) Somna, R. ; Saowapun, T. ; Somna, K. ; Chindaprasirt, P. Rice husk ash and fly ash geopolymer hollow block based on NaOH activated, *Case Stud. Constr. Mater.* 2022, vol. 16, e01092.
- 8) Chiranjeevi, K.; Vijayalakshmi, M.M.; Praveenkumar, T.R. Investigation of fly ash and rice husk ash-based geopolymer concrete using nano particles, *Appl. Nanosci.* 2023, 13, pp 839-846.

6. Contacts

- ▶ Sur le projet de recherche : Roland EL HAGE (Roland.el-hage@mines-ales.fr) et Rodolphe Sonnier (Rodolphe.sonnier@mines-ales.fr)
- ▶ Sur les aspects administratifs : Anne-Catherine Denni (anne-catherine.denni@mines-ales.fr)