

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602
Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes
Spécialité : GENIE CIVIL

Par

Lara SAAD

**Optimisation de la formulation d'un béton autoplaçant destiné à la
préfabrication des Produits Sur Mesure (PSM) à base des granulats
de sols excavés**

Thèse présentée et soutenue à l'Icam site de Nantes, le 07 octobre 2025
Unité de recherche : GeM-Institut de recherche en génie civil et mécanique-UMR CNRS 6183

Rapporteurs avant soutenance :

Céline PERLOT
Assia DJERBI

Professeure des Universités, Université de Pau et des Pays de l'Adour
Chargée de Recherche, HDR, Université Gustave Eiffel, Marne-la-Vallée

Composition du Jury :

Examineurs : Nadia SAIYOURI
Anne PANTET
Dir. de thèse : Abdelhafid KHELIDJ
Co-encadrants : Mahfoud TAHLAITI
Mustapha NOURI

Professeure des Universités, Université de Bordeaux
Professeure des Universités, Université Le Havre Normandie
Professeur des Universités, Nantes Université
Chercheur leader, Icam de Nantes
Enseignant chercheur, Icam de Nantes

Invité(s)

Julien Fruchet

Directeur général Adjoint, LG Industrie, Sèvremont

Titre : Optimisation de la formulation d'un béton autoplaçant destiné à la préfabrication des Produits Sur Mesure (PSM) à base des granulats de sols excavés.

Mots clés : Béton autoplaçant (BAP), sable de sols excavés (SSE), mortier de béton équivalent (MBE), préfabrication, état frais, état durci, corrélation

Résumé : Le secteur du BTP, principal consommateur de ressources et producteur de déchets en France, fait face à d'importants enjeux environnementaux. La loi AGEC encourage des solutions durables, dont la valorisation des déchets, comme les sols excavés, en substitution des granulats naturels dans le béton, une voie encore peu explorée. Cette thèse s'inscrit dans une démarche industrielle innovante menée avec le Groupe LG, fabricant d'escaliers préfabriqués, visant à remplacer le sable naturel par des sables issus de déchets de sols d'excavation (SSE) dans des bétons autoplaçants. L'objectif est d'évaluer la faisabilité de cette substitution, en identifiant les taux optimaux en fonction des gisements tout en garantissant les performances techniques requises.

L'étude suit une approche multi-échelle, du granulat au béton, en passant par la pâte et le mortier. Plusieurs gisements de SSE ont été analysés. À l'échelle du mortier, 21 formulations ont été testées à différents taux de substitution (10% à 100%). Les performances à l'état frais et durci ont été évaluées, puis validées à l'échelle du béton. Cette étude a permis de développer un modèle reliant les propriétés des granulats à celles du béton pour identifier les taux optimaux de substitution du sable naturel par des SSE. Des essais en conditions industrielles ont confirmé la pertinence des formulations retenues, notamment en rhéologie. Une méthodologie d'optimisation de l'adjuvantation a aussi été développée. Enfin, une étude de durabilité a été menée selon une approche performantielle.

Title : Optimization of Self-Compacting Concrete Mix Design for Prefabricated Custom Products (PCPs) Using Excavated Soil Aggregates

Keywords : Self-compacting concrete, excavated soil sand, equivalent concrete mortar, prefabrication, fresh state, hardened state, correlation

Abstract : The construction sector, as France's main consumer of resources and generator of waste, faces major environmental challenges. The AGEC law promotes sustainable solutions, including the reuse of excavation waste as an alternative to natural aggregates in concrete, a promising but still underexplored approach. This thesis is part of an innovative industrial project led by Groupe LG, a manufacturer of prefabricated staircases, aiming to replace natural sand with sands derived from excavated soils (ESS) in self-compacting concrete formulations. The aim is to assess the feasibility of this substitution, by identifying optimum replacement rates based on the deposits, while ensuring the required technical performance.

The study adopts a multi-scale approach, from aggregate to paste, mortar, and concrete. Various ESS deposits were analyzed. At the mortar scale, 21 formulations were tested with substitution rates from 10% to 100%. Fresh and hardened properties were evaluated and validated at the concrete scale. A model was developed to link aggregate properties to those of the concrete and identify optimal substitution rates of ESS. Industrial trials confirmed the suitability of selected formulations, especially in terms of rheology. An admixture optimization strategy was also developed. Finally, durability was assessed using a performance-based approach.