

Propriétés acoustiques et hygrothermiques d'un matériau bio-sourcé : le béton de chanvre

Philippe Glé, Etienne Gourlay

CEREMA Est

Laboratoire régional de Strasbourg

11, rue Jean Mentelin

BP 9

67035 Strasbourg CEDEX 02

E-mail :

philippe.gle@developpement-durable.gouv.fr

etienne.gourlay@developpement-durable.gouv.fr

Résumé

Dans le bâtiment, de nouvelles réglementations thermiques sont mises en place afin de répondre à des problématiques d'économie d'énergie, et font apparaître de nouveaux types de matériaux. Cela ne doit pas se faire au détriment du confort acoustique et des échanges hygrothermiques. Les matériaux à base de particules et de fibres végétales, comme le béton de chanvre, sont caractérisés par des propriétés multifonctionnelles de haut niveau et constituent des solutions parfaitement adaptées à ce contexte.

Ce papier présente les propriétés acoustiques et hygrothermiques caractérisées en laboratoire sur des bétons de chanvre, et vise à présenter les phénomènes atypiques en jeu au sein de ces matériaux, et à mettre en évidence les leviers d'action relatifs au choix de leurs constituants et de leur mise en œuvre, permettant un contrôle de leurs performances acoustiques et thermiques.

Les résultats obtenus soulignent que ces performances restent principalement contrôlées par la porosité et la résistivité des matériaux, résultant notamment du type de liant utilisé et de sa concentration dans le béton de chanvre. Un compromis doit alors être trouvé entre les différentes performances de ce matériau afin d'optimiser le confort acoustique et thermique des occupants d'un bâtiment.

Abstract

New thermal regulations are currently implemented in buildings in order to save energy, leading to new kinds of materials. However, noise annoyance and hygrothermal exchanges should not be neglected. Materials based on plant particles and fibers, such as hemp concrete, are characterized by high-level multifunctional properties and are suitable solutions in this context.

This paper deals with the acoustical and hygrothermal properties characterized on hemp concretes, and aims at presenting the atypical phenomena existing into these materials and the possible control of their performances through the characteristics of their constituents and their manufacturing process.

The results show that these performances are mainly controlled by porosity and resistivity of hemp concretes, resulting in particular from the type of binder used and its concentration in the material. A compromise has to be found between the different performances of the material in order to optimize the acoustic and thermal comfort into a building.

Introduction

Transition énergétique

Dans le domaine du bâtiment, on attend des matériaux utilisés, aussi bien au niveau de la rénovation que de la construction neuve, qu'ils soient de plus en plus performants et respectueux de l'environnement. Dans cette logique, le groupe 1 du Grenelle de l'environnement a revu à la hausse les exigences en termes d'isolation thermique des matériaux de construction, et a émis le vœu qu'ils soient autant que possible d'origine naturelle et puissent servir de puits de carbone [1].

Parallèlement à cela, par souci du coût global d'un bâtiment, on recherche de façon croissante à utiliser des matériaux multifonctionnels, efficaces des points de vue mécanique, thermique et acoustique, plutôt qu'une juxtaposition de matériaux répondant chacun à l'une de ces trois fonctions.

Or, il s'avère que les matériaux les plus performants en acoustique et en thermique sont de nature poreuse, d'une part car l'air est l'un des meilleurs isolants thermiques après le vide, et d'autre part car les pores dissipent les ondes acoustiques via des phénomènes visco-inertiels et thermiques.

Certains matériaux bio-sourcés, comme le béton de chanvre, peuvent à la fois être qualifiés d'éco-matériaux - étant d'origine naturelle, recyclable, renouvelable et stockant du carbone - mais aussi de multifonctionnels : leur importante porosité étant à l'origine de performances thermique et acoustique de haut niveau. Ces matériaux constituent donc une solution pertinente vers laquelle de nombreux acteurs se tournent dans le contexte actuel où le secteur du bâtiment est en pleine évolution.



Fig. 1 : Maison de la Turquie (Nogent sur Seine) rénoverée en béton de chanvre [2]
Maison de la Turquie (Nogent sur Seine)
renovated using hemp concrete

Présentation du béton de chanvre

Le béton de chanvre résulte du mélange de la chène-votte (particules de chanvre en vrac) avec un liant. Les premières utilisations du béton de chanvre en tant que matériau de construction datent d'une vingtaine d'années (Figure 1).

Le béton de chanvre est soit fabriqué à la bétonnière ou au malaxeur pour être ensuite banché, soit utilisé sous forme de briques préfabriquées, soit mis en œuvre par projection. La projection permet de mettre en œuvre le béton avec moins d'eau, ce qui accélère son temps de séchage. Dans les trois cas, le béton de chanvre est non porteur, il est donc utilisé en tant que matériau de remplissage d'une structure porteuse du type ossature bois.

Les "Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton de chanvre" [3] constituent un document de référence relatif aux performances du béton de chanvre. Ces règles distinguent notamment quatre formulations différentes de béton de chanvre dont les dénominations font référence à leur usage au sein d'une habitation : les formulations "Toit", "Mur", "Enduit" et "Sol" (aussi appelé "Dalle").

Spécificités du matériau

Le béton de chanvre est un matériau composite, à qui ses constituants confèrent des caractéristiques tout à fait atypiques :

- une microstructure poreuse multi-échelle (Figure 2(a)), composée de pores allant du micromètre au centimètre, répartis entre les particules, au sein des particules et au sein du liant ;

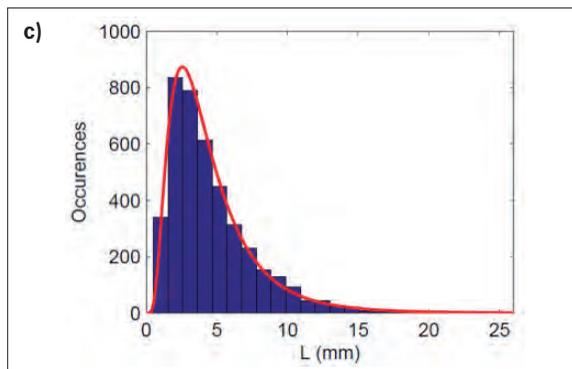
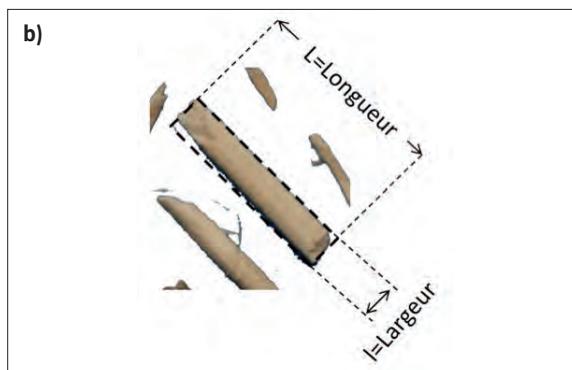


Fig. 2 : Spécificités du béton de chanvre : Porosité multi-échelle (a), anisotropie (b) et distribution de taille de particules (c)
Specificities of hemp concrete: Multiscale porosity (a), anisotropy (b) and particle size distribution (c).

- un comportement anisotrope dû à la forme parallélépipédique des particules (Figure 2(b)), et engendrant des différences fondamentales par rapport à des bétons de granulats sphériques ;
- des dimensions de particules très hétérogènes, suivant des distributions de type log-normales (Figure 2(c)).

Comportement acoustique

Sous l'hypothèse de squelette rigide, un matériau poreux dissipe uniquement l'énergie acoustique via des effets visco-inertiels et thermiques et est complètement caractérisé par deux grandeurs, sa densité dynamique et son module d'incompressibilité dynamique.

Différentes approches ont été développées dans la littérature afin de modéliser les propriétés acoustiques des matériaux poreux (absorption acoustique et indice d'affaiblissement).

Les modèles, de complexité croissante, peuvent être très lourds à mettre en œuvre, nécessitant de un à plus de huit paramètres, mais permettent de retranscrire de façon très précise les phénomènes physiques. Ils s'appuient sur la géométrie des pores ou, lorsque cela est possible, par exemple dans le cas des fibreux ou des granulaires, sur celle du squelette.

En ce qui concerne les bétons de chanvre, une première approche globale du comportement acoustique du matériau a été réalisée par Cerezo [4] à l'aide d'une approche de porosité simple, mais elle n'a pas permis d'expliquer le comportement observé lors des expériences.

Des travaux ultérieurs [5] ont permis de montrer, en se basant sur la théorie de la double porosité [6], que les propriétés acoustiques des bétons de chanvre peuvent être approchées par celles de leur réseau de pores interparticules, le contraste de perméabilité existant vis-à-vis des pores intraliant et intraparticules étant particulièrement important.

Fonctionnement hygrothermique

Lorsque la température imposée sur la paroi extérieure d'un mur de béton de chanvre augmente soudainement, de l'eau se vaporise au sein du matériau, ce qui se traduit par une forte hausse de l'humidité relative et un amortissement de l'élévation de température dans le matériau compte tenu du caractère endothermique des phénomènes de vaporisation. De la même manière, quand la température extérieure diminue brusquement, des phénomènes exothermiques de condensation se produisent. Par conséquent, le béton de chanvre se comporte naturellement comme un matériau à changement de phase.

Les transferts convectifs jouent un rôle majeur dans la régulation thermique d'un mur de béton de chanvre dans la mesure où les apports continus de vapeur d'eau depuis l'extérieur favorisent les changements de phase au sein du matériau et permettent, de ce fait, de réduire sensiblement les variations de température dans le mur [7].

Pour finir, le béton de chanvre constitue un excellent moyen d'amortir, de manière passive, les variations quotidiennes de température et d'hygrométrie : il permet ainsi de réduire la demande énergétique et d'améliorer grandement le confort thermique et hydrique au sein des logements. En outre, le béton de chanvre contribue à limiter les problèmes de condensation et de moisissures sur les parois nuisibles au confort sanitaire des ambiances [8].

Matériaux et méthodes

Matériaux sélectionnés

Nos travaux ont porté sur les 5 **chènevottes** présentées ci-dessous :

- La chènevotte notée CA a été récoltée en Champagne-Ardenne. Les plants ont été récoltés à maturité et transformés par un broyeur à marteaux.
- La chènevotte CB a été récoltée en Allemagne, où elle a été rouie sur pied et transformée à l'aide d'une moissonneuse batteuse.

Cette chènevotte est caractérisée par une granulométrie étendue. Cette propriété a été exploitée afin d'étudier l'influence des dimensions des particules sur les propriétés acoustiques. Le chanvre CB a donc été étudié sous sa forme naturelle et sous 5 autres formes tamisées notées CB1 à CB5 (de la plus grossière à la plus fine), obtenues par un procédé standard de tamisage à l'aide de tamis de sections carrées.

- La chènevotte CC a été cultivée en Grande-Bretagne, où les plants sont rouis sur champ et transformés par un broyeur à marteaux.
- La chènevotte CD a été récoltée en Franche-Comté. Nous n'avons pas d'informations vis-à-vis de son rouissage.
- La chènevotte CE a été cultivée dans les Pays de la Loire et n'est pas rouie.

Ces chènevottes ont été couplées à 5 liants de différentes natures :

- Le liant LA est un mélange de 75% de chaux aérienne, de 15% de chaux hydraulique et de 10% de chaux pouzzolanique.
- Le liant LB est composé à 65% d'un liant constitué de 80% de chaux aérienne et de 15% de liants hydrauliques, et de 35% de charges minérales (incuits de calcaire ayant une granulométrie étagée).
- Le liant LC est un ciment Portland ne contenant pas d'aluminate tricalcique et très peu d'oxyde d'alumine.
- Le liant LD est une chaux aérienne très pure (95%).
- Enfin, le liant LE est une chaux naturelle hydraulique d'indice d'hydraulicité 0,35.

Formulation des bétons de chanvre

Les échantillons ont été réalisés grâce à une bétonnière à pales fixes et à tambour rotatif.

Le mode de réalisation est basé sur les "Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton de chanvre" [3]. Il est décliné en 5 étapes :

1. L'eau est introduite dans la bétonnière,
2. Le liant est ajouté en totalité,
3. L'ensemble est malaxé pendant environ 3 minutes de façon à obtenir une barbotine homogène,
4. La chènevotte est alors introduite progressivement en veillant à désolidariser les paquets de particules,
5. Le mélange est malaxé environ 5 minutes avec une inclinaison maximale du tambour jusqu'à obtenir un mélange bien homogène (Figure 3).

Différentes formulations de béton de chanvre ont été réalisées afin de mettre en évidence les effets des constituants, et de la mise en œuvre du matériau. En particulier, plusieurs séries de formulations ont permis d'investiguer :

- l'effet des liants et des chènevottes utilisés sur les propriétés d'une formulation "Mur" de béton de chanvre, avec 15 gâchées réalisées à partir de 3 chènevottes (CA, CB et CC) et des 5 liants,
- l'effet de la formulation sur les propriétés de bétons de chanvre fabriqués à partir de liant LA et de chanvre CA suivant 9 concentrations différentes.



Fig. 3 : Bétonnière utilisée pour la réalisation des échantillons
Mixer used for the fabrication of samples



Fig. 5 : Dispositif de mesure de transferts hygrothermiques
Hygrothermal transfers measuring device.

Méthodes de caractérisation acoustique

Les caractérisations des propriétés acoustiques des bétons de chanvre ont été effectuées en tube de Kundt à l'aide de la méthode sans cavité à trois positions de microphones [9] illustrée Figure 4. Cette méthode permet une caractérisation de l'absorption acoustique du matériau, mais aussi de ses caractéristiques de propagation intrinsèques (densité et module d'incompressibilité dynamiques), et par conséquent de son indice d'affaiblissement TL (Transmission Loss).

L'épaisseur des échantillons testés a été fixée à 5 cm pour permettre une comparaison avec les propriétés des chènottes et celles des liants. Toutefois, le caractère imperméable du béton de chanvre, d'autant plus fort lorsque ce dernier est dense ou chargé en liant, a rendu, dans les cas extrêmes, impossible la mesure de la densité dynamique du module d'incompressibilité dynamique et donc de l'indice d'affaiblissement. Pour les échantillons concernés, le comportement du matériau en isolation est biaisé et les valeurs mesurées peuvent s'avérer surestimées. En effet, les conditions limites imposées à un échantillon dans le tube de Kundt (en périphérie ainsi qu'au dos de l'échantillon dans ce cas de figure) limitent fortement ses déplacements par rapport à une situation réelle, et le privent donc du principal mode de transmission (effets mécaniques),

les effets visco-inertiels et thermiques étant par ailleurs quasiment nuls étant donnée l'imperméabilité du matériau.

Les paramètres acoustiques, c'est-à-dire la porosité inter-particule, la résistivité, la tortuosité et la longueur caractéristique visqueuse, ont, quant à eux, été déterminés suivant des approches directe et indirecte. Les résultats obtenus sont présentés dans [5].

Mesures de transferts hygrothermiques

Un dispositif expérimental original a été développé afin de caractériser le comportement hygrothermique d'un mur de béton de chanvre (Fig. 5).

L'humidité relative et la température ont été simultanément régulées sur chacune des deux parois du mur testé au moyen de deux chambres climatiques : l'éprouvette était ainsi soumise à des gradients de température et d'hygrométrie entre les deux chambres. L'une des enceintes climatiques a été pilotée à 20°C et 50% HR durant 96 heures tandis que dans l'autre chambre, la température et l'humidité relative ont été maintenues constantes par paliers de 24 heures : des conditions extérieures printanières (Paliers 1 et 4 : 20°C, 50% HR), hivernales (Palier 2 : 10°C, 80% HR) et estivales (Palier 3 : 40°C, 45% HR) ont été retenues (Fig. 6, page suivante).

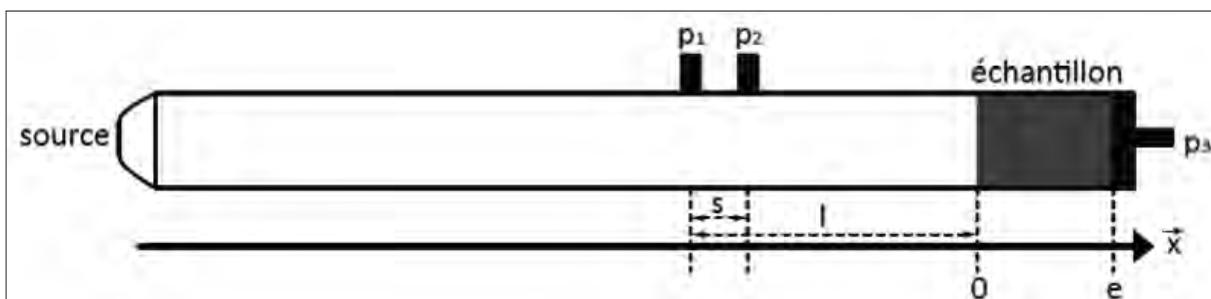


Fig. 4 : Schéma illustrant la méthode de caractérisation sans cavité. Diagram showing the method of characterisation without air gap

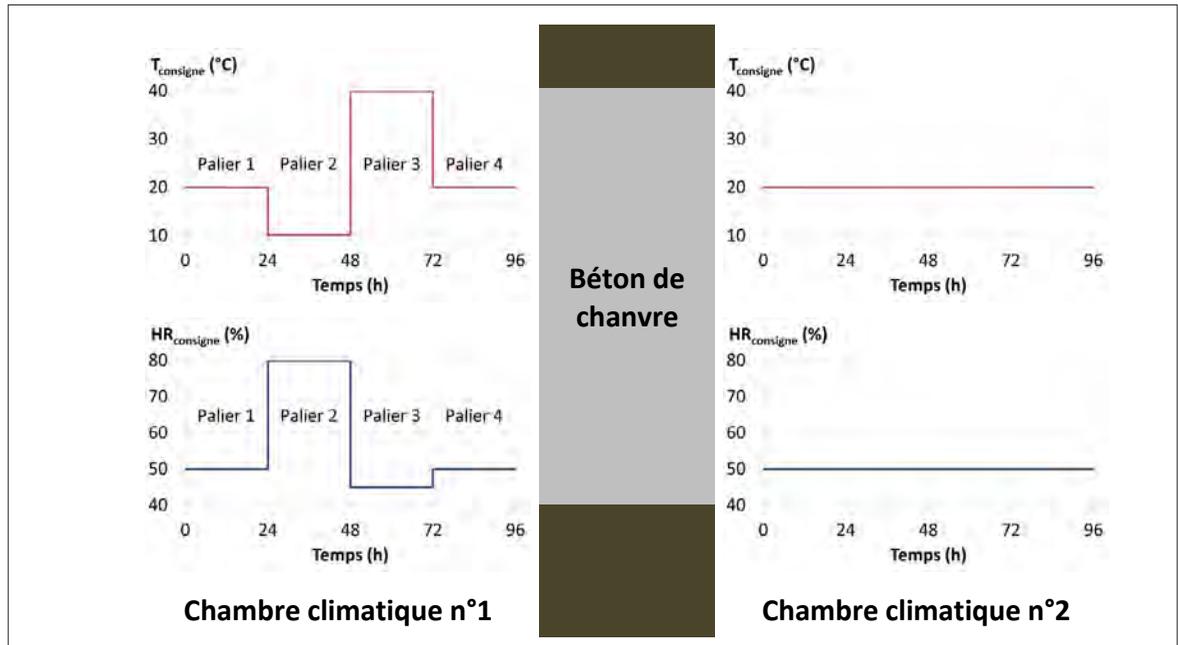


Fig. 6 : Variations de température et d'humidité relative à l'intérieur des enceintes climatiques pendant un essai
Variations in temperature and relative humidity within the environmental chambers during a test

Les différentes mesures ont été réalisées à l'aide d'une sonde de température et d'hygrométrie placée pendant l'essai au milieu du mur de béton de chanvre considéré.

Résultats et discussion

Acoustique

Les courbes d'absorption et d'indice d'affaiblissement sont présentées Figure 7 de sorte à observer l'effet de la chènevotte pour une densité fixée à 120 kg.m^{-3} . En premier lieu, on constate que l'origine et la granulométrie de la chènevotte ont un effet aussi important que leur densité apparente. Les différences proviennent des spécificités des chènevottes, c'est-à-dire de leur granulométrie, leur densité de squelette, leur densité apparente de particules et leur porosité intraparticulaire. Tous ces paramètres varient d'une chènevotte à l'autre si bien qu'il est difficile d'interpréter l'effet intrinsèque de chacun sur les propriétés acoustiques. Malgré tout, les chènevottes tamisées à partir de la chènevotte CB permettent de s'affranchir de l'effet de la densité de squelette, cette dernière étant constante sur les échantillons CB1 à CB5 [5].

On constate ainsi que l'absorption de ces chènevottes tamisées devient plus importante sur toute la gamme de fréquences avec de plus fines particules. Ces différences s'expliquent par une augmentation de la résistivité avec les particules fines. Au niveau de l'indice d'affaiblissement, les chènevottes tamisées sont caractérisées par les mêmes performances. De même que pour la position du pic d'absorption, il semble que l'augmentation de résistivité liée à la dimension des particules est complètement compensée par la variation des autres paramètres.

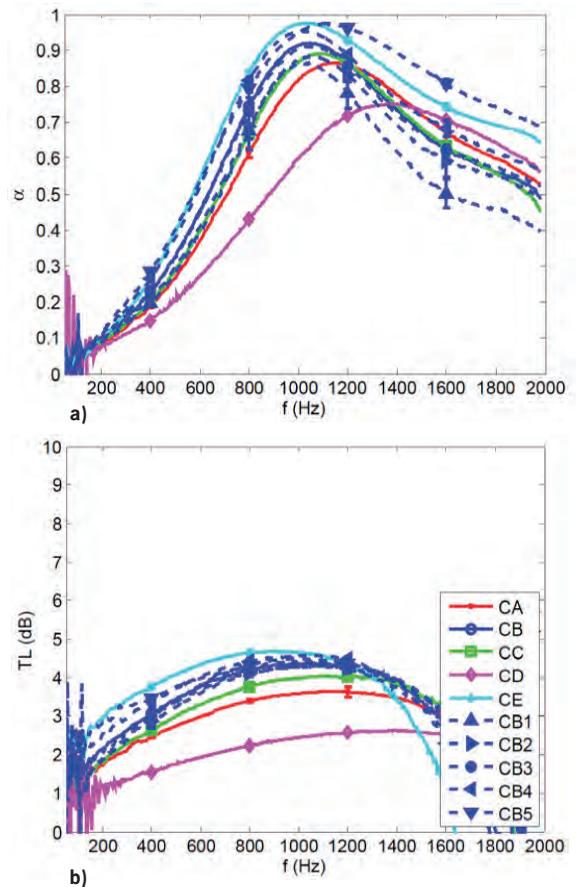


Fig. 7 : Variation des propriétés acoustiques (absorption (a) et indice d'affaiblissement (b)) en fonction de l'origine et la granulométrie de la chènevotte
Variation of the acoustical properties (sound absorption (a) and transmission loss (b)) as a function of the origin and particle size of shiv.

Globalement, les performances les plus extrêmes sont obtenues par les chènevottes CD et CE. CE est caractérisée à la fois par la meilleure absorption et le meilleur indice d'affaiblissement, ce qui s'explique principalement par sa fine granulométrie. Les performances moins intéressantes de CD sont, elles, principalement dues à sa faible résistivité.

L'effet du liant est indiscutable sur l'absorption acoustique du béton de chanvre. En effet, pour chacune des chènevottes utilisées, les propriétés acoustiques évoluent très sensiblement en fonction du liant choisi. On note ainsi que, d'après la figure 8 :

- Les bétons les moins performants en absorption sont systématiquement ceux fabriqués avec le liant LD. Ces propriétés sont dues aux caractères dense et imperméable du liant.
- Les liants LA, LC et LE offrent aux bétons des propriétés acoustiques intermédiaires. La courbe d'absorption atteint alors 50 à 60% au niveau de son premier pic à 400 Hz.
- Le liant LB donne des bétons de chanvre très performants dont l'absorption acoustique peut dépasser 80% au niveau du premier pic, situé vers 500 Hz. Ce liant permet de garder une porosité très ouverte dans le matériau, et donc une faible résistivité.

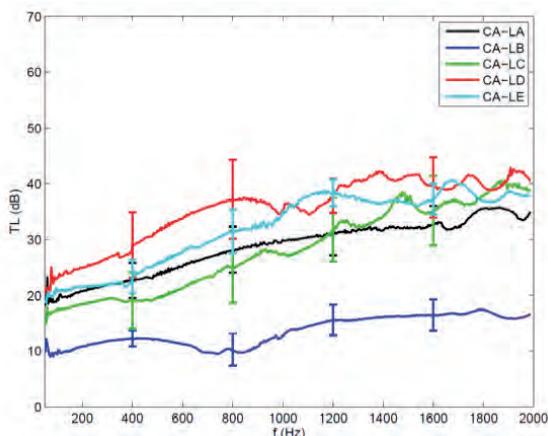
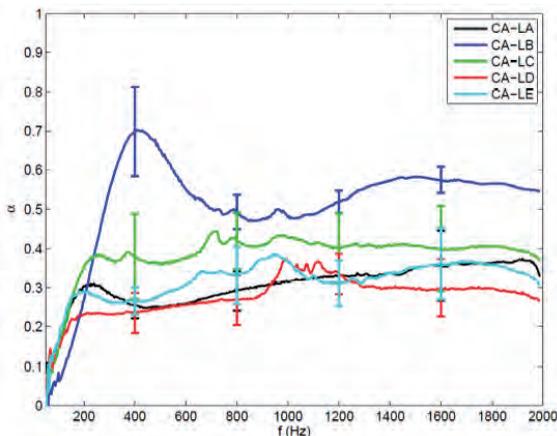


Fig. 8 : Variation des propriétés acoustiques (absorption (a) et indice d'affaiblissement (b)) en fonction de la nature du liant
Variation of the acoustical properties (sound absorption (a) and transmission loss (b)) as a function of type of binder

En matière d'indice d'affaiblissement, on constate une inversion systématique des performances par rapport à l'absorption acoustique. Ceci s'explique par le fait que cette grandeur est fortement corrélée à la résistivité des matériaux. Or, pour la gamme de résistivités rencontrée dans les bétons de chanvre, une augmentation de résistivité implique une baisse systématique de l'absorption acoustique.

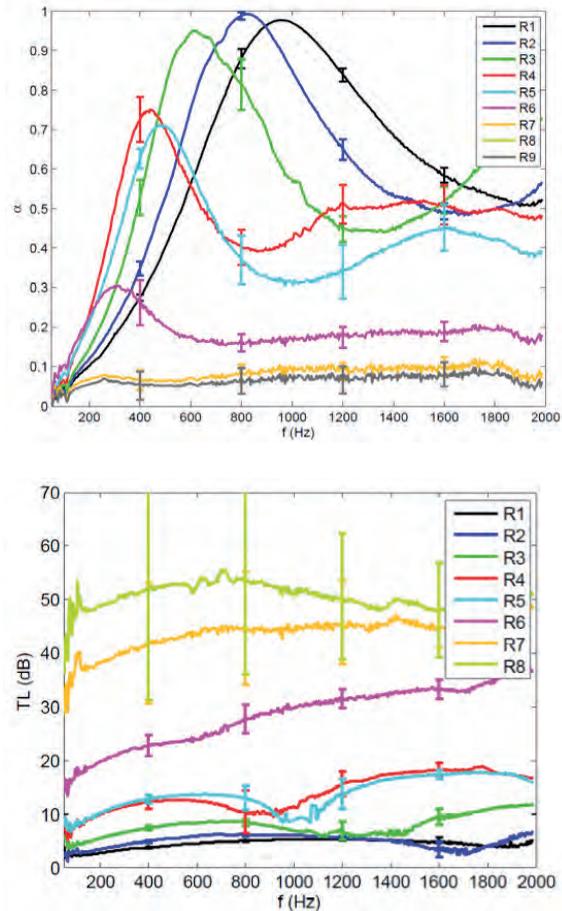


Fig. 9 : Variation des propriétés acoustiques (absorption (a) et indice d'affaiblissement (b)) en fonction de la concentration de liant utilisée
Variation of the acoustical properties (sound absorption (a) and transmission loss (b)) as a function of the binder quantity

On constate enfin d'après les résultats présentés Figure 9 qu'une augmentation de la concentration de liant entraîne un décalage net des pics d'absorption vers les basses fréquences, une baisse de l'absorption globale et un gain de l'indice d'affaiblissement. On passe ainsi progressivement d'une absorption quasi-nulle pour le liant pur à une absorption très importante pour les formulations proches de la chènevotte pure. On accède à des indices d'affaiblissement de l'ordre de 40 dB avec un ratio Liant/Chanvre de 4 (R7).

Transferts hygrothermiques

Pour caractériser l'effet de la chènevotte sur le comportement hygrothermique d'un mur de béton de chanvre, les variations de température et d'humidité relative déterminées au centre des échantillons constitués en utilisant le liant LA et les chènevottes CA, CB et CC ont été confrontées (Fig. 10, page suivante).

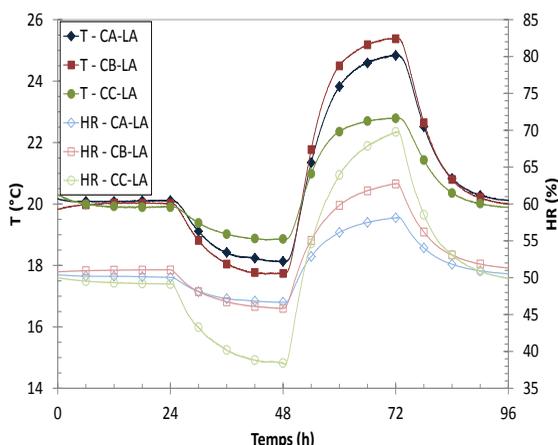


Fig. 10 : Evolution de la température et de l'humidité relative au milieu des murs de béton de chanvre CA-LA, CB-LA et CC-LA pendant l'essai
Evolution of temperature and relative humidity in the middle of the hemp concrete walls CA-LA, CB-LA and CC-LA during the test

L'amplitude de la variation d'hygrométrie mesurée au milieu du mur CC-LA lors du passage du deuxième au troisième palier est relativement importante (de l'ordre de 30%) tandis que l'amplitude de la variation de température observée est faible (sensiblement 4°C). En effet, la hausse brutale de température sur l'une des parois du béton de chanvre entraîne une vaporisation d'une part de l'eau liquide contenue dans l'échantillon : l'humidité relative augmente donc fortement au milieu du mur. Ce changement de phase étant endothermique, il s'accompagne d'une importante absorption d'énergie qui permet d'amortir sensiblement l'augmentation de température dans le béton.

L'amplitude de la variation de température mesurée au milieu du béton CA-LA entre le deuxième et le troisième palier est plus forte (à peu près 6,5°C) que pour le mur fabriqué en utilisant la chènevotte CC alors que l'amplitude de la variation d'humidité relative est nettement moins élevée (quasiment 12%). Le béton CA-LA est moins poreux que l'échantillon CC-LA étant donné que les particules de chanvre utilisées sont plus courtes : les transferts d'énergie et d'humidité s'effectuent donc plus lentement dans le mur. Or, les transferts convectifs jouent un rôle considérable dans la régulation thermique du béton de chanvre : les apports de vapeur d'eau depuis l'extérieur du matériau favorisent les changements de phase en son sein et permettent ainsi d'amortir les variations de température dans le mur [7]. Par conséquent, le béton de chanvre CA-LA étant moins perméable, l'apport de vapeur d'eau dans le matériau et donc les changements de phase sont moindres : l'augmentation de température au milieu de l'échantillon est alors freinée de manière moins importante.

Les amplitudes des variations d'humidité relative (environ 17%) et de température (presque 7,5°C) mesurées au milieu du mur CB-LA entre le deuxième et le troisième palier sont plus importantes que pour le béton formulé à partir de la chènevotte CA. Le mur CB-LA est plus poreux ce qui favorise les changements de phase en son sein mais cela lui confère également une plus faible inertie thermique : ce dernier point explique que l'amplitude de la variation de

température au milieu du mur soit plus élevée malgré un amortissement plus important dû à la vaporisation d'une plus grande quantité d'eau. Il semble donc qu'un béton de chanvre trop poreux ne possède pas une inertie thermique suffisante pour amortir les variations de température extérieure. Par ailleurs, une faible perméabilité freine les échanges convectifs au sein du matériau et, par conséquent, l'affaiblissement des variations de température dans le mur est moindre. Il semble donc qu'en utilisant une chènevotte de granulométrie optimale, en l'occurrence ici la chènevotte CC, il est possible de fabriquer des bétons de chanvre assez peu perméables pour atténuer l'effet des variations de température extérieure et suffisamment poreux pour permettre les échanges convectifs et ainsi favoriser les changements de phase au cœur du matériau.

L'effet du liant sur le fonctionnement hygrothermique du béton de chanvre a été déterminé en comparant les évolutions de la température et de l'hygrométrie au milieu des éprouvettes de formulation CA-LA, CA-LC et CA-LE lors de l'essai (Fig. 11).

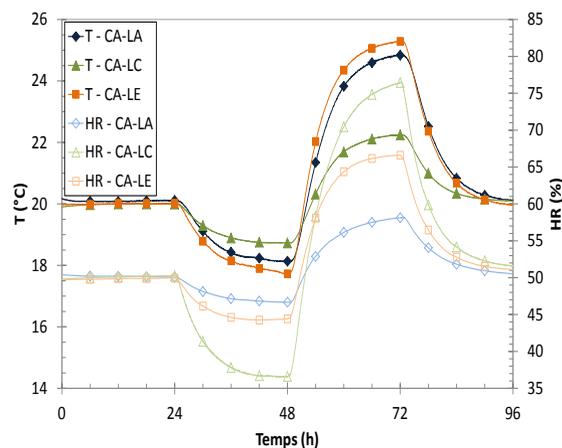


Fig. 11 : Evolution de la température et de l'humidité relative au milieu des murs de béton de chanvre CA-LA, CA-LC et CA-LE pendant l'essai
Evolution of temperature and relative humidity in the middle of the hemp concrete walls CA-LA, CA-LC and CA-LE during the test

L'augmentation de température observée durant le troisième palier au cœur de l'éprouvette contenant du liant LA (environ 6,5°C) est bien plus forte que celle enregistrée au milieu du mur CA-LC (quasiment 3,5°C) alors que la hausse d'hygrométrie mesurée (de l'ordre de 12%) est autrement moins élevée que dans l'échantillon fabriqué en utilisant le liant LC (près de 40%). En effet, la vapeur d'eau se diffuse plus rapidement au sein de la paroi de formulation CA-LC étant donné que sa porosité interparticule est plus grande, ce qui facilite l'apparition de phénomènes internes de condensation et de vaporisation. En outre, la diffusivité thermique sèche du béton de chanvre confectionné à partir du liant LC est plus faible : en conséquence, l'élévation de température dans ce mur est davantage modérée.

Les amplitudes des hausses de température (approximativement 7,5°C) et d'humidité relative (environ 22%) constatées entre la fin du deuxième palier et le début du quatrième palier au centre du mélange CA-LE sont plus élevées que celles obtenues au milieu du mur à base de liant LA.

Attendu que l'éprouvette CA-LE dispose d'une porosité plus conséquente, la propagation des flux de chaleur et d'humidité à travers le matériau est plus aisée, ce qui est propice aux différents changements de phase et accentue donc les variations d'hygrométrie au cœur de la paroi. Toutefois, les phénomènes de vaporisation et de condensation au sein de l'échantillon composé de liant LE devraient engendrer un amortissement plus substantiel de l'augmentation de température au sein du matériau, d'autant plus que le mur CA-LE possède une diffusivité thermique sèche moindre et devrait, de ce fait, présenter une meilleure inertie. Cela prouve de nouveau que le couplage entre les transferts de chaleur et d'humidité reste assez difficile à appréhender et influence considérablement le fonctionnement hygrothermique du béton de chanvre.

En conclusion, les mesures effectuées montrent que le comportement hydrique et thermique d'un mur de béton de chanvre dépend fortement de sa structure porale et donc du type de chènevotte et de la nature du liant employés pour le mettre en œuvre. Ainsi, par rapport aux autres échantillons considérés, le mur composé de chènevotte CC, d'une part, et celui à base de liant LC, d'autre part, possèdent les meilleures performances hygrothermiques car leur porosité, intermédiaire, permet de réaliser un excellent compromis entre diffusion de vapeur d'eau, inertie et isolation thermique.

Conclusions et perspectives

Les mesures réalisées dans le cadre de ce papier ont permis d'évaluer l'influence des matières premières (chènevotte et liant) et de la mise en œuvre sur les propriétés acoustiques et hygrothermiques d'un béton de chanvre. Ainsi, l'utilisation d'un liant dense et imperméable engendre une augmentation de la résistivité du matériau, ce qui implique, dans la gamme de résistivités rencontrée dans les bétons de chanvre, une baisse systématique de l'absorption acoustique et une hausse de l'indice d'affaiblissement. De la même manière, une augmentation de la concentration de liant du matériau entraîne un décalage net des pics d'absorption vers les basses fréquences, une diminution de l'absorption globale et un gain de l'indice d'affaiblissement. En revanche, les performances hygrothermiques d'un béton de chanvre sont optimales lorsque sa porosité permet d'obtenir le meilleur compromis possible entre diffusion de vapeur d'eau, inertie et isolation thermique.

Les résultats obtenus montrent donc qu'il est nécessaire de faire un compromis entre les niveaux de performances acoustiques et thermiques pour concevoir des formulations types de bétons de chanvre satisfaisant aux exigences de confort acoustique et thermique propres à chaque bâtiment.

Pour compléter ce travail, l'impact du vieillissement du matériau sur son comportement acoustique et son fonctionnement hygrothermique sera évalué. L'objectif à plus long terme sera de développer un modèle couplé acoustique/thermique afin d'optimiser la formulation du béton de chanvre.

Références bibliographiques

- [1] Le Grenelle de l'Environnement - Rapport de synthèse du groupe 1 : Lutter contre les changements climatiques et maîtriser l'énergie. Rapport technique, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2008
- [2] Association Construire en chanvre <http://www.construction-chanvre.asso.fr/>
- [3] Commission « Règles Professionnelles Construction Chanvre ». Règles professionnelles d'exécution de murs en béton de chanvre, 2012
- [4] V. Cerezo, Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d'un matériau à base de particules végétales : approche expérimentale et modélisation théorique. Thèse de doctorat, Ecole doctorale MEGA, Lyon, 2005
- [5] P. Glé, Acoustique des matériaux du bâtiment à base de fibres et particules végétales. Outils de caractérisation, modélisation et optimisation. Thèse de doctorat, ENTPE, Université de Lyon, 2013
- [6] X. Olny et C. Boutin, Acoustic wave propagation in double porosity media. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 114, no. 1, p. 73-89, 2003
- [7] E. Gourlay, De la chènevotte au béton de chanvre, optimisation des propriétés mécaniques et hygrothermiques. Mémoire de Master Recherche, ENTPE, Vaulx-en-Velin, 2009
- [8] D. Samri, Analyse physique et caractérisation hygrothermique des matériaux de construction : approche expérimentale et modélisation numérique. Thèse de doctorat, ENTPE, Université de Lyon, 2008
- [9] T. Iwase, Y. Izumi et R. Kawabata. A new measuring method for sound propagation constant by using sound tube without any air spaces back of a test material. *Internoise 98*, Christchurch, New Zealand, 4 p., 1998.

Questions

Qu'est-ce qui caractérise la spécificité du béton de chanvre par rapport à un béton standard ?

Bernard Gourlay : Par rapport à un béton standard, la densité va varier énormément. Elle est plutôt de l'ordre de 400 kg/m³ alors que le béton traditionnel est autour de 2 500 kg/m³. Le gain en thermique va être dû à la porosité des particules elles-mêmes puisqu'on a de l'air entre les particules et le liant mais aussi au sein des particules puisqu'on a 60% de porosité. Il y a un plus par rapport au béton standard qui a une porosité interparticules.

Plus précisément, il y a sur le marché une grande diversité de bétons et notamment du béton allégé avec des densités assez proches. Quand on fait des blocs bétons par exemple, on a des cellules très ouvertes. Est-ce qu'on peut utiliser vos approches de manière similaire ?

Philippe Glé : Il y a des similitudes entre les approches. Et il y a vraiment deux points qui sont fondamentaux : Ce sont la porosité et la forme des particules ainsi que leur distribution dimensionnelle qui va avoir une influence sur la tortuosité du matériau. C'est aussi sur la partie thermique qu'on a tous ces phénomènes de changement de phase au sens du matériau, les transferts hygrothermiques qui sont nettement plus marqués que dans une brique de terre cuite ou un béton cellulaire.