# Variabilité des performances acoustiques des bétons végétaux, du matériau à l'écran antibruit

**Philippe Glé, Patrick Demizieux**
*Cerema Strasbourg*
*11, rue Jean Mentelin*
*67035 Strasbourg CEDEX 02*
*France*
*E-mail : philippe.gle@cerema.fr*

**Geoffrey Pot**
*Cerema Lille*
*2, rue de Bruxelles*
*59000 Lille*
*France*

**Emmanuel Gourdon**
*Univ Lyon, ENTPE-LGCB, LTDS UMR CNRS 5513,*
*3, rue Maurice Audin*
*69120 Vaulx En Velin*
*France*

*Résumé*
*Afin de maîtriser les performances des matériaux biosourcés, matériaux fortement hygroscopiques, utilisés pour réaliser des écrans antibruit, il est nécessaire de mieux connaître quantitativement et qualitativement les conséquences de leur forte sensibilité à l'eau liquide sur leurs performances acoustiques. Plusieurs questions se posent donc aujourd'hui : Dans quelle mesure l'eau liquide affecte-t-elle les propriétés des bétons végétaux ? Est-il possible avec les modèles actuels de prévoir le comportement de ces matériaux soumis à l'eau liquide ? Est-ce que ces bétons retrouvent leurs propriétés initiales après avoir séché ou est-ce qu'une dégradation apparaît progressivement dans le temps ? Une campagne expérimentale a été engagée par le Cerema, sur un écran en béton de bois présent sur le site du laboratoire de Strasbourg. Son absorption acoustique a été caractérisée à échéance régulière pendant plus de deux ans in situ afin de suivre l'évolution naturelle de ses performances. En parallèle à cette approche « écran », une approche laboratoire s'est concentrée sur la compréhension de l'effet de l'eau sur les performances à l'échelle du « matériau ». Ces résultats expérimentaux ont enfin été étayés par des modélisations du comportement acoustique des bétons végétaux afin de mettre en évidence les répercussions de l'eau sur la microstructure et les performances finales des bétons végétaux, et afin de faire le lien entre les performances échelle « écran » et les performances échelle « matériau ».*

*Abstract*
*To control the performance of bio-based materials, used as noise barriers, it is necessary to know quantitatively and qualitatively the consequences of their high sensitivity to liquid water on their acoustic performance. Several questions arise today : How much does water affect vegetal concrete properties ? Is it possible with current models to predict the behavior of these materials subjected to water ? Do these concretes recover their initial performances after drying or do deterioration occur gradually over time ? An experimental campaign has been carried out by Cerema, on a wood concrete screen present on the Strasbourg laboratory site. Sound absorption has been evaluated at regular intervals during more than two years in situ to follow the natural evolution of its performance. In parallel with this "screen" approach, a laboratory approach focused on understanding the effect of water on the performance of the "material". These experimental results were finally supported by modeling the acoustic behavior of the concrete plant to highlight the repercussions of water on the microstructure and the final performance of the concrete, and to link the performances at the "screen" scale and at the "material" scale.*

Les matériaux biosourcés trouvent application dans un grand nombre de domaines aujourd'hui, du bâtiment à l'automobile, et répondent à un besoin de plus en plus exigeant, associant performances multiphysiques (mécanique, thermique, acoustique) et respect de l'environnement.
Toutefois, leurs spécificités par rapport à des matériaux conventionnels, notamment leur origine végétale ainsi que leur fort caractère hygroscopique, pose nécessairement la question de leur comportement en termes de durabilité. Ces matériaux sont effectivement amenés, à travers leurs différents usages, à être exposés à des variations de température (gel/dégel en extérieur), à de forts niveaux d'humidité (bâtiment) ou même à des apports en eau liquide (bâtiment, écrans antibruit). Dans ces conditions, le caractère hygroscopique de ces matériaux pourrait induire des désordres qu'il est important de connaître afin d'évaluer et/ou d'optimiser la durée de vie de ces ouvrages.

Cet article présente le suivi des performances acoustiques d'un écran antibruit biosourcé en béton de bois, installé sur le site du Laboratoire du Cerema de Strasbourg. Ses performances ont été caractérisées à échéances régulières pendant trois ans et des mesures complémentaires ont été réalisées afin de pouvoir distinguer l'effet des précipitations de celui d'un vieillissement éventuel. D'autres expérimentations ont été conduites en parallèle en laboratoire sur des échantillons de plus faibles dimensions afin de proposer une modélisation des phénomènes observés.

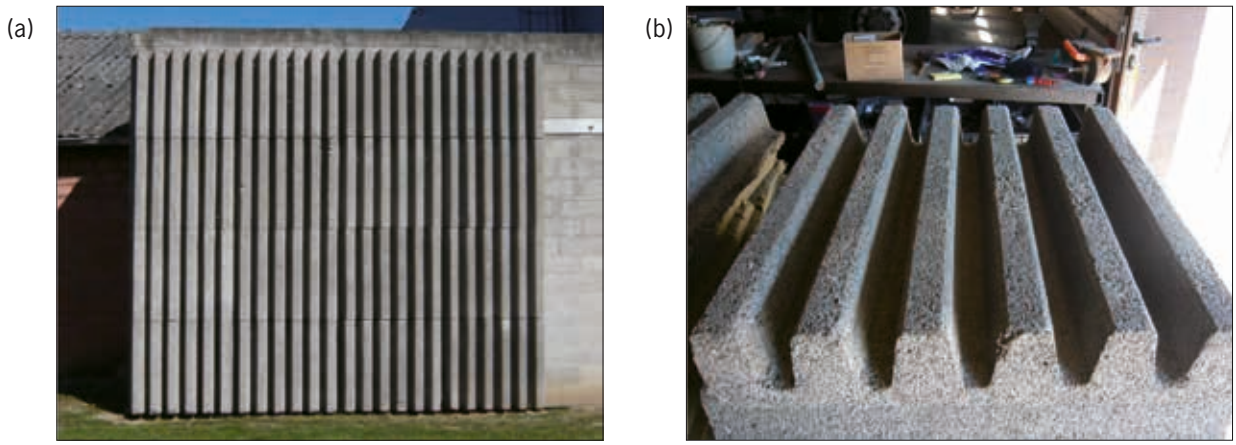



**Fig. 1 : Vue sur l'écran (a) et sur un bloc de béton de bois (b).** ***View of the screen (a) and of a wood concrete block (b)***

## Matériaux et méthodes

### Présentation de l'écran

L'objet principal de cette étude est un écran mis en œuvre dans le cadre de l'ORSI, sur le site du Laboratoire de Strasbourg, à partir de blocs de béton de bois.
Ces blocs nous ont été fourni gracieusement par le groupe Capremib[1], il s'agit de blocs de béton de bois nervurés Capremib *Millénium 5-93* destinés à réaliser des parements absorbants sur des murs existants (voir figure 1).

Ce béton de bois résulte d'un mélange de particules de pin avec un liant type ciment. Le produit fini a une masse volumique avoisinant les 750 kg.m$^{-3}$, et est mis en œuvre sous forme de blocs dont la géométrie est présentée figure 2. L'écran constitué de 16 blocs (répartis en carré 4 x 4) a ainsi une emprise avoisinant 4 m par 4 m.

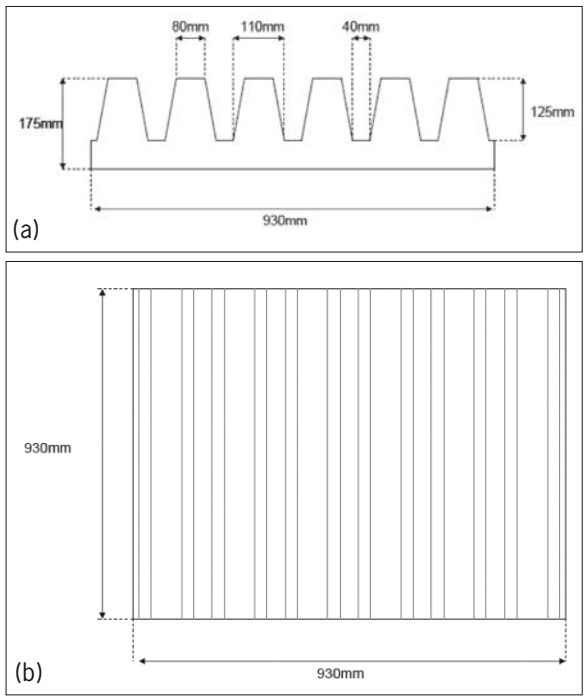



**Fig. 2 : Géométrie des blocs de béton de bois, vue de profil (a) et vue de face (b)**
***Description of the blocks, profile (a) and front (b) views***

L'absorption de ces blocs a été évaluée par le CSTB selon les normes NF EN 20354, NF EN 1793-1 et NF EN 1793-3 [1,2,3], en condition de champ diffus en chambre réverbérante.

Le PV indique que l'indice unique DL$\alpha$ de ce matériau est de 13 dB, ce qui le classe dans la catégorie A4, parmi les meilleurs absorbants acoustiques.

### Approche expérimentale multi-échelle

*Approche in situ : Caractérisation écran*

La méthode utilisée *in situ* est décrite dans le projet de norme prEN 1793-5 à paraître en 2016 [4], intitulée : « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Caractéristiques intrinsèques. Valeurs *in situ* de réflexion acoustique dans des conditions de champ acoustique direct ».

Il s'agit d'une méthode qui a été en grande partie développée à travers les projets de recherche Adrienne [5] et QUIESST [6] afin de répondre à un certain nombre d'inconvénients rencontrés avec la norme NFS 31-089, notamment d'après [7] :

- la faible reproductibilité due à la nature du bruit impulsionnel utilisé (tir de pistolet),
- l'incompatibilité avec les écrans comportant des irrégularités de surface supérieures à 10 cm, liée à la ponctualité des mesures,
- la limitation en basses fréquences causée par la durée de fenêtrage de 3 ms.

Cette norme doit à terme intégrer les améliorations apportées par QUIESST. Elle s'appuie sur l'émission d'un signal stationnaire pseudo-aléatoire et donc répétable (recommandation d'un MLS : *Maximum Length Sequence* qui présente l'avantage d'être facilement isolé du bruit de fond existant pendant les mesures [8]). De plus, les signaux sont fenêtrés sur une durée supérieure de 7,4 ms (fenêtrage « Adrienne » adaptable en fonction de la géométrie de la mesure) ce qui permet d'étendre la gamme de validité aux basses fréquences.

*1- http://www.capremib.com/metier/ecrans-acoustiques*

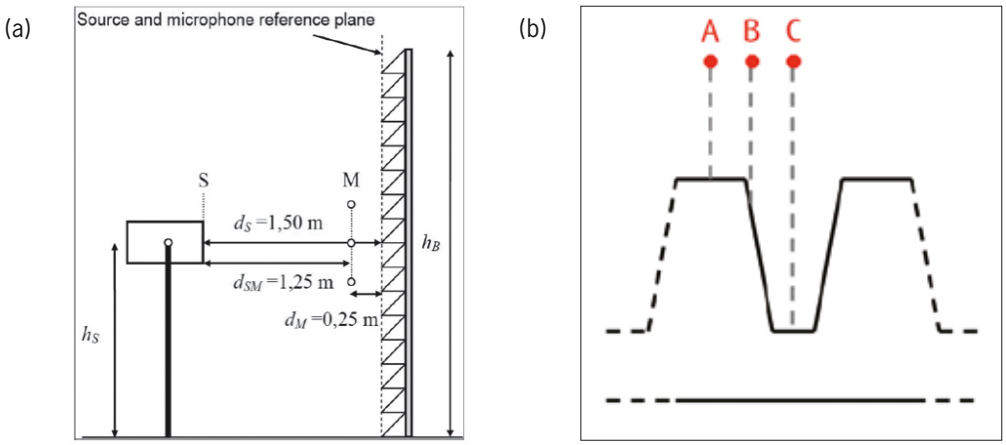
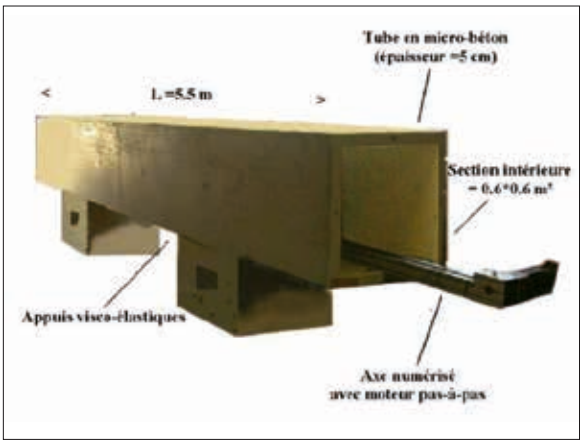



**Fig. 3 : Caractérisation des écrans selon la méthode QUIESST : Configuration générale (a) et positions de mesure (b) [6]**
***Characterisation of screens following QUIESST method : General configuration (a) and positions (b) [6]***

Enfin, les mesures sont réalisées avec une grille acoustique composée de neuf microphones (répartis sur une trame plan carrée de 80 cm de côté) ce qui permet d'intégrer les performances de l'écran testé sur neuf positions et plusieurs angles d'incidences. Les incidences concernées restent toutefois limitées à 25°, et restent inférieures au cas de la NFS 31-089 (incidences entre 0 et 30°).
La configuration de la source et des microphones pendant la mesure est détaillée sur la figure 3. Les dimensions de l'écran testé doivent être *a minima* de 4 m par 4 m.
Cette mesure est réalisée en deux temps : Une première mesure est réalisée en conditions de champ libre (le dispositif ne doit pas être orienté vers des obstacles à proximité), puis une seconde est réalisée en intégrant le champ global (dispositif orienté vers l'écran, cf. figure 3a). L'onde incidente est alors obtenue directement à partir des mesures en champ libre, et l'onde réfléchie est obtenue par soustraction du champ global avec le champ libre. Une fois les champs fenêtrés pour chaque microphone, le calcul de l'indice de réflexion est réalisé en prenant en compte des facteurs de directivité, de divergence géométrique et de différences de gain.
Ces mesures sont répétées pour les écrans présentant une surface irrégulière sur plusieurs configurations notées A, B, C, D... L'application de cette méthodologie à l'écran est illustrée figure 3b.

- A : Dispositif placé de telle sorte que le microphone central soit aligné avec une des régions les plus proéminentes de l'écran, tout en restant le plus centré possible.
- B : Position intermédiaire entre A et C.
- C : Dispositif placé de telle sorte que le microphone central soit aligné avec une des régions les moins proéminentes de l'écran, tout en restant le plus centré possible.
- D, ... : Dispositif placé pour être aligné avec chaque éventuel élément présentant une surface différente du type structure porteuse (De telles positions n'étaient pas pertinentes dans le cas présent).

*Approche laboratoire : Caractérisation matériau*
En complément des caractérisations *in situ*, des analyses ont été réalisées en laboratoire à l'aide de tubes de Kundt de différentes dimensions. Le principe de ces tubes est de canaliser les ondes acoustiques dans une seule direction afin de se placer en condition d'ondes planes d'incidence normale au matériau. Dans cette configuration, les performances du matériau peuvent être évaluées avec davantage de précision (contrôle de l'état humide du matériau, isolement aux perturbations extérieures, ...), et par ailleurs, être directement utilisées pour valider le choix des modèles théoriques [8].
Deux tubes de dimensions différentes, présentés figure 4, dont les avantages et inconvénients respectifs sont présentés dans [9], ont ainsi été utilisés. Les caractéristiques principales de ces tubes et des échantillons associés sont rappelées dans le tableau 1, page suivante.




(a)

(b)

**Fig. 4 : Tubes de Kundt de l'ENTPE [10] (a) et du Cerema Strasbourg (b)**
***Kundt tubes of ENTPE [10] (a) and Cerema Strasbourg (b)***

Si l'échantillon de grandes dimensions (noté *GTK* dans la suite) a été directement découpé à l'aide d'un disque diamant, la découpe des échantillons circulaires (notés *TK-1* à *TK-4*) a été rendue possible grâce à l'utilisation d'une carotteuse mobile de chaussée et d'une carotte du diamètre adéquat.

| | Forme tube | Fréquences | Echantillons | Section | Surface | Épaisseur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tube ENTPE | Carrée | [30, 570 Hz] | 1 | 60 x 60 cm | Nervurée | 17,5 cm |
| Tube Cerema | Circulaire | [50, 2000 Hz] | 4 | Ø 10 cm | Arrasée | 1 à 5 cm |

**Tabl. 1 : Caractéristiques des tubes de Kundt et des échantillons associés.**
***Characteristics of Kundt tubes and related samples***

Les caractéristiques évaluées sur les différents échantillons sont données dans le tableau 2. Des photos de ces échantillons sont présentées à la figure 5.

| | GTK | TK-1 | TK-2 | TK-3 | TK-4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Masse (g) | 35 040 | 156 | 96 | 288 | 265 |
| Épaisseur (mm) | 50-175 | 26 | 17 | 46 | 46 |
| Masse vol. ($kg.m^{-3}$) | 754 | 764 | 721 | 796 | 732 |

**Tabl. 2 : Caractéristiques des échantillons**
***Characteristics of samples***

On note d'après ce tableau des écarts de l'ordre de ±5 % entre les masses volumiques des échantillons, ce qui témoigne d'une légère hétérogénéité au sein des dallettes de béton de bois. Cela peut s'expliquer par la variabilité liée à la matière première végétale, mais aussi par le procédé de compactage utilisé.

(a)

(b)

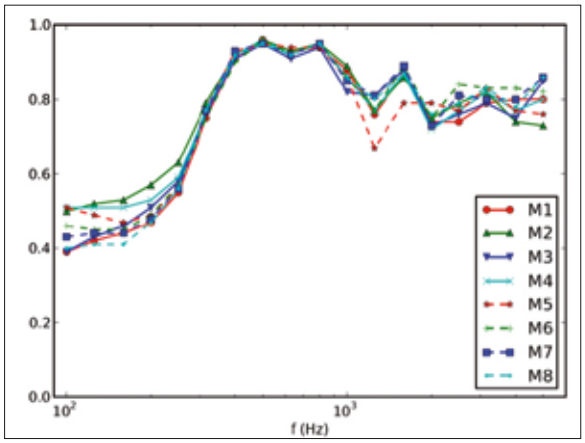
**Fig. 5 : Photos des échantillons caractérisés, échantillon nervuré (a) et échantillons arasés (b)**
***Photos of characterised samples, crenellated sample (a) and flat samples (b)***

## Suivi de l'évolution des performances dans le temps

### Évolution des performances de l'écran

L'écran béton de bois a été installé sur le site du Laboratoire de Strasbourg au premier semestre 2013, et, suite à cette mise en place, huit mesures ont été réalisées entre juin 2013 et juillet 2015. Les coefficients d'absorption mesurés sont détaillés dans le rapport d'étude [11] sous forme de fiches de mesure synthétisant à la fois les performances observées et les conditions de réalisation de l'essai.
Ces huit mesures sont notées dans la suite de cet article *M1* à *M8*, leurs dates de réalisation sont données dans le tableau 3 ci-contre.

Une comparaison des huit échéances est réalisée sur la base de l'absorption acoustique moyenne, à la figure 6(a).




(a)

(b)

**Fig. 6 : Évolution de l'absorption acoustique moyenne relevée *in situ* sur l'écran antibruit (a) et mouillage artificiel de l'écran antibruit (b)**
***Evolution of mean sound absorption acoustique measured in situ on the noise barrier (a) and moistening of the screen (b)***

| Mesure | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Date | 05/06/13 | 04/09/13 | 02/12/13 | 25/03/14 | 23/06/14 | 11/08/14 | 23/04/15 | 30/07/15 |

**Tabl. 3 : Dates de réalisation des mesures in situ**
***Dates of in situ measurements***

On constate à partir de cette comparaison directe une performance qui évolue de trois façons différentes en fonction de la plage de fréquences considérée :

- En dessous de 250 Hz : Des variations de ±5 % sont visibles entre les différentes échéances, mais sans évolution monotone dans le temps.
- Entre 250 et 1 000 Hz : Les performances mesurées sont très stables et ne permettent pas de mettre en évidence une évolution du matériau.
- Au dessus de 1 000 Hz : Des écarts plus importants, de l'ordre de ±10 % sont enregistrés, sans suivre une fois de plus une évolution monotone dans le temps.

A ce stade de l'analyse, il est donc impossible de statuer sur une éventuelle altération des propriétés acoustiques de l'écran relative au vieillissement de ce dernier. Afin de pouvoir interpréter de manière plus fine les différences observées, il est nécessaire de comprendre leur origine. Les incertitudes de mesure peuvent expliquer une partie des déviations observées, mais, la teneur en eau du matériau, variable en fonction de la météo avant mesure, constitue une autre source d'incertitude d'impact potentiellement plus significatif. Nous nous proposons donc dans la section suivante d'analyser les écarts entre échéances au regard des enregistrements météo précédents les caractérisations.

### Confrontation aux paramètres météo

Ne disposant pas de station météo sur le site du laboratoire, nous nous sommes basés pour cette étude sur les relevés de la station Météo-France de l'aéroport Strasbourg-Entzheim, localisée à environ 8 km de notre site. Parmi les données accessibles, des données journalières sur une période de deux semaines précédant les différentes mesures ont été recueillies.
Ne sachant quelle durée d'intégration des données météo est la plus influente avant chaque mesure, les paramètres ont été cumulés sur trois périodes : trois jours avant mesure, une semaine et deux semaines.
En parallèle, des classements peuvent être établis sur la base de la comparaison des coefficients d'absorption moyens de la figure 6(a), en se référant :
- à la plage des basses fréquences (BF) constituée par les cinq premiers tiers d'octaves,
- à la plage des hautes fréquences (HF) constituée par les huit derniers tiers d'octaves.

La confrontation de ces classements avec les données météo cumulées sur les périodes en amont des mesures n'a pas permis d'aboutir à des corrélations entre météo et performances acoustiques. On observe en particulier que :
- Les performances basses et hautes fréquences ne sont pas corrélées,
- Les hauteurs de précipitations cumulées sur les différentes durées ne permettent pas de rendre compte seules des différences observées en acoustique,
- Il en va de même pour les températures, l'humidité et la durée d'insolation.

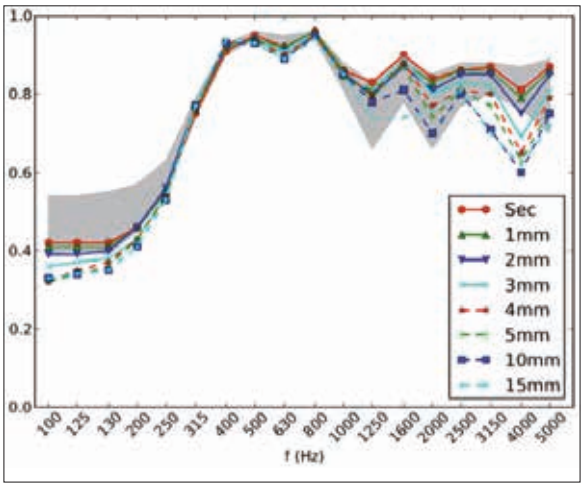
En conclusion, la piste d'une corrélation entre performances acoustiques et données météorologiques ne peut pas être validée sur la base de nos mesures, ces dernières étant trop peu nombreuses pour permettre de faire émerger des tendances avec une analyse statistique robuste (type méthode ANOVA).
Le choix de mesures périodiques (*modulo* la disponibilité des opérateurs), ne coïncidant pas forcément avec des périodes climatiques marquées (sécheresse, fortes averses, ...), n'a par ailleurs pas favorisé la caractérisation de l'écran dans un état extrême, ce qui aurait facilité grandement la mise en évidence de tendances.
Des essais complémentaires ont donc été entrepris afin de tester directement l'effet d'un des paramètres météo potentiellement le plus influent, l'effet de la pluie, sur les performances acoustiques de l'écran.

## Impact de l'apport d'eau liquide sur les performances

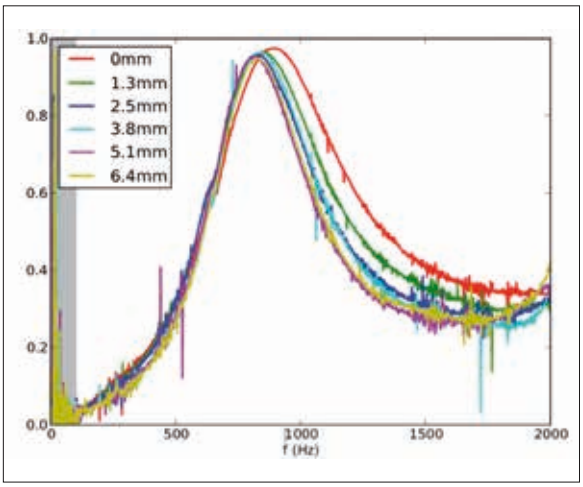
L'investigation de l'effet de l'eau sur les performances acoustiques de l'écran a été menée dans le cadre plus large du Master Recherche de Geoffrey Pot, intitulé « *Exposition du béton de chanvre à l'eau liquide - Conséquences sur les propriétés acoustiques et thermiques* » [11]. Ce stage s'est déroulé en co-encadrement entre l'ENTPE et le Cerema, et s'est concentré à la fois sur les bétons de chanvre et sur les bétons de bois, en couplant des approches *in situ* et laboratoire.

### Expérimentations *in situ*

Les expérimentations *in situ* ont été réalisées dans la foulée de la dernière mesure de suivi (M8), le 30 juillet 2015, sur l'écran antibruit en béton de bois du laboratoire. Afin de limiter les incertitudes liées au positionnement de l'appareillage de mesure, toutes les caractérisations ont été faites dans une même position (position A).
Pour simuler l'effet de la pluie sur l'écran, ce dernier a été aspergé par vaporisation sur toute sa surface, dans les conditions illustrées par la figure 6 (b). Une pulvérisation a été systématiquement réalisée sur chaque bloc dans un temps imparti par balayage vertical de toute sa surface à l'aide d'un pistolet d'arrosage. Le débit a été évalué initialement, et a été supposé constant lors des mesures (connexion à un réseau d'eau haute pression), il nous a donc été possible de fixer le temps d'arrosage équivalent à une certaine quantité d'eau pulvérisée. Des vaporisations successives ont ainsi permis de soumettre l'écran à huit expositions à l'eau différentes, correspondant à des pluviométries cumulées de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10 et 15 mm (En prenant en considération la surface développée des blocs, environ 2,6 fois supérieure à la surface d'emprise, ces pluviométries s'étalent entre 0 et 5,8 mm).




7(a)




7(b)

**Fig. 7 : Évolution de l'absorption acoustique $\alpha_A$ relevée in situ sur l'écran antibruit, en fonction de la quantité d'eau pulvérisée (Fuseau gris : Gamme de variation observée pour $\alpha_A$ lors des huit mesures de suivi précédentes) (a) et absorption acoustique de l'échantillon TK-3 en fonction de la pluviométrie (b)**
***Evolution of sound absorption $\alpha_A$ measured in situ on the screen, as a fonction of the amount of spraid water (Gray zone : Observed range of variation for the height previous measurements of$\alpha_A$) (a) and acoustic absorption of sample TK-3 as a function of pluviometry (b)***

Suite à chaque pulvérisation, un délai de 5 min a été respecté afin d'atteindre une stabilisation minimale de l'absorption d'eau par le matériau. Les absorptions acoustiques mesurées après chaque exposition sont synthétisées sur la figure 7(a). Une superposition (fuseau gris) est réalisée sur ce graphe pour faire apparaître la gamme de variation de $\alpha_A$ observée au cours des mesures de suivi précédentes.

On constate une évolution significative de l'absorption acoustique mesurée en fonction de la pluviométrie, en particulier à basses fréquences (sous 250 Hz) et en hautes fréquences (de 1 000 à 5 000 Hz). Le pic d'absorption principal reste pour sa part peu impacté même si de faibles variations (< 5%) sont observables. La pluviométrie entraîne sur les gammes impactées une baisse progressive de l'absorption acoustique, un peu plus faible en basses fréquences (jusqu'à -10 %) qu'en hautes fréquences (jusqu'à -25 %).
Une comparaison à la gamme de performances couverte par les mesures de suivi précédentes indique que la pluviométrie simulée artificiellement a un effet plus marqué que les différences de climat préliminaire aux mesures de suivi.
Enfin, on constate que l'évolution de l'absorption acoustique tend à se stabiliser pour des pluviométries supérieures à 10 mm. Ceci s'explique en partie par une saturation superficielle de l'écran en eau, observée au moment des mesures, avec un ruissellement pour les pluviométries concernées.

## Expérimentations en laboratoire

Les caractérisations ont été opérées en parallèle au laboratoire à l'aide du tube de Kundt, sur les échantillons arasés. Seule la face A de l'échantillon *TK-3* a été retenue pour mener ces tests afin de limiter le nombre de manipulations.
A l'échelle laboratoire, l'eau a été déposée en surface à l'aide d'une pipette jaugée, permettant de connaître précisément le volume injecté, et qui a par ailleurs été systématiquement contrôlé à l'aide de pesées successives. Six pluviométries étagées de 0 à 6,4 mm ont ainsi été testées en laboratoire.

## Évolution des propriétés acoustiques

L'évolution de l'absorption acoustique est présentée figure 7(b). Plusieurs remarques peuvent être formulées au sujet de ces résultats :

- Le coefficient d'absorption acoustique diminue jusqu'à 10 % (de façon plus ou moins marquée en fonction des fréquences) avec l'ajout d'eau, et voit son pic décalé de plus de 100 Hz vers les basses fréquences, ce qui peut suggérer une augmentation de la tortuosité du matériau,
- Les caractéristiques de dissipation augmentent en valeur absolue avec la pluviométrie, ce qui reflète une imperméabilisation du béton (baisse de porosité, augmentation de résistivité et tortuosité),
- L'affaiblissement augmente d'au plus 2 dB pour les pluviométries les plus importantes.

Le parallèle avec l'écran n'est pas direct, étant données les épaisseurs et géométries différentes des échantillons, mais, en analysant l'évolution des paramètres acoustiques, une modélisation de l'écran à partir de ces paramètres pourrait montrer si les tendances observées en laboratoire et *in situ* sont similaires.

*Évolution des paramètres acoustiques*

Les paramètres acoustiques ont été déterminés conformément à la méthodologie décrite dans [12] pour les différentes pluviométries, et ont été synthétisés dans le tableau 4 ci-contre.
On retrouve les différentes tendances suggérées par l'examen des courbes précédentes, à savoir, une baisse progressive de la porosité interparticule $\phi_{inter}$, accompagnée par une augmentation de résistivité $\sigma$ et de tortuosité $\alpha_\infty$. Ces évolutions montrent un effet de colmatage des pores, qui peut être soit direct (obstruction par l'eau) soit indirect (obstruction par gonflement des particules suite à une absorption de l'eau dans les capillaires), soit combiné.
Un examen plus détaillé de la résistivité met toutefois en évidence une gamme de variation mesurée, limitant ce paramètre à des valeurs moyennes. Le matériau reste ainsi relativement perméable aux ondes acoustiques,

ce qui laisse penser que l'eau injectée a été principalement absorbée au niveau des pores intraparticules sans compromettre la circulation de l'air dans le réseau de pores interparticules.
On constate également une augmentation de la longueur caractéristique visqueuse $\Lambda$. Cette tendance ne reflète pas le comportement que l'on attendrait du matériau (réduction de la dimension moyenne des pores), et pourrait être une conséquence de la description simplifiée du matériau en une couche homogène au lieu d'un bicouche, voire d'un matériau à gradient de propriétés.

| Pluviométrie | $\phi_{inter}$ | $\sigma$ (Nm$^{-4}$s) | $\alpha_\infty$ | $\Lambda$ (10$^{-6}$m) |
|---|---|---|---|---|
| 0 mm | 0,42 | 11550 | 3,3 | 313 |
| 10 mm | 0,41 | 11700 | 3,6 | 299 |
| 20 mm | 0,40 | 13700 | 3,9 | 386 |
| 30 mm | 0,37 | 13950 | 3,9 | 443 |
| 40 mm | 0,36 | 14550 | 4,1 | 427 |
| 50 mm | 0,33 | 16450 | 4,1 | 507 |

**Tabl. 4 : Paramètres acoustiques de l'échantillon TK-3 en fonction de la pluviométrie**
**Acoustical parameters of sample TK-3 as a fonction of pluviometry**

## Conclusion

Cette étude avait pour objet de suivre l'évolution des performances acoustiques d'un écran antibruit biosourcé, et de déceler les répercussions éventuelles d'un vieillissement. Il apparaît que, sur la base des mesures réalisées au cours des trois années de suivi, les propriétés de l'écran n'ont pas évolué de façon significative. Les écarts observés entre les différentes caractérisations pourraient être expliqués en partie par l'historique météorologique préliminaire aux mesures, mais, le nombre limité de mesures n'a pas permis de réaliser une corrélation rigoureuse avec les relevés météo enregistrés à proximité.
L'effet de l'eau a pu toutefois être investigué de façon indépendante et a été largement mis en évidence aussi bien *in situ* qu'en laboratoire, entraînant une baisse progressive de l'absorption acoustique combinée à une augmentation de l'affaiblissement. On retiendra en particulier qu'une pluviométrie de l'ordre de 10 mm, ce qui correspond à une averse de forte intensité, peut entraîner une baisse d'absorption pour ce type d'écran allant jusqu'à 25 % à hautes fréquences. Cet effet de l'eau a également été analysé à l'échelle du matériau, grâce à la modélisation acoustique du béton de bois.
Enfin, cette étude a été l'occasion de se rendre compte d'un certain nombre de difficultés, liées à la fois à l'expérimental (présence de fentes entre les blocs de l'écran, incertitude de mesure) et à la modélisation (effet de géométrie, description inhomogène dans l'épaisseur du matériau), qui doivent être prises en compte dans l'analyse et les discussions des résultats obtenus.
Ce travail de suivi pourrait être prolongé dans les années qui viennent afin de compléter cette étude de durabilité, et mettre en évidence l'amorce d'un vieillissement du matériau.
À cette fin, une mesure par an, en conditions météos « sèches » pourrait être suffisante. En parallèle, pour traiter le cas du béton « mouillé », une modélisation bicouche pourrait être mise en œuvre afin de rendre compte plus fidèlement du comportement observé expérimentalement.

## Remerciements

Nous tenons à remercier un certain nombre de partenaires qui ont contribué à cette étude :

- La société Capremib qui nous a fourni gracieusement les dallettes de béton de bois utilisées,
- L'ENTPE pour nous avoir donné accès au grand tube de Kundt,
- Le groupe « Chaussées » du Laboratoire de Strasbourg, qui a réalisé les carottages, et qui a mis à disposition une enceinte climatique pour stabiliser les échantillons.

Ce travail a reçu le soutien du Labex Celya de l'Université de Lyon (ANR-10-LABX-0060/ ANR-11-IDEX-0007).

## Références bibliographiques

**[1] AFNOR, NF EN 1793-1 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 1 : Caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique, AFNOR, 2013**

**[2] AFNOR, NF EN 20354 : Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante. AFNOR, 1997**

**[3] AFNOR, NF EN 1793-3 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 3 : Spectre sonore normalisé de la circulation. AFNOR, 1997**

**[4] AFNOR, NF EN 1793-2 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 2 : Caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens. AFNOR, 2013**

**[5] Adrienne, Test methods for acoustic performance of road traffic noise reducing devices – Final report. European Commission, DGXII, SMT Project MAT1-CT94049, 1998**

**[6] WP3 Q, In situ methods for measuring sound absorption/reflection and sound insulation – D3.3 V4.2. European Commission, 7th Framework Programme, 2012**

**[7] Anfosso-Ledée F., Steimer V., Demizieux P., In situ methods for the characterisation of road noise barriers efficiency in INTERNOISE 2000, 2000**

**[8] Foy C., Glé P., Bibliographie sur les propriétés acoustiques des matériaux poreux, ORSI MABIONAT. Cerema, 2013**

**[9] Foy C., Glé P., Bibliographie sur les méthodes de mesure de l'absorption et de la transmission acoustiques, ORSI MABIONAT. Cerema, 2013**

**[10] Olny X., Absorption acoustique des milieux à simple et double porosité. Modélisation et validation expérimentale. École doctorale MEGA, Lyon, 1999**

**[11] Glé P. , Demizieux P., Pot G., Suivi de la durabilité acoustique des matériaux biosourcés : Étude d'un dispositif de réduction du bruit urbain. ORSI MABIONAT. Cerema, 2015**

**[12] Glé P., Gourdon E., Arnaud L., Modelling of the acoustical properties of hemp particles. Constr Build Mater, 2012**