

Résumé public TFE - LHENRY Maxime

Mesure de la performance mécanique du pisé pour la construction d'habitation

Le pisé est une technique de construction en terre compactée. L'utilisation du pisé comme matériau de construction en France et dans le monde présente de réels avantages, notamment pour des aspects durables, économiques, sociaux ou de préservation d'un patrimoine. En revanche, le pisé présente certains freins à son utilisation, et principalement la difficulté d'évaluation des performances mécaniques, hygroscopiques ou hygrothermiques. La difficulté d'évaluation des performances mécaniques pose notamment des difficultés à propos de la façon de procéder pour tester les performances d'une terre. En effet, à ce jour, il n'existe pas de protocole de caractérisation faisant consensus afin d'en estimer les performances. De plus, l'études des performances mécaniques ne se résume pas à la connaissance de la simple résistance à la compression car cette dernière dépend fortement de la teneur en eau, mais aussi d'autres paramètres comme le tamisage, la densité sèche, la géométrie ou encore la taille de l'échantillon.

Mon TFE s'intégrait dans l'action actuellement conduite au niveau international par le comité technique de la RILEM 274. Il avait pour objectif de s'attaquer à ces difficultés, et avait donc pour but la mise en place d'une procédure répétable et simple afin de quantifier la performance du pisé pour la construction d'habitation. Pour répondre à ces objectifs, mon TFE s'était réparti en deux étapes. Dans un premier temps, la mise en place d'une méthodologie de référence pour la fabrication d'échantillons en pisé. Cette méthodologie avait notamment pour objectif de mettre en place tous les éléments à prendre en compte afin d'assurer la meilleure répétabilité des essais possible et donc faire un pas de plus vers une réglementation des constructions en pisé. Dans un second temps, l'étude des liens entre les résultats des essais de laboratoires fait sur de petits échantillons et le comportement réel des structures en pisé. Cette étude devait se faire sur une approche multi-échelle en prenant en compte les hétérogénéités de densité et de teneur en eau liées au fait que les petits échantillons de laboratoires n'ont pas tous été fait avec le même tamisage. Le comportement réel des structures en pisé a été obtenu à partir d'essais de compression sur des blocs de grandes dimensions réalisés sur chantier. Les essais de laboratoires ayant servis à répondre à ces objectifs étaient issus d'une campagne d'essais qui avait déjà commencé avant le début de mon TFE et que nous avons continué et terminé lors de ce TFE.

Pour la partie expérimentale de ce TFE, nous avons donc réalisé les essais de compression simple sur de petits échantillons que nous avons-nous-même fabriqués. Sur ces petits échantillons, nous avons fait varier de nombreux paramètres afin d'en étudier les effets. Nous avons ainsi étudié les effets de la teneur en eau, de la géométrie, du tamisage et de la taille des échantillons. Nous avons aussi réalisé lors de ce TFE, les essais de compression sur les gros blocs qui n'avaient pas encore été testés. Tous nos résultats ont été complétés par les essais de la campagne qui avaient été réalisés avant le début de ce TFE. Nous avons aussi réalisé des essais de séchage, de succion sur les échantillons, ainsi qu'une modélisation du séchage par logiciel. Sur tous les échantillons que nous avons fait avec de la terre tamisée, nous avons appliquée des formules de correction de densité et de teneur en eau afin de prendre en compte le fait que ces échantillons ne contenaient pas de gros granulats.

Pour le premier objectif de ce TFE, à savoir la création de la méthodologie de référence, nous nous sommes uniquement basé sur les échantillons et essais que nous avons réalisés nous-même. En conclusion de cette étape, nous avons défini de quelles façons il fallait choisir certains paramètres et quels étaient leurs influences sur les résultats. Nous avons notamment trouvé que le choix de la géométrie des échantillons (prismatiques ou cylindriques) n'a pas d'influence sur les résultats à conditions que les échantillons soient bien réalisés. En complément, nous avons remarqué que les échantillons cylindriques sont plus faciles à bien réaliser que les échantillons prismatiques surtout quand le tamisage de la terre utilisée est peu important. Nous avons trouvé que les échantillons plus ou moins tamisés donnaient des valeurs de résistance à la compression proche mais que plus le tamisage était faible, plus la dispersion des résultats des essais était faible. Un tamisage plus important permet donc une meilleure répétabilité car les échantillons étaient à la fois plus homogènes et mieux réalisés. Nous également mis en valeur l'importance de la bonne réalisation du surfaçage afin d'obtenir

des essais le plus répétable possible. Un surfaçage mal réalisé réduisait de manière importante la résistance à la compression de l'échantillon. En étudiant les courbes de séchage, de rétention d'eau et de résistance à la compression en fonction de la teneur en eau, nous avons mis en évidence le fait que les échantillons de pisé avaient deux comportements distincts si sa teneur en eau est inférieure ou supérieure à environ 4%. Si elle est supérieure, l'échantillon sèche vite, sa succion et sa résistance à la compression augmente faiblement avec sa diminution de teneur en eau. Si elle est inférieure, inversement, l'échantillon sèche lentement, sa succion et sa résistance augmentent fortement avec sa diminution de teneur en eau.

Pour le second objectif de ce TFE, à savoir l'étude des liens entre les essais de laboratoires et le comportement de gros blocs de chantier, nous nous sommes basé sur l'ensemble des résultats exploitables de la campagne d'essais ainsi que sur une autre campagne réalisée sur une terre différente. Avec les résultats de l'autre campagne d'essais, nous avons trouvé que des petits échantillons cylindriques de laboratoires pouvait donner les mêmes résultats de résistance à la compression que des gros blocs de chantier dans certaines conditions (tamisage quasiment suffisamment important pour que les deux types d'échantillons soient considérés comme homogènes, pas d'hétérogénéité de teneur en eau ou de disposition des gros granulats). Avec les résultats de notre campagne d'essais, nous avons trouvé un comportement relativement similaire entre les gros blocs de chantier (tamisage 50mm) et les petits échantillons de laboratoires tamisés à 12mm. Pour les petits échantillons tamisés à 50mm les résultats aussi sont ressemblant mais avec une plus forte dispersion des résultats. Ainsi, les conclusions de ces essais montrent qu'il est possible de prédire le comportement de gros blocs de chantier contenant de gros granulats, à partir du comportement de petits échantillons suffisamment tamisés pour être considérés comme homogènes. Si ces échantillons ne sont pas suffisamment tamisés, les hétérogénéités des échantillons entraînent une plus faible répétabilité des essais. Nous avons aussi mis en évidence lors de ces essais, l'importance de l'utilisation des formules de correction de densité et de teneur en eau évoquées précédemment.

Ce travail constitue une vraie première étape vers la création d'une méthodologie de référence étant donné que de nombreux facteurs entraînant ou non une mauvaise répétabilité ont été identifiés. Ce travail a aussi permis d'identifier les premières hypothèses que l'on peut faire au niveau des similitudes de comportement entre les gros blocs de chantier et les petits échantillons. Cependant, étant donné la faible quantité d'études disponibles traitant de ces questions, il est nécessaire que d'autres études et campagnes d'essais voient le jour et traitent de ces sujets afin de confirmer, infirmer ou compléter ce TFE et ses conclusions, et ainsi faire un pas de plus vers la mise en place de procédures et de réglementations qui permettront de faciliter l'emploi et l'étude du pisé par les professionnels et les laboratoires.

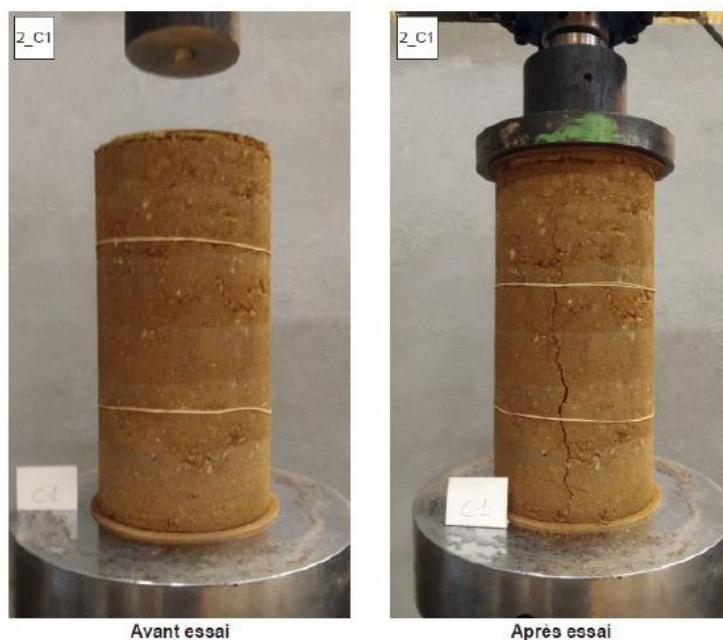


Figure 1 : Photos d'un échantillon avant et après rupture suite à un test de compression simple