



GUIDE PRATIQUE POUR LA CONSTRUCTION ET LA RENOVATION DURABLES DE PETITS BATIMENTS

- RECOMMANDATION PRATIQUE MAT05 -

ISOLATION THERMIQUE : CHOISIR DES MATERIAUX SAINS ET ECOLOGIQUES

Utiliser des matériaux renouvelables ou abondants dans la nature, recyclables et recyclés, en prenant en compte leur écobilan

PRINCIPES

DEMARCHE

Lors d'un choix de matériau d'isolation, il est intéressant, dans une démarche d'éco-construction, de ne pas limiter ses critères de choix aux seules performances thermiques du matériau. Le choix d'un isolant devrait se faire sur base des critères suivants :

- Propriétés thermiques : elles sont généralement décrites par des notions telles que la conductibilité thermique (W/m^2K). Petit à petit, on tend vers une description intégrant les propriétés de masse des matériaux isolants. Par exemple, on parle de plus en plus souvent de l'effusivité thermique (la racine carrée du produit de la masse volumique, de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique du matériau). Elle représente la vitesse à laquelle la température de surface d'un matériau varie, et donc sa capacité à accumuler et restituer de la chaleur (inertie thermique). Utilisée en combinaison avec la conductibilité thermique, cette grandeur est intéressante lorsque l'on évoque les isolants massifs.
- Propriétés techniques : le comportement au feu, la perméabilité à la vapeur d'eau, le comportement à l'humidité, le type de mise en œuvre, la stabilité dans le temps, l'isolation acoustique, etc.
- Propriétés environnementales : impact énergétique de la production, du transport, risques pour la santé, maintenance, traitement en fin de vie (recyclage) etc. Ces propriétés sont identifiables par des données centralisées tels que les écobilans. Ces derniers mettent en avant les résultats d'analyse de différents impacts environnementaux relatifs aux produits de construction. L'analyse des impacts est transversale, elle intègre l'ensemble du cycle de vie des produits. Parmi les critères analysés nous retrouvons : les émissions de gaz à effet de serre ; la production de gaz acidifiants ; l'origine des ressources (renouvelable, non-renouvelable) ; l'économie des ressources ; la production de déchets ; toxicité pour l'eau et les êtres humains... Dans cette fiche, nous faisons référence au classement du NIBE (NIBE - Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie – www.nibe.org)
- Propriétés économiques : coût du matériau, de sa mise en œuvre et selon le cas de sa maintenance, en rapport avec le type d'utilisation et les performances à atteindre.



Cette fiche traite des matériaux d'isolation thermique et de leurs particularités. Pour les aspects purement énergétiques de l'isolation des bâtiments, nous vous conseillons la lecture de documents spécifiques répertoriées en fin de fiche. D'autre part, le choix d'un matériau d'isolation thermique est souvent lié à la réalisation d'une bonne isolation acoustique. Nous vous conseillons donc la lecture en parallèle des fiches CSS05 – Assurer le confort acoustique et MAT11 – Choix des matériaux d'isolation acoustique.

OBJECTIFS

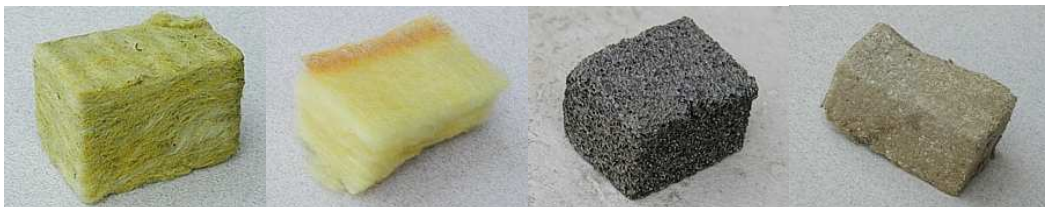
Partant d'une approche « classique » de l'isolation, on peut classer les interventions allant dans le sens de l'éco-construction en différents niveaux :

⊖ Proscrit :

- Les isolants minces réfléchissants, les isolants organiques (polyuréthanes...).

* Minimum :

- Choisir, parmi les matériaux d'isolation courants, ceux qui ont à performance égale (considérant les choix primaires tel que : résistance à l'humidité / comportement au feu...) le meilleur écobilan. Concrètement, il faut éviter les mousses de polyuréthane, dans certains cas le verre cellulaire et le polystyrène extrudé. On leur préférera des laines minérales ou du verre cellulaire (si à base de verre recyclé) en respectant les consignes de sécurité lors de leur mise en oeuvre.



Isolant traditionnels : laine de roche, laine de verre, verre cellulaire, perlite expansée. Source : Energie +

** Conseillé :

- choisir, pour les modes de construction traditionnels, (isolation extérieures ; isolation entre chevron, etc.), des matériaux 'naturels', renouvelables et à faible processus de transformation : plutôt que des laines minérales, on choisira des laines animales ou végétales à base de cellulose, de fibres de bois, de liège, de lin, de chanvre ou d'herbe. Leurs performances thermiques sont de mieux en mieux documentées et leur écobilan plaide en leur faveur.



Exemples d'isolants végétaux - de haut en bas et de gauche à droite : cellulose / laine de chanvre en rouleaux / panneau de liège expansé / laine d'herbe

Source : www.ideesmaison.com (photo 1 et 2) / www.snv.jussieu.fr (photo 3) / www.maison-ecolo.com (photo 4) / www.gramitherm.ch (photo 5)



*** Optimum :

- Remettre en question le mode constructif de l'ensemble de la paroi, pour se diriger vers des solutions telles que les murs en terre-paille, en béton chaux-chanvre, en bois cordé, etc. De très nombreux modes constructifs de ce type sont redécouverts aujourd'hui sous l'intitulé « isolants massifs » et donnent lieu à une réinterprétation contemporaine. Néanmoins, faute de documentation suffisamment objective et de validation scientifique pour ces dernières techniques, nous nous contenterons d'en évoquer l'existence et les avantages en comparaison avec les matériaux isolants courants.



A gauche : exemple de terre-paille en cours de chantier ; à droite : exemple de bois cordé
Source : www.bee.ouvaton.org et http://sinzelle.free.fr/france/saint_etienne/ferme/chevrerie.htm

ELEMENTS DE CHOIX

ASPECTS TECHNIQUES

> Quels sont les matériaux disponibles

Les isolants classiques sont de deux types : organiques, (polyuréthanes, polystyrènes et polyesters) et inorganiques (laines de verre et de roche).



De gauche à droite : mousse de polyuréthane, mousse de polystyrène expansé, mousse de polystyrène extrudé, laine de roche, laine de verre, mousse résol (Sources : Energie + et www.kingspan.be)

A côté de ceux-ci, il existe de nombreux types d'isolation écologique. De façon résumée, on peut relever les isolants à base de :

- cellulose : papier recyclé et/ou paille. Un traitement au sel de bore les protège des attaques d'insectes, des champignons et du feu. Exemple : Isofloc, Pan-Terre, etc.





A gauche : cellulose en vrac ; à droite : panneau à base de cellulose et de lin
Source : www.turrian-jeanjacques.ch, et www.isorex.com

- o laines végétales ou animales : on trouve des panneaux en fibre de coco, de lin, de chanvre, d'herbe, de bois ou en laine de mouton.



A gauche : noix de coco, à droite : chènevotte de chanvre (matériau brut) et laine de chanvre
Source : <http://blog.environmental.info/?cat=32>

- o minéraux : roche volcanique ou mica, comme la perlite et la vermiculite.



A gauche : perlite ; au centre: vermiculite, à droite : exemple de mise en œuvre
Source : <http://www.travellersgarden.com> et <http://aggie-horticulture.tamu.edu>

- o Liège



Isolant en liège. Source Energie + :

- o Fibres textiles recyclées : Issu du recyclage, la laine de textiles recyclés est composée d'environ 60% de coton, 20% de textiles synthétiques (polyamide, polyester, acrylique) auxquels on ajoute 15% de liant sous forme de fibre polyester. Les textiles recyclés subissent parfois un traitement à base de chlore pour les blanchir et ils ressemblent ainsi à du coton vierge. Certains isolants en textiles recyclés reçoivent des traitements complémentaires (antifongique, insecticide, ignifugeant, antistatique ...) il convient donc de vérifier la composition exacte des produits isolants proposés. La mise sur le marché de ces produits est sous forme de rouleaux ou de panneaux



Isolant en fibres textiles recyclées

On pourrait également considérer le verre cellulaire comme un isolant relativement écologique dans la mesure où il ne fait appel à aucun agent moussant tel que les CFC lors de sa fabrication. Selon le cas, la matière première provient en grande majorité de verre recyclé. A son désavantage, le verre cellulaire est souvent mis en œuvre à l'aide de bitume (chaud ou froid) dérivés de l'industrie du pétrole.

> Quel type d'isolant pour quelle application ?

Chaque isolant a ses usages privilégiés. Selon l'application, le choix du matériau ne sera pas le même :

	Matériau
Murs creux avec coulisse et toitures inclinées	Laines en panneaux permettant une pose facile et continue de l'isolant. Pour un mur creux avec coulisse, opter pour un travail par phase : monter le mur porteur, puis l'isolation, et terminer par le parement. Un montage simultané complexifie la pose correcte de l'isolant.
Mur creux avec coulisse pleine	Dans le cas d'une rénovation, on peut envisager un remplissage par un isolant en vrac type perlite pour combler les interstices accessibles. D'autre part, des techniques d'isolation par injection existent (laine de verre floquée plutôt que polyuréthane...)
Ossature	Des laines souples (idéalement de mouton de coco ou de verre, sinon de lin ou de roche) ou des isolants en vrac (flocons de cellulose, insufflés dans des caissons) Les remplissages à base de béton chaux-chanvre, de paille ou intégrant de la sciure sont possibles, mais ne sont pas traités ici faute de certification.
Toitures plates	Les laines ont généralement des résistances à la compression suffisantes pour assurer une isolation de la toiture. Des panneaux rigides sont cependant généralement préférés (liège, mousse résol ou polystyrène expansé).
Isolation sur dalles	Les chapes isolantes peuvent être constituées entre autre par le mélange de vermiculite au béton. Un béton chaux-chanvre offre également certaines propriétés isolantes. Le verre cellulaire peut être utilisé, de même que des panneaux de liège expansé, de fibre de bois ou la majorité des isolants en panneaux rigides.
Plafonds acoustique et entre locaux	Les isolants en vrac sont tout indiqués pour ce genre d'applications, notamment des flocons de cellulose ou la vermiculite. La recherche de performance acoustique s'effectue souvent à l'aide de couches de désolidarisation entre la structure porteuse et le revêtement. Cette couche peut être constituée par exemple de panneaux de liège ou de fibres de bois. Les isolants souples tels que les laines, sont particulièrement adaptés à la gestion acoustique.
Isolation sous dalles de sol et murs contre	Les dalles sur sol pourront être isolées par une laine de bois haute densité en multicouche (posé sur membrane et lit de sable) néanmoins cette technique est délicate. Les techniques



	Matériau
terre	d'utilisation de couches isolantes constituées de matériaux en vrac tendent à se répandre (ex : billes de terre cuite expansées / verre cellulaire...). pour les murs contre terre, on préférera le verre cellulaire collé à chaud ou froid à la place des isolants rigides en polyuréthane.

Outre le choix d'un matériau cohérent avec le type d'application, la qualité de mise en œuvre du matériau sera très importante, à la fois pour des raisons thermiques et de pérennité des matériaux, mais également pour des considérations acoustiques. Ces aspects sont abordés dans les fiches spécifiques CSS05 « Assurer le confort acoustique » et MAT11 « Choix des matériaux d'isolation acoustique ».

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

> Quelles sont les performances thermiques des isolants ?

Deux éléments déterminent la performance thermique d'une isolation : l'épaisseur du matériau et ses performances intrinsèques. Nous supposons que le concepteur aura maximisé l'épaisseur d'isolant disponible, par exemple en optant pour des systèmes constructifs à ossatures plutôt que des murs massifs, et nous nous attarderons sur le choix du matériau.

Le tableau ci-dessous regroupe les performances thermiques et mécaniques de différents types d'isolants. Plus sa conductivité thermique est basse, meilleure est sa performance, à épaisseur d'isolant égale.

	Résistance mécanique ρ [daN/m ²]	Conductivité thermique λ (selon la documentation)	Conductivité thermique λ (selon la norme NBN B62-002 A1)	Diffusion de la valeur d'eau μ (humide et sec)	Diffusion de la valeur d'eau μ (humide et sec), selon la doc	Inflammable ?
Polystyrène extrudé	25-35	0,027 à 0,034*	0,04	150 à 300		Oui
Polystyrène expansé	15-30	0,028 à 0,04	0,45	60		Oui
Polyuréthane	20-40	0,024 à 0,029	0,035	30		Oui
Mousse d'urée-formaldéhyde	8-20	0,04		1,5-3		Oui
Polyester	25	0,035				Oui
Laine de verre	25	0,035 à 0,04	0,045	1,2 à 1,3	1 à 1,2	Non
Laine de roche	40	0,037 à 0,04	0,045	1,3	1 à 1,5	Non
Verre cellulaire	120-180	0,04 à 0,048	0,055	Infini	/	Non
Perlite expansée pure	50-80	0,046	/	5 à 7	/	Non
Vermiculite expansée pure	<100	0,058	/	5 à 7	/	Non
Argile expansée		0,103 à 0,108	/	/	/	Non
Bois feutré en panneaux mous	±160	±0,042	/	/	3 à 4	Difficilement
Bois feutré en panneaux mi-durs	±270	±0,07	/	/	3 à 4	



	Résistance mécanique ρ [daN/m ³]	Conductivité thermique λ (selon la documentation)	Conductivité thermique λ (selon la norme NBN B62-002 A1)	Diffusion de la valeur d'eau μ (humide et sec)	Diffusion de la valeur d'eau μ (humide et sec), selon la doc	Inflammable ?
Cellulose en vrac	35-50	0,035 à 0,04	/	/	1 à 2	Auto-extinguible
Laine de cellulose en panneaux	70-100	0,04	/	/	/	
Liège expansé	18	0,04 à 0,045	/	4,5 à 29	/	Difficilement
Liège expansé en panneaux	80-120	0,032 à 0,045	/	/	5 à 30	
Chanvre ou laine de chanvre	25-210	0,039 à 0,08	/	/	1 à 2	Difficilement
Lin en vrac	18-35	0,037 à 0,045	/	/	1 à 2	Difficilement
Lin en panneaux	400-500	0,065 à 0,05	/	/	/	
Laine de coco	20-50	0,047 à 0,05	/	/	1 à 2	Ignifugé au sel de bore
Laine en coton	20-30	0,04	/	/	1 à 2	Sans dégagement toxique
Panneaux de roseau	±100	0,056	/	/	1 à 1,5	
Laine d'herbe	/	0,034 à 0,038	/	/	1 à 2	Ignifugé au sel de bore
Rouleaux de textile recyclés	/	0,0039 à 0,042	/	/	/	Dans certains cas Ignifugé au sel de bore
Laine de mouton	10-30	0,035 à 0,045	/	/	1 à 2	Sans dégagement toxique

Valeurs issues des l'ouvrage « L'isolation thermique de la toiture inclinée », Ministère de la Région Wallonne et « L'isolation écologique » de J-P. Oliva, éditions Terre Vivante, 2001, ainsi que des documentations des fabricants.

Pour les isolants synthétiques et minéraux, les performances sont connues avec précisions par leurs agréments techniques, délivrés par l'UBATC (www.ubatc.be). Les matériaux écologiques ne disposent pas tous de performances certifiées. On doit donc se baser sur les valeurs avancées par les fabricants. Il convient de rester prudent quand à la précision de ces valeurs. Certains disposent de valeurs lambda déclarées sur base de normes étrangères. Elles ne sont comparables à celles ci-dessus que si les essais ont été réalisés conformément aux normes européennes EN ISO 10456. Cette référence doit figurer sur le document certifiant les performances du matériau et doit pouvoir être fournie à la demande.

Les isolants minces réfléchissants sont parfois présentés comme particulièrement intéressants. La fiche contact du CSTC #6 (2-2005) fait le point sur ces produits. Elle montre que les isolants minces peuvent tout au plus égaler les performances thermiques d'une isolation minérale classique. Leur mise en œuvre reste délicate et leur performance directement liée à la qualité d'application.

> Et les isolants massifs ?

Les « isolants massifs » (les murs en terre paille, les bétons chaux-chanvre, etc.) sont des matériaux dont la spécificité est de mener à des modes constructifs très particuliers : plutôt



que de voir le mur comme une succession de couches et de concentrer le pouvoir isolant sur une couche spécifique de la paroi, comme on le fait dans un mur creux par exemple, l'utilisation d'isolants massifs mène à répartir le pouvoir isolant sur l'ensemble de l'épaisseur de la paroi. De plus, ces matériaux jouent parfois un rôle structurel, ce qui revient à concentrer l'essentiel des fonctions de la paroi sur un seul matériau.

Les terre-pailles et bétons chaux-chanvre ont une conductibilité thermique comparable, mais plus importante que celle des matériaux isolants, tant traditionnels qu'écologiques, et sont donc « moins performants ». Cette carence est partiellement compensée de deux façons :

- L'épaisseur de matériau isolant est plus importante que pour les techniques traditionnelles.

	Composition	Epaisseur totale	Performance de la paroi
Mur isolant massif	chaux chanvre + enduit intérieur et extérieur	30 cm	$U = 0,55$ W/m ² K
Mur traditionnel	Bloc de béton lourd + isolant + lame d'air + brique de parement	35 cm	$U = 0,6$ W/m ² K

Comparaison d'un mur massif isolant en béton de chanvre et d'un mur traditionnel. Le calcul du coefficient U en béton de chanvre est réalisé avec une valeur lambda de 0,13 W/m.K. La terre paille présente des performances variables en fonction de sa densité mais du même ordre que le béton chaux-chanvre. Un lambda minimal de 0.1W/m.K semble pouvoir être atteint pour une densité proche de 300kg/m³ (Oliva, 2001)

- Ces matériaux sont plus massifs et donc présentent une inertie thermique importante. Cette masse va compenser partiellement leur moindre caractère isolant. De façon imagée, on pourrait dire qu'au lieu de ne laisser sortir qu'un peu de chaleur, comme les isolants traditionnels, ils en stockeront une quantité assez importante dans leur masse, avant de la réémettre en partie vers l'intérieur du bâtiment. Ce phénomène est cependant encore peu documenté et peu chiffré de façon scientifique.

> Impact de la mise en oeuvre

Que le matériau d'isolation soit écologique ou non, la qualité de sa mise en œuvre sera l'élément déterminant pour la performance énergétique du bâtiment, mais également pour le confort acoustique. Les matériaux d'isolation jouent en effet un rôle dans la qualité acoustique d'une construction. Or, des défauts de mise en œuvre (ponts acoustiques) ont des répercussions sur le confort acoustique encore bien plus importantes que sur la thermique du bâtiment.

La bibliographie de cette fiche regroupe plusieurs références sur la mise en œuvre de l'isolation. La mise en œuvre des isolations écologiques en vrac ou sous forme de panneaux ou de laines ne présente pas de difficulté particulière par rapport aux produits courants.

Concernant les isolants massifs, s'il est intéressant d'attirer l'attention sur l'intérêt de ce type de technique, il est néanmoins important de signaler que les performances obtenues sont fortement liées à la constance de qualité de la réalisation. En effet, les mélanges étant réalisés in situ comme par exemple le béton de chaux-chanvre, peuvent avoir une performance thermique variable selon la quantité et la qualité du chanvre et sa répartition dans le mélange.





Isolants massifs en béton chaux - chanvre
 Source : www.terrevivante.org

> Quelles sont les performances hygrométriques ?

Les démarches d'éco-construction mettent en avant les performances hygrothermiques des matériaux. En construction traditionnelle, ces dernières ont trop longtemps été négligées.

Par leur capacité plus ou moins grande à absorber l'humidité, les matériaux en contact avec l'ambiance intérieure peuvent stabiliser les conditions hygrothermiques d'un local et, de la sorte, avoir un impact positif sur le confort.

Cet aspect étant essentiellement lié aux matériaux en contact avec l'ambiance, nous le traitons plus en profondeur dans la fiche sur le choix des matériaux de finition (voir fiches MAT06 « Revêtements de murs intérieurs et plafonds: choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable » et MAT07 « Revêtements de sol intérieurs : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable »). En effet, les matériaux isolants étant généralement séparés de l'ambiance par une maçonnerie ou un revêtement, leur rôle de régulation hygrothermique sera limité. Ce n'est pas le cas des isolants massifs qui peuvent, eux, avoir un impact bénéfique de ce point de vue.

Par ailleurs, le caractère plus ou moins « respirant » de l'isolant jouera un rôle dans l'équilibre hydrique de toute la paroi. La question des flux de vapeur au travers des parois, et les conséquences constructives telles que la nécessité d'utiliser un freine-vapeur est analysée dans la fiche ENE11 « En rénovation : isoler les parois ».

> Ecobilans

Pour sélectionner un matériau d'isolation, il faut prendre en compte non seulement sa performance énergétique et mécanique, mais également son impact environnemental sur l'ensemble de son cycle de vie (extraction des matières premières, fabrication, transport, pose, recyclage) :

- les isolants classiques « organiques » (mousses de polyuréthane et polystyrènes) sont très défavorables : Ils sont issus de la chimie du chlore et du pétrole, matières non renouvelables et produites au moyen de procédés de fabrications énergétiquement coûteux. Ces deux isolants contiennent en outre des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (notamment des CFC et HCFC) et qui libèrent des gaz toxiques et mortels en cas d'incendie. Des substituts commencent à être utilisés de même que l'intégration de matériaux recyclés dans leur composition. L'élimination de ces substances ne se fait cependant pas sans danger.
- Les laines de verre ou de roche sont plus intéressantes : issues de matériaux abondants (roche volcanique et sable) et présents en Europe, partiellement constitués de matériaux recyclés, leur élimination se fait par mise en décharge comme matériaux inertes, si leur teneur en liant est inférieure à 5%. Leur procédé de fabrication, basé sur la fusion des roches ou du verre recyclé, est néanmoins très énergivore. Des efforts ont récemment été déployés par certains fabricants pour réduire les impacts sur l'environnement - exemple : remplacement des liants chimiques par des liants végétaux ; réduction des colorants entrant dans la composition de fabrication (laine de verre initialement jaune...)





- Les isolants dits écologiques combinent en général un matériau abondant ou renouvelable (végétaux, cellulose recyclée), et un mode de production peu énergivore. Le liège fait exception, la matière première étant peu abondante. Une filière de recyclage de liège existe, mais les quantités de matière disponible restent limitées. L'élimination des isolants écologiques peut se faire sans danger par compostage ou valorisation thermique.
- Nous attirons l'attention sur le fait que l'impact environnemental des isolants doit être contextualisé et vu dans sa globalité. Un isolant a pour rôle premier de réduire la consommation énergétique des bâtiments. Parallèlement, selon le choix du matériau, l'écobilan peut être plus ou moins favorable. Il est important de comparer l'écobilan des différents matériaux d'isolation pour une même performance d'isolation – aussi l'impact environnemental étant directement lié à la quantité de matière mise en œuvre il peut apparaître que dans certains, les isolants 'écologiques' souvent moins performants du point de vue thermique peuvent avoir un impact écologique plus néfaste qu'un matériau traditionnel. Cette situation est liée au fait que la quantité de matière mise en œuvre pour atteindre un même pouvoir isolant est plus conséquente. Cet aspect est pris en compte par le classement NIBE utilisé comme référence dans ce guide, les isolants étant comparés selon une unité fonctionnelle de même performance thermique.

Tableau récapitulatif (remarque : le classement NIBE va de 1a (meilleur choix) à 7c (Choix inacceptable)) :

	Origine	Identification dans le classement NIBE (Mise à jour 2008-2009)				Durée de vie [ans]	Recyclage en fin de vie
		Mur	Plancher	Toit plat	Toit à versants		
Cellulose	UE	1c Meilleur Choix	4a Moins Bon Choix		1a Meilleur Choix	25	Compostage ou incinération
Panneaux de liège	UE	1b Meilleur Choix	4a Moins Bon Choix	1a Meilleur Choix	1c Meilleur Choix	50	Compostage ou incinération
Laine de roche	UE	2a Bon Choix	4c Moins Bon Choix	4a Moins Bon Choix	2c Bon Choix	>25	Incineration ou mis en décharge
Laine de verre	UE	1b Meilleur Choix	3c Choix Acceptable		1c Meilleur Choix	>25	Incineration ou mis en décharge



	Origine	Identification dans le classement NIBE (Mise à jour 2008-2009)				Durée de vie [ans]	Recyclage en fin de vie
		Mur	Plancher	Toit plat	Toit à versants		
Polyuréthane (à base de pentane)	Monde	4c Moins Bon Choix	7a Choix inacceptable	4b Moins Bon Choix	5a Choix à déconseiller	>25	Incinération ou mis en décharge
Polystyrène expansé	Monde	2b Bon Choix	4c Moins Bon Choix	2a Bon Choix	2c Bon choix	>25	Incinération ou mise en décharge
Polystyrène extrudé	Monde	/	/	/	/	>25	Incinération ou mise en décharge
Verre cellulaire**	UE	4c Mons Bon Choix	/	4b Moins Bon Choix	/	>25	Recyclable en matière première secondaire
Chanvre	UE	/	/	/	/	/	Broyage et épandage agricole ou compostage
Lin	/	3a Choix Acceptable	3a Choix Acceptable		3b Choix Acceptable	/	Broyage et épandage agricole ou compostage
Laine de mouton	/	1a Meilleur choix	3a Choix Acceptable		1a Meilleur Choix	/	compostage
Mousse résol	/	2a Bon Choix	4a Moins Bon Choix	1b Meilleur choix	2a Bon Choix	/	Incinération ou mise en décharge
Fibre de coco	/	2c Bon Choix	/	/	/	/	Broyage et épandage agricole ou compostage
Polyuréthane (à base de HCFK)	/	>7c Choix Inacceptable	>7c Choix Inacceptable	>7c Choix Inacceptable	>7c Choix inacceptable	/	Incinération ou mise en décharge
Coussins polyester-aluminium	/	/	1a Meilleur Choix	/	/	/	Incinération ou mise en décharge

* Les informations relatives au recyclage tiennent compte du marché actuel du recyclage en Belgique.

** Pour autant qu'il soit fait à base de matériaux d'origine « verte uniquement » le verre cellulaire peut passer des catégories 4 à 2 et donc de « moins bon choix » à « bon choix »

Les informations relatives au « recyclage » doivent être remises dans leur contexte, quatre points importants sont à souligner :



1 - Il importe de différencier les matériaux recyclables et les matériaux effectivement recyclés. En effet, les matériaux recyclables ne seront recyclés que si les filières de recyclage sont existantes et que leur proximité géographique est compatible avec l'intérêt économique du marché. Vérifier l'existence des filières permet d'effectuer un choix adapté des matériaux de construction – dans tous les cas, le choix d'un matériau dont le processus de traitement et l'impact au niveau consommation énergétique et pollution en fin de vie est le plus faible possible constitue un principe de précaution raisonné (ex : favoriser les matériaux compostables à la place des matériaux à incinérer ou à mettre en décharge).

2 - En outre, il est nécessaire d'identifier la phase de vie du matériau considérée lorsqu'on évoque le recyclage. En effet, selon la phase de vie considérée, le potentiel de recyclage d'un matériau peut passer de 100% à 0%. Pour exemple, prenons le cas d'un matériau isolant non 'naturel' :

- un déchet de fabrication d'isolant en usine peut souvent être réintégré dans le processus de fabrication comme matière première
- un déchet du même matériau isolant issu du chantier en phase de construction peut dans certains cas être récupéré par le fabricant pour être réinjecté dans le processus de fabrication comme matière première ou valorisé sous une autre forme. Dans le cas contraire, une autre orientation sera donnée : souvent valorisation thermique ou mise en décharge
- un déchet du même matériau en fin de vie du bâtiment (lors d'une démolition ou d'une rénovation lourde) n'offrira, la plupart du temps, pas les garanties de qualité permettant de le réintégrer dans un processus. Il sera alors orienté vers d'autres filières d'évacuation, souvent la mise en décharge ou l'incinération.

Il importe donc de considérer l'ensemble du cycle de vie du matériau dans le traitement de l'information reçue pour le recyclage.

3 – La notion de « temps » est importante. En effet, un matériau non recyclable actuellement le sera peut-être dans un avenir proche, et réciproquement, un matériau actuellement recyclable ne le sera peut-être plus dans quelques années. Il importe également de s'intéresser à l'intérêt du marché. Par exemple, les produits envisagés dans ma construction sont-ils en fin de cycle de production ou tendent-ils à être remplacés par d'autres plus performants – ce qui impliquerait un risque plus grand d'être confronté à la non existence de filières ? Dans ce cas, la question d'un matériau alternatif peut se poser.

4 – Le potentiel de recyclage annoncé des matériaux et l'existence des filières de recyclage ne constituent pas toujours une garantie. En effet, un matériau « seul » offrant toutes les garanties souhaitées pour le recyclage peut, lorsque associé de manière irréversible à un autre composant, se révéler très défavorable pour le recyclage. Par exemple, dans certains cas, les crépis associés aux matériaux isolants.

> Privilégier les matériaux et produits disposants d'écotags ou d'éco-certification

Le recours à des matériaux bénéficiant d'agrément techniques belges (ex : ATG de l'UBATc - Union Belge pour l'Agrément Technique dans la construction : <http://www.ubatc.be>) permet d'apporter des garanties de performance et de qualité des produits. Néanmoins, ces listes n'étant pas exhaustives des équivalents belges ou européens pourront être utilisés (Avis techniques européens ATE (ou ETA), certifications agréées : CSTC, CSTB, NF, DIN allemande...).

Mais en dehors des aspects techniques, aujourd'hui de nombreux labels ou éco-certifications permettent au concepteur de choisir des matériaux plus respectueux de l'environnement et de la santé. Bien qu'ils concernent peu les matériaux de couverture de toiture à ce jour, nous développons ici un descriptif des principaux labels

Prioritairement, on se tournera vers les labels officiels, dont le principal est l'écotag européen. Il existe également des labels nationaux plus stricts que le label européen, et des labels privés. Nous décrivons brièvement ci-dessous les principaux labels pour les matériaux.



La multiplication des labels étant source de confusion, une comparaison détaillée des critères techniques sous-jacents peut être trouvée sur le site www.infolabel.be.

- o Ecolabel européen

Le système d'attribution du label écologique européen a établi un ensemble de critères environnementaux et de performance pour juger les produits. Un produit doit impérativement remplir tous les critères pour pouvoir obtenir le label écologique de l'UE.



Les critères écologiques pour chaque catégorie de produits sont définis selon une approche globale (analyse du cycle de vie – approche dite « du berceau à la tombe ») qui permet de déterminer l'impact du produit à chaque étape de son cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières à sa mise en décharge finale en passant par sa fabrication, sa distribution (y compris son conditionnement) et son utilisation. Sur la base des résultats de ces analyses, les critères sont définis de façon à éviter les effets majeurs du produit sur l'environnement. Ils comportent en outre un critère de performance.

Trois catégories de produits de construction sont, à l'heure actuelle, certifiées : peintures et vernis, revêtements de sols durs, ampoules électriques. Il n'y a donc pas à ce jour d'isolant thermique certifié. Les différents produits ayant obtenus la certification sont repris sur le « catalogue internet des produits » (<http://www.eco-label.com>) édité par la Commission européenne. Celui-ci offre un aperçu très complet des produits labellisés disponibles dans chaque pays européen.

On retrouve les produits labellisés sur le marché belge sur le site <http://www.ecolabel.be/fr/produits/index.html>

Notons que différents labels nationaux tels que la marque française NF Environnement sont des déclinaisons de ce label européen.

- o Label Blaue Engel

Le Blaue Engel est un label national allemand officiel et contrôlé qui va plus loin et couvre plus de produits que l'écolabel européen. Il est géré par le Ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Protection de l'Environnement et de la Sécurité nucléaire.

Ce label allemand indique que le produit est moins négatif pour l'environnement que les produits similaires pour ce qui est des principaux aspects environnementaux.



Le symbole même cite la raison pour laquelle le produit est moins nocif ("Umweltzeichen weil..."). L'attribution se fait par un organisme de certification allemand indépendant (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. – RAL)

Les critères les plus importants pour l'attribution du label sont l'absence de substances cancérigènes, nocives pour l'environnement ou toxiques. Le produit doit répondre à



une série de revendications qualitatives (en matière de dureté, séchage, stabilité à la lumière, etc.). Chaque catégorie de produit doit répondre à une série de critères spécifiques.

Un grand nombre de catégories de produits de construction sont certifiés dont notamment les revêtements de sols (durs, bois, textiles), les peintures, les vernis et colles, les produits issus du recyclage (recyclage de verre, de papier, de bois), les panneaux à particules, les revêtements bitumineux ainsi que des équipements spécifiques liés à la construction comme les chaudières (mazout, gaz, pellets), les panneaux solaires, etc.

L'ensemble des produits ayant obtenu la certification sont accessibles sur le site www.blauer-engel.de.

- o Label Natureplus

Le label Natureplus est un label privé collectif à la différence de l'écolabel européen qui est officiel. Il se veut particulièrement exigeant et est attribué à des matériaux de construction qui répondent à trois critères essentiels : adéquation avec utilisation, sécurité pour la santé humaine et sécurité pour l'environnement.

Les produits doivent tous répondre aux normes européennes en matière d'utilisation et de fonctionnalité (agrément technique européen, conformité aux normes EN, DIN, ÖNORM)



L'évaluation des produits de construction se fait selon une analyse du cycle de vie (approche dite « du berceau à la tombe »).

Les différents produits ayant obtenu la certification (ainsi que les certificats sous format PDF) sont repris sur le site www.natureplus.org/produkte.

- o Autres labels

On peut également mettre en évidence des labels privés spécifiques à certains types de matériaux comme :

→ Les labels FSC et PEFC pour le bois et les produits dérivés du bois

→ Le label GUT pour les revêtements de sol textiles...



ASPECTS ECONOMIQUES

> Disponibilité des solutions écologiques

En Région de Bruxelles Capitale, tout comme dans les autres régions, la plupart des fabricants et des revendeurs sont affiliés aux clusters ou organismes représentatifs du secteur éco-construction.

Pour Bruxelles, nous relevons le cluster Ecobuild et l' « ABEA – Le centre urbain »



www.brusselsgreentech.be



www.curbain.be

Pour la Wallonie, nous relevons « Nature de progrès » (www.natpro.be) et le « Cluster éco-construction » (www.cluster.wallonie.be)

Pour la Flandre nous relevons VIBE (Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen – www.vibe.be) et CEDUBO (Centrum Duurzaam Bouwen – www.cedubo.be)

Le site internet du CSTC propose également une banque de donnée de revendeurs et fabricants, avec recherche par mots-clefs, dont certains proposent des isolants végétaux. Enfin, certains labels proposent également des listes de matériaux, notamment Natureplus (www.natureplus.org).

> Coût des solutions écologiques

Les coûts repris ci-dessous sont indicatifs des matériaux aisément disponibles en Belgique. Les prix annoncés sont des prix moyens du marché (Htva), ils comprennent les matériaux de construction ainsi que la mise en œuvre :

Matériaux	Utilisation	Coût - €	Unité	Epaisseur
Polystyrène extrudé	Mur creux	9.5 à 12	m ²	5 cm
		14.1 à 15.6	m ²	6 cm
	Dalle de sol	12.1 à 17.4	m ²	4 cm
Polystyrène expansé	Mur creux	8.7 à 11	m ²	2 cm
		23.2 à 31.3	m ²	7 cm
		24.2 à 32.1	m ²	8 cm
		19.8 à 26.6	m ²	6 cm
Polyuréthane	Mur creux	16.1 à 21.3	m ²	4 cm
		26.5 à 35.1	m ²	9 cm
	Dalle de sol	13.3 à 27.5	m ²	5 cm
	Toiture plate	16.3 à 22.7	m ²	5 cm
Polyuréthane injecté	Mur creux	14.2 à 18	m ²	3 cm
		18.5 à 24.1	m ²	5 cm
Polyuréthane projeté	Dalle de sol	24.9 à 29.2	m ²	5 cm
		23.9 à 27.3	m ²	5 cm



Matériaux	Utilisation	Coût - €	Unité	Epaisseur
Argile expansée	Dalle de sol	70.4 à 81.6	m ²	5 cm
Laine de verre	Mur creux	10.5 à 12.2	m ²	5 cm
		13.1 à 15.7	m ²	7.5 cm
		14.9 à 19.5	m ²	9 cm
	Toiture à versants	11.8 à 15.7	m ²	6 cm
		12.8 à 17.1	m ²	8 cm
		11.4 à 19.2	m ²	10 cm
		15.9 à 21.1	m ²	12 cm
		17.2 à 24.3	m ²	16 cm
	Toiture plate	23.5 à 28.6	m ²	10 cm
Laine de roche	Mur creux	7.5 à 9.1	m ²	2 cm
		11.5 à 13.5	m ²	5 cm
		12.9 à 15.7	m ²	7.5 cm
	Toiture à versants	12.2 à 19.1	m ²	5 cm (33Kg)
		15.2 à 23.2	m ²	10 cm (33kg)
		17.8 à 22	m ²	10 cm (55 kg)
		18.2 à 23.1	m ²	10 cm (55kg)
		18.9 à 25.9	m ²	18 cm (55 kg)
	Toiture plate	8.2 à 10.3	m ²	5 cm
		16.1 à 20.3	m ²	10 cm
		20.9 à 32.3	m ²	12 cm
Verre cellulaire	Mur creux	43.8 à 55.6	m ²	9 cm
	Dalle de sol	40.3 à 51.8	m ²	9 cm
	Toiture à versants	56.9 à 65.2	m ²	8 cm
	Toiture plate	48.9 à 61.3	m ²	4 cm
		60.3 à 81.1	m ²	9 cm
Perlite expansée	Mur creux	25.8 à 32.9	m ²	9 cm
	Toiture plate	21.3 à 27	m ²	9 cm



Matériaux	Utilisation	Coût - €	Unité	Epaisseur
Cellulose en vrac	Ossature	1.9 à 2.5	kg	/
		14.5 à 19.6	m ²	/
Panneaux de fibre de bois	Toiture plate	1.6 à 2.1	kg	/
	Ossature	12.4 à 15.7	m ²	/
Laine de chanvre	Ossature	14.3 à 18.6	m ²	6 cm
Liège expansé	Ossature	182 à 231	m ²	5 cm
Vermiculite en vrac	Ossature	19 à 25	m ²	/

Source : UPA 2009 – Union professionnelle des architectes / Bordereau des prix unitaires

Les matériaux repris ci-après tendent à être exploités davantage et principalement pour le secteur de la rénovation. Les prix annoncés sont des prix moyens du marché (htva), ils comprennent uniquement le coût des matériaux de construction HORS mise en œuvre :

	Coût	Unité*	Epaisseur
Liège en vrac	0,2	€/l hTVA	/
Liège en panneaux	5 à 12	€/m ² hTVA	20 à 80 mm
Liège en rouleaux	5 à 15	€/m ² hTVA	2 à 6 mm
Laine de chanvre	5 à 30	€/m ² hTVA	50 à 200 mm
Feutre de jute	4,5	€/m ² hTVA	/
Laine de mouton	0,7 à 1,2	€/kg hTVA	/

Source : fabricants et revendeurs

ASPECTS SOCIAUX ET CULTURELS

> Impact sur la santé

Les isolants synthétiques peuvent avoir un impact négatif sur la santé : par exemple, durant leur vie, les polyuréthanes dégagent du formol, responsable de l'irritation des yeux, des voies respiratoires et de la peau. Les polystyrènes quant à eux renferment pour leur part du benzène, qui est cancérigène. Cependant, ces matériaux n'étant généralement pas en contact direct avec l'ambiance intérieure, la pollution induite à l'intérieur est limitée. Leurs fumées sont par contre très toxiques lors de leur combustion. D'éventuels risques liés à la mise en œuvre n'ont pas été identifiés.

Les laines minérales et les isolants écologiques sont généralement peu ou pas inflammables de par leur nature et leur structure, ou sont rendus ininflammables suite à un traitement au sel de bore. Par contre, en tant que matériaux fibreux, ils peuvent pour certains d'entre eux provoquer des problèmes pulmonaires suite à l'inhalation de particules fines (moins de 3 microns). Ce phénomène, à la base de l'interdiction de l'amiante, existe également, mais dans une moindre mesure, pour les laines de roche et de verre. Si des recommandations de mise en œuvre existent, les études contradictoires ne permettent pas de mettre en avant la réelle dangerosité. On appliquera le principe de précaution par un usage à bon escient et selon les recommandations d'usage.

Des irritations de la peau ou des yeux ne sont pas non plus à exclure lors de leur manipulation. Des précautions sont donc à prendre lors de leur mise en œuvre : masque anti-poussière, gants, lunettes protectrices, bonne aération, etc.



De manière générale, et sur base du principe de précaution, on adoptera aussi bien pour les isolants « synthétiques » que pour les isolants « écologiques », les mêmes précautions de protection lors de la mise en œuvre (masques, gants et lunettes).

Le tableau ci-dessous résume les avantages et inconvénients d'un point de vue santé des matériaux d'isolation les plus courants :

	Avantages	Inconvénients
Laine de roche	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de formaldéhyde Moins de 5% de liants Radioactivité négligeable Pas d'émissions de COV	Fibres respirables lors de la démolition et de l'élimination
Laine de verre	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de formaldéhyde Radioactivité négligeable Pas d'émissions de COV	Fibres respirables lors de la démolition et de l'élimination
Verre cellulaire	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides	Certaines mises en œuvre nécessitent l'utilisation de bitumes chauds
Polystyrène expansé	Pas de biocides	Agents ignifuges polluants Emissions toxiques lors de la combustion Emission d'hydrocarbures à la fabrication
Polystyrènes extrudés	Pas de biocides	Agents ignifuges polluants
Polyuréthane	Pas de biocides	Agents ignifuges polluants
Flocons de cellulose	Aucune émission nocive	Importante quantité de poussières à la mise en œuvre Fibres respirables lors de la démolition et de l'élimination
Flocons de cellulose	Aucune émission nocive	Importante quantité de poussières à la mise en œuvre Fibres respirables lors de la démolition et de l'élimination

Notons également que le matériau isolant n'est pas toujours utilisé seul. L'éventuelle nécessité d'une colle de fixation ou d'un additif servant de retardateur de flamme ne doit pas être oubliée. Ces produits peuvent également avoir un impact sur l'environnement et la santé (voir fiches CSS08 et CSS09 pour plus d'information concernant ces aspects).



ARBITRAGE

Le tableau ci-dessous résume l'intérêt de différents types d'isolants selon les critères développés ci-dessus :

Type d'isolant	Ecobilan	Performance thermique	Santé	Coût et disponibilité	Facilité de mise en oeuvre
synthétiques	☹	☺	☹ (sauf incendie)	☺	☺
minéraux	☺	☺	☹ (moyennant précaution de pose)	☺	☺
végétaux et animaux	☺	☺ ?	☺ ?	☺	☺

Faut-il privilégier un isolant écologique malgré la perte d'efficacité thermique ? Il n'y a pas de réponse simple ou unique. Cette fiche montre qu'il existe des isolants écologiques pour lesquels cette perte est limitée, mais qu'un certain flou règne encore sur cette question, vu le manque de données scientifiques ou normalisées. Sur cette base, la prudence voudrait que l'on privilégie les alternatives écologiques les mieux documentées, pour lesquels l'auteur de projet pourra chiffrer la perte éventuelle d'efficacité énergétique. A chaque prescripteur de faire ensuite un choix personnel sur base de données objectives.

DANS LA PRATIQUE

Des mesures doivent être prises aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

AVANT-PROJET

- Privilégier les choix d'isolant sur base de leur qualité environnementale et sanitaire. Les épaisseurs seront adaptées aux impératifs énergétiques en fonction de la performance de l'isolant :

	1 ^{er} choix	2 ^{ème} choix	3 ^{ème} choix
Dalle de sol*	Verre cellulaire Panneaux de mousse résol	Laine de roche Laine de verre	Polyuréthane Polystyrène extrudé Polystyrène expansé
Plancher**	Laine de lin, de mouton, de verre, coussins de polyester (en rénovation)	Cellulose, liège, laine de roche, polystyrène, mousse résol	polyuréthane
Double mur extérieur*	Laine de chanvre Laine de mouton Panneau mousse résol	Laine de roche Laine de verre	Polyuréthane Polystyrène extrudé Polystyrène expansé
Ossature**	Cellulose, liège, laine de verre ou de mouton, mousse résol, fibre de coco	Laine de roche, polystyrène expansé, lin, verre cellulaire	polyuréthane
Toiture plate**	Liège, mousse résol, polystyrène expansé	Laine de roche, verre cellulaire	polyuréthane
Toiture versants** à	Cellulose, liège, laine de verre, mousse résol, laine de mouton	Laine de roche, polystyrène expansé, lin	polyuréthane

*Source : Guide conseil pour la rénovation durable de logements collectifs, Bruxelles Environnement

**Sur base du classement NIBE (mise à jour 2008-2009)



- Prendre également en compte les aspects acoustiques de l'isolation. Consulter pour cela les fiches CSS05 « Assurer le confort acoustique » et MAT11 « Matériaux d'isolation acoustique : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable » de ce guide.
- Privilégier les matériaux et produits disposants d'écolabels ou d'éco-certification
- Quelque soit le matériau choisi, les parois répondront au minimum aux exigences réglementaires en matière d'isolation.
- Le dessin des parois sera réalisé de façon à assurer la pérennité des matériaux d'isolation (pas de condensation problématique interne, protection vis-à-vis des intempéries).

PROJET D'EXECUTION, DOSSIER POUR LE PERMIS D'URBANISME

- La continuité de l'isolation sera assurée pour éviter les ponts thermiques. (voir fiche ENE09 « Limiter les ponts thermiques ») et ponts acoustiques (voir fiche CSS05 « Assurer le confort acoustique »)

SUIVI ET SURVEILLANCE DES TRAVAUX

- La correspondance des performances du matériau avec les exigences du cahier des charges sera vérifiée sur base de l'ATG du matériau, si ce dernier est disponible (www.ubatc.be).
- La qualité des matériaux sera préservée durant leur stockage sur chantier et leur mise en œuvre, notamment par une protection adéquate vis-à-vis de l'eau si le matériau n'est pas hydrofuge.
- Lors de la mise en place des matériaux d'isolation, il faut éviter les effets nocifs des matériaux sur la santé des ouvriers. Pour éviter l'inhalation de fibre (minérales ou végétales), il faut suivre les mesures de prévention adéquates : gants, lunettes, masques anti-poussières, ventilation intensive des locaux.
- On veillera à assurer un tri sélectif des déchets de mise en oeuvre et à organiser le suivi de leur valorisation dans le respect des réglementations applicables tout en privilégiant systématiquement les filières de recyclage.

DEMOLITION

- Lors du démontage des matériaux d'isolation, les effets nocifs des matériaux sur la santé des ouvriers doivent être évités. On prendra les mêmes précautions que pour la pose des isolants.
- Les mousses urée-formol, phénoliques ou de polychlorure de vinyle, que l'on peut trouver dans des immeubles des années 70-80, ne doivent être ni respirées ni brûlées. Elles seront portées à la déchetterie dans des sacs étanches.
- Les isolants minéraux et végétaux seront récupérés pour permettre un recyclage. Une étude préalable spécifique sera réalisée afin d'identifier les types d'isolants utilisés ultérieurement sur le bâtiment à détruire afin d'organiser au mieux son recyclage sur base du marché et des filières existantes.
On veillera à assurer un tri sélectif des déchets de mise en oeuvre et à organiser le suivi de leur valorisation dans le respect des réglementations applicables tout en privilégiant systématiquement les filières de recyclage.

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

AUTRES ELEMENTS A GARDER A L'ESPRIT

Parallèlement au choix du matériau, la conception d'une bonne isolation nécessite la prise en compte des éléments suivants, décrits dans leurs fiches respectives :

- ENE04 - Construire un bâtiment bien isolé
- ENE02 - Développer une stratégie du chaud



- ENE09 - Limiter les ponts thermiques
- ENE10 - Assurer une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe
- ENE11 - En rénovation : isoler les parois
- ENE23 - Choisir un mode de ventilation énergétiquement efficace
- CSS05 - Assurer le confort acoustique
- CSS08 - Colles et peintures : tenir compte de leur impact sur la santé et sur l'environnement
- CSS09 - Limiter les sources de pollution intérieure : pollution chimique et physique
- MAT06 - Revêtements de murs intérieurs et plafonds: choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable
- MAT07 - Revêtements de sol intérieurs : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable
- MAT11 - Isolation acoustique : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable

BIBLIOGRAPHIE

Sites Internet sur le choix des matériaux et leur disponibilité :

- Vlaams Instituut voor Bio-Ecologische Bouwen en Wonen (www.vibe.be)
- Cluster Eco-construction : www.ecoconstruction.be
- Réseau eco-consommation: www.ecoconso.be/article260.html
- Le site de l'UBATC : www.ubatc.be
- CD2E, société française proposant une description d'éco-matériaux : www.cd2e.com

Livres et documents sur le choix des matériaux et leur disponibilité :

- Jean-Pierre Oliva, *L'isolation écologique*, éditions Terre Vivante, 2001
- Suzanne et Pierre Deoux, *Le guide de l'habitat sain*, éditions Medieco, 2002
- *L'écologie dans le bâtiment*, guide ADEME
- Jutta Schwartz, Verlag Paul Haupt, *Qualité environnementale des bâtiments, guide comparatif pour le choix des matériaux de construction*, 1998
- H.R. Preisig et al., *Savoir construire ECO-logique/-nomique, guide pour le maître d'ouvrage*, éditions Werd Verslag
- Ove Arup & partners, *The green construction handbook, A manual for clients and construction professionals*, JT design Build Publication, 1994
- *Critères de développement durable pour la construction de logements*, EPFL, Lausanne.
- *Les isolants minces réfléchissants*, CSTC #6 (2-2005)
- Friedrich Kur, *L'habitat écologique – Quels matériaux choisir*, édition Terre vivante, 2003.

Sur la mise en œuvre de l'isolation :

- *L'isolation thermique des façades à structure bois – Guide pratique pour les architectes*, Ministère de la Région Wallonne
- *L'isolation thermique de la toiture inclinée – Guide pratique pour les architectes*, Ministère de la Région Wallonne
- *La rénovation et l'énergie - Guide pratique pour les architectes*, Ministère de la Région Wallonne

Labels :

- Natureplus : www.natureplus.org

Législation en vigueur ou en préparation (RBC, Fédéral, Europe)

- Valeurs des propriétés techniques des matériaux à utiliser pour les calculs de performances : NBN B62-002 A1
- Calcul des performances d'un matériau EN ISO 10456
- Calcul des performances thermiques d'une paroi : NBN B62-002

