



Ecole Doctorale « Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes »

Vous êtes cordialement invité.e à la soutenance de thèse de Doctorat de :

Farah KADDAH

Le vendredi 25 novembre 2022 à 13h45 à l'Ecole Centrale de Nantes, Amphi S

Sujet :

**Etude multi-échelles de la carbonatation des granulats de béton recyclés :
Nouvelles méthodes de caractérisation et modélisation**

Thèse préparée

A l'Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM)

Dans l'Unité Thématique de Recherche « Procédés et durabilité des matériaux et des structures »

Jury

Rapporteurs :	Karim AIT-MOKHTAR	Professeur, Université de La Rochelle
	Naima BELAYACHI	Maître de Conférences HDR, Université d'Orléans
Examineurs	Jean-Michel TORRENTI	Chercheur, Université Gustave Eiffel
	Stéphane POYET	Ingénieur-chercheur, Université Paris-Saclay
Directeur :	Emmanuel ROZIERE	Professeur, Ecole Centrale de Nantes
Co-directeur :	Ouali AMIRI	Professeur, Nantes Université
Co-encadrant :	Harifidy RANAIVOMANANA	Maître de Conférences, Nantes Université
Invité	Raphaël BODET	Chef du service Affaires Techniques, UNICEM

Résumé

En raison de la croissance démographique et de l'urbanisation, les besoins en constructions restent élevés et la démolition des structures existantes génère de grandes quantités de déchets de béton. Les granulats de béton recyclé (GBR) constituent une alternative pour la préservation des ressources naturelles et la réutilisation des déchets de déconstruction. Cependant, leurs propriétés limitent leur utilisation en substitution des granulats naturels. Il est donc souhaitable de les améliorer pour les réutiliser dans les nouveaux bétons. La carbonatation des GBR est une technique qui peut être utilisée à cette fin.

Cette thèse étudie le traitement des GBR par carbonatation accélérée pour améliorer leurs propriétés et stocker le CO₂. L'objectif principal de cette recherche est d'assurer une meilleure caractérisation des GBR carbonatés afin de valoriser et de maîtriser leur utilisation dans le béton. Cet objectif s'appuie d'une part sur une meilleure compréhension du phénomène de carbonatation accélérée, permise par une étude multi-échelle expérimentale et numérique, aux niveaux du mortier, des granulats et du béton, et d'autre part, sur le développement de nouvelles méthodes de caractérisation qui considèrent l'hétérogénéité des GBR et leur particularité liée au mortier fixé.

Les résultats montrent qu'à l'échelle de la microstructure, deux étapes principales peuvent être distinguées lors de la carbonatation. Pendant la première étape, en concurrence avec le colmatage des pores, des microfissures apparaissent dans la zone carbonatée en raison du retrait de carbonatation. Lorsque la majeure partie de la section est carbonatée, les effets du colmatage l'emportent sur la fissuration. La carbonatation se traduit finalement par une diminution de la porosité et l'absorption d'eau des GBR, une amélioration des propriétés mécaniques et une augmentation de la résistance à la diffusion d'agents extérieurs. L'évolution des propriétés des GBR après carbonatation concerne par conséquent les propriétés du béton qui les incorpore. Afin de suivre l'évolution des GBR lors de la carbonatation, l'analyse au four a été combinée à l'analyse thermogravimétrique pour développer une nouvelle méthode de caractérisation. Enfin, une nouvelle méthodologie consistant à inverser et adapter des modèles d'homogénéisation a été menée pour mieux caractériser les GBR et suivre leur évolution après carbonatation, notamment au niveau des propriétés difficiles à mesurer directement sur les GBR telles que le retrait, le module d'élasticité et les propriétés de transfert.