

Avis de Soutenance

Madame Ouijdane QACAMI

Spécialité : Génie civil

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

« Évaluation non-destructive de la carbonatation des bétons et systèmes à faible empreinte carbone par mesure de flux: méthode, mécanismes et critères performantiels »

Travaux dirigés par
Monsieur Abdelkarim AIT-MOKHTAR, FRANK DEHN et Monsieur Philippe TURCRY
Cotutelle avec l'université "Karlsruhe Institute of Technology" (Allemagne)

Soutenance prévue le **mardi 23 juin 2026** à 10h00

Lieu : La Rochelle Université
Amphi Multimédia Michel Crépeau
23 Av. Albert Einstein,
17031 La Rochelle

Composition du jury proposé

M. Thomas UMMENHOFER	Professeur	Karlsruhe Institute of Technology	Examineur
Mme Veronique BAROGHEL-BOUNY	Directrice de recherche	Université Gustave Eiffel	Rapporteuse
Mme Siham KAMALI BERNARD	Professeure des universités	Institut national des sciences appliquées de Rennes	Rapporteuse
M. Matthieu VANDAMME	Professeur des universités	École des Ponts ParisTech	Examineur
M. Othman OMIKRINE METALSSI	Chargé de recherche	Université Gustave Eiffel	Examineur
M. Abdelkarim AÏT-MOKHTAR	Professeur des universités	Université de La Rochelle	Directeur de thèse
M. Philippe TURCRY	Maître de conférences	Université de La Rochelle	Co-encadrant de thèse
M. Frank DEHN	Professeur des universités	Karlsruhe Institute of Technology	Co-directeur de thèse
M. Bruno HUET	Holcim Innovation Center	Invité	
M. RAVI PATEL	Karlsruhe Institute of Technology	Invité	

Résumé :

La réduction de la teneur en clinker constitue un levier majeur pour diminuer l'empreinte carbone du béton. Toutefois, la durabilité et le potentiel réel de séquestration du CO₂ des bétons à faible teneur en clinker restent difficilement quantifiables avec les approches normatives actuelles. Les méthodes existantes d'évaluation de la carbonatation sont souvent destructives, longues ou basées sur des essais accélérés peu représentatifs des conditions réelles. Une meilleure compréhension des mécanismes couplés entre transport du CO₂ et de l'humidité est donc nécessaire. Cette thèse propose une méthodologie non destructive permettant la caractérisation in situ de la carbonatation du béton dans des conditions environnementales réalistes. Elle repose sur le développement du Carbonation Flux Test (CFT), basé sur la mesure du flux transitoire de CO₂ à la surface du matériau. Ce dispositif est complété par des essais de diffusion d'oxygène et l'analyse d'indicateurs clés tels que la profondeur et la vitesse de carbonatation, la capacité de fixation du CO₂ et les propriétés de diffusion. Ces approches sont appliquées à des bétons à ciment Portland ordinaire et à argile calcinée, soumis à différentes conditions de cure et d'exposition. Les matériaux ont été exposés à une carbonatation naturelle (60 % HR, 20 °C), suivie de cycles de mouillage-séchage représentatifs de conditions climatiques réelles. L'influence des revêtements de surface et de la durée de cure a également été étudiée. Les propriétés de transport ont été caractérisées à partir de mesures de porosité, diffusion gazeuse, diffusion de vapeur, absorption capillaire et isothermes d'adsorption-désorption. Les données expérimentales ont servi à alimenter des modèles hygrothermiques afin de simuler le comportement du béton partiellement carbonaté. Les résultats montrent que le CFT permet d'estimer de manière fiable la résistance à la diffusion de la couche carbonatée, en cohérence avec les méthodes de référence. La validation numérique confirme que le modèle analytique associé reproduit correctement un transport unidimensionnel du CO₂ dans les configurations étudiées, tout en mettant en évidence l'influence des fuites, de la géométrie du dispositif et de la diffusion latérale des gaz. Des différences marquées sont observées entre bétons Portland et bétons à argile calcinée. Ces derniers présentent une porosité plus élevée et une plus grande capacité de rétention d'eau, influençant leur comportement vis-à-vis de la carbonatation. La durée de cure réduit significativement la diffusivité des gaz et améliore la résistance à la carbonatation. Par ailleurs, les fronts de carbonatation sont diffus plutôt que nets, avec une part importante de CO₂ fixée dans les zones partiellement carbonatées, indiquant que les approches standards sous-estiment le CO₂ réellement séquestré. Enfin, les cycles de mouillage-séchage influencent fortement la cinétique de carbonatation : le mouillage limite la diffusion du CO₂, tandis que le séchage la favorise. Les bétons à argile calcinée montrent une redistribution plus rapide de l'humidité et une sensibilité accrue aux conditions environnementales. Le cadre méthodologique proposé permet ainsi un suivi in situ de la carbonatation, améliore la quantification du CO₂ fixé pour l'Analyse du Cycle de Vie et les Déclarations Environnementales de Produit, et constitue un outil pertinent po