

TABLE DES MATIÈRES

COLOPHON	2
POURQUOI ISOLER ?	5
QUELQUES NOTIONS DE BASE POUR COMPRENDRE L'ISOLATION	7
A. 3 NOTIONS INDISSOCIABLES	7
B. COMMENT FONCTIONNE UN ISOLANT ?	8
1. PRINCIPE	8
2. COMMENT MAINTENIR IMMOBILE L'AIR CONTENU DANS UN ISOLANT ..	8
3. COMMENT GARDER SEC L'AIR CONTENU DANS UN ISOLANT	9
C. TRANSFERT DE VAPEUR D'EAU ET CONDENSATION	10
1. PRINCIPE	10
2. CONTRÔLE DE LA MIGRATION DE LA VAPEUR D'EAU	11
3. PARE-VAPEUR OU FREIN-VAPEUR ?	12
D. VENTILATION OU AÉRATION ?	13
E. PONT THERMIQUE ?	14
QUELQUES NOTIONS POUR COMPRENDRE LES FICHES TECHNIQUES	15
A. DESCRIPTION D'UNE FICHE	15
B. CARACTÉRISTIQUES HYGROTHERMIQUES	16
1. PRINCIPE	16
2. EXPLICATION DES DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES HYGROTHERMIQUES	17
•  Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau	17
•  Capacité hygroscopique	18
•  Comportement à l'eau	19
•  Masse volumique	20
•  Conductivité thermique ou coefficient lambda	20
•  Résistance thermique	20
•  Chaleur spécifique ou capacité thermique massique c (j/kg.k)	21
•  Déphasage thermique	22
•  Réaction au feu	23

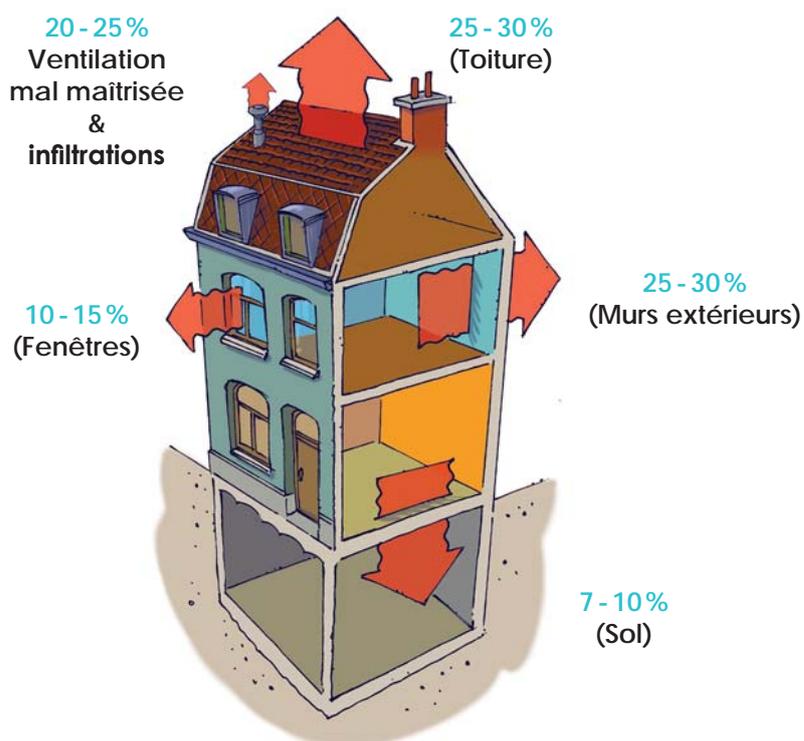
C. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ	24
1. INTRODUCTION	24
2. EXPLICATION DES DIFFÉRENTS IMPACTS SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT	25
▶ Matière première principale	25
▶ Nature de la matière première	25
▶ Disponibilité de la matière première.	26
▶ Origine géographique.	26
▶ Traitements en fin de vie	26
▶ Bilan Co ₂ Carbone (effet de serre)	27
▶ Énergie grise	27
▶ Impact sur la santé (pour les applicateurs et pour les habitants)	29
▶ Durabilité, stabilité	32
D. MISE EN ŒUVRE	32
LE PROJET RE-EMPLOI	35
LES PARTENAIRES	36
RÉFÉRENCES	38
REMERCIEMENTS	39

POURQUOI ISOLER ?

L'isolation thermique d'un bâtiment participe directement à notre sensation de confort.

En effet, isoler un bâtiment permet de maintenir un climat intérieur stable :

1. en nous protégeant des **variations de température** et des conditions climatiques extérieures,
2. en maintenant une **humidité de l'air** relativement constante à l'intérieur du bâtiment¹.



Légende : Pertes de chaleur au sein d'une maison non isolée

1. Pour maintenir une qualité de l'air intérieur, l'isolation doit être couplée à une ventilation.



Contrairement à ce que l'on pourrait croire, un mur ou une fenêtre ne rayonne pas du « froid », c'est notre corps qui perd sa chaleur en lui donnant ses calories, ce qui provoque un sentiment d'inconfort.

La sensation de confort ou d'inconfort que l'on peut ressentir dans un bâtiment est liée à la notion de **confort hygrothermique**².

Elle dépend de plusieurs facteurs³ :

- La **température de l'air**,
- La quantité d'humidité contenue dans l'air, ou autrement dit l'humidité relative (HR en %),
- La **température de surface des parois**,
- La vitesse de déplacement de l'air.

Exemple :

- Une humidité relative trop importante (> 70 %) provoque une sensation d'inconfort même si la température de l'air est de 20°C.
- Une paroi, dont la température de surface est trop froide, provoque une sensation d'inconfort car notre corps lui cède ses calories pour rétablir un équilibre thermique.

POUR TOUTES CES RAISONS, IL EST IMPORTANT D'ISOLER



Aujourd'hui, une grande palette d'isolants nous est proposée. Cependant, choisir un isolant n'est pas toujours simple.

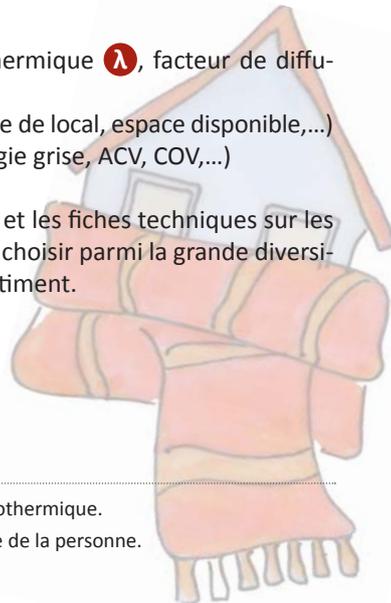
Différents facteurs interviennent :

- ses propriétés hygrothermiques (conductivité thermique λ , facteur de diffusion de la vapeur d'eau μ , ...)
- sa localisation dans le bâtiment (type de paroi, type de local, espace disponible,...)
- son impact sur la santé et l'environnement (énergie grise, ACV, COV,...)

Pour vous y aider, nous avons mis au point ce guide et les fiches techniques sur les matériaux d'isolation thermique. Ils vous aideront à choisir parmi la grande diversité d'isolants suivant les caractéristiques de votre bâtiment.

2. État de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement hygrothermique.

3. En dehors de facteurs comme l'habillement ou le métabolisme de la personne.



QUELQUES NOTIONS DE BASE POUR COMPRENDRE L'ISOLATION

A. 3 NOTIONS INDISSOCIABLES

Une bonne isolation doit être pensée de façon globale.

ISOLATION, ÉTANCHÉITÉ À L'AIR & VENTILATION!

Ces 3 notions sont indissociables.

On peut comparer ces trois notions aux trois pieds d'un tabouret. S'il en manque un, le projet est bancal.



L'**isolation** doit être continue, tout défaut ou insuffisance d'isolant crée un pont thermique (endroit par lequel la chaleur passe et donc se perd).

L'**Étanchéité à l'air** sera également continue, toute fuite sera une perte de chaleur, un passage pour la vapeur d'eau ou le vent.



La **ventilation** est nécessaire, elle sera de préférence contrôlée afin de pouvoir gérer les pertes de chaleur.

B. COMMENT FONCTIONNE UN ISOLANT ?

1. Principe

Un isolant est efficace grâce à l'**air sec et immobile** qu'il renferme.

Exemple :



Si vous portez un pull en laine en hiver et qu'il y a du vent, l'air s'infiltré au travers des mailles et vous ressentirez une sensation de froid. Par contre, si vous mettez par-dessus votre pull un mince coupe-vent, celui-ci empêchera l'air de passer et vous aurez chaud.



Si votre pull est mouillé, il ne tiendra pas chaud, il en est de même pour l'isolant.

2. Comment maintenir immobile l'air contenu dans un isolant ?

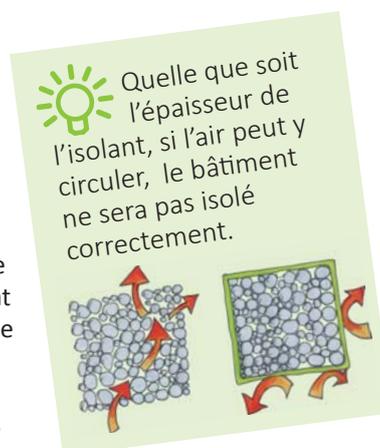
Le principe est de **supprimer les circulations d'air**, même les plus petites, entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Pour cela il faut protéger les isolants non étanche à l'air (Exemple : laine de verre, matelas de cellulose, ...) en empêchant l'air de les traverser.

L'isolant doit donc être étanche à l'air sur toutes ses faces.



- on parle d'**étanchéité à l'air** pour les faces de l'isolant en contact avec l'air intérieur chaud (Exemple : membrane frein-vapeur, plafonnage non fissuré...),
- on parle de **protection au vent** pour les faces de l'isolant en contact avec l'air extérieur et le vent (Exemple : membrane pare-pluie, enduit étanche à l'eau...).



3. Comment garder sec l'air contenu dans un isolant ?

Le principe est de veiller à ce que l'isolant ne soit jamais humide :

- en empêchant l'eau extérieure (pluie, neige ...) de pénétrer dans l'isolant
→ on parle de protection à la pluie et à l'eau (panneau de sous-toiture, membrane pare-pluie, ...),
- en régulant (ou éventuellement empêchant) le passage de la vapeur d'eau intérieur
→ on parle alors de protection à la vapeur d'eau (Exemple : membrane frein-vapeur, pare-vapeur, plafonnage non fissuré ...),
- en permettant à la vapeur d'eau intérieure ayant pénétré dans l'isolant de pouvoir s'échapper vers l'extérieur ou parfois à nouveau vers l'intérieur.

En résumé, pour respecter ces principes, **l'isolant doit être couplé à :**

1. une **bonne étanchéité à l'air intérieur** → placer un matériau ayant la fonction d'étanchéité à l'air et de frein-vapeur (pour limiter la migration de vapeur d'eau). Ce matériau est placé du côté chaud de l'isolant, vers le local chauffé ;
2. une **bonne protection au vent et à la pluie extérieure** → placer un matériau ayant la fonction de pare-pluie et de pare-vent. Ce matériau est placé du côté froid de l'isolant vers l'extérieur ou espace non chauffé ;
3. une **ventilation** efficace qui maintiendra un air intérieur de qualité.



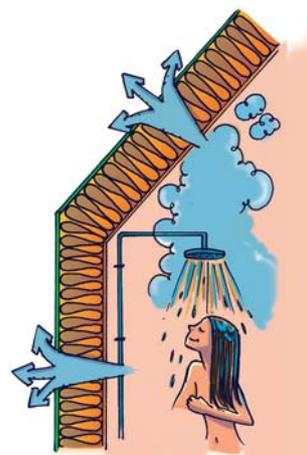
C. TRANSFERTS DE VAPEUR D'EAU ET CONDENSATION

1. Principe

Les transferts de vapeur d'eau sont permanents dans l'habitat.

 Une famille de 4 personnes dégage jusqu'à 10 l de vapeur d'eau par jour.

La simple occupation d'un lieu génère de la vapeur d'eau (respiration, transpiration, cuisine, douches, lessives, ...).



La vapeur d'eau se condense naturellement sur les surfaces froides (miroir de la salle de bain, vitrages, ponts thermiques, ...).

Il faut savoir que la circulation de l'air se fait naturellement du plus chaud vers le plus froid.

Ainsi, en hiver, l'air intérieur chauffé cherche à s'échapper vers l'extérieur plus froid et entraîne, dans sa migration, de la vapeur d'eau.

Plus cet air chaud, traversant la paroi, se rapproche de la température extérieure, plus il se refroidit.

À une certaine température, la vapeur d'eau se condense, elle devient liquide, c'est ce qu'on appelle le point de rosée. Si cela arrive, il faut s'assurer que cette eau pourra s'évacuer avant d'endommager la paroi.

Quand on isole, on change l'équilibre hygrothermique des parois existantes.

Par exemple, dans le cas de l'isolation d'un mur par l'intérieur, la maçonnerie existante ne sera plus « réchauffée » par l'air intérieur et il pourrait donc apparaître des problèmes de condensation et de gel.

 Avant d'isoler, il peut être intéressant de faire réaliser une étude du comportement hygrothermique dynamique de la paroi. Cette étude permettra de calculer le point de rosée et ainsi s'assurer :

- que la vapeur d'eau ne va pas se condenser dans la paroi,
- que s'il devait y avoir une condensation celle-ci pourra être évacuée avant d'endommager les composants de la paroi.

2. Contrôle de la migration de vapeur d'eau

La vapeur d'eau accumulée dans un bâtiment a tendance à migrer vers les zones les plus froides, souvent de l'intérieur vers l'extérieur.

Cette circulation de vapeur d'eau doit être réfléchi et gérée :

Ce contrôle de la migration de la vapeur d'eau n'est efficace qu'en combinaison avec une ventilation performante.



Respirant ou perspirant ?

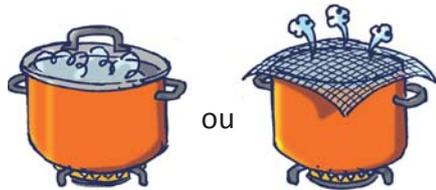
On dit souvent qu'un mur doit respirer. Il serait plus juste de dire qu'il doit être perspirant, c'est-à-dire qu'il laisse passer une partie de la vapeur d'eau mais pas l'air ni la chaleur.

1. en veillant à la mise en œuvre de parois perspirantes, c'est-à-dire dont les matériaux présentent une ouverture à la vapeur d'eau de plus en plus grande de l'intérieur vers l'extérieur⁴,
2. par l'utilisation d'un frein-vapeur (limite la quantité et le débit de vapeur passant au travers de l'isolant),
3. par l'utilisation de matériaux hygroscopiques et capillaires (définition voir page 19).



4. Il faut veiller à ce que les matériaux composant la paroi soient de plus en plus ouverts à la vapeur d'eau, de l'intérieur vers l'extérieur. Un rapport de 5-1 est conseillé. Autrement dit, le matériau situé le plus à l'intérieur du bâtiment doit être 5 fois plus fermé à la vapeur que celui situé sur la face extérieure de la paroi isolée.

3. Pare-vapeur ou frein-vapeur ?



On parle de pare-vapeur et frein-vapeur pour définir des matériaux qui empêchent ou limitent la migration de la vapeur d'eau. Il peut s'agir d'une membrane spécifique mais également d'un plafonnage, d'une feuille de métal,

Le matériau à utiliser doit être choisi et adapté en fonction de l'isolant et des autres matériaux constituant la paroi mais également en fonction du climat intérieur du lieu à isoler (salon, chambre, salle de bain, piscine,). Les pare-vapeurs et frein-vapeurs peuvent être comparés entre eux grâce à la valeur S_d exprimée en mètre (voir page 17 - coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau).

Le **pare-vapeur** ne laisse pas passer l'air, ni la vapeur d'eau.

Il est adapté aux matériaux non hygroscopiques et/ou fermés à la migration de vapeur d'eau (laine de verre, polystyrène, ...). La pose doit être particulièrement bien soignée car si de la vapeur d'eau ou de l'eau s'infiltré dans la paroi, elle aura des difficultés à sortir ultérieurement.

→ Il s'agit généralement d'une membrane, d'un papier Kraft ou d'une feuille d'aluminium.

→ Il se place toujours du côté chaud de l'isolant.

→ L'ordre de grandeur de sa valeur S_d est supérieur à 10m.

Le **frein-vapeur** ne laisse pas passer l'air et freine la migration de la vapeur d'eau de façon homogène.



Certaines membranes frein-vapeur dites « intelligentes » ont la capacité de laisser passer la vapeur d'eau dans un sens comme dans l'autre en fonction de la température et de l'humidité relative intérieure. Ce type de membrane permet aux isolants capables de stocker de la vapeur d'eau (fibres naturelles) de sécher en rejetant l'humidité vers l'intérieur. La valeur S_d de ce frein-vapeur varie en fonction des conditions de climat intérieur.

Il est adapté aux matériaux ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau qui sont également hygroscopiques (laine de chanvre, laine de mouton, cellulose, ...).

→ Il peut s'agir d'une membrane, d'un panneau de type OSB ou d'un plafonnage non fissuré.

→ Il se place toujours du côté chaud de l'isolant.

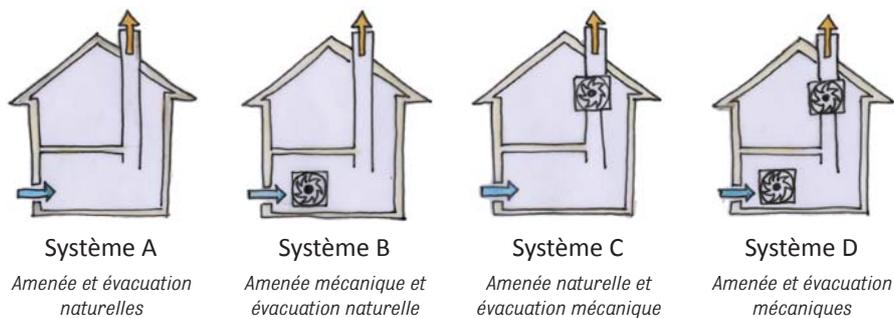
→ L'ordre de grandeur de sa valeur Sd est inférieur à 10m.

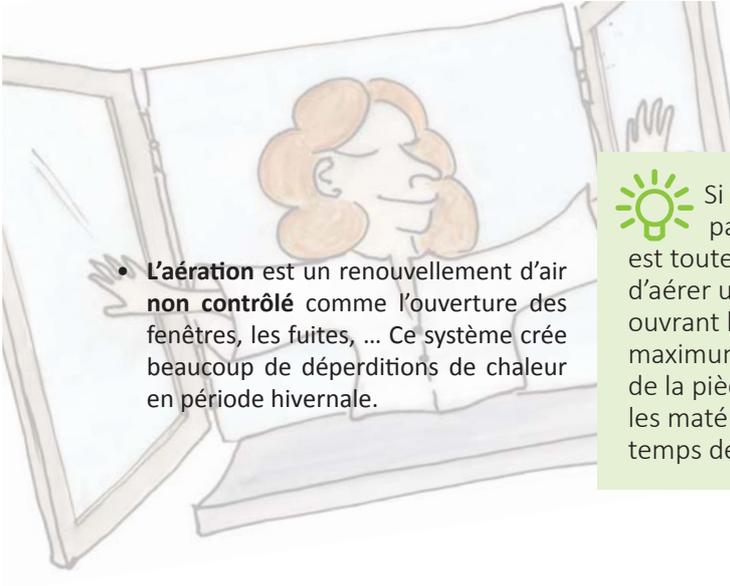
D. VENTILATION OU AÉRATION ?

Pour garder une maison saine, il faut régulièrement remplacer l'air intérieur « pollué » (vapeur d'eau résultant de la respiration et des vapeurs de cuisson, CO_2 , substances chimiques dégagées par les matériaux, les peintures...) par de l'air « frais » extérieur.

Un logement isolé correctement doit présenter une bonne étanchéité à l'air et nécessite la mise en place d'un système de **ventilation**.

- La **ventilation** est un de renouvellement d'air **contrôlé**. Il existe un système naturel A et 3 systèmes mécaniques : B, C et D. Le système D est le plus efficace pour limiter les déperditions de chaleur car l'air sortant transmet ses calories à l'air entrant.





- **L'aération** est un renouvellement d'air **non contrôlé** comme l'ouverture des fenêtres, les fuites, ... Ce système crée beaucoup de déperditions de chaleur en période hivernale.



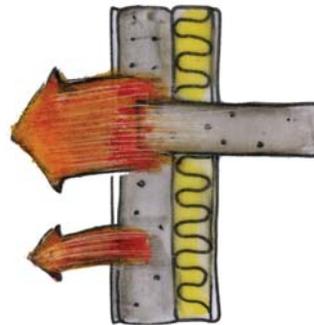
Si vous ne disposez pas de ventilation, il est toutefois important d'aérer une fois par jour. En ouvrant les fenêtres maximum 15 minutes, l'air de la pièce est renouvelé et les matériaux n'ont pas le temps de se refroidir.

E. PONT THERMIQUE ?

Un pont thermique est un défaut dû à l'insuffisance ou à l'absence d'isolation dans une partie de paroi. Une absence totale d'isolant, un isolant mal posé, une interruption locale d'isolant sont des exemples de pont thermique.

Un pont thermique constitue un vrai problème car il affaiblit la performance thermique de cette partie de la paroi.

Il peut aussi faire apparaître des problèmes d'humidité superficielle sur la face interne de la paroi. En effet, le défaut d'isolation peut générer une zone froide sur laquelle se forme de la condensation et, à terme, de la moisissure.



Pont thermique

QUELQUES NOTIONS POUR COMPRENDRE LES FICHES TECHNIQUES

A. DESCRIPTION D'UNE FICHE

Sur chaque fiche technique vous trouverez :

1. Une description du produit et de sa fabrication
2. Des précisions sur la mise en œuvre
3. Les symboles « mise en œuvre » :



4. Le n° de la boîte avec l'isolant correspondant à la fiche 
5. Un tableau (vert) avec les impacts du matériau sur l'environnement et la santé
6. Un tableau (orange) avec les caractéristiques hygrothermiques de l'isolant



B. CARACTÉRISTIQUES HYGROTHERMIQUES

1. Principe

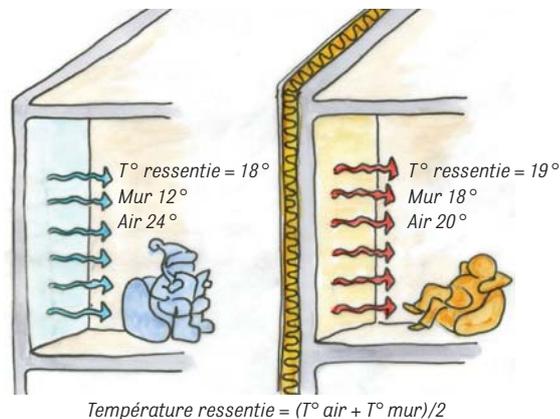
Les caractéristiques hygrothermiques sont les caractéristiques liées à la température et au taux d'humidité de l'air ambiant d'un local. Le confort hygrothermique est recherché car il est idéal pour la sensation de confort et la santé des habitants ainsi que pour la longévité des constructions.

Afin d'assurer un confort hygrothermique, il faut :

- une Humidité Relative (HR) comprise entre 40 et 70 %,
- une température « ± stable » en toute saison,
- une différence maximale entre la température de l'air intérieur et celle des parois de 3 °C.

Ces précautions doivent permettre d'éviter :

1. en cas d'HR trop faible :
 - le dessèchement des muqueuses,
 - les eczémas,
2. en cas d'HR trop élevée :
 - la sensation d'étouffement,
 - la condensation sur les parois froides,
 - la prolifération de moisissures et bactéries,
 - la dégradation de l'enveloppe des bâtiments, de certaines structures et des isolants.



$$\text{Température ressentie} = (T^{\circ} \text{ air} + T^{\circ} \text{ mur})/2$$

2. Explication des différentes caractéristiques hygrothermiques

CARACTÉRISTIQUES HYGROTHERMIQUES	
Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ)	μ Très ouvert à ouvert $\mu = 1 \text{ à } 4$
Capacité hygroscopique (régulation de la vapeur d'eau)	Non hygroscopique*
Comportement à l'eau	Hydrophobe*, non capillaire*, imputrescible
Masse volumique (ρ)	ρ 120 à 255 kg /m ³
Conductivité thermique (λ)	λ 0.055 à 0.09 W /m.K
Chaleur spécifique (c)	c 1400 à 2000 J/kg.K
Épaisseur pour une résistance thermique de 5m ² .K/W (confort d'hiver)	R_s 28 cm
Déphasage thermique (confort d'été)	16h20 min (pour un isolant de 28 cm)
Réaction au feu (Euro classe)	E

*si roseau placé avec la fibre horizontale

$e(m) = R \times \lambda$
Épaisseur d'isolant et déphasage thermique sur base de :
 $\rho = 255 \text{ kg/m}^3 - \lambda = 0.56 \text{ W/mK}$ et $c = 1412 \text{ J/kg.K}$

μ Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ)

Le coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau est caractérisé par la valeur MU (μ).

Il nous fournit une information sur la capacité d'un matériau (isolant ou autre) à s'opposer à la migration de la vapeur d'eau.

μ faible (\searrow) = Isolant perspirant (ouvert à la diffusion de la vapeur d'eau) 😊
 S_d faible (\searrow) = Isolant perspirant (ouvert à la diffusion de la vapeur d'eau) 😊

Plus le μ est petit, plus le matériau est « ouvert » à la diffusion de la vapeur d'eau, on dit également qu'il est perspirant.

Pour comparer différents matériaux entre eux, on utilise également la valeur « Sd » qui tient compte de l'épaisseur du matériau (exprimée en mètre) :

$$S_d = \mu \times \text{épaisseur (m)}$$

Comme la valeur μ , la valeur Sd d'un matériau représente sa résistance à la diffusion de la vapeur d'eau.

Pour être précis, la valeur Sd d'une couche de matériau correspond à l'épaisseur en mètre de la couche d'air stationnaire qui exercerait la même résistance à la diffusion de vapeur que la couche de matériau.

Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau - Quelques valeurs de références

Matériau	μ	Épaisseur (m)	Sd (m)
Feuille d'aluminium		0,00005	1500
Carrelage	1000 à 10	0,015	15 à 150
OSB	170 à 280	0,012	2,04 à 3,36
Parquet sapin non vernis	20 à 50	0,027	0,54 à 1,35
Enduit « classique » sable-ciment	25 à 85	0,02	0,50 à 1,70
Enduit « classique » sable-chaux	6 à 20	0,02	0,12 à 0,40
Enduit terre	4 à 10	0,02	0,08 à 0,20
Plâtre	6 à 10	0,02	0,12 à 0,20
Laine de bois semi-rigide	1 à 2	0,2	0,2 à 0,4
Laine de verre	1	0,2	0,2
Liège expansé	5 à 30	0,2	1 à 6
Polystyrène expansé (EPS)	20 à 100	0,2	4 à 20
Polyuréthane (PUR)	30 à 200	0,2	6 à 40
Membrane Pare-vapeur usuelle			> 10
Membrane frein-vapeur usuelle			< 10
Membrane Pare-pluie usuelle			< 0,18



Rappel :

Pour qu'une paroi soit perspirante, il faut veiller à ce que les matériaux composant la paroi soient de plus en plus ouverts à la vapeur d'eau, de l'intérieur vers l'extérieur. Un rapport de 5-1 est conseillé.

Autrement dit, le matériau situé le plus à l'intérieur du bâtiment doit être 5 fois plus fermé à la vapeur que celui situé sur la face extérieure de la paroi isolée.

Capacité Hygroscopique

La capacité hygroscopique est la faculté d'un matériau à absorber la vapeur d'eau.

La présence de matériaux hygroscopiques permet de réguler une partie de l'humidité de l'air, le reste étant géré par la ventilation. Ces matériaux peuvent absorber ou restituer de la vapeur d'eau en fonction de leur différence d'humidité avec l'air de la pièce.

Exemples :

- si l'air est très humide et que le matériau ne l'est pas, il pourra absorber beaucoup de vapeur d'eau.
- si l'air est très sec et le matériau très humide, le matériau pourra restituer de la vapeur d'eau dans l'air.

Les matériaux hygroscopiques ont également la capacité de faire migrer de la vapeur d'eau vers l'extérieur du bâtiment si la paroi est perspirante et capillaire.

Comportement à l'eau

Hydrophobe ou hydrophile :

La molécule d'eau fonctionne comme un aimant. Les matériaux hydrophiles (laine de bois, cellulose, argile, plâtre, ...) attirent l'eau et les matériaux hydrophobes la repoussent (silicone, huile, certains plastiques, laine minérale, liège...)

Capillaire ou non capillaire :

La capillarité est un phénomène physique naturel observé lorsque l'on trempe un sucre dans son café.

Les matériaux capillaires sont des matériaux hydrophiles qui, en contact avec l'eau, ont tendance à aspirer cette eau. Plus les canaux sont fins plus la succion est forte.

 À l'exception du liège, la plupart des matériaux à base végétale et animale sont hygroscopiques. Ces matériaux peuvent absorber environ 20 % de leur poids en eau sans perdre leur pouvoir isolant.

Le comportement capillaire des matériaux peut permettre d'éviter des problèmes résultant d'une condensation de la vapeur d'eau dans les matériaux. En effet, l'eau condensée peut, grâce au phénomène de capillarité, migrer vers la surface extérieure des matériaux et s'évaporer une fois en contact avec l'air.

Putrescible ou imputrescible :

Un matériau est putrescible s'il peut pourrir.



En contact direct et avec le sol, il est important d'utiliser un matériau imputrescible et non capillaire.

P Masse volumique ou densité ρ (kg /m³)

La masse volumique exprime le poids d'un matériau par unité de volume.

λ Conductivité thermique ou coefficient Lambda λ (W/m.K)

Le coefficient lambda désigne la conductivité thermique du matériau, c'est-à-dire la capacité du matériau à conduire la chaleur.

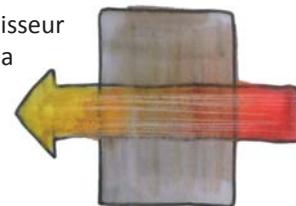
λ faible (\searrow) = Isolant performant 😊

Pour une meilleure isolation, il est préférable d'opter pour un matériau qui conduit peu la chaleur, ce qui correspond à un lambda le plus faible possible.

R_s Résistance thermique R (m².K/W)

La résistance thermique est liée au lambda λ et à l'épaisseur du matériau exprimée en mètre, on la représente par la lettre R.

Elle exprime la capacité du matériau à résister au passage à la chaleur.



Formules :

$$R = \frac{e(m)}{\lambda}$$

ou

$$e(m) = R \times \lambda$$

Avec :

R : résistance thermique ($m^2.K/W$)

e : épaisseur d'isolant en mètre

λ : conductivité thermique ($W/m^2.K$)

Pour obtenir un R performant, il conviendra d'adapter l'épaisseur de l'isolant en fonction de son lambda.

Dans les fiches techniques, nous avons chaque fois calculé l'épaisseur d'isolant nécessaire pour atteindre une résistance thermique de $5m^2.K/m$ **R₅**

R élevé (\nearrow) = Isolant performant 😊

Quelques valeurs de références

Matériau	épaisseur en cm pour un R de $5 m^2.K/W$ R₅	lambda (λ) $W/m.K$ λ
Isolant	19 cm	0,038
Bois	90 cm	0,18
Brique	300 cm	0,6
Bloc béton	350 cm	0,7

R₅ Chaleur spécifique ou capacité thermique massique c ($J/kg.K$)

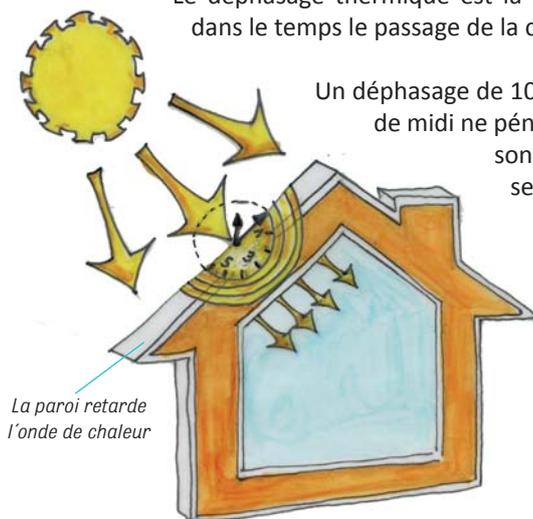
La chaleur spécifique correspond à la capacité d'un matériau à accumuler la chaleur.

c élevé (\nearrow) = Isolant capable de stocker beaucoup de chaleur 😊

Cette valeur est utilisée dans le calcul du déphasage thermique.

✓ Déphasage thermique (h) :

Le déphasage thermique est la propriété du matériau de décaler dans le temps le passage de la chaleur.



Un déphasage de 10h permet que les calories du soleil de midi ne pénètrent théoriquement dans la maison qu'à 22h, heure à laquelle les flux se sont inversés.

Choisir un matériau avec un déphasage thermique élevé permet de lisser les variations de température et d'éviter la surchauffe.

Le déphasage thermique est exprimé en heure, est lié à l'épaisseur (e), à la densité (ρ), au lambda (λ) et à la capacité thermique du matériau (c).

Formule :

$$\eta = 0.023 \times e \times \sqrt{\frac{\rho \times c}{\lambda}}$$

Avec :

e : épaisseur d'isolant (m)

ρ : masse volumique (kg/m³)

c : chaleur spécifique (J/kg.K)

λ : conductivité thermique (W/m².K)

Dans les fiches techniques, la « valeur indicative » du déphasage est calculée par rapport à l'épaisseur nécessaire pour obtenir une Résistance thermique équivalente à 5m².K/W, **R₅** soit la ligne juste au-dessus dans le même tableau.

Tableau récapitulatif

μ 	↘		Isolant perspirant (ouvert à la diffusion de la vapeur d'eau)
Sd	↘		Isolant perspirant (ouvert à la diffusion de la vapeur d'eau)
λ 	↘		Isolant performant (confort hiver)
R	↗		Isolant performant (confort hiver)
C 	↗		Isolant capable de stocker beaucoup de chaleur (confort été)
déphasage thermique 	↗		Isolant capable de retarder un maximum de surchauffe (confort été)

Réaction au feu

Tous les matériaux isolants soumis au feu dégagent des fumées et donc des gaz toxiques.

Ces émissions nocives sont très variables d'un matériau à l'autre :

- Les produits issus de la pétrochimie réagissent de façon variable à la chaleur.
- Les produits naturels, eux, ne se consomment que lors d'un contact direct avec la flamme.

Le comportement au feu des isolants seul n'est pas déterminant lors du choix des matières car il faut également prendre en compte la structure multicouche du bâtiment (blocs lourds plafonnés, plaques de carton plâtre ou fibrociment) qui protège l'isolant.

L'indicateur de classe au feu, mentionné au bas du tableau orange sur les fiches, est tiré de la classification européenne Euroclasse :

Catégories :

- **A1, A2, B** : produits pas ou peu combustibles
- **C, D, E** : produits combustibles
- **F** : produits non classés ou ayant échoués aux tests les moins sévères

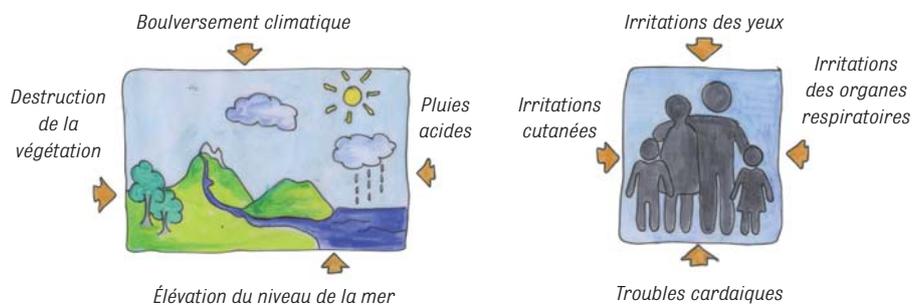
Deux autres critères sont également évalués :

- L'opacité des fumées et leur vitesse de dégagement (de s1 à s3)
- La quantité de gouttelettes et débris enflammés (de d0 à d2)

C. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ

1. Introduction

Construire ou rénover un bâtiment, sans réfléchir, peut entraîner des conséquences néfastes pour l'environnement, notre santé et celle des générations futures. Il est important de connaître les caractéristiques des matériaux afin de pouvoir faire des choix conscients.



Impact des particules volatiles (COV) sur l'environnement et la santé

2. Explication des différents impacts sur l'environnement et la santé

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE	
Matière première principale	Papier + agents ignifuges et substances anti-moisissure (borate, phosphate d'ammonium, sulfate de magnésium...)
Nature de la matière première	😊 Végétale, naturelle renouvelable ou issue du recyclage
Disponibilité de la matière première	😊 Présente en quantité importante
Origine géographique de la matière première	🇪🇺 Europe
Traitement en fin de vie	😊 Incinération 50% (valorisation énergétique) 50% recyclable
Bilan CO ₂ Carbone (effet de serre)	-10.01 kg CO ₂ eq (puit carbone)
Énergie grise	😊 21 kWh
Impact sur la santé pour les applicateurs	😞 Émission de poussières et fibres, exposition possible au bore ou ammoniac en fonction des marques Équipement : lunettes de protection et masque pour les voies respiratoires
Impact sur la santé pour les habitants	😊 Non nocif

► Nature de la matière première

Matière organique d'origine végétale ou animale  :

Les matières organiques d'origine végétale ou animale sont des matières produites dans la nature par des êtres vivants. Elles sont produites de manière continue, s'inscrivent dans un cycle de production court et sont généralement biodégradables.

Matière minérale  :

À la différence des matières organiques et à de rares exceptions⁵, les matières minérales ne sont ni biodégradables ni produites par des êtres vivants.

En revanche, dans le milieu naturel, on les trouve telles quelles sous forme de roches, minéraux...

Matière organique synthétique d'origine pétrochimique  :

Les matières organiques synthétiques d'origine pétrochimique sont des composés organiques de synthèse qu'on ne trouve pas dans la nature. Elles ne sont pas biodégradables et sont fabriquées par l'homme à partir de matières organiques fossiles – principalement du pétrole – qui ont mis des millions d'années à se former. Le cycle de production de la ressource est donc extrêmement long.

5. Les coquillages sont considérés comme matière minérale alors qu'ils sont produits par des êtres vivants.

Matière recyclée  :

Les matières recyclées sont issues de produits ayant déjà subi un cycle de vie complet, et que l'on réintroduit comme matière première dans un nouveau cycle de production.

Renouvelable – non renouvelable :

Une matière renouvelable, au contraire de non renouvelable, est une matière qui peut être recrée dans un délai assez court. Le temps de renouvellement correspond au temps nécessaire à la fabrication de la matière première entre chaque récolte.

Ainsi, un arbre, utilisé pour la fabrication d'isolants en fibres de bois, pousse en 20 à 30 ans. Le chanvre et le lin se récoltent en un an. A l'opposé, le pétrole n'a lui aucune possibilité de se reconstituer, sinon sur plusieurs millions d'années !

► Disponibilité de la matière première

La disponibilité de la matière première indique en quelle quantité cette ressource⁶ est disponible dans la nature. Elle permet de déterminer si l'utilisation régulière de cette ressource est problématique ou non pour son renouvellement.

► Origine géographique de la matière première

Selon le lieu de production ou d'extraction et le type de transport utilisé, les matières premières dominantes auront un impact particulier sur l'environnement.

► Traitements en fin de vie

Biodégradable : peut se décomposer sous l'action d'organismes vivants.

Réutilisable : peut être réutilisé dans les mêmes conditions sans traitement.

Recyclable dans le même cycle de production : réintroduit comme matière première dans le cycle de fabrication du même produit.

6. correspond à la matière première principale du produit

Recyclable par downcycling : réintroduit comme matière première dans un nouveau cycle de production qui n'est pas équivalent.

Incinération : réduction en cendre des déchets par l'action du feu. Cette technique permet, en général, de récupérer de l'énergie mais elle émet également de grandes quantités de gaz et de composés—métaux lourds, dioxines, ... L'incinération ne fait que diminuer le volume des déchets mais elle n'influence pas leur toxicité globale.

Mise à la décharge : stockage de déchets sur un site dédié sans aucun traitement. Risque de dégradation du milieu naturel. Solution la moins durable, on ne fait que dissimuler les déchets.

Les traitements en fin de vie mentionnés dans les fiches sont les traitements actuels en Belgique selon la thèse de Sophie Trachte⁷.

► Bilan Co₂ Carbone (effet de serre)

Le bilan Co₂ est le bilan de production et de stockage de gaz à effet de serre du matériau. Il se calcule en faisant l'ACV du matériau.

Certaines matières, comme les végétaux, stockent le gaz à effet de serre, on les appelle des « **puits carbone** ».

En effet, lors de leur croissance, les végétaux captent le Co₂ et le transforment en oxygène. Quand ces derniers sont coupés et utilisés comme matériaux de construction, le carbone reste emprisonné dans la matière tant que le matériau n'est pas brûlé ni composté.

Ces matériaux sont considérés comme des « puits carbone » en comparaison à ceux qui produisent et rejettent du Co₂.

Les matériaux « puits carbone » ont une valeur négative pour leur bilan carbone.

► Énergie grise

L'énergie grise est l'énergie qu'il faut dépenser pour extraire les matières premières, fabriquer, distribuer le produit et enfin éliminer ou recycler le produit en fin de vie. Elle se calcule en faisant l'analyse du cycle de vie du matériau.

7. références : voir page 38



Gaz à effet de serre

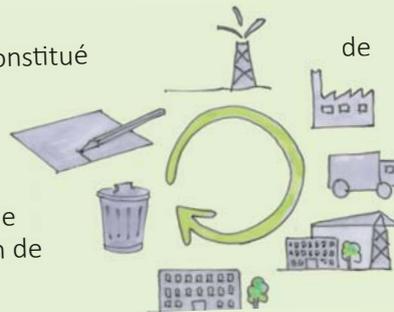
Notre planète est entourée d'une couche de gaz qui permet à la terre de maintenir une température acceptable, ce sont les gaz à effet de serre. Sans cette couche, il ferait -18°C sur terre au lieu des 15°C actuels.

Cependant, trop de gaz à effet de serre provoque une hausse de la température. C'est ce que l'on dénomme le réchauffement climatique.

Plus d'une quarantaine de gaz ont été recensés dont le CO_2 , le N_2O , le HFC, ...

Cycle de vie

Le cycle de vie d'un matériau est constitué l'ensemble des étapes qui le concernent, depuis l'extraction et l'emploi des ressources naturelles, la fabrication, le transport et la mise en œuvre sur le chantier jusqu'à l'élimination en fin de vie.



ACV : Analyse du cycle de vie

Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) est un indicateur environnemental lié au cycle de vie d'un matériau, il tient compte de :

- La contribution à l'effet de serre " bilan CO_2 Carbone "
- La consommation d'énergie « énergie grise »
- L'épuisement des ressources naturelles
- L'atteinte à la biodiversité
- La toxicité pour la santé humaine
- La consommation d'eau
- La production de déchets

Dans cette étude, nous avons analysé les deux premiers points de l'ACV soit le bilan CO_2 Carbone et la consommation d'énergie grise. Les données sont issues du livre « Isolation thermique écologique », elles-mêmes issues de la base autrichienne Baubook.

Bilan UF avec :
 $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$ et
 $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$

Afin de pouvoir réellement exploiter les données concernant les ACV, il est nécessaire de choisir une unité fonctionnelle (UF) qui fasse référence à un service rendu, dans ce cas-ci, le pouvoir isolant.

L'unité fonctionnelle (UF) pour un isolant est le « m^2 pour un R donné ».

► Impact sur la santé



Certains matériaux peuvent être nuisibles à la santé.

La dégradation de la qualité de l'air intérieur est notamment la conséquence de la présence de substances nocives telles que les composés organiques volatils (comme les formaldéhydes), les particules fines, les fibres, les poussières, les substances cancérigènes, le radon, l'ammoniac, les odeurs, ...

Ces substances peuvent provoquer irritations, allergies, problèmes respiratoires ou endocriniens, fatigue, maux de tête, réactions inflammatoires et jusqu'à des troubles neurologiques tels que la confusion ou la somnolence.

Dans les fiches techniques, nous différencions l'impact sur la santé lors de la mise en œuvre (pour l'applicateur), de l'impact sur la santé lors de la « vie en œuvre » (utilisation du bâtiment par l'habitant), l'impact sur la santé en cas d'incendie faisant partie de ce dernier point.



COV (composé organique volatil)

Les composés organiques volatils sont invisibles et inodores. Ils sont émis par certains matériaux et peuvent être à la source de divers problèmes de santé comme :

- Irritation cutanée
- Irritation des yeux
- Irritation des organes respiratoires
- Troubles cardiaques
- ...

La liste actuelle des COV est constituée de 14 composés.

Le COV le plus connue et le plus répandu dans les bâtiments est le Formaldéhyde.



C'est un gaz incolore et inodore qui sert de solvant et/ ou de colle. Il peut être présent dans les panneaux dérivés du bois, les mousses isolantes, certaines laines de verre et de roche, certaines peintures, vitrificateurs, stratifiés, cosmétiques, tissus d'ameublement, tapis, ...

Étiquette A+

Depuis janvier 2013, le marquage « émission dans l'air intérieur » est obligatoire sur l'emballage de tous les isolants vendus sur le marché français.

Il s'agit d'un marquage comprenant un pictogramme accompagné d'une lettre en grand format. Cette lettre indique le niveau d'émission du produit en polluants volatils (COV) dans l'air intérieur d'une pièce.

La notation s'étend de « A+ », le produit émet très peu ou pas du tout, à « C », le produit émet beaucoup.



Impact des fibres sur la santé

Le marché de l'isolation propose de nombreux isolants fibreux.

Une fibre désigne une particule allongée dont la longueur est au moins trois fois supérieure au diamètre.

Les fibres longues et fines sont particulièrement dangereuses. Elles pénètrent dans l'organisme via les voies respiratoires et sont difficiles à éliminer.

→ fibres dangereuses = diamètre inférieur à $3.5 \mu\text{m}$

Dans le cas de matériaux isolants, le problème de la fibre est surtout présent lors de la mise en œuvre et de la démolition car les applicateurs sont en contact direct avec celles-ci.

Les conséquences de l'absorption de fibres sur la santé peuvent aller d'une simple irritation de la peau et des muqueuses à des réactions inflammatoires au niveau des bronches et des alvéoles pulmonaires, voire jusqu'au cancer du poumon à plus long terme (exemple de l'amiante).

L'utilisation d'équipements de protection individuelle adaptée (EPI) est conseillée et parfois obligatoire en fonction des fibres (équipements nécessaires mentionnés sur les fiches techniques).

- Les fibres minérales, de type laine de verre et laine de roche, sont assez fines (diamètre compris entre 2 et $8 \mu\text{m}$), ce qui les rend potentiellement dangereuses.
- Les fibres organiques naturelles – comme le coton, le lin, le chanvre et la laine de mouton – ont, en général, des dimensions trop importantes pour être inhalées. Elles ne présentent donc pas de danger pour les organes respiratoires. Elles peuvent cependant être irritantes pour la peau et, pour certains, être la cause d'allergies.
- Les fibres de la cellulose sont beaucoup plus petites et pourraient présenter un danger. Il est essentiel de limiter au maximum leur propagation dans l'air.

► Durabilité, stabilité

La durabilité d'un matériau correspond à sa longévité, sa tenue dans le temps.

→ L'isolant va-t-il se dégrader ou non ?

La stabilité d'un matériau correspond à sa stabilité dimensionnelle qui est liée à la résistance mécanique du matériau.

→ L'isolant va-t-il se déformer ou non ?

Les indications données dans les fiches supposent une mise en œuvre adaptée en fonction des fiches techniques du fabricant du matériau.

D. MISE EN ŒUVRE



Une bonne mise en œuvre des matériaux isolants commence par un choix d'isolant adéquat en fonction de l'application.

Dans chaque fiche technique vous trouverez des exemples d'applications spécifiques en fonction de l'isolant.

Les symboles « mise en œuvre », vous permettront de cerner rapidement si l'isolant est adapté à la situation.

L'utilisation des matériaux isolants nécessite quelques précautions d'usage et de mise en œuvre.

Il conviendra de prévoir les équipements de protection individuels (EPI) et collectifs adaptés. Les fiches de sécurité et les fiches techniques rédigées par les fabricants du matériau sont la référence en la matière et les poseurs doivent en tenir compte.

Il est préférable de les consulter AVANT le chantier et ne pas attendre de constater un problème pour se les procurer et les lire !

Nous pouvons citer néanmoins quelques mesures de protections générales à prévoir :

- masques pour les yeux et les voies respiratoires,
- combinaison ajustée,
- gants,
- découpe au couteau plutôt qu'à la scie,
- aspirateur en fin de chantier,
- aspiration lors des découpes,
- ...

L'isolation concerne beaucoup de secteurs de la construction.

Maçon, électricien, plombier..., tous les applicateurs devraient comprendre et maîtriser les notions de bases de l'étanchéité à l'air, de l'isolation, de la ventilation et des phénomènes de condensation.

Sur un chantier, le passage d'un corps de métier à l'autre doit se faire dans l'esprit d'une étanchéité à l'air et d'une isolation continue. Il est donc essentiel de connaître ce que les uns et les autres réalisent tout au long de l'acte de construire et rénover.



Malgré tout le soin apporté à ce document, des données peuvent toutefois évoluer.

Le présent document est fourni à titre indicatif. Nous déclinons toute responsabilité quant à l'exactitude des renseignements fournis dans ce document.

Il conviendra toujours de se prémunir des risques en consultant le fabricant du matériau au travers des fiches techniques, des fiches sécurité/santé et des agréments techniques dont il a l'entière responsabilité.



Cet ouvrage a été réalisé dans le cadre du projet européen RÉ -Emploi (Interreg IVa) par les partenaires : Cluster Eco-construction asbl (BE), Espace Environnement asbl (BE), ADUS (FR), Les Compagnons du Tour de France (FR) et le Forem (BE).



LE PROJET EUROPÉEN



Le projet européen Interreg IVa RÉ -Emploi réunit cinq partenaires belges et français et vise d'une part à aider les citoyens à rénover durablement leur logement et d'autre part à former les professionnels du secteur à une approche énergétique patrimoniale et environnementale de la rénovation du bâti existant.

Le projet RÉ -Emploi a pour originalité de proposer une approche intégrée de la rénovation durable en agissant sur l'ensemble des leviers d'actions : la demande (les rénovateurs), l'offre (les professionnels) et la formation. Le projet propose de concilier l'ensemble des paramètres : le respect du patrimoine – les économies d'énergie – la qualité environnementale et les enjeux de santé dans l'habitat :

www.renovationdurable.eu

LES PARTENAIRES



ESPACE ENVIRONNEMENT ASBL (BE)

Espace Environnement
Depuis 1972, Espace Environnement ASBL propose aux citoyens, associations, entreprises et pouvoirs publics, les services d'une équipe pluridisciplinaire de plus de 25 char-

gés de mission expérimentés en urbanisme, aménagement du territoire, patrimoine, éco-construction, santé et habitat, énergie, aménagement d'espaces verts et mise en application des concepts du développement durable et des Agendas 21.

Rue de Montigny 29
6000 Charleroi
T +32 (0)71 30 03 00
www.espace-environnement.be



FOREM FORMATION CHARLEROI (BE)

Le Forem, service public wallon de l'emploi et de la formation professionnelle, s'adresse aux jeunes qui terminent leurs études, aux demandeurs d'emploi, aux travailleurs et aux entreprises. Il facilite l'adap-

tation et l'insertion des demandeurs d'emploi et des travailleurs sur le marché de l'emploi. Il offre également un appui professionnel aux entreprises grâce à des conseils en ressources humaines et en recrutement.

Bd Tirou 104
6000 Charleroi
T+32 (0)71 23 05 03
www.leforem.be



Le Cluster Eco-Construction asbl est un rassemblement d'entreprises regroupant plus de 230 entreprises expertes dans le secteur de l'éco-construction et qui s'engagent à en

CLUSTER ÉCO-CONSTRUCTION ASBL (BE)

respecter la charte. L'asbl réalise entre autres des visites, conférences, visites de chantier et projets remarquables, mise en réseau, veille technologique, promotion de l'éco-construction et de ses membres, newsletter...

Centre Technologique Université de Namur
Rue du Séminaire 22
5000 Namur
T+32 (0)81 82 63 01
www.ecoconstruction.be



Organisme d'étude et de réflexion sur l'aménagement et le développement du ter-

AGENCE DE DÉVELOPPEMENT ET D'URBANISME DE LA SAMBRE (FR)

L'ADUS est une structure associative faisant partie de la Fédération Nationale des Agences

du territoire de la Sambre-Avesnois, elle a pour mission d'observer le territoire, de l'éclairer sur les enjeux d'avenir, de le conseiller, à travers des missions réalisées dans des domaines variés (démographie, économie, transports, environnement, aménagement urbain...).

Rue de Fleurus 19
BP 30273
59607 Maubeuge
T+33 (0)3 27 53 01 23
www.adus.fr



Les Compagnons du Tour de France proposent, à Jeumont, des formations aux métiers du bâtiment : maçon, couvreur, charpentier... En parallèle des cours au centre de formation, le stagiaire ou l'apprenti effectue une certaine période en milieu pro-

FÉDÉRATION COMPAGNONNIQUE DES METIERS DU BATIMENT Groupe île de France et Nord Pas de Calais (FR)

fessionnel. Il reçoit ainsi un enseignement complet qui allie les savoirs, les savoir-faire et les savoir-être. Et le Tour de France reste, l' incontournable voyage, pour devenir Compagnon.

Rue des Usines, 91
59460 Jeumont
+33 3 27 67 01 52
www.compagnons-jeumont.fr
www.jeumont.compagnonsdutourdefrance.org

RÉFÉRENCES

Liste des sources consultées

Ouvrages

L'Isolation thermique écologique, Jean Pierre Oliva et Samuel Courgey, nouvelle éd. 2010 Ed. Terre Vivante, Mens, France

La Construction écologique, Jean-Claude Mengoni, 2011, éd. Terre Vivante, Mens France

Le Grand livre de l'Isolation, Thierry Gallauziaux et David Fedullo, 2011, 3ème éd. Eyrolles

Matériauthèque Greenov, projet Européen Interreg, IVb

Rénover pour consommer moins d'énergie, Espace Environnement, 2013, SPW édition

Une isolation plus saine, conseils et fiches matériaux, Point information énergie, Valence Cedex, France

Guide de choix Isolation, cd2e, 2008, Nord-Pas de Calais, France

Panorama des principaux matériaux d'isolation, Annexe, Samuel Courgey, 2012, Créabois, Arcanne, France

Isolation thermique - Choisir des matériaux sains et écologiques, Bruxelles environnement, IBGE, 2010

Soutien technique dans le cadre de la surprime isolants naturels, Architecture et Climat - UCL, 2011, SPW

Matériau, matière d'architecture soutenable - Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable, Sophie Trachte, 2012, Thèses de la Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme, Presses universitaires de Louvain

Sites

www.energieplus-lesite.be

u.jimdo.com/www29/o/.../Définition+Déphasage+thermique.pdf

www.developpement-durable.gouv.fr/Chapitre-I-Mode-d-emploi-de-l.html