

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

Laboratoire d'accueil : CERI MP – Centre d'Enseignement de Recherche et d'Innovation Matériaux et Procédés

Ecole Gradué : ENGSYS Sciences de l'ingénierie et des systèmes (U-Lille, Centrale Lille Institut, IMT Nord Europe)

THÈSE présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR en Génie Civil
par

ZEGGAR Mohamed Afif

DOCTORAT de l'IMT NORD EUROPE

Titre de la thèse :

Matériaux innovants bas carbone à faible impact environnemental

Soutenance prévue le vendredi 19 décembre 2025 à 9h00

Lieu : IMT Nord Europe - 764 Bd Lahure - Batiment GCE1 - Salle : BTP4 - 59500 Douai

Devant le jury d'examen :

Président (désigné lors de la soutenance)

Rapporteuse PRUD'HOMME Elodie,

Rapporteuse SAIYOURI Nadia,

Examineur ABRIAK Nouredine,

Examineur BERNARD Fabrice,

Examinatrice DHEILLY Rose-Marie,

Examineur MAHERZI Walid,

Co-Directeur de thèse SEBAIBI Nassim,

Directeur de thèse BENZERZOUR Mahfoud,

Invité ZAOUI Ali,

Maîtresse de conférences,

Professeure,

Professeur émérite,

Enseignant-Chercheur,

Professeure,

Professeur assistant,

HDR,

Professeur,

Professeur,

INSA Lyon - GCU - MATEIS

2M - Institut de Mécanique et d'Ingénierie - CNRS UMR 5295

IMT Nord europe

INSA Renne

Université de Picardie Jules Verne

IMT Nord europe

BUILDERS École d'ingénieurs | BUILDERS Lab

IMT Nord Europe

Polytech'Lille

Résumé

Cette étude s'inscrit dans la conception de matériaux de construction innovants et bas carbone, en évaluant la valorisation de sédiments de balayage comme composant clé de liants alcalis-activés, en complément de cendres volantes et de laitier, afin de formuler des géopolymères « just add water » capables d'assurer des usages comparables au ciment Portland tout en réduisant l'empreinte environnementale. Deux sédiments, Viefvillers (VFI) et Mitry-Mory (MM), ont été employés en substitution des cendres volantes à 15 %, 30 % et 50 % ; l'activation par silicates de sodium déclenche la géopolymérisation et renforce les performances. La caractérisation multi-échelle (porosimétrie au mercure, MEB, DRX, FTIR) met en relation la microstructure et les propriétés mécaniques, et montre que les résistances à 7, 28 et 60 jours s'améliorent avec l'incorporation des sédiments, grâce à la formation de gels C-A-S-H, N-A-S-H et d'hydrotalcite, qui densifient et stabilisent l'état durci. Du point de vue rhéologique, l'analyse de quatre formulations révèle qu'une hausse du taux de sédiment accroît la cohésion par la structuration précoce du gel C-A-S-H, tandis que la viscosité plastique tend à se stabiliser. Les essais de thixotropie indiquent en outre qu'un taux de floculation plus élevé peut améliorer les performances mécaniques à très jeune âge. Parallèlement, l'efflorescence, phénomène critique des géopolymères, a été étudiée au moyen d'un protocole (humidité/cycles de séchage) : les mélanges à base de sédiment MM présentent un degré de géopolymérisation plus élevé et une moindre sensibilité à l'efflorescence que ceux à base de sédiment VFI, ce qui a permis d'optimiser les formulations en maîtrisant la porosité et la cinétique de durcissement. Sur le plan de la durabilité, le sédiment MM a été présélectionné pour des essais d'attaque sulfatique externe, et l'intégration des sédiments confère une stabilité structurale appréciable dans ce milieu agressif. Enfin, pour les coulis de remblai, l'hétérogénéité des sédiments à l'état brut en substitution de sable, notamment la fraction fine < 500 µm contenant de la matière organique, dégrade la rhéologie, effet partiellement compensé par l'ajout de cendres volantes qui induit un effet de roulement améliorant la fluidité. Une substitution d'environ 20 % du ciment par des sédiments calcinés riches en calcite optimise la prise et améliore l'Indice de Portance Immédiat (IPI), tout en apportant une résistance à l'immersion dans l'eau grâce à la formation d'hydrates supplémentaires tels que les phases monocarbonates. En définitive, l'utilisation de ces sédiments de balayage dans des liants alcalis-activés et cimentaires constitue une voie prometteuse permettant de répondre à la problématique de leur gestion, tout en s'inscrivant dans une démarche d'économie circulaire et en ouvrant la voie à des pratiques de construction plus écologiques et économiques.