

Stage de fin d'études M2 Recherche : Méthodes de formulation de matériaux en terre allégée pour la construction

Contexte :

Le milieu du génie Civil et des matériaux de construction doit aujourd'hui faire face à des enjeux primordiaux : construire des logements et infrastructures pour une population mondiale grandissante tout en limitant drastiquement ses impacts environnementaux. Ces impacts sont d'une part liés aux consommations d'usage des bâtiments et aussi à l'utilisation massive de béton de ciment et autres matériaux de construction conventionnels (émissions de CO₂, raréfaction du sable) (Barcelo et al., 2014; Peduzzi, 2014). Concernant les consommations d'usage, une meilleure isolation thermique permettant de les limiter, est la solution à envisager. Concernant les impacts liés à la production de matériaux conventionnels, des alternatives peuvent être étudiées, et les matériaux de construction à base de terre crue peuvent notamment être une solution à faible impact environnemental pour ce secteur.

Développer des matériaux isolants, à faible impact environnemental lors de leur production est un enjeu primordial au regard du contexte actuel. Les bétons de chanvre sont des éco-matériaux qui sont en voie de démocratisation, reconnus par la communauté scientifique, connus du grand public et mis en œuvre par les professionnels du secteur du bâtiment. Si les particules de chanvre qui les composent permettent actuellement de diminuer leur impact environnemental, la chaux utilisée dans ces mélanges pour assurer la cohésion entre les particules végétales présente un impact environnemental non négligeable qui pourrait être limité. En effet substituer la chaux par de la terre crue dans ces bétons végétaux permet de limiter encore plus leurs impacts environnementaux lors de leur production.

Des travaux ont déjà porté sur le développement de matériaux terre-chanvre en prenant en compte la variabilité des ressources terre et chanvre dans leur formulation (Vinceslas, 2019). D'autres travaux ont déjà porté sur la formulation de bétons de chanvre conventionnels pour développer des méthodes de formulation et de mise en œuvre permettant de maîtriser leurs caractéristiques mécaniques (Tronet et al., 2016). Enfin des travaux ont exploré les possibilités d'utiliser d'autres agro-ressources, comme la moelle de tournesol par exemple, dans la composition de béton végétal (Ratsimbazafy, 2022).

Sujet du stage

L'objectif de ce stage est à la croisée de ces précédentes études. Différents travaux ont été développés lors de projets étudiants depuis 2021 à l'IRD et ont permis de mettre en perspective ce projet d'étude. Il s'agirait, à partir de plusieurs ressources terre aux caractéristiques et origines variées (Boues de lavage de carrière fournies par le Laboratoire CBTP du groupe Pigeon, terre pour mélange terre-chanvre projeté et terre crue pour BTC) et deux types de particules végétales (chênevotte industrielle et moelle de tournesol) de développer une méthode de formulation fiable permettant d'obtenir des bétons végétaux aux caractéristiques mécaniques (masse volumique, résistance en compression et module d'élasticité) et thermiques (conductivité thermique) maîtrisées pour des modes de mise en œuvre identifiés. L'objectif est de proposer un modèle de formulation simplifié afin de doser les quantités de liant (terre) et de granulats végétaux nécessaires à la fabrication d'un béton végétal présentant des caractéristiques optimales pour une application donnée.

Le stage sera très expérimental et s'organisera en plusieurs étapes :

- Une première étape de caractérisation des ressources notamment pour estimer les besoins en eau des éléments à la formulation :
 - o Pour les terres : caractérisation géotechnique rapide (VBS, granulométrie, limite d'état, ...) et mesure d'une teneur en eau optimale pour une mise en œuvre donnée
 - o Pour les agro-ressources : mesure de la demande en eau et mesure des différentes densités (vrac, particulière et spécifique)

- Une deuxième étape de caractérisation du comportement mécanique des mélange terre-granulats en estimant l'influence du rapport des fractions volumiques $\left(\frac{\phi_{Terre}}{\phi_{Granulat}}\right)$ sur les caractéristiques obtenues (Caractéristiques mécaniques en premier lieu, puis caractéristiques

thermiques pour contrôle de certains mélanges). Lors de cette étape, une attention particulière sera portée à la méthode de détermination des propriétés mécaniques des mélanges. Pour des rapports de fractions volumiques ($\frac{\phi_{Terre}}{\phi_{Granulat}}$) choisis, une étude sera menée sur l'influence du mode de mise en œuvre (Vrac+remplissage / mise en œuvre manuelle / compactage sous presse). Si le temps le permet, une étude poussée sur le compactage pourrait être menée afin de définir l'influence d'une pré-consolidation sur les caractéristiques en service d'un béton végétal.

- Une dernière étape aura pour but d'établir des matrices de formulation pour des couples Terre/Granulat, pour un mode de mise en œuvre donné, inspirées des travaux réalisés par (Tronet et al., 2016). Ces outils devront permettre une formulation fiable et rapide d'un matériau à partir de 2 ressources données (une terre et un granulat) aux propriétés maîtrisées : Conductivité thermique, densité, puis résistances en compression et propriétés élastiques.

Profil :

Étudiant(e) en master 2 ou en école d'ingénieurs d'une formation génie civil.

Durée du stage :

4 à 6 mois, démarrage à partir de février 2024

Lieu du stage :

Université Bretagne Sud – Laboratoire IRDL - Lorient

Rémunération :

Gratification réglementaire

Encadrants :

Simon Guihéneuf (simon.guiheneuf@univ-ubs.fr)

Thibaut Lecompte (thibaut.lecompte@univ-ubs.fr)

Sources bibliographiques :

- Barcelo, L., Kline, J., Walenta, G., Gartner, E., 2014. Cement and carbon emissions. Mater Struct 47, 1055–1065. <https://doi.org/10.1617/s11527-013-0114-5>
- Peduzzi, P., 2014. Sand, rarer than one thinks. Environmental Development 11, 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.04.001>
- Ratsimbazafy, H.H., 2022. Évaluation du potentiel de co-produits agricoles locaux valorisables dans le domaine des matériaux de construction (PALOMAC). Toulouse.
- Tronet, P., Lecompte, T., Picandet, V., Baley, C., 2016. Study of lime hemp concrete (LHC) – Mix design, casting process and mechanical behaviour. Cement and Concrete Composites 67, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.12.004>
- Vinceslas, T., 2019. Caractérisation d'éco-matériaux Terre-Chanvre en prenant en compte la variabilité des ressources disponibles localement. Université Bretagne Sud Lorient, Lorient.