

Influence de la terre sur les propriétés physiques de briques de terre crue

Abdelhak MAACHI^{1, 2}, Philippe DEVILLERS³, Jonathan RABARY³, Stéphane CORN⁴, Marie SALGUES⁴, Laurent APRIN¹, Rodolphe SONNIER², Éric GARCIA-DIAZ⁴

¹ *Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines Ales, Ales, France.*

² *Polymers Composites and Hybrids (PCH), IMT Mines Ales, Ales, France.*

³ *Laboratoire Innovation Formes Architectures Milieux, École Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier, 179 rue de l'Espérou, 34093, Montpellier Cedex 5, France.*

⁴ *LMGC, IMT Mines Ales, Univ Montpellier, CNRS, Ales, France.*

RESUME Dans un premier temps, la nature pétrographique et les propriétés physiques de deux terres à bâtir seront caractérisées (analyse granulométrique, densité spécifique, limite de liquidité et indice de plasticité). Les propriétés physiques de deux briques de terre crue (un adobe et une brique de terre compressée stabilisée à la chaux) fabriquées à partir de ces deux terres seront ensuite mesurées (masse volumique apparente, porosité, conductivité thermique, coefficient d'absorption d'eau, isotherme de sorption, comportement au feu). Les résultats obtenus montrent que les propriétés physiques qui sont le plus influencées par la nature de la terre utilisée sont la rétention d'eau et le comportement au feu.

Mots-clés brique, terre crue, isotherme de sorption, comportement au feu

I. INTRODUCTION

Alors que nos ancêtres vivaient dans des bâtiments en matières brutes exempts de substances toxiques, de nos jours, les bâtiments résidentiels contiennent une quantité de produits chimiques et métaux lourds, qui contaminent l'air intérieur, causant ainsi des problèmes liés à la santé. Un des avantages des murs en terre crue est qu'ils permettent de réduire les fluctuations de l'humidité relative intérieure, ce qui permet d'améliorer le confort intérieur la qualité de l'air intérieur [PAC 12]. Cette climatisation passive réduit la consommation d'énergie et le besoin en systèmes de ventilation mécanique et de déshumidifications, avec des avantages environnementaux et économiques évidents. La capacité d'absorption d'humidité des matériaux de construction peut, en effet, être plus efficace pour réduire l'humidité relative de l'air que l'utilisation de la ventilation mécanique.

Cet article a pour objectif de comparer les propriétés physiques de deux briques de terre crue fabriquées à partir de deux terres différentes. La première brique étudiée, est une brique de terre compressée stabilisée à la chaux hydraulique (5%) fabriquée par la société *Briques Technic Concept* à Graulhet (81) à partir de la terre de Réalmont (81). Elle a notamment été utilisée pour la réalisation de l'auditorium du pôle culturel Aria à Cornebarrieu (31) (Figure 1). La brique de terre compressée (BTC) est une technique utilisant un mélange humide de terre qui peut être stabilisé avec un liant

hydraulique de type chaux ou ciment. Ce mélange est compressé dans un moule métallique puis extrait de celui-ci. Les briques sont ensuite maintenues en cure humide sous une bâche lorsqu'elles sont stabilisées puis elles sont stockées à l'air libre pour le séchage. La stabilisation permet de mieux gérer la résistance à l'érosion par l'eau. La seconde brique étudiée [ACE 03], est une brique antique, de type adobe, réalisée à partir de la terre du site, utilisée sur le site archéologique Lattara-musée Henri-Prades pour reconstruire à l'identique une grande maison gauloise avec une toiture plate en terre et roseaux (Figure 2). L'adobe est une technique millénaire nécessitant un mélange de terre, d'eau et de végétaux à l'état plastique qu'on utilise pour remplir des moules en bois. Le moule est ensuite retiré et la brique est mise à sécher quelques heures, avant d'être retournée sur sa tranche pour terminer le séchage. Lors du séchage, les briques peuvent être placées à l'ombre pour éviter l'apparition de fissures. Les briques sont ensuite maçonnées pour en faire des murs.

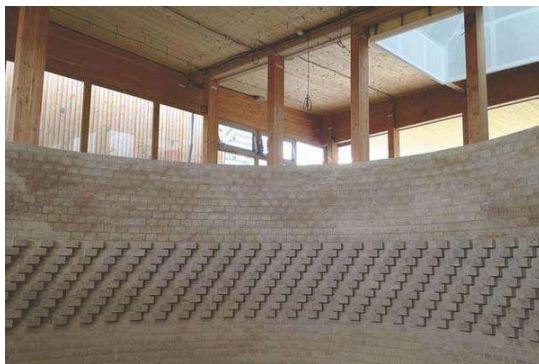


FIGURE 1. auditorium du pôle culturel Aria à Cornebarrieu (31), atelier Philippe Madec



FIGURE 2. maison gauloise, site archéologique Lattara-musée Henri-Prades (34)

II. CARACTERISATION DES DEUX TERRES UTILISEES

L'analyse pétrographique des deux terres étudiées a été effectuée par diffraction aux rayons X sur un diffractomètre BRUKER. L'analyse qualitative a été effectuée avec le logiciel EVA. Les résultats montrent que les deux terres sont riches en quartz, et possèdent une signature de kaolinite, plus importante pour la terre de Lattes Saint-Sauveur (Figure 3). La présence de Calcite dans la terre de Lattes Saint-Sauveur est due à la présence de fossiles dont le squelette ou la coquille est composé de calcite ou aragonite. La terre de Lattes Saint-Sauveur est moyennement plastique alors que la terre de Réalmont est non plastique (Tableau 1).

TABLEAU 1. caractéristiques physiques des terres étudiées

Origine de la terre	Densité spécifique	Limite de liquidité (%)	Indice de plasticité (%)	Diamètre moyen des grains (μm)
Terre de Réalmont	2,65	37%	1,6%	524
Terre de Lattes Saint-Sauveur	2,62	38%	10,5%	100

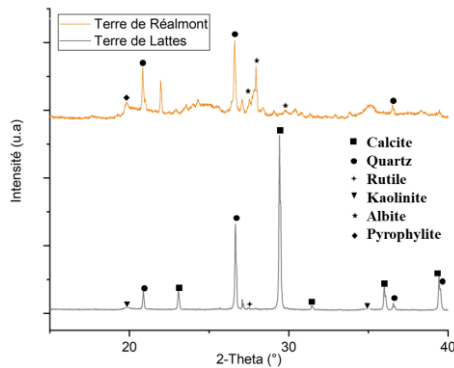


FIGURE 3. analyse pétrographique

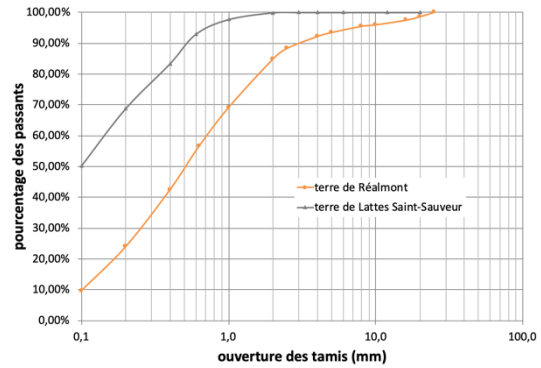


FIGURE 4. analyse granulométrique

III. MESURE DES PROPRIETES PHYSIQUES DES BRIQUES DE TERRE CRUE

Les résultats des essais de caractérisation (Tableau 2) montrent que les deux briques ont des propriétés physiques similaires. Le coefficient d'absorption d'eau a été déterminé selon les techniques d'essais et de mesures de la norme XP P 13-901. Les deux briques peuvent être qualifiées de faiblement capillaires.

TABLEAU 2. caractéristiques physiques des briques étudiées

Type de brique	Masse volumique apparente (kg/m ³)	Porosité (%)	Coefficient d'absorption d'eau (kg.m ⁻² à 10 min)	Conductivité thermique (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
BTC	1830	30,9	11,1	0,53
Adobe	1820	30,4	13,1	0,60

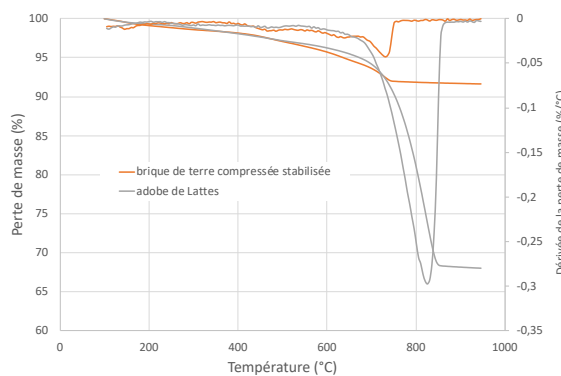


FIGURE 5. analyse thermogravimétrique

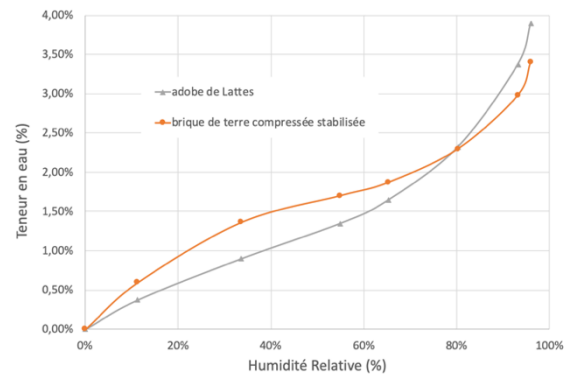


FIGURE 6. isothermes de sorption

La figure 6 présente les résultats d'essais de détermination des isothermes d'adsorption des deux briques étudiées. Pour les deux briques étudiées, la majeure partie de la porosité est supérieure à 50 nm. L'analyse des résultats de la figure 6 montre bien que la masse volumique apparente sèche ou la porosité ne permettent pas de préjuger des mécanismes prépondérants de transport d'humidité : les deux briques de terre crue ont une porosité et une masse volumique apparente sèche quasi-identiques (Tableau 2), mais ces deux matériaux possèdent des distributions de tailles de pores complètement différentes. La BTC possède une quantité importante de porosité inférieure

à 2 nm (8%) sans doute due aux hydrates issus de la stabilisation. En effet, la stabilisation de la terre réduit sa capacité à réguler les fluctuations de l'humidité [ARR 17].

Les deux briques ont été soumises à un cycle de chauffage composé d'une phase de montée en température de 20°C à 500°C avec une vitesse de montée en température de 3°C/min, un palier à 500°C pendant 8 heures, suivi d'une phase de descente en température de 500°C à 20°C avec une vitesse de descente en température de 3°C/min. Le suivi de l'endommagement des briques à l'issue du cycle de chauffage a été effectué par analyse vibratoire. Des pertes de rigidité de 44% et 48% ont respectivement été mesurées pour la BTC stabilisée et l'adobe. Le même cycle effectué avec un palier à 700°C. Pour l'adobe, on note l'apparition d'une porosité grossière due à la calcination des fibres végétales et à la décomposition de la calcite sans apparition de microfissures et détachement de la matière contrairement à la BTC. L'analyse thermogravimétrique effectuée entre 100°C et 950°C fait apparaître une perte de masse de 34% pour les adobes de Lattes due à la décomposition de la calcite à partir de 600°C (Figure 5) et une perte de masse de 8% pour la BTC stabilisée due principalement à la déshydroxylation de la pyrophyllite à partir de 480°C puis à la décomposition de la calcite à partir de 670°C (Figure 5). Il est important de mentionner que les conductivités thermiques des deux briques sont trois fois inférieures à celle d'un béton de ciment ordinaire, ce qui va retarder l'échauffement en cas d'incendie. La résistance au feu selon la norme EN 1365-1 : 2012, d'un mur porteur en BTC stabilisée, est supérieure à 120 minutes (la charge a été accentuée à partir de 125 minutes et l'essai a été arrêté à 135 minutes après l'apparition de petites fissures) et la température maximale mesurée de la face non exposée au feu n'a pas dépassé 66 °C.

IV. CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que les propriétés physiques qui sont le plus influencées par la nature de la terre sont la capacité de rétention d'eau et le comportement au feu. Ces essais doivent être complétés par des essais de mesure de la résistance en compression réalisés à l'issue du cycle de chauffage destinés à quantifier la perte de résistance mécanique en fonction de la température. Ces essais permettront de vérifier la stabilité au feu des constructions en brique de terre crue. Des essais de mesure de la Valeur Capacité Tampon Hydrique réalisés en suivant le protocole d'essai standardisé du projet NORDTEST permettront de quantifier le potentiel de régulation des variations d'humidité relative de ces deux briques.

REFERENCES

Accetta A. (2003) Étude d'adobes issus de sites archéologiques au regard des critères contemporains de convenance des terres. *Actes des 1^{er} échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*, Montpellier 17-18 novembre 2001, éditions de l'Espérou, 2003, 11-20.

Arrigoni A., Grillet A.C., Pelosato R., Dotelli G., Beckett C.T.S., Woloszyn M., Ciancio D. (2017). Reduction of rammed earth's hygroscopic performance under stabilisation: an experimental investigation. *Building and Environment*, 115, 358-367.

Pacheco-Torgal F., Jalali S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction, *Construction and Building Materials*, 29, 512-519.