

## lieuxdits #24

Spécial *Sustaining the energy transition*

Décembre 2023

<b>édito</b>	<b>1</b>
<i>Sergio Altomonte</i>	
<b>Electricity security in South America</b>	<b>2</b>
<b>Are we on the right path?</b>	
<i>Ursula Cardenas Mamani</i>	
<b>Pour sortir de l'impasse</b>	<b>8</b>
<b>Réflexion(s) stratégique(s) sur la rénovation du bâti</b>	
<i>Sophia Sentissi, Giulia Marino, Giuseppe Galbiati</i>	
<b>Choix équilibré d'un isolant thermique</b>	<b>14</b>
<b>en rénovation. Comment répondre aux exigences</b>	
<b>de performances énergétiques tout en limitant</b>	
<b>l'impact environnemental global et en favorisant</b>	
<b>la circularité des matières ?</b>	
<i>Sophie Trachte, Dorothee Stiernon</i>	
<b>Le temps et l'espace de la chaleur</b>	<b>22</b>
<b>Slowheat.org</b>	
<i>Geoffrey van Moeseke</i>	
<i>Denis De Grave</i>	
<b>Énergie Plus (E+)</b>	<b>28</b>
<b>Un outil d'aide à la décision pour la gestion</b>	
<b>énergétique des bâtiments tertiaires</b>	
<i>Marie Vander Meulen</i>	
<b>La page d'info LOCI+LAB</b>	<b>34</b>

### Référence bibliographique :

Sophie Trachte, Dorothee Stiernon "Choix équilibré d'un isolant thermique en rénovation. Comment répondre aux exigences de performances énergétiques tout en limitant l'impact environnemental global et en favorisant la circularité des matières ?", *lieuxdits#24*, décembre 2023, pp.14-21

SEMESTRIEL

ISSN 2294-9046

e-ISSN 2565-6996



Éditeur responsable : Le comité éditorial, place du Levant, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve (lieuxdits@uclouvain.be)

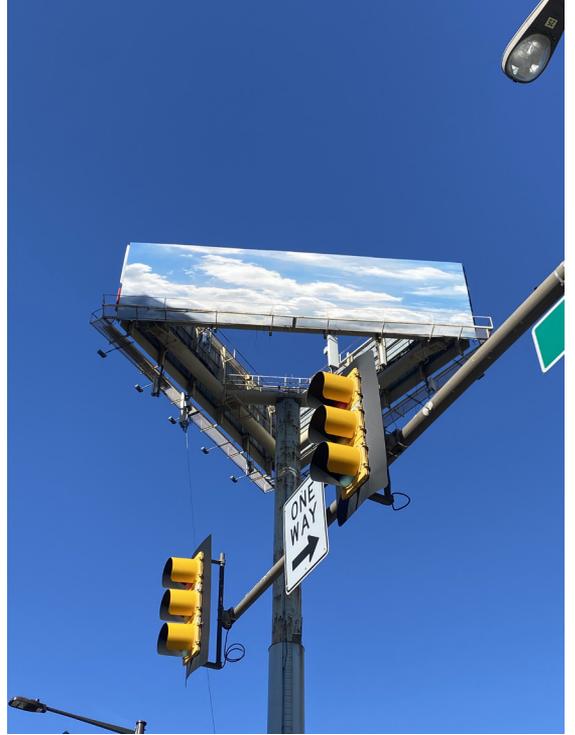
Comité éditorial : Damien Claeys, Gauthier Coton, Brigitte de Terwangne, Corentin Haubruge, Lucas Lerchs,

Nicolas Lorent, Pietro Manaresi, Catherine Massart, Giulia Scialpi, Dorothee Stiernon

Conception graphique : Nicolas Lorent

Imprimé en Belgique

lieuxdits #24  
spécial *sustaining the energy transition*



Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme de l'Université catholique de Louvain  
Louvain research institute for Landscape, Architecture, Built environment



Faculté d'architecture  
d'ingénierie architecturale  
d'urbanisme



LAB

Louvain research institute for  
Landscape, Architecture,  
Built environment

[www.uclouvain.be/loci](http://www.uclouvain.be/loci)  
[www.uclouvain.be/lab](http://www.uclouvain.be/lab)

# Choix équilibré d'un isolant thermique en rénovation

Comment répondre aux exigences de performance énergétique tout en limitant l'impact environnemental global et en favorisant la circularité des matières ?

## Auteurs

Sophie Trachte  
Architecte, docteure en Art de  
bâtir et Urbanisme  
chargée de cours à la Faculté  
d'Architecture, ULiège,  
URA, ULiège  
© 0000-0002-8452-3567

Dorothee Stiennon  
Architecte, doctorante, assistante  
de recherche et d'enseignement,  
LOCI+LAB, UCLouvain.  
© 0000-0003-0535-3406

**Résumé.** Au vu des enjeux relatifs à la rénovation énergétique du parc bâti et à la gestion des ressources, il devient urgent d'élargir le processus de sélection des matériaux isolants à des critères environnementaux et circulaires. Les autrices proposent une approche multicritère et complémentaire à l'approche quantitative de l'analyse de cycle de vie. Le présent article traite de l'apport de matières premières, de l'utilisation des ressources et du processus de fabrication en mettant en évidence l'influence des isolants sur la consommation de ressources naturelles et d'énergie grise et sur les émissions de gaz à effets de serre. Il permet à tout-e concepteur-riche de faire un choix d'isolant qui soit équilibré entre ces différents aspects et adapté à son projet de rénovation.

**Mots-clés.** isolant thermique · rénovation énergétique · impact environnemental · économie circulaire · approche multicritère

**Résumé.** In view of the challenges posed by the energy renovation of buildings and the management of resources, there is an urgent need to extend the selection process for insulating materials to include environmental and circular criteria. The authors propose a multi-criteria approach that complements the quantitative approach of life-cycle analysis. This article deals with the input of raw materials, the use of resources and the manufacturing process, highlighting the influence of insulation materials on the consumption of natural resources and embodied energy, and on greenhouse gas emissions. It enables all designers to make a choice of insulation that balances these different aspects and is suited to their renovation project.

**Keywords.** thermal insulation · energy retrofit · environmental impact · circular economy · multicriteria approach



Dans leur livre *Isolants thermiques en rénovation*, paru récemment, les deux autrices analysent et en comparent les spécificités d'une cinquantaine de matériaux d'isolation présents sur le marché actuel en Belgique et dans les pays limitrophes. Cinq grands thèmes y sont développés :

- nature, formes et familles ;
- propriétés techniques ;
- qualité de l'air intérieur et santé ;
- cycle de vie et impact environnemental ;
- intégration des objectifs d'économie circulaire

Cette approche permet de mieux cerner les ressources et matières premières utilisées, les transformations subies par celles-ci, ainsi que les caractéristiques de chaque famille de matériaux. Elle offre ainsi l'opportunité de comprendre l'influence de ces matériaux sur l'environnement et leur intégration dans une démarche d'économie circulaire.

Trachte, S., Stiennon, D. (2023). *Isolants thermiques en rénovation. Réaliser un choix équilibré entre confort, performance énergétique, approche environnementale et gestion circulaire des ressources.* Lausanne : EPFL Press (coll. Architecture), 280 p.

## Introduction

Envisager des interventions sur le bâti existant pour améliorer ses niveaux de confort et de performance énergétique implique, de manière quasi obligatoire, la mise en place de mesures d'isolation des parois et, par ce biais, un choix de matériaux d'isolation thermique.

Les matériaux d'isolation thermique, appelés *isolants*, assurent différentes fonctions dans les parois de l'enveloppe et sont considérés comme des outils indispensables pour atteindre les normes de confort et les exigences actuelles de performance énergétique.

La question du choix d'un isolant et de sa technique de mise en œuvre, lors d'une rénovation, est aujourd'hui cruciale. En effet, ce choix peut avoir un impact négatif tant sur la qualité architecturale et l'habitabilité que sur l'évolutivité future du bâtiment. Mais il peut aussi et surtout influencer lourdement le bilan environnemental global de l'intervention, entraînant une consommation élevée de ressources naturelles et d'énergie grise, en générant des émissions importantes de gaz à effet de serre (GES) et en utilisant des techniques non réversibles et des matériaux difficilement valorisables en fin de cycle de vie.

Dans une approche environnementale globale, si les isolants offrent la garantie d'une réduction de consommation d'énergie et, par ce biais, d'une diminution des émissions de GES durant l'exploitation d'un bâtiment, ils devraient également répondre à ces mêmes objectifs tout au long de leur cycle de vie. Une telle approche n'est cependant pas encore d'application dans le secteur de la construction où ces matériaux font encore trop souvent l'objet d'a priori et sont choisis principalement sur base de leur coefficient de conductivité thermique et de leur prix de mise en œuvre.

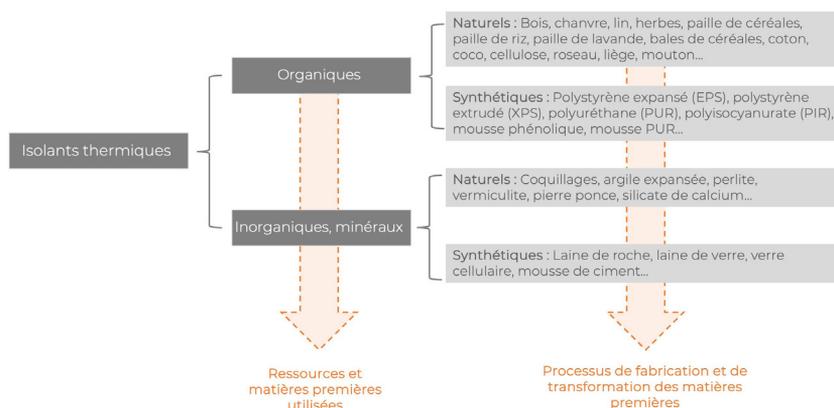
## Ressources et matières premières utilisées

La nature des isolants dépend des ressources utilisées et de leurs transformations lors du processus de fabrication. On distingue, selon la ressource utilisée, les isolants organiques des isolants inorganiques ou minéraux et, selon le type de transformation, les isolants naturels (pas ou peu transformés) des isolants synthétiques (très transformés). Tant les ressources que leurs transformations vont influencer de manière significative le bilan environnemental de l'isolant. Un isolant est généralement composé de matières premières dominantes et secondaires.

Les matières dites "dominantes" sont les plus importantes en masse. Elles assurent le caractère isolant du matériau fini auquel elles donnent généralement leur nom. Elles se répartissent en trois grandes catégories :

- **Les matières organiques issues de la biomasse végétale ou animale.** Ces matières carbonées sont produites de manière continue par des végétaux ou des animaux, et ce, dans un cycle de production renouvelable<sup>1</sup>, allant de quelques mois à plusieurs dizaines d'années.
- **Les matières organiques issues de la pétrochimie.** Ces matières carbonées de synthèse sont transformées chimiquement par l'être humain à partir de matières organiques fossiles qui mettent des millions d'années à se former.
- **Les matières minérales.** Ces matières inorganiques ne sont pas produites par des êtres vivants. On les trouve telles quelles dans le milieu naturel, sous forme de roches et de minéraux.

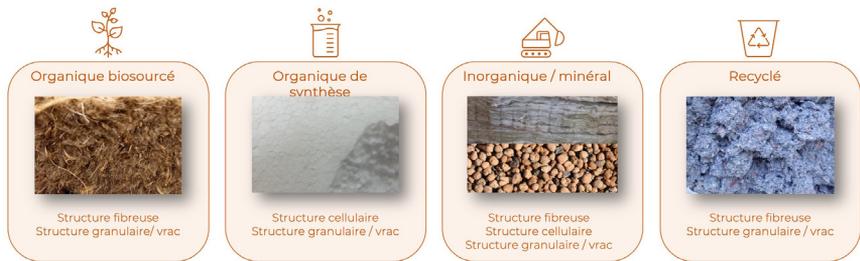
<sup>1</sup> - Le terme "renouvelable" est utilisé pour qualifier le renouvellement d'une ressource, en se référant à la durée de vie d'un être humain. Si la ressource se renouvelle plusieurs fois sur la durée de vie d'un être humain, on dira que la ressource est renouvelable. Ainsi le bois et d'autres ressources biosourcées sont considérés comme des ressources renouvelables tandis que des minerais ou des roches sont considérés comme des ressources non renouvelables. Il est cependant important de considérer le temps de renouvellement des matières renouvelables. Pour certaines, il s'agit de quelques mois de culture ou d'élevage, pour d'autres, comme le bois, de dizaines d'années.



<sup>1</sup> Nature des isolants selon les ressources utilisées et leurs transformations durant le processus de fabrication. Source : S. Trachte

2 Différentes catégories de matières dominantes et structures des isolants produits à partir de celles-ci. Source : S.Trachte  
 Au niveau du secteur de la construction, les isolants inorganiques et les isolants organiques de synthèse sont les plus utilisés<sup>2</sup>. Les isolants biosourcés représentent environ 7 % du marché de l'isolation en 2021. Les isolants se regroupent autour de trois grands types de structures : fibreuse, alvéolaire ou cellulaire et granulaire (isolants en vrac).

3 Informations recueillies sur les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des matériaux isolants analysés et comparés... Ces données ont été comparées, par unité fonctionnelle (UF), par kg de matière et/ou par m<sup>2</sup> de paroi isolée (U = 0,24 W/m<sup>2</sup>.K). Source : Base de données des déclarations environnementales de la base française INIES - www.inies.fr



**Les matières issues du recyclage de déchets** forment une catégorie relativement hybride, dans la mesure où on y retrouve des matières issues des trois catégories citées *supra*. Ces matières et leur utilisation sont à privilégier et à renforcer dans une vision de gestion durable et circulaire des ressources et déchets. D'autres matières dites "secondaires" entrent également, mais en moindre quantité, dans la composition des matériaux isolants. En tant qu'additifs, ces matières permettent d'augmenter les performances, d'assurer la cohésion du produit fini ou encore de garantir sa pérennité. Elles sont, pour la plupart, des matières organiques de synthèse issues de la pétrochimie.

### Influence des matières premières utilisées, sur l'environnement et la gestion circulaire des ressources

Les matières premières utilisées dans la production d'isolants exercent une influence significative sur l'environnement et la gestion circulaire des ressources, notamment en termes de localisation et de disponibilité, de gestion des stocks et de valorisation de déchets actuels et futurs. Certaines ressources peuvent aussi être un levier pour atteindre les objectifs "zéro carbone" du secteur de la construction grâce à leur capacité à fixer et stocker le dioxyde de carbone sur des périodes relativement longues.

Isolants	Marque, type de produit Propriétés	Principaux composants	Unité fonctionnelle analysée
Laine de roche	Rockwool - MBRock 145 $\rho = 65 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}$	Roche volcanique (basalte), laitier, briquettes recyclées	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 145 mm 9,425 kg de laine de roche + matériaux d'emballage
Laine de verre avec liant végétal	Knauf Insulation - ECOSE Naturool 035 - 145 $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$	Sable, dolomie, bore et calcin (50 à 80 %)	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 120 mm 2,4 kg de laine de verre + matériaux d'emballage
Verre cellulaire panneau	Foamglas - T3+ Pittsburgh Corning $\rho = 95 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,036 \text{ W/m.K}$	Verre recyclé (> 60 %), feldspath, oxyde de fer, oxyde de manganèse, sulfate de sodium, nitrate de sodium	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 36 mm 3,42 kg de verre cellulaire + matériaux d'emballage
Polystyrène expansé	Knauf - Therm Mur Th38 $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,038 \text{ W/m.K}$	Styrène	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 100 mm 1,47 kg d'EPS + matériaux d'emballage + enduit et eau
Polyuréthane	Soprema - TMS 100 mm $\rho = 31 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,022 \text{ W/m.K}$	Polyol, isocyanate, agents gonflants	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 100 mm 3,10 kg de PUR + parement + matériaux d'emballage
Fibres de bois	Steico SE - Steicoflex F 036/038 $\rho = 50 \text{ à } 60 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,036 \text{ W/m.K}$	Fibres de bois (95 %), liant et additifs	1 m <sup>3</sup> d'isolant 51,7 kg de fibres de bois + matériaux d'emballage
Herbes ensilées	Gramitherm 100 $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,041 \text{ W/m.K}$	Fibres d'herbes, fibres de jute recyclée (20 %), PET (8 %)	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 100 mm 4 kg de produit (avec 20 % de fibres de jute et 8 % de PET) + matériaux d'emballage
Paille de riz	FBT Isolation - Panneau FBT PR $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,039 \text{ W/m.K}$	Paille de riz de Camargue (92 %), fibres de polyester	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 100 mm 5 kg de produit (avec 8 % de liant polyester)
Flocons de cellulose	Soprema - Pavafloc / Pavacell / Valocell / Doucell 145 mm $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,042 \text{ W/m.K}$	Fibres de papier usagé, sulfate de magnésium, acide borique	1 m <sup>2</sup> d'isolant de 145 mm 7,25 kg de cellulose + matériaux d'emballage

### Approvisionnement, disponibilité et gestion des ressources

La première étape du cycle de vie concerne l'apport en matières premières. Celui-ci met en lumière le temps de renouvellement dans le cas d'une ressource renouvelable et le stock disponible dans le cas d'une ressource non renouvelable. La disponibilité d'une ressource informe de l'état de son stock, dans l'écosystème naturel terrestre. Elle indique aussi si l'exploitation régulière de la ressource est *en équilibre* avec le gisement existant.

Dans l'ACV (analyse du cycle de vie), la disponibilité des ressources non renouvelables est évaluée avec l'indice de rareté, aussi appelé "épuisement des ressources abiotiques minérales et métalliques". Cet indicateur s'appuie sur une comparaison entre la rareté d'une ressource et celle de l'antimoine (Sb)<sup>3</sup> qui, par convention, a une valeur de 1. Plus l'indice est grand, plus le stock de la ressource est limité et plus son utilisation est problématique dans une vision de développement durable et circulaire. La disponibilité des ressources utilisées pour la fabrication d'isolants minéraux ou organiques de synthèse est présentée dans la figure 4. Les données reprises ne concernent que la phase de production de l'ACV – que l'on appelle aussi le "module A" – et qui reprend les sous-étapes :

- extraction et apport des matières premières (A1) ;
- transport des matières premières vers le lieu de fabrication (A2) ;
- processus de fabrication/transformation (A3).

L'analyse des données met en évidence un indice assez élevé pour la laine de verre, le verre cellulaire et le polystyrène expansé, et ce malgré l'utilisation significative de matières recyclées pour la laine de verre et le verre cellulaire. Ceci peut se justifier par l'exploitation de ressources en pénurie telles que le sable ou

certains additifs (bore).

En revanche, la laine de roche, le polyuréthane et la cellulose affichent un indice de rareté assez faible. Pour la laine de roche, ce résultat s'explique par l'utilisation de roche volcanique qui est présente en quantité très importante à la surface terrestre. Pour le polyuréthane, le résultat se justifie par la faible quantité de matière nécessaire pour atteindre l'unité fonctionnelle. Enfin, le résultat de la cellulose se comprend par l'utilisation de papiers journaux usagés dont la disponibilité est importante.

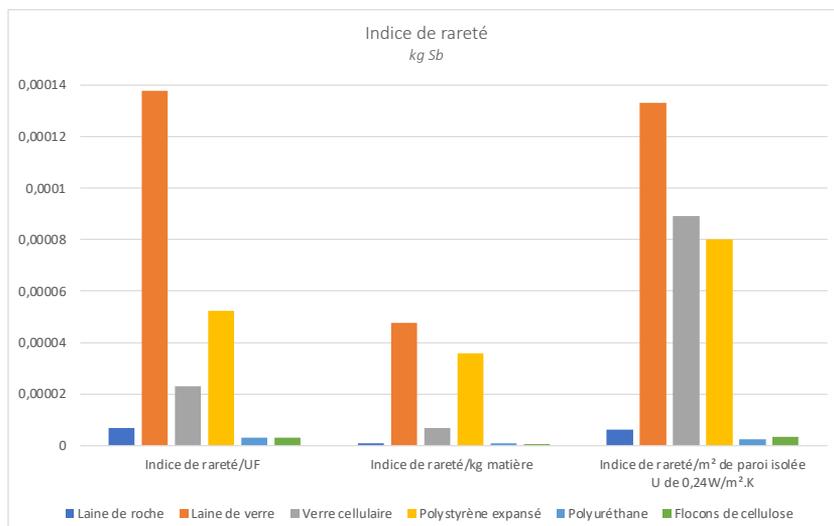
### Statut de la ressource utilisée : coproduit, sous-produit ou déchet

En ce qui concerne l'apport de matières premières, l'ACV fait une distinction entre un produit spécifiquement cultivé ou extrait pour la fabrication d'un matériau (coton, roche volcanique...), un coproduit (paille, chanvre, lin...), un sous-produit (calcin, balles de céréales...) ou encore un déchet (fibres de papier, fibres de jeans, paille de lavande ou de riz) qui, par définition, est un résidu destiné à être abandonné et traité en tant que tel. Ces notions de coproduit, sous-produit et déchet doivent être clairement définies pour les matériaux présentant un contenu recyclé élevé (*recycled content*, en anglais) et pour ceux issus de la biomasse végétale, car elles influencent directement les résultats de l'évaluation environnementale de l'isolant. En effet, l'ACV se réalise sur base d'un inventaire des flux entrants (matières, engrais, eau...) et des flux sortants (émissions atmosphériques, pollutions du sol...) liés notamment à la culture ou à l'extraction d'une ressource, dont les impacts seront comptabilisés différemment selon son statut, comme le présente la figure 5.

Il faut noter que le statut de coproduit, sous-produit ou déchet n'est pas définitif et peut évoluer en fonction du contexte économique et socio-environnemental.

2 - Selon l'étude de 2021 du TBC Innovations sur l'utilisation des matériaux isolants en France, les laines minérales représenteraient un peu plus de 50 % des superficies d'isolants posés, les organiques synthétiques (PSE, PU, XPS) près de 40 %, et les biosourcés près de 7 % - <http://www.tbctinnovation.fr/les-isolants-thermiques-pour-le-batiment-en-2021-en-france/>

3 - L'antimoine est l'élément chimique de numéro atomique 51, de symbole Sb. Il se trouve le plus souvent à l'état naturel sous forme de sulfure combiné ou non avec d'autres métaux (plomb, cuivre, argent). L'antimoine est l'unité pour quantifier une consommation de matière première.



④ Indice de rareté pour certains matériaux isolants sur l'étape de production et de fabrication dans l'analyse du cycle de vie (modules A1 à A3)  
Source : Base de données environnementales INIES – [www.inies.fr](http://www.inies.fr)

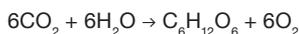
5 Différents statuts des matières premières utilisées et la manière de comptabiliser les impacts liés à leur exploitation (culture, élevage, extraction)  
Illustration : S. Trachte

<p><b>Matière première</b></p>  <p>Matière extraite ou cultivée spécifiquement pour la fabrication d'un produit</p> <p>Tous les entrants et sortants liés au module A1 sont pris en compte</p>	<p><b>Coproduit</b></p>  <p>Matière issue d'une culture ou d'un processus d'extraction qui alimente plusieurs secteurs</p> <p>Tous les entrants et sortants liés au module A1 sont partagés entre les secteurs</p>	<p><b>Sous-produit</b></p>  <p>Matière résiduelle issue d'un processus industriel et réutilisée, sans traitement dans un nouveau processus</p> <p>Pas d'impact considéré pour le module A1 = <u>bénéfice environnemental</u></p>
---	---	---

Vu les enjeux environnementaux et circulaires actuels, de plus en plus de fabricants d'isolants favorisent l'utilisation de sous-produits et coproduits.

**Matières premières et stockage du carbone**

Le développement de toute matière végétale est dépendant du phénomène de photosynthèse dont la formule chimique est la suivante :

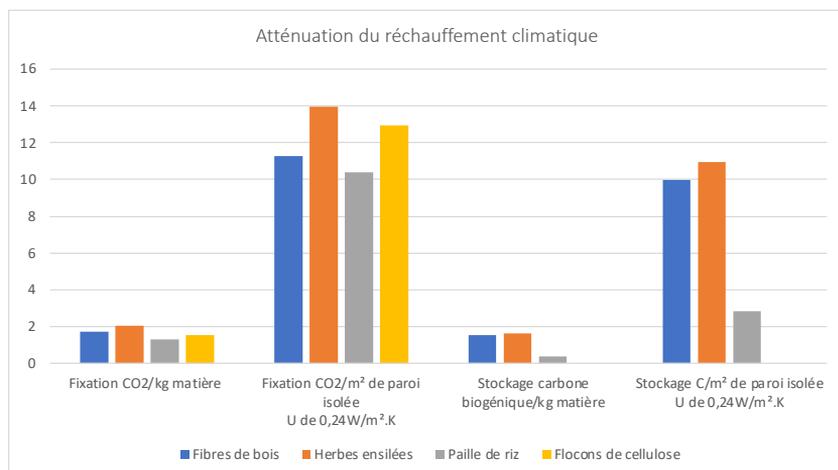


Le carbone présent dans le composé  $C_6H_{12}O_6$  est dit "biogénique". Il est contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière avant d'être réemis lors de la combustion ou la dégradation de celle-ci. La fixation du dioxyde de carbone durant la photosynthèse et son stockage sous forme de carbone dans la biomasse est une contribution apportée par les espèces végétales à l'atténuation des changements climatiques. Cette contribution, appelée "puits de carbone", est effective uniquement si la ressource végétale utilisée est renouvelée et gérée durablement.

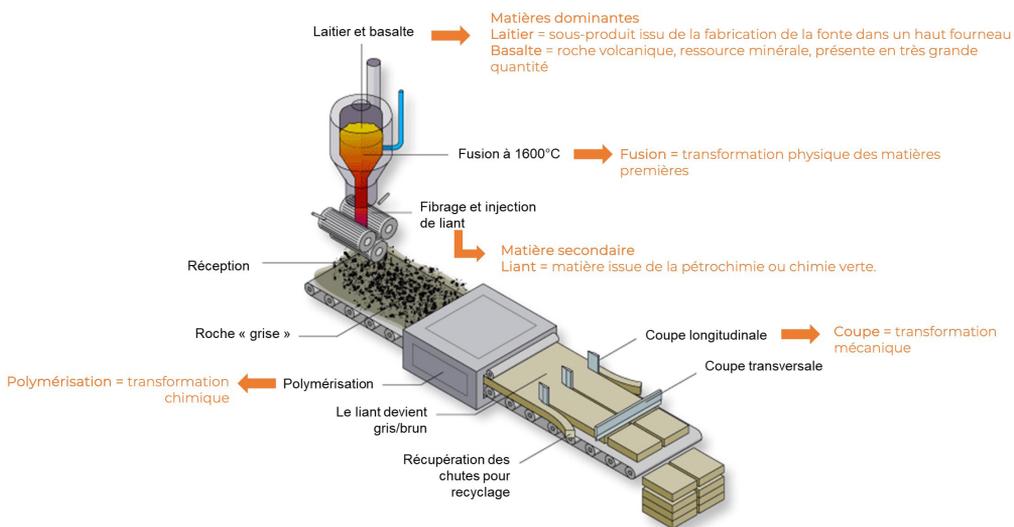
Comme le souligne le dernier rapport du GIEC (avril 2022), utiliser davantage, dans la construction et la rénovation des bâtiments, des matériaux issus de la biomasse végétale permet de séques-

trer du carbone sur des temps longs (entre 20 et 60 ans) et ainsi de s'allouer un *tampon temporel* pour atteindre les objectifs de neutralité carbone. Le *tampon* sera d'autant plus important que ces matériaux seront réemployés et/ou recyclés. Le bénéfice environnemental de ce stockage est depuis peu pris en compte, quantifié et évalué, dans l'ACV lorsqu'on intègre des matières premières végétales dans la fabrication de matériaux et notamment des isolants. La figure 6 présente pour quatre isolants biosourcés, les résultats en termes de fixation du dioxyde de carbone (kg/CO<sub>2</sub> équivalent) et de stockage de carbone biogénique (kg C équivalent).

Les résultats mettent en évidence, pour les quatre isolants, une capacité élevée à fixer du dioxyde de carbone, se situant entre 10 et 14 kg/CO<sub>2</sub> par mètre carré de paroi isolée (U de 0.24 W/m<sup>2</sup>.K). Celle-ci est encore plus importante pour l'herbe ensilée, malgré une croissance rapide, et pour les flocons de cellulose. Concernant le stockage du carbone biogénique, les autres n'ont pas eu accès aux données des flocons de cellulose qui, par déduction, pourraient être relativement proches de celles du bois.



6 Atténuation du réchauffement climatique : fixation du dioxyde de carbone et stockage du carbone biogénique  
Source : Base de données environnementales INIES – www.inies.fr



## Processus de fabrication et types de transformation

La seconde étape du cycle de vie concerne la fabrication de l'isolant. Elle détermine les différentes transformations subies par les matières premières, dont les principales sont expliquées ici.

- Les transformations mécaniques s'effectuent de manière exclusivement mécanique : peignage, broyage, broyage, découpage... Elles n'entraînent aucun changement d'état de la matière et ne modifient pas la nature de la matière première.
- Les transformations physiques impliquent un changement d'état de la matière, du point de vue physique. Cela se produit lorsque la matière est chauffée, refroidie, séchée, fondue... Les températures peuvent être différentes selon les cas. En général, des températures très élevées sont atteintes lorsque la matière dominante est profondément transformée.
- Les transformations chimiques génèrent une modification des espèces chimiques constituant la matière. La matière obtenue après réaction chimique est d'une nature complètement différente de la matière première initiale.

Dans la plupart des cas, le processus de fabrication nécessite une combinaison de plusieurs transformations, comme le présente la figure 7.

Une étape fréquente dans la fabrication des matériaux isolants est l'ajout de liant ou de matières additives qui nécessite régulièrement une montée en température.

## Influence du processus de fabrication sur la consommation d'énergie, les émissions de GES et le potentiel de valorisation

Le processus de fabrication requiert des combustibles fossiles carbonés (fioul et gaz naturel). Ce besoin en combustible peut être plus ou moins important selon les matières premières utilisées et leurs transformations. Il entraîne une pollution de l'écosystème notamment par l'émission de GES ou de gaz acidifiants. C'est pourquoi l'étape de production est souvent considérée comme la plus impactante du point de vue environnemental.

### Fabrication et consommation d'énergie (concept d'énergie grise)

L'énergie grise d'un matériau est définie comme l'ensemble des ressources énergétiques consommées par l'ensemble du cycle de vie de ce matériau, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement du déchet. Elle est calculée en énergie primaire, exprimée en MJ/kg de matière produite, et est envisagée comme la somme de l'énergie grise dite "processus" et de l'énergie grise dite "matière".

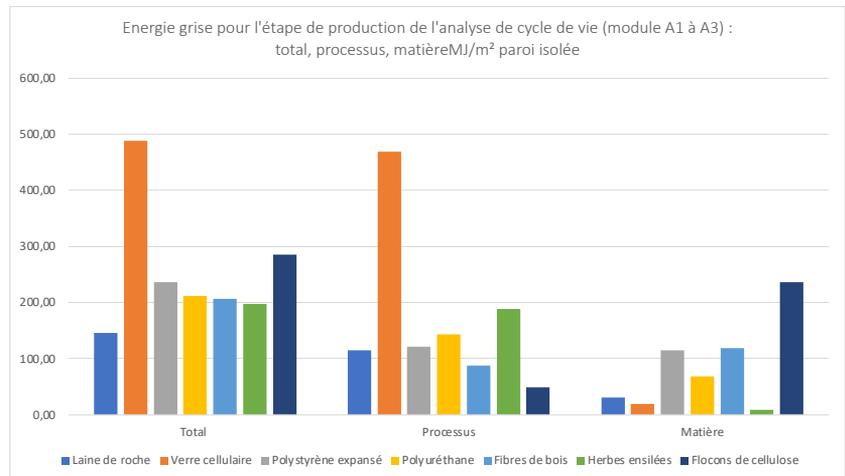
L'énergie grise "processus" est l'énergie consommée par l'ensemble des procédés utilisés (transport, transformations, engins et outillage) durant le cycle de vie. On la considère comme une énergie perdue ou une dette énergétique.

L'énergie grise "matière" est l'énergie mobilisée dans la matière constituant le matériau. Elle peut être potentiellement récupérée, en fin de vie, grâce à un processus de valorisation thermique notamment. On la considère comme un stock d'énergie mobilisée de manière temporaire.

Il faut noter que l'énergie grise est considérée dans l'ACV comme un flux entrant et/ou sortant qui engendre des impacts environnementaux potentiels. La figure 8 présente la consommation d'énergie primaire "processus" et "matière" pour quelques matériaux isolants.

⑦ Schéma décrivant le processus de production de la laine de roche  
Source : S. Trachte, sur base du schéma Eurima

8 Énergie grise nécessaire à la phase de production (A1-A3) : total, processus et matière. À titre informatif, ces résultats peuvent être comparés à la demande annuelle d'énergie primaire de chauffage d'une habitation passive d'une superficie de 200 m<sup>2</sup>, soit d'environ 833 MJ (gaz) ou 2 083 MJ (électricité).  
Source : Base de données environnementales INIES – www.inies.fr



L'énergie grise des matériaux n'est pas encore prise en compte dans les réglementations sur la performance énergétique des bâtiments en Europe, et ce, malgré qu'elle puisse être très importante et supérieure à l'énergie d'utilisation, notamment dans le cas de bâtiments à haute performance énergétique (Trachte & Massart, 2011) qui nécessitent davantage de matériaux et de systèmes techniques.

Dans une approche environnementale globale, il serait cohérent d'intégrer l'énergie grise nécessaire au cycle de vie d'un bâtiment dans le calcul de la performance énergétique de celui-ci. Cette approche favoriserait, à performance équivalente, des matériaux locaux, dont le cycle de vie et le processus de fabrication sont moins consommateurs en énergie.

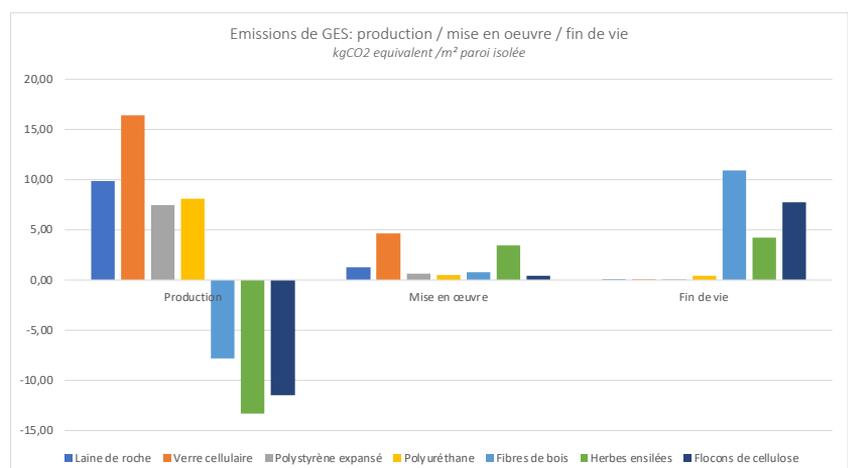
### Fabrication et émissions de GES (concept de carbone gris)

Les émissions de GES produites durant la phase de fabrication de l'isolant – comme durant sa phase de fin de vie – peuvent être importantes. Elles varient en fonction du matériau et des transformations subies. Ces émissions sont reprises sous le concept de "carbone gris" et considérées, dans l'ACV, comme un impact repris sous l'indicateur "Potentiel

de réchauffement climatique". Cet impact est exprimé en kg CO<sub>2</sub> équivalent par kg de matière produite. La prise en compte du carbone gris est un enjeu crucial dans l'atténuation des changements climatiques d'ici 2050, d'autant que, selon Eurostat, les procédés de fabrication des minéraux, comme le ciment et des métaux, représentaient 9 % des émissions européennes de GES, en 2019.

Or, le calcul de ce carbone gris est encore très approximatif dans la mesure où il tient compte principalement des émissions liées à la phase de production et de la fin de vie. Une intégration plus systématique de l'ensemble des émissions de GES durant le cycle de vie d'un matériau serait d'autant plus essentielle que les bâtiments considérés comme "carbone neutre" nécessitent davantage d'isolants, d'installations techniques et de maintenance. Il serait aussi intéressant de systématiser les ACV "dynamiques", celles qui prennent en compte la temporalité des émissions et qui pondèrent ces émissions en fonction de l'étape de cycle où elles sont émises. Plus une émission a lieu tardivement dans le cycle de vie, plus son impact est faible. La figure 8 détaille pour quelques matériaux d'isolation, les émissions de GES selon la phase de cycle de vie.

9 Émissions de GES sur le cycle de vie des matériaux isolants : production, mise en œuvre et fin de vie  
Source : Base de données environnementales INIES – www.inies.fr



Les résultats mettent en évidence un bilan carbone relativement neutre pour les isolants biosourcés/recyclés dans la mesure où le CO<sub>2</sub> stocké durant la phase de production est réémis en fin de vie, sachant que ces isolants sont actuellement valorisés thermiquement. S'ils devaient être réemployés ou réutilisés, le bilan carbone resterait négatif. *A contrario*, les isolants minéraux et organiques synthétiques ont une phase de production assez émissive et une fin de vie sans émission, car ils sont généralement traités par enfouissement technique.

## Conclusion, faire un choix équilibré

Les objectifs conjoints de neutralité carbone et d'économie circulaire fixés par l'UE nous imposent de repenser nos choix d'isolants. Si ces matériaux ont permis, depuis près de trente ans, de répondre adéquatement aux objectifs de **confort thermique** et de **performance énergétique**, ils doivent aujourd'hui s'intégrer dans une vision globale et multicritère, en considérant aussi la **gestion durable et circulaire des ressources** et le **respect de l'environnement**.

Il s'agit donc d'établir un choix équilibré entre ces quatre grands axes, qui sont parfois en opposition. Ce choix est d'autant plus complexe en rénovation que se juxtaposent d'autres critères tels que le maintien et la pérennité du bâti existant, le respect de sa valeur architecturale, la prise en compte d'un comportement hygrothermique particulier...

C'est pourquoi quelques principes de choix sont énoncés ci-après :

- déterminer une technique d'isolation, si possible réversible, en fonction des spécificités architecturales et constructives de la paroi ;
- choisir un isolant selon sa conductivité thermique, en tenant compte d'un bon rapport entre confort thermique, performance énergétique, épaisseur d'isolant et consommation de matières/ressources ;
- opter pour un isolant en adéquation avec l'usage pour lequel on le destine, de manière à profiter au mieux de l'ensemble de ses propriétés techniques ;
- faire enfin un choix équilibré et raisonné,
  - en favorisant les isolants multifonctionnels, à longue durée de vie et robustes, capables de résister à plusieurs phases de montage/démontage ;
  - en encourageant les isolants de réemploi ;
  - en privilégiant les isolants fabriqués à partir de ressources locales, renouvelables ou présentes en abondance et/ou les matériaux présentant un haut contenu recyclé ;
  - en tenant compte de la consommation d'énergie grise ainsi que des émissions de carbone gris, et ce, afin d'encourager l'usage de matériaux peu transformés, peu énergivores et peu polluants.

Ces principes permettent de faire un choix équilibré et raisonné parmi la diversité croissante et évolutive des matériaux d'isolation thermique. Un choix s'inscrivant pleinement dans une approche globale de développement durable qui conjugue transition énergétique et zéro carbone, performance environnementale et circularité. ■

## Médiagraphie

Bos M., Stiernon D., Stephan A. (2022). *Review of Bio-based materials in TOTEM*. [En ligne, rapport commandé par les trois Régions belges, visant au développement de l'outil d'évaluation de l'impact des matériaux]. <http://hdl.handle.net/2078.1/274340>

Courgey S. (2020). Les matériaux biosourcés. [En ligne, diaporama], repéré à <https://associationarcanne.files.wordpress.com/2020/04/arcanne-bs.2020.04.pdf>

Evrard A., Trachte S., Aubecq C., Regniers V. (2011). *Matériaux isolants naturels, Elaboration de critères dans le cadre de la surprime isolants naturels*. [Rapport scientifique réalisé pour le Cabinet du Ministre wallon de l'Environnement et le Service Public de Wallonie, département de l'Énergie et du Bâtiment durable]. Louvain-la-Neuve, Belgique.

FNR, Kaiser Ch. (2020). *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*. [En ligne, rapport] [https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschuere/Brosch\\_Daemmstoffe\\_2020\\_Web\\_StandAktualisiert.pdf](https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschuere/Brosch_Daemmstoffe_2020_Web_StandAktualisiert.pdf)

Galle W. (2019). *Building a circular economy. Design Qualities to Guides and Inspire Building Designers and Clients*. Vrije Universiteit Brussel. [En ligne] <https://www.bbsm.brussels/>

Inies. [En ligne, base de données nationale (France) de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction] [www.inies.fr](http://www.inies.fr)

Trachte S., Massart C. (2011). Reducing the environmental impact of new dwellings. Analysis of the balance between heating energy savings and environmental assessment of the building materials. M. Bodart & A. Evrard (dir.). *PLEA 2011: Architecture and Sustainable Development - volume 2: 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.

Trachte, S., Stiernon, D. (2023). *Isolants thermiques en rénovation. Réaliser un choix équilibré entre confort, performance énergétique, approche environnementale et gestion circulaire des ressources*. Lausanne : EPFL Press (coll. Architecture).

## Remerciements

L'état des lieux qui est à la base de cet article a été réalisé en 2020 dans le cadre du projet de recherche P-Renewal ([www.p-renewal.be](http://www.p-renewal.be)), **Rénovation énergétique du bâti wallon d'avant-guerre à valeur patrimoniale**, mené par Architecture et Climat, une équipe de recherche du Louvain research institute for Landscape, Architecture, Built environment (UCLouvain) en partenariat avec le CSTC et financé par le SPW-DGO4. Il a, depuis lors, été complété par les recherches des autrices parues à *EPFL Press (Trachte & Stiernon, 2023)*.