
Étude des bétons biosourcés à base de terre crue et de chanvre dans le cadre du projet ECO-TERRA

Arthur Hellouin de Menibus^{1,2}, Clément Basco³, Matthias Degrave-Lemeurs^{1,2}, Thibaut Colinart⁴, Philippe Glé⁵, Erwan Hamard⁶, Thibaut Lecompte³, Hélène Lenormand⁷, Marie Meunier⁸, Théo Vincelas⁴

¹ Eco-Pertica, 61340 Perche-en-Nocé - arthur.hdm@ecopertica.com

² Association Nationale des Chanvriers en Circuits Courts, 79500 Melle

³ Association Régionale de Promotion de l'Eco-construction, 14000 Caen

⁴ Université de Bretagne Sud, IRDL, 56100 Lorient

⁵ CEREMA Est, Laboratoire Régional de Strasbourg, 67035 Strasbourg

⁶ IFSTTAR, MAST – GPEM, 44340 Bouguenais

⁷ Unilasalle, Agriterre, 76130 Mont Saint Aignan

⁸ Artisane, Les Chantiers de Demain, 50 860 Canisy

RESUME

Le projet Eco-Terra vise à acquérir les connaissances scientifiques et techniques nécessaires pour développer des bétons de terre-chanvre, et plus largement les bétons de terre allégée par des agroressources, en filière locale (100 km). L'application est l'isolation thermique et/ou phonique des bâtiments. La démarche a pour objet de comprendre les liens entre la variabilité des constituants (granulats et terres) et les propriétés physiques des mélanges, pour valoriser des ressources locales provenant de différents territoires. ECO-TERRA est un projet de recherche participative, qui intègre au même niveau des experts de laboratoire et des experts de terrain. L'objectif est de mieux comprendre les écomatériaux locaux et de répondre aux contraintes réglementaires liées aux biosourcés.

ABSTRACT.

The Eco-Terra project aims to acquire the scientific knowledge necessary to develop earth-hemp concretes, and more broadly earthen concretes lightened by agroresources produced in the local sector (100 km). The application is the thermal and / or sound insulation of buildings. The approach is to understand the links between the variability of constituents (aggregates and unfired clays) and the physical properties of mixtures, in order to valorize resources from different territories. ECO-TERRA is a participatory research project that integrates laboratory experts and field experts at the same level. The objective is to better understand local ecomaterials (hemp, land) and to account for the regulatory constraints related to the use of bio-based materials in buildings.

MOTS-CLÉS: Eco-construction, terre allégée, mécanique, hygrothermique, acoustique, analyse de cycle de vie

KEY WORDS: Eco-construction, light earth, mechanical, hygrothermal, acoustic, life cycle analysis

1. Introduction

L'argile est une matière minérale naturelle présente dans le sol et le sous-sol que l'on trouve sur tout le territoire national. Les terres argileuses étaient traditionnellement utilisées dans la construction et le sont encore de nos jours (torchis, bauge, pisé...). Il reste peu de carrières en activité valorisant l'argile en tant que telle. Les argiles fines ne sont exploitées que par 5 carrières en France. Elles contiennent habituellement de la kaolinite, du mica et du quartz. Il y a de plus 9 carrières en activité pour le kaolin. Ces carrières d'argiles proposent généralement des prix prohibitifs pour une utilisation dans le bâtiment du fait de l'existence d'autres débouchés (cosmétique...). De plus, ces argiles pures ne sont pas bien adaptées pour la construction : les terres argileuses utilisées pour construire ne contiennent généralement guère plus de 30 % d'argile, complétée par des limons, sables et graviers. Par contre, des terres argileuses sont disponibles auprès des 126 producteurs d'objets en terre cuite (Fédération Française des Tuiles et Briques, 2011). Par ailleurs, des terres argileuses peuvent être récupérées auprès de carrières exploitant d'autres minéraux, qui déplacent des terres de découvertes, ou qui produisent des boues de lavage. Enfin, elle sont accessibles sous forme de déchet lors de travaux de terrassements ou de déconstruction de bâtiments en terre crue. De par la diversité des approvisionnements disponibles, la terre crue est un matériau qui permet l'éco-construction en filière locale (provenance inférieure à 100 km du chantier – voir 50 km ou moins pour la terre crue compte tenu de sa masse volumique).

Les modes constructifs traditionnels avec de la terre-crue sont lourds (torchis, bauge, adobe, pisé). Le fait d'alléger la terre avec des charges végétales telles que la paille ou la chènevotte (moelle de chanvre séchée et broyée) est une pratique contemporaine qui vise à lui conférer des propriétés isolantes. Le matériau obtenu, appelé terre allégée, est le seul à valoriser des terres très cohésives puisque le risque de fissuration est limité par la charge (fibres ou granulats). Le terre-chanvre est un matériau similaire au chaux-chanvre, qui peut servir en tant qu'isolant non porteur. Remplacer la chaux par de la terre crue permet d'utiliser des matériaux exclusivement locaux, réduit l'impact environnemental de la production des matériaux (pas de cuisson) et de l'étape de fin de vie (pas de concassage et possibilité de réutiliser le matériau).

Le projet ECO-TERRA (2016 - 2020) réunit plusieurs partenaires de recherche et de terrain (figure 1). Il a pour objectif d'une part d'évaluer en laboratoire les propriétés du terre-chanvre pour une utilisation dans les bâtiments : performances mécaniques, thermiques, hygriques, acoustiques, environnementales et durabilité. D'autre part, il vise à réaliser des recherches sur le terrain. Cela permet d'optimiser les modes constructifs et de développer des essais performantiels. La réalisation de chantiers en parallèle du projet doit permettre de lever l'ensemble des freins techniques, économiques et réglementaires à l'utilisation du terre-chanvre. La première spécificité du projet est qu'il intègre des constituants (terre et chènevotte) provenant de différentes sources pour que les résultats soient applicables à toute filière locale sur le territoire national. Nous ne cherchons pas à identifier la terre optimale pour produire de la terre allégée, mais à évaluer l'impact de la variabilité des constituants sur les performances. L'application des résultats de cette démarche scientifique permet un développement de l'éco-construction en filière locale. Aucune substance naturelle ou de synthèse n'est ajoutée. La seconde spécificité est qu'ECO-TERRA est un projet de recherche participative, intégrant au même niveau des experts de laboratoire et de terrain.

Cette communication présente la démarche du projet ECO-TERRA, et synthétise les résultats déjà publiés.



Figure 1 :
Projet
ECO-
TERRA

2. Contexte : définir ce qu'est la terre allégée

La masse volumique d'une terre brute de terrassement varie typiquement entre 1500 et 1800 kg/m³. Tout mélange à base de terre-crue et fibre peut se revendiquer « terre allégée », mais il faut descendre en-dessous de 350 kg/m³ pour que les matériaux puissent atteindre de performances d'isolation thermique acceptables. Plusieurs techniques de mise en œuvre sont possibles et induisent différentes masses volumiques (Figures 2, 3, 4, 5 et 6). En dessous de 200 kg/m³, le terre allégée a une résistance mécanique limitée et nécessite un coffrage perdu.



Figure 2: Adobes fibrés (1200 kg/m³)



Figure 3: Correcteur thermique (800 – 900 kg/m³)



Figure 4: Banchage (200 – 500 kg/m³)



Figure 5: Projection (200 – 500 kg/m³)



Figure 6: Coffrage perdu (150 - 200 kg/m³)

La mise en œuvre par projection du terre-chanvre est similaire à celle du chaux-chanvre. La technique développée par Eco-Pertica permet d'utiliser des terres locales et pas nécessairement des terres pré-formulées et finement calibrée : la terre est directement projetée sous forme de barbotine et non sous forme de poudre comme cela peut être le cas avec la chaux. Le matériau peut être projeté directement sur un support existant, en isolation par l'intérieur ou par l'extérieur. De fortes épaisseurs sont possibles : un chantier d'isolation par l'extérieur sur une maison en torchis a été réalisé sur une épaisseur de 32 cm, avec succès.

3. Matériaux

Le terre-chanvre banché ou projeté nécessite la fabrication d'une barbotine (mélange de terre et d'eau) et l'élimination de ses éléments grossiers (tamisage à 1,5 – 2 mm typiquement). Sur le terrain, la quantité d'eau est ajustée selon le test du gant (consistant à tremper sa main dans le mélange et à juger l'épaisseur et la continuité du film de barbotine qui reste sur la main) pour obtenir une viscosité satisfaisante. Des essais de terrain sont en cours de qualification pour obtenir des mesures plus fines de la viscosité des barbotines.

La barbotine est ensuite mélangée avec des granulats, dans des proportions de l'ordre de 25 à 50 % en masse de chènevotte / masse totale. Une trentaine de terres provenant de Normandie et de Bretagne et 4 types de chènevottes sont testés.

4. Démarche et résultats

Les caractérisations de laboratoire visent à apporter tous les éléments de connaissance dont nous avons besoin pour construire en terre allégée. Cela inclut notamment :

- La caractérisation des constituants (premières analyses détaillées dans [VIN 17]).
- Des caractérisations mécaniques, thermique et hygriques pour identifier les performances des mélanges sur le terrain. Les premiers essais montrent que la limite élastique (0,3 MPa) est similaire à celle du chaux-chanvre, mais que le module d'élasticité est plus faible (de l'ordre de 9 MPa contre 9 à 44 MPa pour le chaux-chanvre) [VIN17]. D'un point de vue thermique, le chaux-chanvre et le terre-chanvre ont des conductivités thermiques du même ordre de grandeur pour une masse volumique donnée [VIN17].
- L'étude de la tenue au feu des mélanges : un premier essai certifié donne un classement B-s1-d0 pour un matériau recouvert d'un film de barbotine et de masse volumique sèche de 319 kg/m³ (donnée interne Chanvriers en Circuits Courts).
- Le développement d'essais de terrain pour caractériser le terre-chanvre.
- L'analyse de cycle de vie du terre allégée en intégrant différents scénarios, notamment un approvisionnement en filière locale.
- Les performances acoustiques du terre-chanvre dépendent de la concentration en chanvre. Cela se traduit par des mélanges absorbants en-deçà de 375 kg/m³, et apportant de l'affaiblissement acoustique au-dessus de 500 kg/m³ [DEG 18].

Différentes recherches sont menées sur le terrain pour notamment optimiser les modes constructifs, évaluer le séchage dans différentes conditions et travailler sur les interactions mélanges – ossature bois. Des chantiers en terre allégée sont réalisés par des professionnels en parallèle du projet ECO-TERRA, et sont documentés. L'ensemble vise à rassembler des connaissances adaptées au développement du terre allégée en filière locale.

5. Conclusion

Le projet ECO-TERRA vise à mieux comprendre le fonctionnement des bétons de terre allégée, et à lever l'ensemble des freins potentiels à l'utilisation de ce matériau sur chantier, notamment ceux liés à l'utilisation de terre crue et de matériaux locaux. Les caractérisations actuellement réalisées montrent que le terre-chanvre atteint des performances thermiques similaires au chaux-chanvre, et que sa résistance mécanique est suffisante (validé par les retours d'expérience de chantier). D'un point de vue acoustique, ce matériau peut être optimisé pour présenter des propriétés d'absorption ou d'atténuation des bruits transmis, selon sa masse volumique.

6. Remerciements

Les auteurs remercient les financeurs du projet ECO-TERRA : ADEME, Région Normandie, DIRECCTE Normandie, La Fondation de France, Région Bretagne, le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, la fondation Legallais. Une contribution complémentaire est apportée par le Parc Naturel Régional du Perche sur l'analyse des impacts environnementaux du terre allégée.

7. Bibliographie

[DEG 18] DEGRAVE-LEMEURS M., GLE P., HELLOUIN DE MENIBUS A., « Acoustical properties of hemp concretes for buildings thermal insulation: Application to clay and lime binders », *Construction and Building Materials*, vol. 160, 2018, p. 462-474.

[VIN 17] VINCESLAS T., COLINART T., HAMARD E., HELLOUIN DE MENIBUS A., LECOMPTE T., LENORMAND H., Light earth performances for thermal insulation : application to earth-hemp, *Construction and Building Materials*, ICCBM 2017, Clermont-Ferrand.