

Contexte général

Face à une volonté croissante des acteurs de la construction de privilégier des matériaux écologiques, la terre crue se dessine comme l'une des solutions prometteuses. Les techniques constructives en maçonneries de briques de terre crue sont à ce jour les plus matures avec quelques ATEx (Appréciation Technique d'Expérimentation) délivrées en France métropolitaine et en DROM. Cependant, le domaine d'application de ces ATEx reste relativement restreint. Ainsi, la rareté des données disponibles sur les caractéristiques techniques de ces procédés limite leur diffusion à grande échelle. Il existe en effet un certain nombre de verrous scientifiques et techniques à lever pour permettre l'usage des maçonneries en terre crue dans des domaines d'emplois plus conséquents, tel que le comportement en fluage pour les ouvrages porteurs, le comportement en cas d'incendie, la stabilité mécanique sous l'effet de la présence d'eau liquide, ainsi que le passage des performances essentielles de l'échelle matériau (brique) à celle de l'ouvrage.

Pour adresser ces problématiques, l'AE&CC-ENSAG, CRATerre, le 3SR-UGA, le CTMNC et le CSTB se sont associés pour proposer le projet de recherche [B2M](#) (*Caractérisation mécanique, feu, hygrothermique des maçonneries de terre*), financé par le Gouvernement dans le cadre du plan France2030 opéré par l'ADEME, afin de fournir aux professionnels de la filière terre crue des données techniques directement utilisables et en continuité avec les règles de dimensionnement et de validation usuelle des ouvrages en maçonnerie (type Eurocodes).

Contexte et objectif du stage

La proposition de stage s'inscrit dans le lot 5 du projet B2M consacré à la caractérisation du comportement hygrothermique de la maçonnerie.

Sur ce volet hygrothermique, une expérimentation *in-situ* a été mise en place sur le site du CSTB à Grenoble : un mur en briques de terre crue, protégé par un débord de toiture et instrumenté, permettant de suivre l'évolution de paramètres comme l'humidité, la température, la teneur en eau dans l'épaisseur de la paroi, ainsi que l'érosion de la surface du mur (cf. Figure 1). L'expérimentation *in-situ* a été conçue pour permettre de comparer les résultats expérimentaux et les prévisions d'un modèle numérique, afin d'optimiser les paramètres pour des simulations adaptées aux conditions réelles et plus précises que celles fournies actuellement par le logiciel WUFI. Les caractéristiques hygrothermiques à l'échelle de la brique ont été déterminées aux laboratoires du CTMNC et du CSTB et serviront de données d'entrée pour le modèle numérique.

L'objectif principal de ce stage est de mener une analyse hygrothermique permettant d'améliorer la fiabilité des simulations numériques d'estimation des teneurs en eau des maçonneries de terre crue et de déterminer des seuils de teneur en eau critiques. Pour cela, il est envisagé d'élaborer un modèle prédictif permettant de déduire la teneur en eau typique dans les ouvrages en maçonnerie terre crue pour différentes situations (domaine d'emploi / zone climatique / classe d'hygrométrie du local / épaisseur paroi / etc.). Ainsi, il est prévu de développer un modèle de pluie battante représentatif des climats métropolitains pour affiner la condition aux limites extérieures d'une part, et comprendre l'effet protecteur d'un débord de toiture d'autre part.

Les teneurs en eau typiques issues des simulations via le modèle validé serviront ensuite à dimensionner des essais permettant de connaître l'influence de l'eau sur les propriétés mécaniques, notamment en fluage.

Une poursuite en thèse pourrait être envisagée à l'issue de ce stage, selon les résultats obtenus et les conditions de financement.

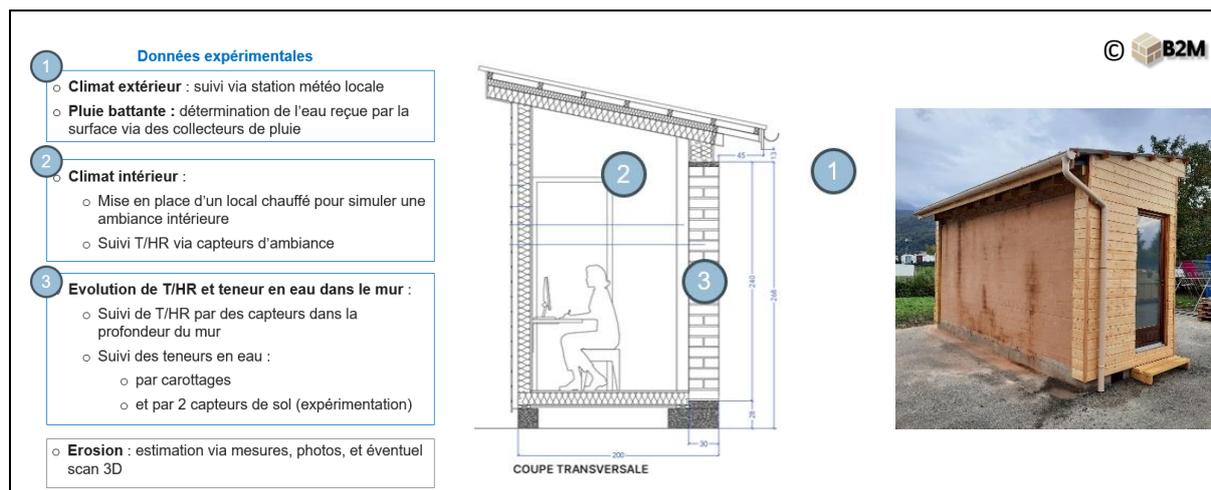


Figure 1. Vue d'ensemble de la caractérisation hygrothermique d'un mur en maçonnerie de terre crue sur le site du CSTB à Grenoble dans le cadre du projet B2M

La mission

La mission comprend les éléments suivants :

- Etude bibliographique visant à éclairer le sujet de la caractérisation hygrothermique des maçonneries en terre crue au laboratoire et *in-situ*. Des investigations sur les pathologies liées à l'humidité dans des cas concrets de bâtiments en terre crue pourraient être considérées.
- Prendre en main les dispositifs expérimentaux mis en place.
- Traitement des données collectées par les capteurs du mur instrumenté en développant un outil automatisé afin de structurer et de rendre les données exploitables pour une interprétation efficace.
- Elaboration des fichiers de données d'entrée des modèles compatibles avec le logiciel WUFI.
- Réalisation de calculs des transferts couplés chaleur-humidité à travers la paroi constituant le mur expérimental suivant des configurations qui seront définies au début du stage.
- Analyse des résultats numériques et expérimentaux et rédaction d'un rapport de stage.
- Participation à la rédaction d'une communication scientifique en anglais (facultatif, si le temps le permet et en fonction des résultats du stage).

Profil recherché

- Etudiant BAC+5, type Master 2 génie civil, génie des matériaux ou équivalent avec des connaissances solides en mécanique des milieux continus, mécanique des sols, transferts dans les milieux poreux, ainsi qu'en modélisation par éléments finis. La maîtrise d'un langage de programmation est souhaitée.
- Le/la candidat(e) devra savoir faire preuve d'initiative, d'analyse critique et d'autonomie. Il/elle devra également démontrer sa capacité à travailler en équipe et à collaborer avec des experts de divers domaines de la filière construction. La recherche requiert une rigueur dans le travail mené, tant sur le plan organisationnel que scientifique.

Encadrement et rémunération

Le/la stagiaire sera intégré(e) au sein de la Direction Enveloppe du Bâtiment et pourra être amené(e) à travailler avec des chercheurs d'organismes partenaires du projet B2M.

Le stage sera **d'une durée de 6 mois et pourra débuter à partir de février 2025**. Le/la stagiaire percevra une rémunération brute conforme à la grille du CSTB, soit d'environ 1200 € (grille selon le diplôme préparé).

Description de l'organisme d'accueil

Créé en 1947, le [Centre Scientifique et Technique du Bâtiment](#) est un établissement public au service de l'innovation dans le Bâtiment. La recherche, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances constituent ses quatre activités clés pour répondre aux enjeux de la transition énergétique, environnementale et numérique dans le monde de la Construction. A travers ses activités pluridisciplinaires, il accompagne les acteurs de la construction dans l'innovation pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

La direction Enveloppe du Bâtiment, fondée sur la complémentarité des expertises et la pluridisciplinarité autour des sujets de l'enveloppe, propose un accompagnement transversal destiné à la maîtrise d'ouvrage et à la maîtrise d'œuvre, et ce à toutes les étapes des projets, y compris en phase conception. À l'interface entre les échelles du bâtiment et du quartier, l'enveloppe joue un rôle crucial dans l'intégration de l'ouvrage dans son environnement urbain. Elle contribue à répondre aux exigences techniques structurantes dans une approche globale de l'ouvrage.

Désignation au sein du CSTB des correspondants pour le stage

Envoyer lettre de motivation, derniers relevés de notes et CV à :
noha.al-haffar@cstb.fr ; alban.pinel@cstb.fr

Lieu de travail : CSTB, 24 rue Joseph Fourier, 38400 Saint-Martin-d'Hères

Des déplacements occasionnels sur des périodes à déterminer sont à prévoir suivant les besoins.