

PROPOSITION DE THESE 2026

>Réf: Avant-projet de thèse N°ED/03/2026

PO6-DOC1 V2 du 30/07/2026

Titre du projet	Contribution au développement du béton bas carbone au Burkina Faso : approche technico-économique et environnementale.
Mots clés	Ciment bas carbone ; argile calcinée ; calcaire dolomitique ; poudre granitique ; laitier ; carbure de calcium résiduel ; chimio-physico-mécanique, microstructure ; durabilité ; ACV, bilan économique.
Contexte et enjeux	Le Burkina Faso connaît une urbanisation rapide et une forte demande d'infrastructures durables. Le ciment de type CEM II/A, dont la teneur en clinker est comprise entre 80 et 94%, reste le liant le plus utilisé. Son empreinte carbone demeure donc élevée car la production du clinker émet entre 0,8 et 0,9 t CO₂/t. De plus la dépendance du Burkina Faso au clinker importé, pèse lourdement sur l'économie nationale et sur les engagements climatiques. Depuis plus d'une décennie, le Laboratoire Éco-Matériaux et Habitat Durables (LEMHaD), œuvre à la valorisation des ressources locales dans la production du ciment au Burkina Faso. L'approche consiste à substituer partiellement le clinker par des ressources disponibles localement à moindre impacts environnementaux et économiques (conception des ciments binaires contenant jusqu'à 30% d'argile calciné [1], le Tuff [2], les poudres de granite [3], le mâchefer de charbon minéral [4], ainsi que la cendre de balle du riz, la poudre de verre, et le laitier de haut fourneau). Ces ressources locales, prises individuellement, ont mis en évidence leur potentiel de valorisation pour l'amélioration des performances physico-mécaniques et de la durabilité des matériaux cimentaires. Cependant, la formulation binaire ne réduit pas suffisamment l'impact négatif du clinker lorsqu'on maintient les performances mécaniques du ciment témoins. La formulation ternaire, par substitution supplémentaire du clinker par d'autres additions minérales réactives ou inertes, disponibles localement, telles que les fillers calcaires, les poussières granitiques ou le laitier de haut fourneau, permettrait de réduire considérablement les importations de clinker et de valoriser ces ressources secondaires. Les études ont montré l'intérêt d'aller vers les ciments ternaires intégrant la poudre de verre, la cendre de balle de riz, la poussière granitique et l'argile calcinée [5-6]. Depuis 2023, LEMHaD a exploré la faisabilité de ciments ternaires de type CEM II/C-M et de béton bas carbone intégrant l'argile calcinée, des poussières granitiques, du

	filler calcaire dolomitique et du laitier issu du recyclage de ferrailles en partenariat avec LuxDev et les producteurs locaux de ciment et de béton. Les premiers résultats sont très prometteurs, mais les propriétés mécaniques à jeune âge demeurent relativement faibles [7]. Ceci pourra retarder le processus de construction en entraînant des décoffrages tardifs. De plus, la réaction pouzzolanique entre les différentes additions et les produits d'hydratation du clinker réduit le pH du béton. Ceci pourra compromettre la durabilité à long terme des structures réalisées. Pour y remédier, certaines études récentes suggèrent l'ajout d'hydroxyde de calcium au CEM II/C-M [8,9]. Cependant, les mécanismes physico-chimiques et microstructuraux qui régissent ces performances, notamment dans un climat chaud et sec, demeurent peu étudiés [9]. De plus, la durabilité à long terme et la viabilité environnementale et économique des solutions CEM II/C-M locales exigent une évaluation approfondie en vue de leur adoption à grande échelle [10-12]. Ce projet de thèse s'inscrit dans la continuité des travaux du LEMHaD visant à relier les échelles du ciment, du béton et de la société dans la transition vers les infrastructures durables en Afrique de l'Ouest. Il serait conduit en collaboration étroite avec les producteurs locaux de ciment, afin de garantir la pertinence industrielle des formulations et leur transfert vers une production à grande échelle. Les principales questions de recherche sont : • Quels mécanismes microstructuraux expliquent la performance et la durabilité des ciments CEM II/C-M à base d'argile calcinée, de poussières granitiques, de filler de calcaire dolomitique et/ou de laitier de recyclage de ferrailles dans le contexte sahélien ? • Comment les propriétés rhéologiques et d'hydratation influencent-elles la compacité et la résistance à long terme du béton bas carbone ? • Quels indicateurs de performance intégrant l'ACV permettraient aux professionnels de juger de l'efficacité technico-environnementale du béton bas carbone dans le contexte sahélien ?
Objectifs	Objectif général Approfondir la compréhension multi-échelle (chimique, microstructurale et macroscopique) des ciments et bétons bas carbone à base d'argile calcinée, de poussières granitiques, de calcaire dolomitique et/ou de laitier, afin d'optimiser leur performance mécanique, leur durabilité et leur impact socio-économique dans le contexte du Burkina Faso. Objectifs spécifiques • Caractériser les interactions liquides-particules, l'hydratation et la formation de microstructures dans les liants CEM II/C-M. • Évaluer les performances rhéologiques, mécaniques et de durabilité. • Relier la microstructure (DRX, SEM, NMR, FTIR) aux propriétés macroscopiques. • Réaliser une analyse du cycle de vie (ACV) des formulations et un bilan économique. • Proposer un modèle intégratif reliant la composition, la structure, la performance, la durabilité et le coût.

Approche et Résultats attendus	Approche méthodologique - Échelle ciment : essais de rhéologie, calorimétrie, spectroscopies (FTIR, NMR), microscopie (SEM, ESEM), chimie et minéralogie (FRX, DRX), essais mécaniques. - Échelle béton : formulation CEM II/C-M, essais mécaniques et durabilité (porosité accessible à l'eau, attaque acide, carbonatation, pénétration des ions chlorures, cycles de mouillage-séchage, tenue à haute température). - Échelle macroscopique : bilan environnemental, bilan économique, indicateur de performance (analyse environnementale, économique, mécanique et de durabilité à long terme). Résultats attendus - Compréhension du mécanisme et du rôle des additions minérales étudiées dans les CEM II/C-M. - Corrélations quantitatives entre l'hydratation, la microstructure, la durabilité et les performances mécaniques. - Base de données de formulations locales bas-carbone. - Outils de décision et fiches techniques pour l'industrie et les politiques publiques. - Formulations de ciments CEM II/C-M et de bétons bas carbone transférables à l'échelle industrielle, en appui à la stratégie de décarbonation des cimentiers locaux et à l'anticipation de la norme EN 197-5
Laboratoire d'accueil	Les travaux de recherche seront menés dans le Laboratoire Eco-Matériaux et Habitats Durables (LEMHaD) de 2iE. Des essais complémentaires pourront être réalisés dans les laboratoires partenaires.
Direction et Encadrement	L'équipe d'encadrement sera composée de : - Adamah Messan, 2iE ; - Philbert Nshimiyimana, 2iE ; En plus de cette équipe d'encadrement, le doctorant bénéficiera du soutien d'un comité de suivi de thèse et d'un accompagnement sectoriel.
Date de démarrage	Octobre 2026
Durée	3 ans + 1 an (dérogation)
Profil du candidat	- Master en génie civil ou en sciences des matériaux, avec une expérience en essais de laboratoire, en caractérisation et en analyse d'information. - Être autonome, dynamique et avoir un bon sens relationnel ; - Pratique de l'anglais scientifique est atout indispensable

Pour postuler	Le dossier de candidature doit comprendre : ▪ Une lettre de motivation ▪ Un curriculum vitae détaillé ▪ Une photocopie légalisée du diplôme du BAC ▪ Une photocopie légalisée du diplôme ou attestation définitive de Master ou équivalent ▪ Deux lettres de recommandation ▪ Les photocopies légalisées des relevés de notes de licence et Master ou équivalent ▪ Le rapport de mémoire de Master Les candidatures se font exclusivement en ligne à l'adresse suivante : https://dev.2ie-edu.org/candidatures/formulaire/63 Le délai de candidature est fixé au 30 septembre 2026 à 23h59 GMT. <u>Aucun dossier physique ou envoyé par email ne sera recevable.</u> Pour tout renseignement contacter : Prof Igor OUEDRAOGO Tél : (226) 78 75 80 72 E-Mail: igor.ouedraogo@2ie-edu.org
----------------------	---