



## MATERIAUX ISOLANTS A BASE DE BOIS WOOD-BASED THERMAL INSULATION MATERIALS

Les matériaux isolants actuels les plus performants, basés sur une chimie du polyuréthane, présentent un impact environnemental important. Or, une méthode de production permettant la formation dans la mousse d'un matériau à base de fibres a été mise au point par le VTT, partenaire et coordinateur du projet WoTim. Elle permet l'utilisation de fibres lignocellulosiques pour produire une structure très poreuse et de faible densité. Ainsi, il devient possible de réaliser des matériaux biosourcés pour l'isolation thermique, de performance élevée avec un impact carbone limité.

**Le projet vise à identifier les paramètres d'importance pour la production du matériau ainsi qu'identifier les limites et bénéfices du procédé en terme de marché et environnement.**

Cellulosic insulating materials with high efficiency were developed. The objective to reach a global performance of the cellulosic insulating product comparable to the materials based on plastic foam was reached for the structures with open pores. The formation technology in the foam was used for the manufacture of cellulosic panels for thermic insulation. The insulating performances of this new type of material with lignocellulosic fibres were obtained due to the creation of a porous and tortuous matrix of fibres. Another way of application is based on the principle of expanded foam in spray, based on cellulose.

The foam, composed of lignocellulosic fibres, showed variable performances, depending on the nature of the used raw materials. Better levels of insulation than these of current cellulosic materials were reached. The project proved that the very porous obtained materials could be used for thermic insulation either in the walls than in the ceiling.

The main advantage of this technology is to use raw materials with lower costs and environmental impact than these of insulating products based on glass fibres, synthetic polymers or mineral wool.

The optimization of the solutions by spraying of the foams was complex. Promising results and proof of concept at laboratory scale were carried out with success. But, an optimization step is required before that the technology is ready for commercial application.



### Résumé

Des matériaux d'isolation à base cellulosique de haute performance ont été développés. L'objectif d'atteindre une performance globale de l'isolant cellulosique proche de celle des matériaux en mousse plastique a été rempli dans le cas de structures à pores ouverts. La technologie de formation dans la mousse a été utilisée pour la fabrication de panneaux de cellulose à destination de l'isolation thermique. Les performances isolantes du nouveau type de matériau à base de fibres lignocellulosiques sont acquises grâce à la création d'une matrice de fibres poreuse et tortueuse. Un autre mode d'application est basé sur le principe de mousse expansive en spray, à base de cellulose.

La mousse, constituée de fibres lignocellulosiques, a montré des performances variables selon la nature des matériaux utilisés. Des niveaux d'isolation meilleurs que ceux des matériaux à base cellulosique actuels ont pu être atteints.

Le projet a prouvé que les matériaux très poreux obtenus convenaient aussi bien pour les isolations thermiques des cavités murales que des plafonds.

Le principal avantage de cette technologie est d'utiliser des matières premières aux prix et impact environnemental inférieurs à celui des isolants à base de fibres de verre, polymères synthétiques ou laine minérale.

La mise au point des solutions par pulvérisation de mousses a été complexe. Des résultats prometteurs et la preuve de concept à l'échelle du laboratoire ont pu être réalisés avec succès. Toutefois, une phase de développement est nécessaire avant que la technologie ne soit prête pour une échelle d'application supérieure.

## Principaux résultats

Des isolants à base de cellulose, à haute performance, ont été développés. Les propriétés d'isolation ont été améliorées en créant des poches d'air dans la matrice du matériau à base de fibres cellulosiques. Une technologie de type émulseur, adaptée d'autres technologies, a été utilisée pour la fabrication de panneaux de cellulose isolants thermiques haute performance.

L'objectif était que les performances des matériaux isolants cellulosiques soient d'un niveau comparable à celles des matériaux en mousse plastique.

### Panneaux isolants semi-rigides, performances thermiques et mécaniques

#### ✓ Panneaux isolants avec formation dans la mousse

La figure 1 présente, en fonction de la masse volumique, la conductivité thermique mesurée sur des mousses isolantes obtenues à partir de plusieurs natures de fibres cellulosiques : pâte kraft de résineux scandinave seule (SW) ou en mélange avec des microfibrilles de cellulose (SW CMF), pâte kraft de feuillus (HW), pâte thermomécanique de résineux (TMP).

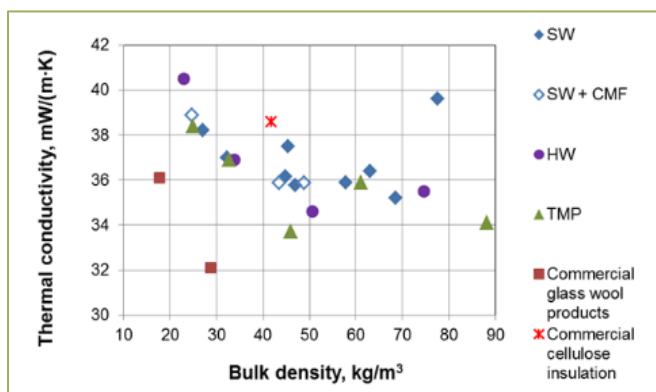


Figure 1. Conductivité thermique de panneaux obtenus par formation dans la mousse en utilisant différentes sources de fibres, en fonction de la masse volumique - Source VTT

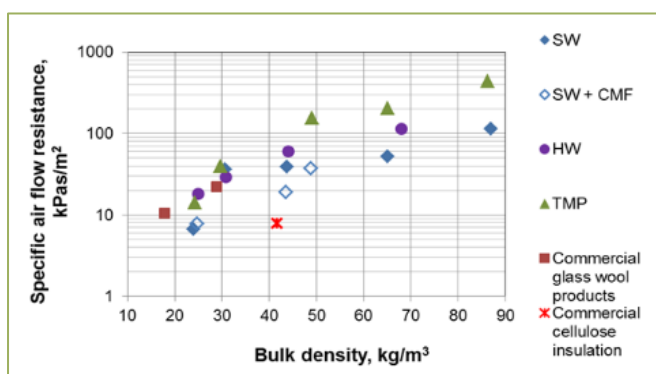


Figure 2. Résistance à l'écoulement d'air spécifique de mousse formée à partir de différentes natures de fibres en fonction de la densité - Source VTT

La conductivité thermique présente une valeur minimale pour des densités comprises entre 25 à 45 kg/m<sup>3</sup>, quelle que soit la nature des fibres. Les différences de tendances observées selon le type de pâte sont faibles et donc ce facteur présente peu d'impact sur la capacité isolante des matériaux, dans les conditions standard de mesures, où l'humidité et la température sont contrôlées.

La valeur minimale de conductivité thermique a été obtenue avec les fibres de pâte mécanique, pour une densité de 45 kg/m<sup>3</sup>. Ce niveau de performance est proche de celui des laines de verre commerciales. Une comparaison avec des matériaux de même nature fibreuse biosourcée montrent une meilleure performance des produits développés dans le projet. En effet, la ouate de cellulose (Univercell Panneaux) présente une conductivité supérieure de 4 mW/m.K à densité équivalente.

Ainsi, la structuration des fibres au travers de la formation dans la mousse montre un gain par rapport aux fibres de cellulose en vrac. Une autre mesure d'importance concerne la perméabilité des panneaux : la résistivité au flux d'air des matériaux augmente avec la densité (Figure 2).

La nature des fibres a un impact direct sur cette propriété. En effet, la mousse formée à partir de fibres de pâte TMP présente la résistance la plus forte. Les fibres issues de pâtes chimiques de feuillus ou résineux permettent d'obtenir des performances similaires. Par contre, la présence de microfibrilles de cellulose semble avoir un effet négatif dans le cas des fibres de résineux. Ces éléments sont trop fins pour perturber l'écoulement de l'air et influencer la tortuosité, alors qu'elles augmentent la masse du panneau, car elles adhèrent à la surface des fibres cellulosiques.

À masse volumique donnée, la résistance au débit d'air de matériaux obtenus avec formation dans la mousse a été de 4 à 11 fois supérieure à celle de la ouate de cellulose commerciale, et au même niveau que les produits de laine de verre, dont une face est couverte de papier.

Les valeurs de résistivité au flux d'air supérieures à 100 kPa·s/m<sup>2</sup> sont considérées suffisantes pour définir un matériau à effet membrane selon les normes de construction finlandaise. Ainsi, il est possible de conclure que les matériaux obtenus à partir de fibres de pâtes mécaniques sont à la fois isolants et barrière au vent.

#### ✓ Panneaux isolants avec formation par voie sèche

Dans le cadre du projet, à titre de comparaison, un autre type de formation, par voie sèche, a été étudié. Des matières premières proches de celles présentées précédemment ont été utilisées : pâte mécanique d'épicéa seule ou en mélange avec des fibres recyclées, pâte CTMP, pâte kraft blanchie fournies par un partenaire du projet.

Les fibres sèches ont été encollées avec une résine urée-formol similaire à celle utilisée dans l'industrie des panneaux de fibres et des panneaux de 10 mm ont été produits en visant une densité minimale, tout en gardant la possibilité d'obtenir un panneau cohésif.

Les résultats sont présentés figure 3.

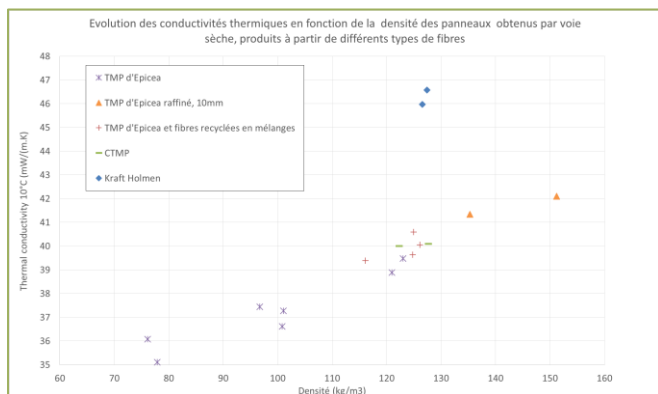


Figure 3. Conductivité thermique de panneaux obtenus par formation par voie sèche en utilisant différentes sources de fibres, en fonction de la masse volumique - Source VTT

Les conductivités thermiques varient avec la nature des fibres. En effet, pour les panneaux réalisés à partir de fibres de pâte chimique kraft de résineux, le niveau de conductivité est plus élevé que les autres. Une telle différence pourrait s'expliquer par la nature des fibres, composées majoritairement de cellulose et hémicelluloses hygroscopiques. Ainsi, la plus grande proportion d'eau contenue dans les fibres peut justifier un effet de conduction supérieur aux autres fibres, contenant de la lignine, plus hydrophobes (CTMP).

Les autres natures de fibres permettent d'obtenir des panneaux aux conductivités équivalentes, qui diminuent avec la densité.

### ✓ Conclusions

Aux valeurs communes de densité, 80 kg/m<sup>3</sup>, les conductivités thermiques des panneaux obtenus par les deux méthodes, voie sèche ou humide, sont équivalentes, nonobstant des épaisseurs visées plus faibles sur les panneaux par voie sèche. Le procédé par voie humide permet d'obtenir des panneaux cohésifs à des densités plus faibles, sans additif. Ainsi, la densité minimale à laquelle un panneau cohésif peut être obtenu par encollage sur fibres sèches, faible épaisseur et pressage à chaud, est supérieure à celle des panneaux obtenus par formation dans la mousse. Les performances mécaniques, en particulier la cohésion entre fibres et les capacités à l'écrasement sont visiblement plus faibles.

Grâce à des densités visées inférieures, le procédé par formation dans la mousse permet d'atteindre des niveaux de conductivité plus faibles. En effet, le mode de production dans la mousse permet une orientation aléatoire des fibres, en particulier dans le sens Z alors que dans le cas des panneaux pressés, les zones de contacts sont dépendantes de la nature et de la quantité de résine ajoutée.

### Résistance des matériaux isolants aux attaques fongiques

Cette résistance a été testée d'après le protocole normalisé EN 15101-1 qui permet d'évaluer la croissance de champignons et moisissures incubés dans des conditions contrôlées sur des panneaux de la modalité "TMP 40 kg/m<sup>3</sup>" de dimension 61x61x8 mm<sup>3</sup>. 5 souches fongiques appartenant à FCBA ont été considérées, dont *Aspergillus niger* et *Trichoderma viride*.

Les essais ont montré qu'il n'y a pas d'effet de face sur la résistance à la croissance. Le pire des tests présente un rang 1, qui correspond à une croissance faible, visible sous microscope uniquement. Les matériaux testés présentent une sensibilité aux attaques fongiques limitée et dans des zones particulières. Ceci peut être attribué soit à un effet antifongique du tensio-actif utilisé lors de la formation du panneau dans la mousse, mais également à l'agent ignifugeant ajouté lors de la formulation. Ainsi, sur la base des critères retenus pour la méthode développée conjointement entre FCBA-CSTB, les matériaux testés ne sont pas résistants à la croissance de moisissures à cause de la présence résiduelle à la fin des 4 semaines de test.

### Analyses de cycles de vie et environnemental

Les produits développés dans le cadre du projet ont des empreintes carbone comparables à celles des laines minérales et supérieures à celle de la cellulose en vrac issue de papiers recyclés. En considérant la fin de vie, les panneaux étudiés sont meilleurs dans le cas où ils sont incinérés en fin de vie.

L'utilisation de matière fibreuse renouvelable, qui mobilise du carbone biogénique, ne suffit pas pour donner aux produits développés dans le cadre du projet un caractère plus vert que les laines de verre. En effet, grâce à l'utilisation de verre recyclé, leur impact environnemental est réduit. De plus, l'optimisation des procédés de fabrication est menée depuis des années, contrairement aux produits lignocellulosiques pour lesquels la recherche est à ses débuts.

L'analyse de sensibilité montre que le séchage des panneaux est un enjeu majeur. Les évaluations ont considéré le gaz comme énergie, tel que réalisé au laboratoire, mais, dans le cas d'une installation industrielle, il devient possible de considérer une autre source d'énergie pour le séchage : la biomasse. En effet, en combinant un site de production de pâte mécanique identifiée comme la nature de fibre la plus performante pour les propriétés des panneaux, et le site de production des isolants, les deux procédés peuvent profiter des chaudières biomasses existantes sur ces sites. Ainsi, le séchage est possible grâce aux sous-produits du bois comme l'écorce ou des bois de récupération, au lieu du gaz.

Une autre perspective intéressante serait d'utiliser des fibres issues de matériaux recyclés, similaires à celles utilisées en vrac, soit pures, soit en mélange avec les fibres de pâte TMP afin de réduire l'impact de la matière première sur l'empreinte carbone du produit fini.

### Mise au point d'une solution d'isolation thermique, sous forme de spray expansif

Les activités de recherche se sont orientées vers le développement de stabilisateurs de mousse, l'amélioration de l'adhérence aux surfaces, la prévention du retrait au séchage, l'augmentation des masses sèches des suspensions fibreuses et la recherche d'équipements de pulvérisation.

Les résultats ont permis de valider une preuve de concept à l'échelle du laboratoire.

## Conclusions

Les solutions développées dans le projet permettent de remplir une part des objectifs fixés au début du projet et d'obtenir des produits isolants performants, biosourcés, à énergie grise concurrentielle. Des verrous restent présents et nécessitent des développements ultérieurs, que ce soit au niveau du séchage des panneaux, de l'optimisation des recettes de fibres utilisées ou bien de la technologie en spray. Des solutions potentielles existent qui restent à étudier avant d'envisager un transfert de la technologie vers l'industrie.

## Dissémination des résultats

Trois séminaires ont été organisés dans le cadre du projet, dont un à Grenoble. Ils ont permis d'associer des acteurs locaux au projet des 3 pays organisateurs. L'objectif était de présenter les résultats du projet en élargissant le public à des institutions ou industriels qui ne sont pas membres du projet.

Deux articles scientifiques ont été écrits, un sur la méthodologie de caractérisation, publié dans le magazine Holzforschung, et un sur les performances et impact des conditions de traitements considérées dans le cadre du projet dans Nordic Pulp and Paper Journal.

## Perspectives

Les solutions envisagées dans le projet ont montré un intérêt pour des applications en isolation phonique en plus de l'isolation thermique. Ce nouvel axe, à plus forte valeur ajoutée, permettrait à la technologie d'être plus compétitive face aux solutions actuelles.

Les résultats ont montré que l'utilisation de fibres lignocellulosiques vierges était un facteur impactant fortement l'empreinte environnementale des produits, qui pourrait être réduit en optant pour des fibres issues du recyclage (papiers, cartons ou panneaux).

Enfin, un verrou majeur de la technologie reste le séchage des matelas qui nécessite une grande quantité d'énergie.

## Bibliographie

Density profiles of novel kraft pulp and TMP based foam formed thermal insulation materials observed by X-ray tomography and densitometry - Article in Holzforschung 72(5) · February 2018 - DOI: 10.1515/hf-2017-0116

Etude réalisée en partenariat avec



Avec le soutien financier de  
MAAF dans l'appel à projet WoodWisdom Net+



## Contact

Michaël LECOURT ● [michael.lecourt@fcba.fr](mailto:michael.lecourt@fcba.fr)  
Tél. 04 76 76 10 12



Pôle InTechFibres  
Domaine Universitaire, CS90251,  
38044 Grenoble Cedex 9