

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : « Génie Civil et Matériaux »

Par

Berthia Blanchelle MALONGA TSAYI

Comportements mécanique et hygrothermique de briques de terre comprimées (BTC) stabilisées au gel d'amidon de maïs avec prise en compte du vieillissement

Thèse présentée et soutenue à Saint-Nazaire, Nantes Université, le 12 Décembre 2025

Unité de recherche : GeM- Institut de recherche en génie civil et mécanique-UMR CNRS 6183

Rapporteurs avant soutenance :

Geoffrey PROMIS

Professeur des Universités, Université de Picardie
Jules Verne

Arnaud PERROT

Professeur des Universités, Université Bretagne Sud

Composition du Jury :

Président :

Examineurs :

Céline PERLOT

Professeur des universités, Université de Pau et des
Pays de l'Adour

Philippe COUSSOT

Ingénieur général des ponts, des eaux et forêt et
Professeur de l'école nationale des ponts et
chaussées, Université Gustave Eiffel,

Directrice de thèse :

Co-directeur

Stéphanie BONNET

Louis AHOUE

Professeure des Universités, Nantes Université
Professeure des Universités, Université Marien
NGOUABI (Congo)

Encadrants de thèse :

Nabil ISSAADI

Fateh BENDAHMANE

Maître de conférences, Nantes Université

Maître de conférences (HDR), Nantes Université

Invité(s)

Titre : Comportements mécanique et hygrothermique de briques de terre comprimées (BTC) stabilisées au gel d'amidon de maïs avec prise en compte du vieillissement

Mots clés : Bloc de terre comprimée, terre crue, stabilisation, gel d'amidon de maïs, comportements mécaniques, Propriétés thermo- hydriques, durabilité.

Résumé : Cette thèse s'intéresse au comportement mécanique et hygrothermique des briques de terre comprimée (BTC) stabilisées au gel d'amidon de maïs. L'objectif est de comprendre le mécanisme de stabilisation induit par le gel d'amidon et d'optimiser la durabilité du matériau après les essais de vieillissement. Deux types de sols ont été utilisés pour la formulation des BTC : le sol de termitière, prélevé au Congo, et le sol de Guérande, prélevé en France. Une caractérisation physique et minéralogique de ces deux sols a été réalisée afin de mieux comprendre leur composition et leur influence sur les propriétés des BTC. Le volet expérimental repose sur une caractérisation approfondie des propriétés mécaniques et hygrothermiques des BTC, incluant des essais de résistance à la compression, de conductivité thermique et de comportement hydrique.

L'évaluation de la durabilité, menée sur six cycles d'humidification-séchage et de gel-dégel, confirme la stabilité des BTC stabilisées. Les meilleures résistances à la compression atteignent 4,16 MPa et 3,43 MPa pour les BTC à base de sol de termitière, et 8,83 MPa et 5,37 MPa pour celles à base de sol de Guérande. La formulation 10M15G (15 % de gel d'amidon concentré à 10 %) s'avère la plus performante. En complément, le volet numérique de cette étude se concentre sur la modélisation des transferts thermo-hydriques à l'échelle de la paroi. Cette approche permet de simuler les interactions entre les BTC et leur environnement, en intégrant les effets de la température et de l'humidité. Les résultats obtenus contribuent à l'optimisation des performances des BTC et à l'adaptation de leur mise en œuvre dans des contextes climatiques variés, participant ainsi au développement de solutions constructives durables et écologiques.

Title: Mechanical and hygrothermal behavior of compressed earth bricks (CEBs) stabilized with corn starch gel considering aging effects

Keywords: Compressed earth block, raw earth, stabilization, corn starch gel, mechanical behavior, thermo-hydric properties, durability.

This thesis focuses on the mechanical and hygrothermal behavior of compressed earth bricks (CEBs) stabilized with corn starch gel. The objective is to understand the stabilization mechanism induced by the starch gel and to optimize the material's durability after aging tests. Two types of soils were used for the formulation of the CEBs : termite mound soil, collected in Congo, and Guérande soil, collected in France. A physical and mineralogical characterization of both soils was carried out to better understand their composition and their influence on the properties of the CEBs. The experimental program is based on an in-depth characterization of the mechanical and hygrothermal properties of the CEBs, including compressive strength, thermal conductivity, and hydric behavior tests. The durability assessment, conducted over six wetting-drying and freeze-thaw cycles, confirmed

the stability of the stabilized CEBs. The highest compressive strengths reached 4.16 MPa and 3.43 MPa for CEBs made with termite mound soil, and 8.83 MPa and 5.37 MPa for those made with Guérande soil. The 10M15G formulation (15% gel concentration at 10%) proved to be the most effective. In addition, the numerical component of this study focuses on the modeling of thermo-hydric transfers at the wall scale. This approach makes it possible to simulate the interactions between the CEBs and their environment, integrating the effects of temperature and humidity. The results contribute to the optimization of CEB performance and to the adaptation of their implementation under various climatic conditions, thereby supporting the development of sustainable and eco-friendly building solutions.