

Stratégies d'optimisation des résistances mécaniques d'un matériau à base de terre crue

Rangeard Damien², Perrot Arnaud¹

¹ INSA Rennes, LGCGM, 20 avenue des buttes de Coesmes, 35000 Rennes, E-mail : damien.rangeard@insa-rennes.fr

² Université de Bretagne Sud, FRE CNRS 3744 IRDL, Centre de Recherche, Rue de Saint Maudé, BP 92116, 56321 Lorient, E-mail : arnaud.perrot@univ-ubs.fr

RÉSUMÉ. La terre crue est traditionnellement renforcé avec des matériaux biosourcés comme la paille ou des biopolymères. Le but de cette étude est de trouver des renforts naturels capables d'améliorer réellement la résistance et la ductilité de terres crues. Nous essayons aussi de démontrer les mécanismes de renforcement mises en jeu. Dans un premier temps, nous montrons l'importance de la densité sèche du matériau sur la résistance mécanique à la compression de blocs de terre crue dont la fraction fine est composée de kaolinite. Nous montrons notamment que la résistance ne dépend pas du mode de mise en œuvre à densité sèche égale. Dans un second temps, différents niveaux d'ajouts d'alginate, de fibres de lin et de tissés de lin sont testés pour renforcer la terre crue. Nous montrons que ces ajouts sont capables d'améliorer la résistance à la compression et la ductilité des matériaux à base de kaolinite contrairement à ce que l'on trouve sur la terre contenant de la smectite.

ABSTRACT. Earth-based materials are commonly reinforced with bio-based materials such as straw or biopolymers. The aim of this work is to find reinforcements that are able to improve the mechanical strengths and the ductility of an earth-based matrix. We also try to describe the reinforcement mechanisms are also described. In a first step, a kaolinite-based clay soil is mixed with sand to design earth-based mortars with the highest density at the dry state. We show that, at the same water content, the compressive strength at the dry state only depends on the dry density of the sample (and does not depend on forming process and use of dispersant). Then, different amounts of fibers, fabrics and alginate are used to reinforce the studied materials (one made of kaolinite and another with swelling clay). We found that those reinforcements significantly increase the compressive strength of all tested samples containing kaolinite. Such comparison between the two materials helps us to understand the reinforcement mechanisms for fibers. It also highlights that natural fibers and woven fabrics really enhance the mechanical behavior of earth even for compressive load.

MOTS-CLÉS : Terre crue, matériaux bio-sourcés, alginate.

KEY WORDS: Earth based materials, biobased materials, alginate.

1. Introduction

La construction en terre rencontre aujourd'hui une nouvelle attention car elle représente potentiellement un moyen de mettre en place des filières locales de valorisation à faible impact environnemental. Cependant, le développement de cette technique de construction, historiquement présente sur une bonne partie du territoire nationale, est toujours limité à cause du prix et des durées de construction imposées par l'importante main d'œuvre et la durée du séchage du matériau.

Il pourrait être intéressant de faire bénéficier au matériau terre des avancées faites pour la formulation de béton notamment en matière de maîtrise de la rhéologie. Pour cela, l'ajout de dispersants et de gélifiants (notamment bio-sourcés) permet de maîtriser la rhéologie initiale et la vitesse de solidification du matériau. Il est ainsi possible d'envisager de faire de la terre coulée [MOE 15, OUE 16, PER 16].

Notre étude porte sur deux types de matériaux, une terre recomposée uniquement à base de kaolin et une terre naturelle contenant des argiles gonflantes (Saint-Sulpice La Fôret, Ille et Vilaine). Dans cette étude, nous utilisons diverses méthodes afin d'essayer d'optimiser la résistance mécanique d'un matériau terre après séchage à 40°C pendant 7 jours. Les échantillons peuvent être indépendamment coulés dans des moules à mortier 4x4x16 cm³ ou compactés dans des moules cylindriques de hauteur 50 mm et de diamètre 50 mm.

Les stratégies de renforcement sont : l'optimisation du réseau granulaire, l'ajout de renforts biosourcés et l'ajout d'alginate.

2. Impact de la distribution granulaire et de dispersants

La première stratégie de valorisation consiste à optimiser le squelette granulaire du matériau testé (à la base du kaolin fourni par la carrière Imerys des kaolins à Guidel, Morbihan). Les éprouvettes réalisées avec ce kaolin ne permette pas d'obtenir des résistances supérieurs à 0,3 MPa. Nous pouvons voir sur la figure 1 que l'optimisation du squelette granulaire de la terre avec la méthode de Dreux et Gorisse en ajoutant deux types de sable (une 63-200 µm et un 0-4 mm) permettent d'augmenter la densité du mélange et donc sa résistance mécanique (jusqu'à 2070 kg/m³ pour une résistance de 1,8 MPa).

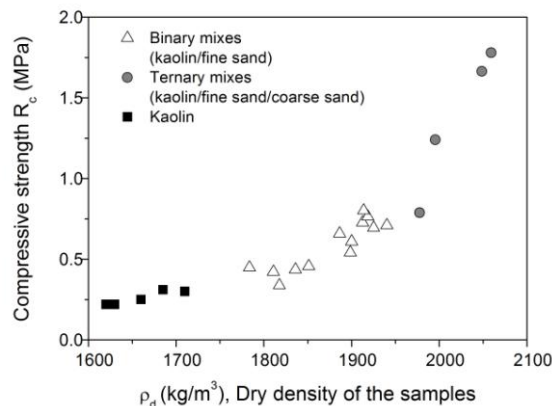


Figure 1. Résistance mécanique en fonction de la densité pour des mélanges de kaolin de kaolin+sable fin et des mélanges ternaire kaolin+sable fin+sable grossier réalisé par compactage statique avec une contrainte verticale de 25 MPa.

Il est intéressant de noter que ce n'est pas du tout le même fonctionnement pour la terre contenant de l'argile gonflante. Le matériau compacté présente une fois séchée une résistance à la compression de 8 MPa. L'ajout de sable fait diminuer la résistance. Ainsi, la succion capillaire dans l'argile gonflante apparaît comme le moteur le dominant dans la résistance à la compression du matériau.

La figure 2 montre la résistance de matériau à base de kaolin avec et sans dispersants (hexametaphosphate). L'ajout de ce matériau permet de fluidifier la terre mais aussi de mieux répartir les plaquettes d'argile et de

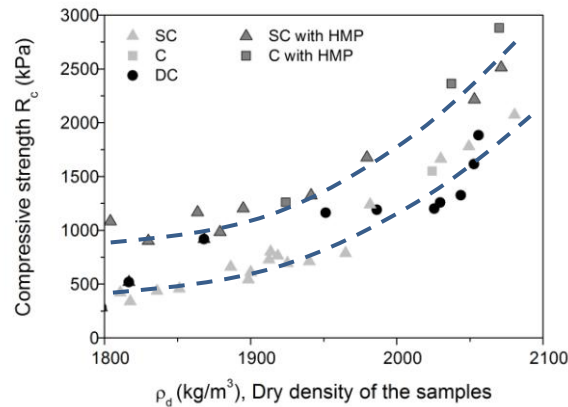


Figure 2. Evolution of the compressive strength of the sample after drying versus the dry density for the different forming processes and possible use of HMP.

3. Impact des fibres et des textiles

L'ajout des renforts biosourcés permet d'augmenter la résistance à la compression du matériau à base de kaolin (figure 3 – à gauche). L'ajout de couches de textile perpendiculairement à la direction du chargement permet de multiplier la résistance de l'échantillon d'autant plus que la hauteur des couches élémentaires de terre est petite (résistance x2 pour un élanement des couches de 0,2). Les résultats sont les mêmes avec la terre contenant l'argile gonflante. De même l'ajout de fibres augmente la résistance à la compression du matériau à base de kaolin (figure 3 – à droite) mais pas celle du matériau avec l'argile gonflante. Dans ce dernier cas, La résistance de la matrice de ce dernier matériau est trop grande par rapport à la résistance de l'interface avec les fibres.

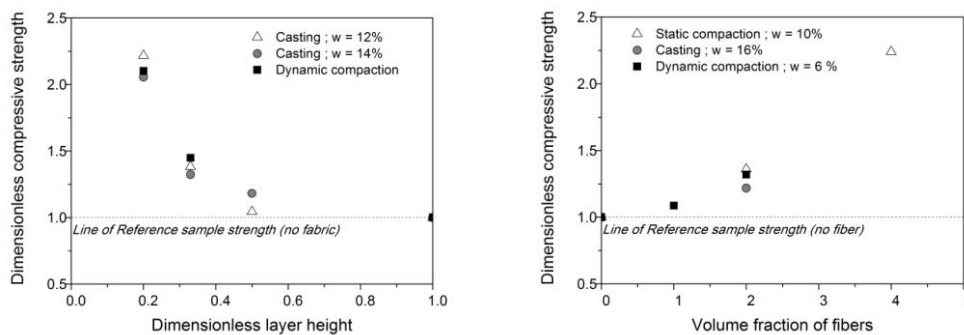


Figure 3. Evolution de la résistance à la compression avec l'ajout de renforts biosourcés (à gauche – les textiles, à droite – les fibres).

4. Impact de l'alginate

L'alginate permet d'obtenir à courts termes des résistances de 500 kPa (en quelques heures). Ensuite, l'alginate augmente la résistance à la compression du matériau à base de kaolin mais pas celle des matériaux à base d'alginate (Figure 4). Encore une fois, il s'agit d'un rapport entre la résistance de la matrice à base de terre et la résistance du gel d'alginate.

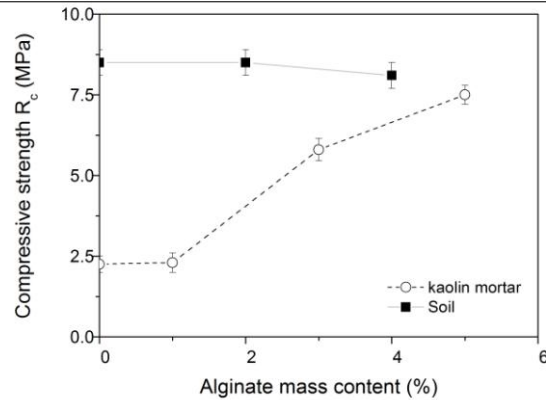


Figure 4. Evolution de la résistance à la compression des matériaux testés en fonction du dosage en alginate à une même densité sèche (2050 kg/m^3 pour le matériau à base de kaolin et 1850 kg/m^3 pour le sol de Saint-Sulpice-La-Forêt).

5. Conclusions

Dans cet article plusieurs stratégies d'optimisation des résistances mécaniques du matériau terre sont testées. Il apparaît que l'effet des renforts dépend de la nature de la terre testée.

6. Références

- [MOE 15] Moevus M, Jorand Y, Olagnon C, et al (2015) Earthen construction: an increase of the mechanical strength by optimizing the dispersion of the binder phase. *Mater Struct* 1–14. doi: 10.1617/s11527-015-0595-5
- [OUE 16] Ouellet-Plamondon CM, Habert G (2016) Self-Compacted Clay based Concrete (SCCC): proof-of-concept. *J Clean Prod* 117:160–168. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.048
- [PER 16] Perrot A, Rangeard D, Levigneux A (2016) Linking rheological and geotechnical properties of kaolinite materials for earthen construction. *Mater Struct* 1–9. doi: 10.1617/s11527-016-0813-9