
Propriétés acoustiques des bétons biosourcés à base de chanvre et de liant chaux ou argile

Arthur Hellouin de Menibus^{1,2}, Matthias Degrave-Lemeurs^{1,2}, Philippe Glé³

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

² Association Nationale des Chanvriers en Circuits Courts, 79500 Melle- matthias.l@ecopertica.com

³ CEREMA Est, Laboratoire Régional de Strasbourg, 67035 Strasbourg - philippe.gle@cerema.fr

RESUME

Cette étude expérimentale et de modélisation porte sur l'étude des performances acoustiques des bétons de terre-chanvre et de chaux-chanvre, utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments. Cet article ne détaille que le volet expérimental. Le comportement acoustique est similaire quelque soit le type de liant, avec notamment un fort impact de la concentration de chanvre. Une classification du comportement acoustique de ces bétons biosourcés est proposée en terme de masse volumique. Celle-ci peut-être utilisée par des professionnels du bâtiment pour évaluer ou optimiser les performances acoustique du chaux-chanvre ou du terre-chanvre.

ABSTRACT.

This experimental and modelling study provides a general overview of the acoustical performance of hemp-lime and hemp-clay for building thermal insulation at the material scale. This paper is focused on the experimental results. Hemp-clay and hemp-lime behave acoustically in a similar way. In both cases, the concentration of hemp in a mix has a first order effect on the acoustical performance. A classification is finally proposed in terms of density to be used as a general guideline to evaluate or optimize the acoustical performances of hemp-based concrete.

MOTS-CLÉS: Eco-construction, acoustique, isolation thermique, terre-crue, chaux, chanvre

KEY WORDS: Eco-construction, acoustical properties, thermal insulation, clay, lime, hemp

1. Introduction

Pour réduire les impacts environnementaux liés au secteur du bâtiment, il est nécessaire d'optimiser le cycle de vie (construction - service - fin de vie) mais aussi d'améliorer sa résilience. On peut utiliser des matériaux ne générant aucun déchets en fin de vie nécessitant une mise en décharge ou une quantité importante d'énergie. Car même si un matériau qui génère des déchets est techniquement recyclable, il faut assurer une collecte efficace et économiquement viable en fin de vie. Puis, assumer le coût économique associé, ainsi que celui lié à la gestion des flux qui ne seront pas collectés et qui finiront enfouis. La cohérence du cycle de vie peut également être améliorée, en utilisant des matériaux locaux pour limiter l'impact carbone liés aux transports.

Le chaux-chanvre est un des bétons biosourcés les mieux connus pour l'isolation thermique. Remplacer la chaux par de la terre-crue permet d'utiliser des matériaux exclusivement locaux, réduit l'impact environnemental en construction (pas de cuisson) et en fin de vie (pas de concassage).

L'acoustique n'est généralement pas une priorité attendue pour un matériau, mais près de 80% des personnes se sentent aujourd'hui concernées par les nuisances sonores. Le comportement des mélanges de liant - granulats végétaux est atypique par rapport aux matériaux plus classiques, avec notamment une microstructure composée de plusieurs échelles de porosité.

La présente étude expérimentale et de modélisation a été menée pour comprendre le comportement acoustique du terre-chanvre, et le comparer à celui du chaux-chanvre. Elle a été réalisée dans le cadre du projet de recherche ECO-TERRA « développement d'ECOMatériaux en TERRE Allégée pour des constructions écologiques performantes ». Ce résumé présente le volet expérimental en donnant les grandes lignes de la démarche et les principaux résultats. Davantage de détails peuvent être trouvés dans l'article publié [DEG18].

2. Procédures expérimentales

2.1. Matériaux

Deux terres jugées convenables pour construire en terre-allégée par des maçons ont été utilisées. La terre 1 contient 37 % d'argile moyennement active. La terre 2 contient 6 % d'argile très active (gonflante). Malgré leur activité au bleu similaire (2,47 et 2,20 respectivement), ces deux terres sont bien différentes.

La chènevotte provient de Normandie. La granulométrie a été caractérisée par analyse d'image. La masse volumique est de 91 kg/m³ selon une procédure de mesure par renversement. Le taux de poussière est de 0,3 %. Enfin, le taux de fibre est de 3,9 %, principalement des fibres courtes de longueur inférieures à 2 cm.

Une centaine d'échantillons de terre-chanvre ont été fabriqués par banchage. Les variables sont la quantité d'eau dans la barbotine, le type de terre, la proportion en masse de chanvre (25 - 30 - 40 %) et le niveau de compaction, de « faible » (la matière est placée dans les moules) à « fort » (la matière est compactée manuellement au plus fort niveau possible). Les masses volumiques sèches couvrent la plage 192 - 348 kg/m³, avec une répétabilité de 2 % entre plusieurs échantillons d'une même formulation. Des premières mesures avaient été réalisées dans une campagne précédente, jusqu'à 550 kg/m³, et sont intégrées à l'analyse.

2.2. Méthodes

Trois appareils de mesures ont été utilisés : un tube de Kundt, un résistivimètre à air et un porosimètre à air. Le processus d'analyse des mesures (figure 1) permet d'identifier le coefficient d'absorption acoustique (α) et l'indice d'affaiblissement (TL), puis les 4 paramètres matériaux qui induisent le comportement acoustique :

- La résistivité à l'air (σ) caractérise la résistance au passage de l'air dans le matériau.
- La tortuosité (α_∞) traduit la sinuosité du « chemin » formé par les pores par rapport à un « chemin » direct suivant la normale de la surface, ou dit autrement, la longueur que doit parcourir l'onde acoustique dans le matériau entre les deux surfaces.
- La porosité acoustique (Φ_{ac}) est comparée avec les différentes porosités réelles de la microstructure, pour identifier celle responsable du comportement acoustique. La porosité ouverte (Φ_{open}) est mesurée avec le porosimètre à air, et la masse volumique apparente du matériau est mesurée. La porosité interparticules (Φ_{inter}) est estimée à partir de la concentration et la masse volumique apparente de la chènevotte et de la terre.

- La longueur visqueuse caractéristique (Λ) est liée aux effets de dissipation visco-inertielle dans le matériau et correspond à une taille moyenne des rayons d'étranglement au sein d'un « chemin » de porosité ouverte reliant les deux surfaces.

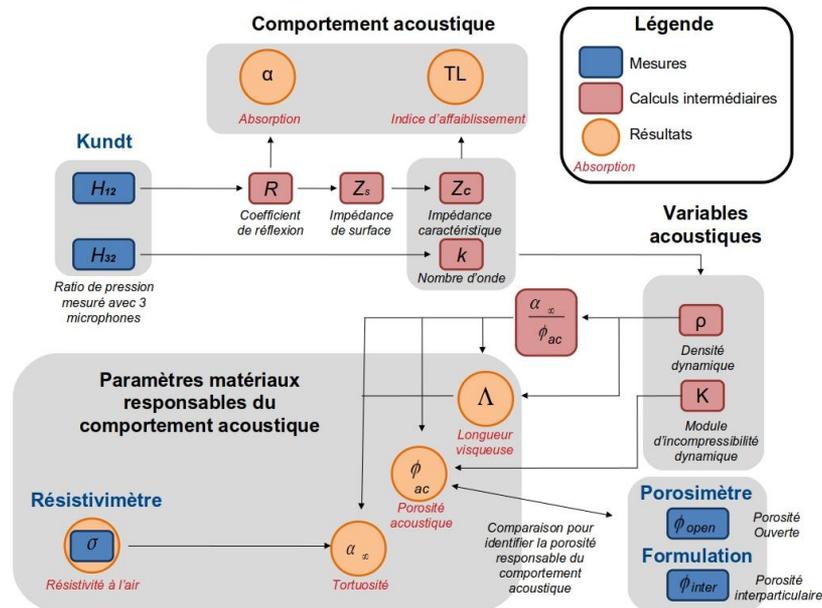


Figure 1: démarche d'analyse des mesures acoustiques

3. Résultats

Le terre-chanvre (présente étude) et le chaux-chanvre (résultats issus de [GLE13]) se comportent de manière similaire en acoustique. Plus les matériaux sont lourds, plus le pic d'absorption diminue et plus d'indice d'affaiblissement augmente (figure 2 et 3). Jusqu'à 375 kg/m³, le matériau est très absorbant. Entre 375 et 500 kg/m³, l'absorption diminue mais le comportement présente une forte variabilité. Au-delà de 500 kg/m³, l'absorption est faible mais l'indice d'affaiblissement (TL) augmente. Le type de terre ou la viscosité de la barbotine n'ont pas d'effet. Quelques différences existent néanmoins entre terre-chanvre et chaux-chanvre. Le chaux-chanvre présente un pic d'absorption un peu plus étroit (figure 2) et une résistivité à l'air plus faible pour une masse volumique donnée (figure 3).

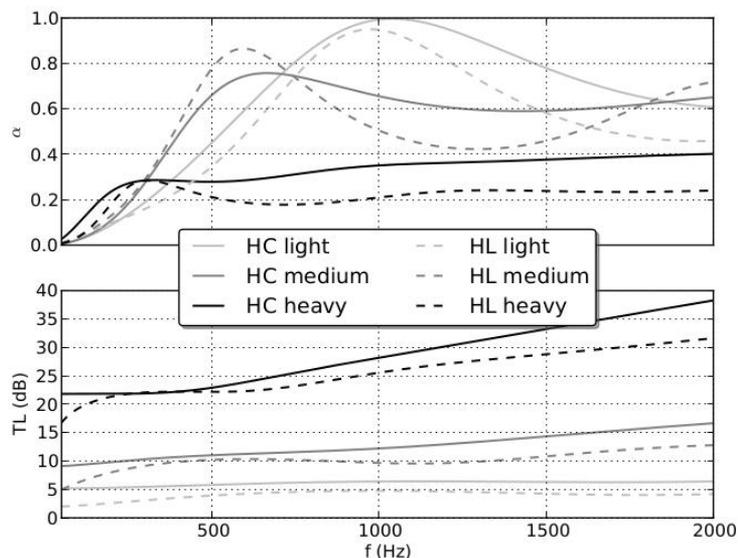


Figure 2: absorption acoustique (α) et indice d'affaiblissement (TL) du terre-chanvre (HC pour Hemp Clay) et du chaux-chanvre (HL pour Hemp Lime) selon la masse volumique (light ~ 180 kg/m³ – heavy ~ 470 kg/m³)

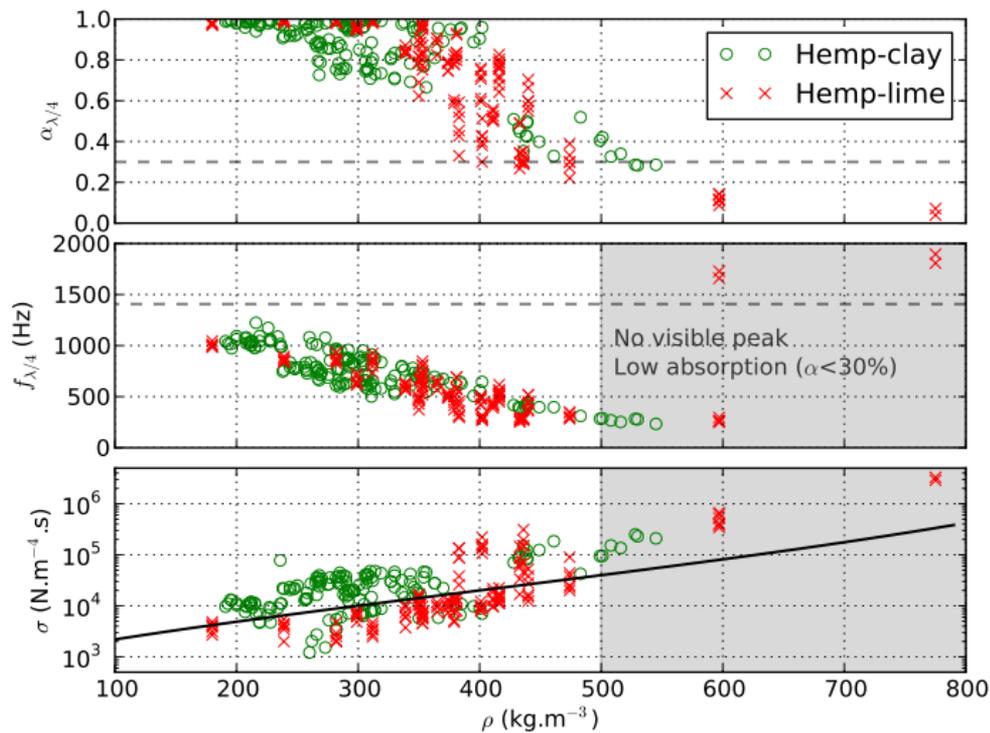


Figure 3: amplitude ($\alpha\lambda/4$) et position en fréquence ($f\lambda/4$) du premier pic d'absorption, et résistivité à l'air (σ)

4. Conclusion

Le terre-chanvre et le chaux-chanvre ont un comportement acoustique similaire, avec une forte absorption en-deça de 375 kg/m³, une transition entre 375 et 500 kg/m³, puis une faible absorption au-dessus de 500 kg/m³. Ce résultat peut être utilisé comme guide par les professionnels de l'éco-construction pour mieux comprendre et optimiser leur béton biosourcé selon les performances acoustiques souhaitées.

5. Remerciements

Les auteurs remercient Annick Lalloret and Erwan Hamard (IFSTTAR) pour les analyses des terres, ainsi que 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.

6. 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.

[GLE 13] GLE P., *Acoustique des Matériaux du Bâtiment à base de Fibres et Particules Végétales - Outils de Caractérisation, Modélisation et Optimisation*, Thèse de doctorat, ENTPE, 2013.