

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

Comportement 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

Présidente :

Céline PERLOT

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

Rapporteurs avant soutenance :

Geoffrey PROMIS

Professeur des Universités, Université de Picardie
Jules Verne

Arnaud PERROT

Professeur des Universités, Université Bretagne Sud

Examineur :

Philippe COUSSOT

Ingénieur général des ponts, des eaux et forêt et
Professeur de l'école nationale des ponts et
chaussées, Université Gustave Eiffel,
Professeure des Universités, Nantes Université
Professeur des Universités, Université Marien
NGOUABI (Congo)

**Directrice de thèse :
Co-directeur**

Stéphanie BONNET
Louis AHOUE

Maître de conférences, Nantes Université
Maître de conférences (HDR), Nantes Université

Encadrants de thèse :

Nabil ISSAADI
Fateh BENDAHMANE

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 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. Constitués essentiellement du quartz et de la Kaolinite, la caractérisation physique confirme leurs utilisations pour la confection des BTC. La stabilisation au gel d'amidon de maïs a amélioré les propriétés mécaniques jusqu'à 147% et 103% à 21 jours et 212% et 308% à un an respectivement en résistance à la traction et en compression. Ce qui s'explique par l'amélioration de la cohésion et probablement par une réorganisation de la structure cristalline du gel dans le temps. L'ajout du gel d'amidon a réduit la capacité hygrique et de la perméabilité à la vapeur d'eau des BTC stabilisées.

La formulation 10M15G (15 % de gel d'amidon préparé à 10 %) s'avère la plus performante. Les essais de vieillissement montrent que l'ajout de gel d'amidon réduit l'absorption capillaire, probablement grâce à la formation d'un film partiellement hydrophobe. Après six cycles d'humidification-séchage et de gel-dégel, les BTC à base du sol de Guérande ont conservé des résistances à la compression de 9 MPa et 5,4 MPa pour la 10M15G, tandis que celles de référence (0M0G) demeurent non mesurables. Pour les BTC à base du sol de termitière, elles étaient de 4,2 MPa et 3,4 MPa pour la 10M15G, et inférieures ou égales à 2 MPa pour la 0M0G. Le comportement hygrothermique des parois 0M0G et 10M15G, avec ou sans film, soumises à des sollicitations cycliques de température et d'humidité, a montré de faibles déphasages et des variations importantes du facteur d'atténuation. Ces écarts indiquent la nécessité d'améliorer le dispositif expérimental pour mieux contrôler les transferts.

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.

Abstract : This thesis focuses on the mechanical and hygrothermal behavior of CEBs stabilized with corn starch gel. The aim 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 CEB formulations : termite mound soil, collected in Congo, and Guérande soil, collected in France. Composed primarily of quartz and kaolinite, their physical characterization confirms their suitability for CEB production. Stabilization with corn starch gel improved the mechanical properties by up to 147 % and 103 % at 21 days, and 212 % and 308 % after one year, respectively in tensile and compressive strength. This improvement is explained by enhanced cohesion and likely by a reorganization of the gel's crystalline structure over time. The addition of starch gel also reduced the water absorption capacity and water vapor permeability of the stabilized CEBs.

The 10M15G formulation (15 % starch gel prepared at 10 %) proved to be the most effective. Aging tests indicate that the addition of starch gel reduces capillary absorption, likely due to the formation of a partially hydrophobic film. After six cycles of wetting-drying and freeze-thaw, the Compressed Earth Blocks (CEBs) made from Guérande soil retained compressive strengths of 9 MPa and 5.4 MPa for the 10M15G, whereas the reference blocks (0M0G) remained unmeasurable. For CEBs made from termite mound soil, compressive strengths were 4.2 MPa and 3.4 MPa for the 10M15G, and less than or equal to 2 MPa for the 0M0G. The hygrothermal behavior of 0M0G and 10M15G walls, with or without film, subjected to cyclic temperature and humidity loads, exhibited low phase shifts but significant variations in the attenuation factor. These discrepancies highlight the need to improve the experimental setup to better control the transfers.