



**HAL**  
open science

## Matériaux isolants: Développement d'un produit expansé à base de cellulose

Michael Lecourt, Petri Jetsu, Vincent Barraud

► **To cite this version:**

Michael Lecourt, Petri Jetsu, Vincent Barraud. Matériaux isolants: Développement d'un produit expansé à base de cellulose. Conférence Matériaux 2014 - Colloque Ecomatériau, Nov 2014, Montpellier, France. hal-01121399

**HAL Id: hal-01121399**

**<https://enpc.hal.science/hal-01121399>**

Submitted on 1 Mar 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

## Matériaux isolants

### Développement d'un produit expansé à base de cellulose

Michael Lecourt<sup>\*1</sup>, Petri Jetsu<sup>2</sup>, Vincent Barraud<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FCBA, Pôle nouveaux matériaux, CS90251, 38044 Grenoble Cedex 9

<sup>2</sup>, VTT, Koivurannantie 1 FI-40101 Jyväskylä, Finland

<sup>3</sup> Soprema, France

\* [michael.lecourt@fcba.fr](mailto:michael.lecourt@fcba.fr)

#### RESUME :

*Les matériaux d'isolation à base minérales ou issus de pétroressources sont actuellement les plus largement utilisés dans le monde et en croissance constante. Une augmentation est attendue dans le secteur de l'isolation à base de mousse plastique à cause de leurs hautes performances. Toutefois, d'un point de vue environnemental et durabilité, cette tendance est problématique. WoTIM, projet européen WoodWisdom-Net Research Programme 2014, propose de développer des matériaux d'isolation, à base de cellulose issue du bois, sous forme de mousses expansives ou panneaux. Grâce à cette structure de très faible densité, les propriétés d'isolation sont augmentées en créant des espaces d'air dans une matrice. Le meilleur de ces démonstrateurs, en cours d'optimisation, présente une conductivité thermique de 0.035 W/K.m, illustrant ainsi la bonne performance de ces nouveaux produits d'isolation cellulosiques qui rivalise avec les produits courants issus de laine minérale.*

#### ABSTRACT :

*Insulation board market is largely dominated by mineral and iol based sources and presente a constant increase. Foamed products are expected to rise in the near future thanks to high performance products. However, the environmental impact is bad. As a consequence, WoTIM European project, funded by WoodWisdom-Net Research Program 2014, aims at developing insulation products based on cellulose obtained from wood. Two products are proposed: expending cellulose foam competing with polyurethane foams to be sprayed and boards of various dimensions. Thanks to highly porous and low density network, insulation performances are high. As an exemple, thermal conductivity as low as 0.035 W/K.m is obtained on under optimization products. During project, economic and environmental performance of products will be evaluated to propose competitive solutions. Partners are VTT in Finland; Holmen and Innventia in Sweden; Soprema and FCBA in France.*

**MOTS-CLÉS :** isolant, fibre, mousse, bois, procédé.

**KEYWORDS:** insulation, wood, fibres, foam, process

## 1. INTRODUCTION

Jusqu'au milieu du XXème siècle, les préoccupations liées à l'énergie sont restées limitées. Les ressources utilisées étaient principalement non renouvelables, charbon, gaz, pétrole, etc.. et aucune problématique de quantité ne se posait alors. Depuis, après le premier choc pétrolier en 1973, une prise de conscience collective a mis en avant des solutions pour limiter les dépenses énergétiques. L'isolation est donc devenue nécessaire par les évolutions énergétiques.

Ainsi, les premières solutions d'isolation apparaissent et en 1974, la première réglementation thermique en France est mise en place. Les premières solutions concernent les menuiseries avec les doubles vitrages et les isolations des combles et murs. En conséquence, de 355 kWh annuel par m<sup>2</sup> en 1973, la consommation unitaire moyenne totale a été portée à 196 kWh/m<sup>2</sup> en 2008, soit 45% de réduction. Malgré tout, en 2010, la consommation d'énergie s'élevait à 423,4 TWh pour 33 millions de logement et 225,1 TWh pour 912 millions de m<sup>2</sup> chauffés non résidentiel, usine, bureau, stockages...Le gouvernement français s'est donc engagé à une réduction de 38 % de consommation énergétique à l'horizon 2020. Un tel niveau nécessite la mise en place de solution permettant l'économie d'énergie : l'isolation.

Depuis 1974, 5 réglementations thermiques ont été successivement votées : 1982, 1988, 2000, 2005 pour la construction neuve, 2007 pour l'existant. Depuis 2012, la réglementation exige que tous les bâtiments neufs soient BBC, et cette exigence se généralisera pour les constructions existantes d'ici 2020 (consommation de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an). À moyen terme, l'objectif est de produire des bâtiments à énergie positive, c'est-à-dire produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment

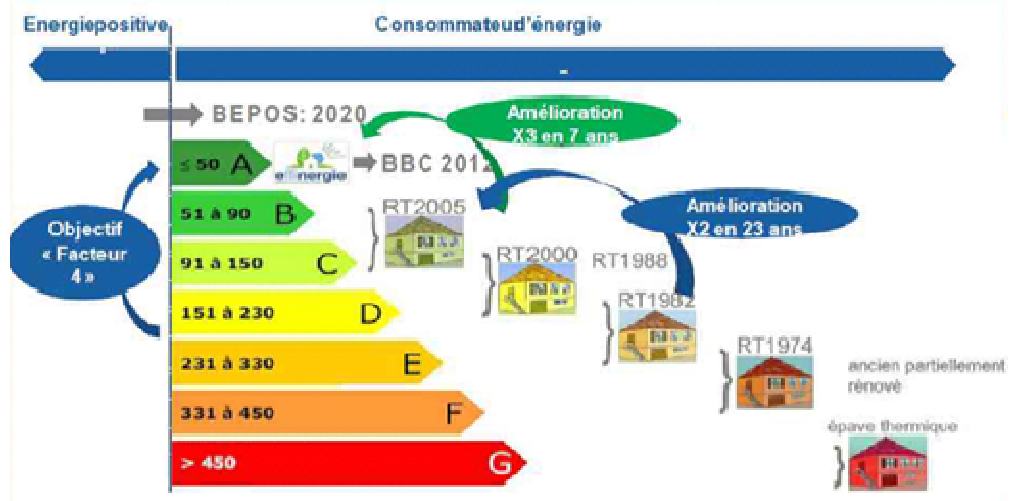


Figure 1 : Evolutions des performances énergétiques des habitations individuelles à échéance 2020

A ces bilans chiffrés et économiques, s'ajoute la pression environnementale. En effet, l'exploitation des sources d'énergie et leurs utilisations contribuent aux émissions de gaz à effet de serre et donc au changement climatique. La mise en place de solutions pour diminuer les consommations d'énergie permet, en plus d'économies directes de préserver l'environnement en diminuant les émissions de gaz à effet de serre. Plusieurs solutions sont mises en place au niveau architecture (efficacité énergétique du bâti avec le besoin bioclimatique (Bbio) ; calcul de la consommation maximale d'énergie primaire (Cmax) lors de la réflexion sur les habitations).

## 2. LES MATERIAUX ISOLANTS

### 2.1. LES PARAMETRES DE CARACTERISATION

Le lambda ( $\lambda$ ), coefficient de conductivité, renseigne sur la performance d'isolation d'un matériau. Il traduit la capacité d'un matériau à transmettre ou à retenir la chaleur. Plus  $\lambda$  est faible, plus le matériau est isolant. La plupart des isolants ont un  $\lambda$  autour de 0.040 W/m.K.

Il définit le flux de chaleur traversant 1 mètre de matière et permet de comparer la capacité à isoler, de plusieurs matériaux de même épaisseur soumis à 1 degré d'écart entre ses 2 faces.

La Résistance Thermique R (en m<sup>2</sup>.K/W) prend en compte l'épaisseur d'un matériau. Plus elle est élevée, plus les transferts de chaleur sont limités

$$R_{\text{résistance thermique}} \text{ (m}^2 \cdot \text{K / W)} = \frac{\text{épaisseur du matériaux (m)}}{\text{Lambda du matériaux (W / m.K)}} \quad (1)$$

En plus de ces deux caractéristiques, des paramètres supplémentaires sont actuellement peu valorisés. Ainsi, le déphasage (exprimé en heures) décrit le temps mis par un flux de chaleur pour traverser une paroi. Ce paramètre de confort permet, en particulier en été, de ralentir la transmission de chaleur depuis le mur de l'extérieur vers l'intérieur. Un matériau à fort déphasage permettra de préserver la fraîcheur d'un intérieur.

La Capacité Hygroscopique précise la faculté d'un matériau à absorber le surplus de vapeur d'eau quand l'air est trop humide et à le restituer lorsqu'il s'assèche. Paramètre de confort, elle est importante pour limiter les dégradations des matériaux exposés à de grandes variations d'humidité, susceptibles de favoriser des développements bactériens.

Peuvent également s'ajouter le classement au feu, indispensable pour tout matériau utilisé pour la construction, selon les Eurocodes. L'énergie grise qui comptabilise la quantité d'énergie nécessaire pour produire un matériau et donc l'impact sur l'environnement.

### 2.2. LES MISES EN ŒUVRE

Les isolants peuvent prendre appliqués dans différentes partie d'un local :

- Toitures et combles
- Murs et parois verticales
  - Isolation par l'intérieur
  - Isolation par l'extérieur
- Planchers et soubassements

Pour les constructions neuves, les recommandations à respecter pour chaque partie évoluent selon le tableau 1.

Tableau 1 : Résistances thermiques des habitations neuves requises pour les différentes réglementations thermiques depuis 2005 par type d'élément

Recommandation R	Toiture	Mur	Plancher
RT 2005	5	2,8	3,7
RT 2012	7	5	3,7
RT2020	10	5	5

Les autres paramètres à prendre en compte lors du choix de l'isolant sont :

- Le lieu à isoler : Plat/incliné/vertical
- Contraintes mécaniques de pression, chocs, structure
- Humidité variable, stable
- Le mode d'application : dépose intérieure/extérieure, Insufflation entre 2 parois ou sur un sol
- Les niveaux de performances recherchées
- Le prix

### 2.3. LES TYPES DE MATERIAUX

Les matériaux isolants peuvent être regroupés en 5 familles :

- Isolants organiques - synthétiques
  - Polystyrène expansé
  - Polystyrène extrudé
  - Polyuréthane ou polyisocyanurate
  - Mousse phénolique
- Isolants d'origine minérale
  - Laines minérales de verre ou de roche
  - Perlite expansée
  - Verre cellulaire
- Isolants d'origine végétale
  - De plantes annuelles, Chanvre, Lin, Coton, Paille...
  - De bois, Liège expansé, Fibres ou panneaux de bois
- Isolants issus du recyclage
  - Ouate de cellulose
  - Textile
- Isolants d'origine animale
  - Laine de mouton
  - Plumes

Les performances et leurs impacts environnementaux sont précisés dans les figures 2 et 3.

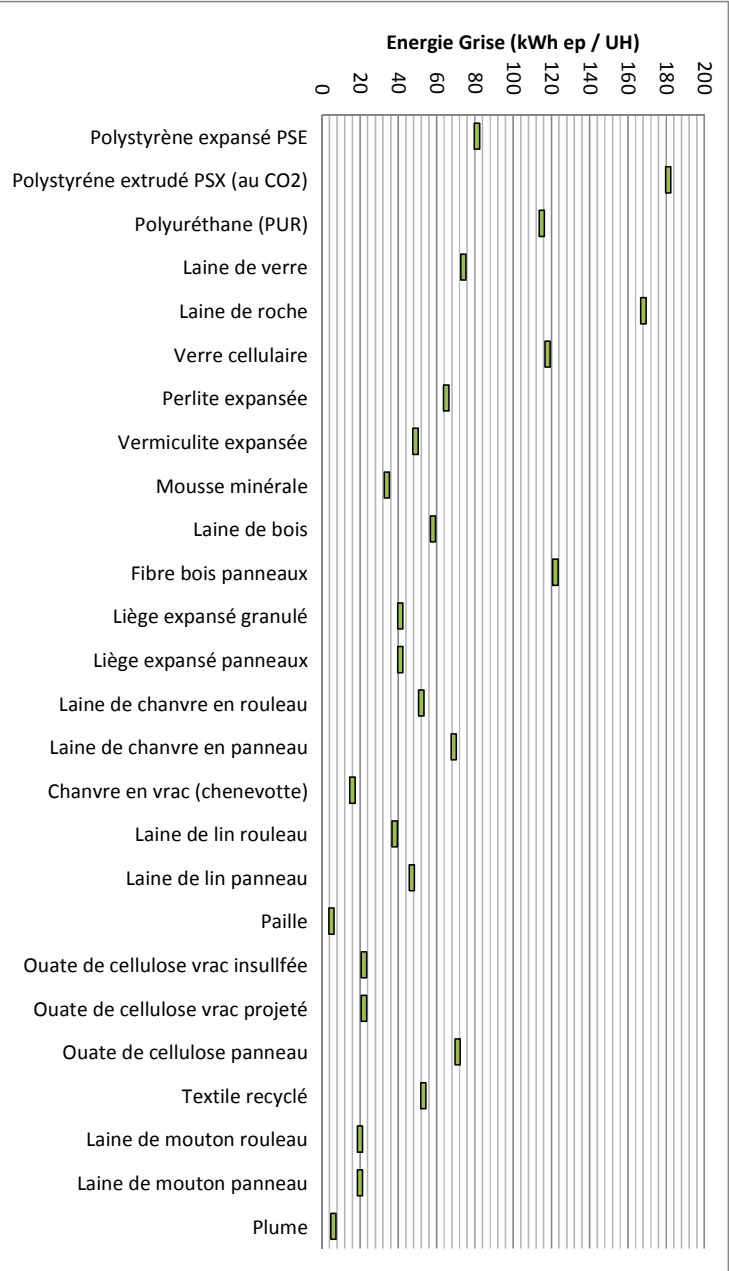


Figure 3 : Energie grise des matériaux isolants classés par familles



Figure 2 : Conductivités thermiques des matériaux isolants classés par familles

Ainsi, il apparaît clairement que les produits biosourcés, et en particulier ceux obtenus à partir de fibres naturelles présentent des performances similaires à celles des produits synthétiques ou minéraux. Toutefois, l'énergie grise nécessaire à leur production est inférieure, donc ces produits sont plus respectueux de l'environnement, à pouvoir isolant égal.

### 3. LES MOUSSES DE CELLULOSE EXPANSEES

Actuellement, les isolants à base de cellulose sont peu optimisés. En effet, ils sont soit utilisés en vrac lors de l'insufflation entre deux parois ou déposés sur une dalle, soit sous forme de panneaux rigides homogènes, sans optimisation de leur structure.

Une solution alternative de valorisation consiste à produire des mousses de cellulose de faible densité, de composition optimisée et dont la structure fortement poreuse présente des propriétés originales.

#### 3.1. LES PRODUITS EXISTANTS

Un produit en développement en Asie comprend de la cellulose dissoute mélangée avec amidon et polypropylène. Grâce à une extrusion à forte température, les matériaux présentent une porosité élevée et des performances mécaniques proches de polystyrène expansé. Ces produits sont proposés comme isolant, avec des  $\lambda$  entre 0.034 à 0.038 W/m·K et une densité de 20 à 35 kg/m<sup>3</sup>

#### 3.2. LES PRODUITS EN DEVELOPPEMENT – LE PROJET WOTIM

Un projet européen, avec un partenariat international, financé par le programme Woodwisdom Net+, vise à développer un nouveau produit isolant à partir de cellulose : WOTIM.

Les objectifs sont :

- Développer, à partir de matériaux cellulosiques issus du bois, des panneaux isolants haute performance et un nouveau matériau expansif disponible sous forme de mousses
- Evaluer l'applicabilité et les performances des nouveaux matériaux développés en application dans des bâtiments et qualifier leurs gains en termes de cycle de vie
- Déterminer l'acceptabilité de ces matériaux par le marché et les utilisateurs au travers d'analyse de cycle de vie et cout.

Une première étape permet la formation d'un matelas constitué d'eau, de fibres de cellulose et d'agent moussant. Par aspiration, l'eau est séparée des fibres qui prennent alors une structure poreuse aléatoire.

En novembre 2014, les fabrications des premiers produits sous forme de panneaux de mousses ont été réalisées. Plusieurs compositions ont été testées en prenant en compte différentes origines de fibres cellulosiques : pâtes mécaniques de composition chimique similaire à celle du bois, pâtes chimiques riches en cellulose et hémicellulose, incorporation de microfibrilles de cellulose.

Les figures 3 à 5 présentent les produits obtenus.



*Figure 3 : Fabrication au laboratoire*



*Figure 4 : Fabrication sur la caisse de tête d'une machine pilote*



*Figure 5 : Blocs de mousses de cellulose thermo isolants*

Les mesures des propriétés mécaniques et thermiques permettent d'identifier les interactions entre les composants et d'optimiser leurs proportions pour améliorer les performances.

Les prochaines étapes, en plus de l'optimisation de la recette et des types de fibres cellulosique consisteront en l'ajout d'adjuvants pour conférer au produit résistance au feu et une tolérance à l'eau.

#### **4. CONCLUSION**

Les isolants thermiques sont des produits en plein essor. En effet, le nombre de certifications ACERMI est en constante augmentation depuis plusieurs années. Egalement, des produits issus de matériaux renouvelables apparaissent. Une diversification des acteurs du marché est en cours avec de nouvelles usines implantées afin de situer les produits finis au plus près des bassins de consommation et réduire les coûts logistiques. Un enjeu majeur reste le prix des matériaux. Il permet aux produits obtenus à partir de ressources pétrochimiques ou minérales d'occuper la majeure partie du marché.

Pour devenir compétitifs, les produits issus de matériaux biosourcés doivent limiter les coûts des matières premières et optimiser les processus afin de réduire les coûts de production. Au travers de procédés originaux, certaines solutions sont susceptibles d'aboutir à des matériaux optimisés, avec des performances thermiques compétitives avec celles des produits leaders du marché. La fabrication de mousses de celluloses à partir de ressources disponibles et au travers d'un procédé innovant basé sur l'industrie papetière est en cours de développement et constitue une voie de valorisation de matières biosourcées et renouvelables. De plus, les matériaux biosourcés présentent des propriétés de déphasage et une énergie grise bien meilleures que les produits actuels et peuvent donc être compétitifs et se substituer aux matériaux isolants d'ancienne génération.