



# L'ISOLATION ECOLOGIQUE

Mise à jour : Août 2008

L'isolation écologique s'intéresse à l'impact des techniques et des matériaux choisis sur l'environnement, sur la santé et sur le bien-être, en évitant les matériaux dont la fabrication est polluante ou le recyclage impossible. Sur la santé, en choisissant des matériaux sans risques pour ceux qui les fabriquent ou les mettent en oeuvre et pour les occupants. Sur le bien-être, en préférant des modes d'isolation qui n'entravent pas les échanges entre la maison et l'extérieur. Une pièce est confortable si la différence de température entre son air et ses murs n'excède pas 3°C.

## Pourquoi isoler ?

L'isolation joue le rôle d'une barrière pour les transferts thermiques, au moyen de matériaux ayant une capacité de transmettre la chaleur la plus faible possible.

En hiver, l'isolation permet de maintenir la chaleur à l'intérieur d'un bâtiment.

Elle est aussi utile en été puisqu'elle empêche la chaleur extérieure de pénétrer à l'intérieur.

La *conductivité thermique* d'un isolant se mesure avec le *coefficient  $\lambda$*  (lambda, en W/(m.°C)), elle représente la capacité d'un matériau à conduire la chaleur, par conséquent plus ce coefficient a une valeur faible, plus le matériau est isolant.

## Petit historique

Lorsqu'au début des années 70, le monde occidental a pris conscience de la nécessité d'économiser l'énergie, l'isolation thermique est devenue une obsession. Les industriels ont alors jeté leur dévolu sur des isolants souvent très performants et peu onéreux, ceux-là mêmes qui se taillent encore la part du marché aujourd'hui : polystyrènes, polyuréthanes, laines minérales, etc.

Trente ans plus tard, une seconde prise de conscience, environnementale cette fois, a lieu. Progressivement une autre sensibilité est apparue, essentiellement en provenance des pays d'Europe du Nord, et essaime peu à peu vers le Sud.

C'est ainsi qu'on trouve aujourd'hui sur le marché de plus en plus d'isolants écologiques comme des fibres végétales et animales (lin, chanvre, laine, ...), des isolants minéraux (perlite, vermiculite, argile expansée, verre cellulaire), ainsi que d'autres matériaux renouvelables (cellulose, fibres de bois, liège, ...).

Si certains de ces isolants ont déjà fait la preuve de leurs qualités, ils ne disposent malheureusement pas de la force de frappe logistique, commerciale et financière de leurs alter ego classiques. Résultat : ils ne sont pas toujours faciles à trouver, leur prix est trop souvent rédhibitoire. En revanche, depuis quelques années, les entrepreneurs spécialisés sont de plus en plus nombreux.

## Isoler sainement

Par essence, l'isolation a vocation à préserver l'environnement car elle permet des économies de chauffage et donc un moindre recours aux sources d'énergies polluantes.

Cependant, pour une analyse rigoureuse il faut tenir compte de l'ensemble du cycle de vie d'un matériau (de sa conception à son élimination, son recyclage éventuellement) et pas seulement du bénéfice procuré pendant son utilisation.

L'énergie grise représente la quantité d'énergie nécessaire à la production d'un matériau, englobant son prélèvement, sa transformation, son transport et son élimination. Elle se situe aux alentours de 200 kWh/m<sup>3</sup> pour les laines minérales (de verre ou de roche), de 850 kWh/m<sup>3</sup> pour le polystyrène extrudé ou les mousses de synthèse !

Concernant les isolants, la plupart des problèmes d'humidité proviennent de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air intérieur chauffé, lorsqu'il se refroidit en se rapprochant de la face externe des parois.

Conventionnellement, pour *supprimer les transferts de calories dus à un mur humide* on utilise un pare-vapeur (imperméable à la vapeur d'eau). Ce n'est pas toujours la meilleure solution car sa mise en œuvre implique une grande quantité de raccords qui constituent des passages « entonnoir » par où s'échappe la vapeur d'eau, ce qui a pour effet de concentrer et d'accroître les dégradations. Si le pare-vapeur est parfaitement posé, il est impératif d'extraire la vapeur d'eau en excès à l'intérieur par une VMC (ventilation mécanique contrôlée) pour bénéficier d'une qualité d'air correcte car les parois ainsi étanchées n'ont plus aucune capacité hygroscopique (faculté à absorber le surplus de vapeur d'eau quand l'air est trop humide et à le restituer lorsqu'il s'assèche).

En revanche, dans la méthode écologique, on ne réalise pas de parois étanches à la vapeur d'eau, ce qui permet d'éviter les problèmes de condensation. De plus, on utilise des matériaux poreux (« respirants »), avec une grande capacité hygroscopique et on bénéficie ainsi des échanges entre les parois et l'air extérieur.

Par ailleurs, un isolant doit être perméable à la vapeur d'eau pour ne pas occasionner de gênes dus à l'humidité.

On mesure la *résistance à la diffusion de la vapeur d'eau* d'un isolant à l'aide du coefficient  $\mu$  (*mu*).

Une valeur de  $\mu$  proche de 1 ou 2 caractérise un matériau hygroscopique. La perméabilité à l'eau devient d'autant plus faible que la valeur du coefficient  $\mu$  s'élève.

## En résumé, les inconvénients des isolants classiques

Laine de verre et de roche : Ces laines minérales sont obtenues par fusion à 1500 °C, centrifugation, soufflage puis extrusion de verre et sable siliceux pour la laine de verre, de roches volcaniques (ex : basalte) pour la laine de roche. Inconvénients : présence de microfibrilles pouvant provoquer des maladies des voies respiratoires, potentiellement cancérigène. Irritation de la peau et des voies respiratoires. Difficilement recyclable, non renouvelable (sauf si verre recyclé). En outre, les rouleaux de laine minérale se tassent dans le temps. Enfin, la laine de verre développe fortement les champs électrostatiques.

Isolants en polyuréthane et polystyrène : Présence, dans la mousse de polyuréthane, d'isocyanates pouvant provoquer des allergies. Sous-produits de la fabrication de gaz propulseurs contribuant à détruire la couche d'ozone. Non biodégradables. Aucune capacité de respiration.

Formaldéhyde : Très utilisé dans les panneaux agglomérés, les tissus d'ameublement, les tapis, les moquettes. Irritant, provoque des allergies et pourrait être cancérigène.

## Faut-il isoler par l'intérieur ou par l'extérieur ?

### -Isolation par l'intérieur

Elle permet un réchauffement rapide de l'air intérieur (ce qui est utile dans les locaux à utilisation intermittente) car l'*inertie thermique* (capacité à emmagasiner de la chaleur et à la restituer plus tard, on parle alors de déphasage) du mur n'est pas effective. Toutefois, attention au risque de surchauffe l'été.

Ne modifie pas l'aspect extérieur.

Elle ne résout pas les *ponts thermiques*, c'est-à-dire les zones échappatoires des calories où la barrière isolante est rompue, mais évite le rayonnement des parois froides.

### -Isolation par l'extérieur

Elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température dans la pièce, quand elle est chauffée, les murs accumulent une partie de la chaleur qu'ils restitueront progressivement lorsque le chauffage sera éteint. L'inconvénient est qu'elle nécessite un temps plus important pour réchauffer une pièce froide.

En outre, elle maintient la fraîcheur en été et évite les ponts thermiques.

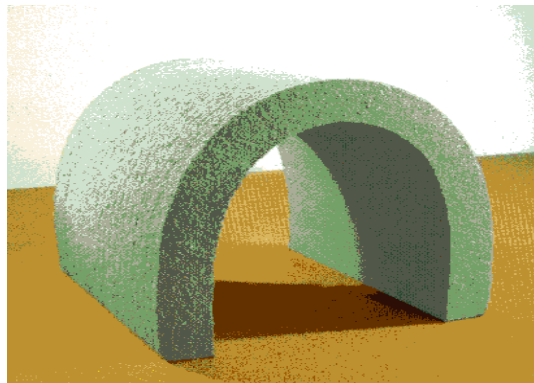
C'est une technique qui n'est pas adaptée aux résidences secondaires et qui peut s'avérer coûteuse.

## Les isolants végétaux

### -La laine de cellulose



Ouate de cellulose en vrac (Photo Oïkos)



Panneau semi-rigide de ouate de cellulose (Doc Homatherm)

Elle provient du papier recyclé, se présente en vrac sous forme compactée (mise en œuvre par projection à sec ou humide) ou décompactée (mise en œuvre à la main), en panneaux isolants texturés et en panneaux d'agencement (très bonne performances en isolation acoustique de surcroît).

Par ailleurs, elle est difficilement inflammable.

C'est une ressource de très grande disponibilité et qui se recycle, sans inconvénients majeurs pour la santé (port d'un masque préconisé lors de la pose en vrac).

Energie grise : 6 kWh/m<sup>3</sup>.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 1$  à 2 en vrac et panneaux isolants texturés et de 5 à 10 en panneaux d'agencement.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.035$  à 0.052 W/m.°C selon la présentation.

Prix approximatif : 5 à 10 €/m<sup>2</sup> en vrac pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre. 20 à 25 €/m<sup>2</sup> en panneaux

## **-Le chanvre**



Chènevotte en vrac (Photo Oikos)



Chanvre en panneau semi-rigide (Photo Oikos)

Il est cultivé en Europe depuis plus de 4000 ans, a été utilisé pour les vêtements, les cordages, l'alimentation...

Il se présente sous forme de granules de chènevotte (écorce du plant de chanvre, paillettes de 5 à 15 mm de longueur), de granules de fibres longues, ou encore en fibres longues seules (en vrac, en rouleaux ou en panneaux).

En outre, il est possible de l'associer à un liant comme la chaux pour former du béton léger de chanvre.

C'est une ressource renouvelable, difficilement inflammable, qui est sans effet négatif sur la santé.

L'énergie grise est moyenne pour la fabrication, plus importante pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 1$  à 2.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.039$  à  $0.060$  W/m.°C selon la présentation.

Prix approximatif : 10 à 15 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.

## **-Les roseaux**

Depuis la préhistoire, on utilise les roseaux comme isolants. La teneur importante en silice de ces plantes leur confère une remarquable résistance aux aléas climatiques.

On les rencontre sous forme de bottes (pour la réfection des toitures anciennes), de panneaux, de panneaux terre-roseaux, de treillis (qui servent de support d'enduits).

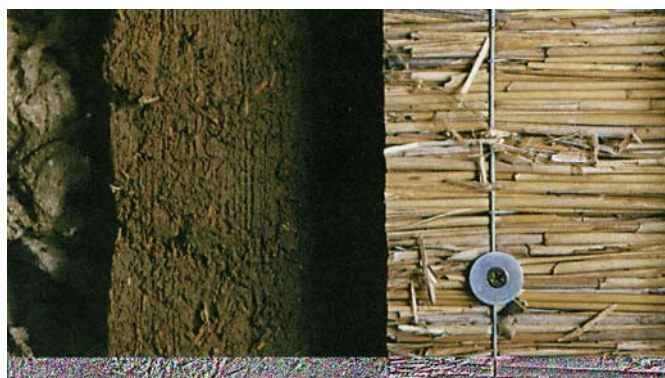
Cet isolant est difficilement inflammable, et de faible disponibilité mais renouvelable, et compostable. Il ne dégage aucune émanation toxique.

L'énergie grise est extrêmement faible pour la fabrication, élevée pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 1$  à 1.5. Il n'est pas affecté par l'humidité.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.056$  W/m.°C.

Prix approximatif : 35 à 40 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Panneaux de roseaux avec isolation en torchis (Doc Claytec)



## **-La fibre de bois**

Il est obtenu à partir du défibrage de chutes de bois résineux, on parle de « laine » de bois qui s'utilise en vrac. Cependant, celle-ci est souvent transformée en pâte par adjonction d'eau, afin de produire des panneaux auto-agglomérés.

C'est une ressource renouvelable.

Les panneaux en bois feutrés sont difficilement inflammables

Le bois feutré ne présente normalement pas de toxicité pour l'homme.

Energie grise : 12.5 kWh/m<sup>3</sup> pour la fabrication.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 3$  à 4.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.04$  à 0.07 W/m.°C selon la densité.

Prix approximatif : 15 à 25 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre, et selon la densité.



Panneau de bois feutré (Photo Oikos)

## **-Les fibragglos**

Ce sont des panneaux conçus avec des fibres de bois résineux minéralisées et enrobées de ciment ou de plâtre ou encore de magnésie. Ces panneaux peuvent être composites avec isolants rapportés.

Ressource renouvelable pour le bois.

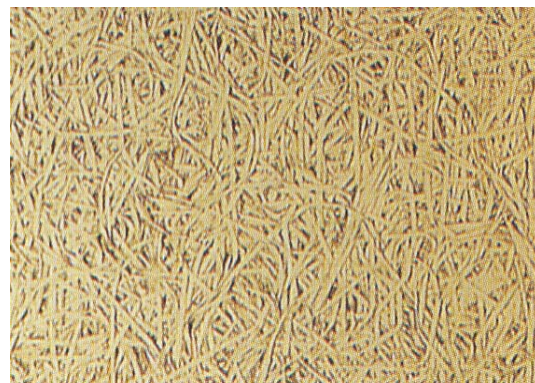
Les fibragglos qui sont non inflammables ne présentent normalement pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation, mais les panneaux liés au ciment conduisent légèrement les champs électriques.

Energie grise : élevée pour les fabrications à base de ciment et pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 2$  à 6.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.09$  à 0.10 W/m.°C selon la densité.

Prix approximatif : 15 à 25 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre et selon que les panneaux sont souples ou rigides.



Détail d'un panneau de fibragglo (Doc Héraclith)

## **-Les granulats de bois minéralisé**

Ce sont des copeaux de bois (provenant du recyclage de bois résineux) stabilisés au silicate de calcium.

Ils s'utilisent en vrac sans liant ou bien sous forme de béton léger avec du ciment ou de la chaux hydraulique comme liant.

Ressource renouvelable pour le bois.

Les bétons de granulats de bois ne présentent normalement pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et sont ininflammables.

Energie grise : élevée pour les bétons à base de ciment, mais le bois fixe le CO<sub>2</sub>, ce qui lui confère un bilan positif.

Perméabilité à la vapeur d'eau : non précisé, dépend du liant.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.12 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$  pour le béton léger à la chaux.

Prix approximatif : 20 à 25 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Granulats de bois minéralisés (Doc Granuland)

## **- Le liège expansé**

La matière première est l'écorce du chêne-liège. Elle est réduite en granules, puis expansée à la vapeur à haute température. Les granules se dilatent alors puis s'agglomèrent.

On l'utilise en granules (en vrac ou pour bétons allégés avec du ciment comme liant), en panneaux. D'autres formes spécifiques sont aussi présentes sur le marché.

C'est une ressource renouvelable mais assez peu disponible. Elle est totalement réutilisable et difficilement combustible.

Le liège expansé pur est sans effets négatifs connus sur la santé.

Energie grise : 80 à 90 kWh/m<sup>3</sup> pour la fabrication.

Perméabilité à la vapeur d'eau : relativement faible  $\mu = 5$  à 30

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.032$  à  $0.045 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$  selon la densité.

Prix approximatif : 20 à 25 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Granulats de liège expansé (Photo Oikos)

## **- La fibre de coco**

Cette fibre provient de la « bourre » à la surface des noix de coco. Très résistante et durable, elle subit souvent un traitement ignifugeant au sel de bore.

On l'utilise en vrac, en rouleaux, en panneaux semi-rigide ou encore pour l'isolation phonique, en feutre.

La fibre de coco est sans effets négatifs connus sur la santé, issue d'une ressource renouvelable.

Elle se recycle et se composte. De plus, elle est difficilement inflammable.

Energie grise : moyenne pour la fabrication, mais très élevée pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau : de 1 à 2.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.047$  à  $0.050 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ . Prix approximatif : 25 à 30 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Fibres de coco en panneaux et en rouleau (Doc Emfa)

## - Le lin



Lin en vrac (Doc Textinap)



Lin en panneau (Doc Textinap)

Issu d'une plante oléagineuse et textile cultivée essentiellement dans le nord de la France, le lin est très peu exigeant en azote et ne participe donc pas à la pollution par les nitrates.

La présentation de l'isolant peut être en vrac (pour une utilisation manuelle, une projection ou une insufflation), en rouleaux, en panneaux. Pour ces deux dernières présentations, le lin reçoit un traitement puis est associé à des fibres de polyester pour former de la ouate

C'est une ressource renouvelable, le matériau est réutilisable et difficilement inflammable.

Les utilisations du lin en construction sont sans effets négatifs connus sur la santé.

Energie grise : moyenne pour la fabrication.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 1$  à 2

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.037$  W/m.°C, et 0.09 à 0.065 W/m.°C selon la densité pour des panneaux agglomérés.

Prix approximatif : 10 à 15 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.

## - La laine de coton

Le coton est originaire de Chine et fut découvert en Europe il y a 2500 ans.

Fibre textile réputée depuis longtemps, l'utilisation des qualités isolantes du coton ne date que des années 90. Les fibres ne subissent aucun traitement chimique, elles reçoivent simplement un traitement ignifugeant après cardage.

La laine de coton s'utilise en vrac, en rouleaux, en feutre (bandes de faible épaisseur qui sert surtout de panneau isolant phonique). Elle est difficilement inflammable.

C'est une ressource renouvelable, il existe un énorme potentiel d'excédents de fibre de coton. La pollution principale est due aux pesticides employés pour la culture du coton.

Les utilisations du coton comme matériau isolant sont sans effets négatifs connus sur la santé, il est toutefois préconisé de porter un masque lors de la mise en œuvre du coton en vrac.

Energie grise : moyenne pour la fabrication, élevée pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 1$  à 2

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.040$  W/m.°C .

Prix approximatif : 15 à 20 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.

### **A noter**

Il existe depuis longtemps une filière utilisant des matériaux disponibles sur place et non commercialisés (paille, foin, fougères, ...). Il est cependant délicat de reproduire exactement la plupart des procédés traditionnels compte tenu de la variabilité des composants et des savoir-faire. Malgré des qualités indéniables, ces isolants utilisés principalement en auto-construction ne bénéficient pas toujours d'un avis technique (du moins en France), tels le comportement au feu ou les coefficients thermiques, et ne sont donc pas reconnus par les assurances des maîtres d'ouvrage.



## Les isolants minéraux

### -La perlite et la vermiculite



Perlite en vrac (Photo Oïkos)



Vermiculite

La perlite est le résultat de transformation d'une roche volcanique siliceuse qui subit une expansion une fois portée à haute température. On procède de la même manière avec la vermiculite qui est quant à elle issue d'une roche micacée.

Les principales utilisations se font en vrac, en bétons et mortiers, en panneaux et en blocs de construction préfabriqués.

Utilisées pures, la perlite et la vermiculite ne présentent pas de dégagement toxique. Elles sont ininflammables, non renouvelables mais de grande disponibilité.

Energie grise : 230 kWh/m<sup>3</sup>, Pollution principale : unités de fabrication (CO<sub>2</sub>), transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau :  $\mu = 2$  à 4.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.045$  à 0.050 W/m.°C pour la perlite.

$\lambda = 0.06$  à 0.08 W/m.°C pour la vermiculite.

Prix approximatif : 10 à 15 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.

### -L'argile expansée

Cet isolant se présente sous la forme de billes obtenues à partir d'argile crue, cuite à 1100°C. Ces billes sont insensibles à l'eau et très résistantes à la compression.

On peut les utiliser en vrac, en mortier allégés pour la réalisation de chapes ou encore en bloc de construction préfabriqués.

L'argile expansée est incombustible.

C'est une ressource non renouvelable mais

de grande disponibilité. On ne constate aucun dégagement toxique en cours d'utilisation.

Energie grise : 300 kWh/m<sup>3</sup>, Pollution principale : unités de fabrication (CO<sub>2</sub>), transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau : variable en fonction du liant

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.103$  à 0.108 W/m.°C .

Prix approximatif : 25 à 30 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Argile expansée



## **- Le verre cellulaire**

Fabriqué à base des matières premières du verre (sable, feldspath...), le verre cellulaire se présente sous forme de panneaux rigides.

Il ne présente aucun dégagement toxique en cours d'utilisation mais est souvent jointoyé avec du bitume, produit susceptible d'être cancérigène.

Il ne possède aucune capacité de respiration et est incombustible.

On peut le recycler comme remblais après broyage mais c'est une ressource non renouvelable (sauf le verre recyclé composant la laine de verre) mais existant en grande quantité.

Energie grise : 1600 kWh/m<sup>3</sup> !

Perméabilité à la vapeur d'eau : nulle

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.035$  à  $0.048$  W/m.°C .

Prix approximatif : 35 à 45 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.



Panneaux de verre cellulaire (doc. Foamglas)

### **A noter**

Terre crue : Très utilisée en Afrique, en Amérique latine et au Moyen-Orient, elle l'était aussi au 19<sup>e</sup> siècle en France et connaît un regain d'intérêt depuis les années 70 car elle est peu « énergivore », recyclable, abondante, renouvelable, et extrêmement saine (excellent comportement hygroscopique, régulateur thermique, absence de toxicité...).

Terre cuite : Les murs appelés « monomurs », conçus à partir de briques alvéolées (connues aussi sous le nom de brique G) en terre cuite, ne requièrent pas d'isolation dès lors que les briques possèdent au moins 19 alvéoles, certaines en contenant une trentaine.

Ce matériau est gourmand en énergie pour sa fabrication mais est recyclable. En outre, son inertie thermique lourde lui permet de stocker l'énergie du soleil puis de la restituer la nuit. De même, en été, il absorbe la chaleur diurne, ce qui favorise la climatisation naturelle.

Enfin, ces briques en terre cuite qui sont d'une très grande résistance mécanique, absorbent la vapeur d'eau en excédent et la restituent si l'ambiance intérieure devient sèche.

Le béton cellulaire est un bon isolant, léger, mais son inertie est faible. Il est fortement hygroscopique et doit être recouvert d'enduits hydrofuges souvent synthétiques. Convient pour construire rapidement et quand on n'a pas une grande technicité d'auto-constructeur.

## Isolants d'origine animale

### -La laine de mouton

D'abord utilisée comme vêtement, cet isolant produit entièrement de façon naturelle présente une certaine odeur. Pour y remédier et la proposer manufacturée aux consommateurs, la laine subit un traitement chimique qui la rend discutable d'un point de vue écologique.

On peut ainsi l'acheter sous de multiples formes (vrac, rouleaux, écheveaux, panneaux semi-rigides, feutre) qui sont difficilement inflammables. La laine de mouton est renouvelable et recyclable. Les additifs antimites ont une très légère toxicité pour les animaux à sang chaud.



Laine de mouton en rouleau (doc Daemwool)

Energie grise : Moyenne pour la fabrication, plus importante pour le transport sur de longues distances.

Perméabilité à la vapeur d'eau : 1 à 2. La laine de mouton a d'excellentes capacités hygroscopiques.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.035$  à  $0.045$  W/m.°C selon la densité.

Prix approximatif : 10 à 15 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre. Beaucoup moins si la laine est récupérée des tontes, auprès des éleveurs.

### -La plume de canard

Ce matériau d'isolation relativement récent est constitué majoritairement de plumes de canards (70 %), avec une proportion moindre de laine de mouton (10%) et de fibres textile type polyester (20 %) assurant la cohésion du matériau.

Les plumes sont lavées et traitées à une température de 150 °C. Ainsi, elles sont totalement débarrassées des microorganismes qu'elles abritent. Certaines versions sont traitées avec un antimite.



Energie grise : assez faible pour la fabrication, plus importante pour le transport.

Perméabilité à la vapeur d'eau : 5.8 à 6.5 selon les versions.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0.033$  à  $0.035$  W/m.°C.

Prix approximatif : 20 à 25 €/m<sup>2</sup> pour un pouvoir isolant équivalent à 10 cm de laine de verre.