

# Toiture inclinée

RÉNOVATION ET ISOLATION



## Isoler oui, mais pas n'importe comment !

Lors de la construction de nos anciennes maisons bruxelloises, le grenier n'était pas considéré comme une pièce habitable. Il n'était pas isolé, plutôt bien ventilé et l'étanchéité à l'eau de la toiture n'était pas absolue. La ventilation assurait un séchage rapide des pièces de charpente qui pouvaient occasionnellement s'humidifier. Il s'agissait donc de toitures techniquement très saines. Leur durée de vie en témoigne.

Aujourd'hui, l'occupation des combles et les mesures d'économie d'énergie nécessitent une toiture isolée, parfaitement étanche à l'eau et à l'air. La toiture n'étant plus ventilée, toute infiltration d'eau peut entraîner sa dégradation et le pourrissement du bois de charpente. Par ailleurs, en cas de mauvaise conception, un phénomène de condensation peut apparaître dans une toiture isolée, aboutissant également à sa dégradation. Et comme la structure de la toiture est « emballée » dans l'isolant, cela n'est pas visible immédiatement.

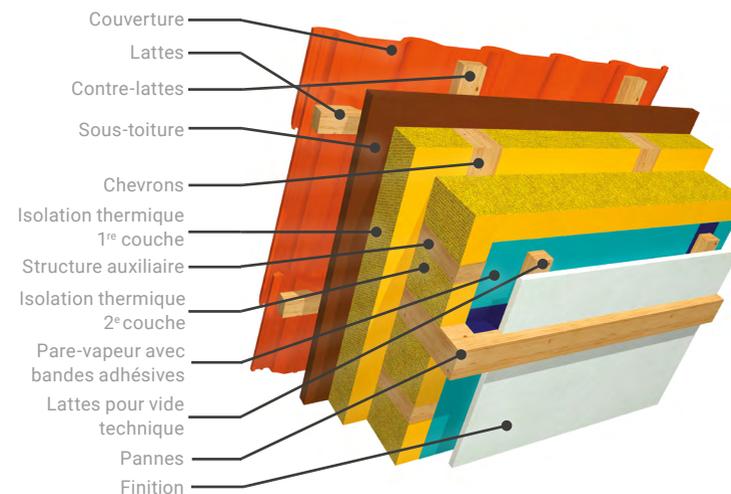


## Quels sont les éléments importants d'une toiture ?

Les éléments composant la toiture doivent être mis en œuvre correctement et au bon endroit, surtout si la toiture est isolée. Outre les tuiles ou ardoises et leurs lattes d'accrochage, la **sous-toiture** et ses **contre-lattes**, l'**isolation thermique** et le **pare-vapeur** sont indispensables.



Tous ces composants forment un ensemble ; chacun d'entre eux doit être choisi en fonction de ses propriétés et de celles des autres (résistance thermique, perméabilité à la vapeur d'eau...).



## La sous-toiture

La sous-toiture assure l'**étanchéité au vent, aux poussières et aux eaux d'infiltration**. Elle recueille la pluie et la neige qui, sous la pression du vent, sont chassées sous les tuiles, et les laisse s'écouler librement jusqu'à la corniche. **La sous-toiture protège l'isolant** et empêche les courants d'air qui provoqueraient d'importantes pertes de chaleur.

Mais si la sous-toiture doit être imperméable à l'eau et à l'air, elle doit être **perméable à la vapeur d'eau** qui vient de l'intérieur, afin de limiter les risques de condensation dans l'isolant.



$\mu$  (« mu ») caractérise la perméabilité à la vapeur d'eau d'un matériau.

La quantité de vapeur d'eau diffusant au travers d'un matériau déterminé ne dépend pas uniquement de la valeur  $\mu$  du matériau mais aussi de son épaisseur ( $d$ , exprimé en mètres).

L'**épaisseur équivalente de diffusion  $\mu_d$  ou  $S_d$**  (exprimée en mètres) indique la résistance à la diffusion de vapeur d'eau qu'offre un matériau d'une certaine épaisseur.

$$\mu_d = \mu \times d$$

**Plus  $\mu_d$  ou  $S_d$  est petit, plus le matériau est perméable à la vapeur d'eau.**

La valeur  $\mu_d$  de la sous-toiture doit être inférieure à 0,5 mètre. Cette valeur est indiquée sur la fiche technique de la sous-toiture. Demandez-la à votre entrepreneur.

**La pose d'une sous-toiture nécessite toujours l'enlèvement de la couverture.** Il est déconseillé de placer la sous-toiture par l'intérieur car cette technique ne permet pas d'assurer une étanchéité suffisante aux eaux d'infiltration.

La sous-toiture est constituée soit de panneaux rigides, soit d'une membrane souple.

### Les sous-toitures rigides

Perméables à la vapeur, elles sont appropriées à toutes les méthodes d'isolation. Elles sont plus chères mais présentent de nombreux avantages :

- leur rigidité permet d'éviter leur soulèvement sous l'action du vent et tout contact avec la couverture ;
- leur capacité à réguler l'humidité permet l'absorption momentanée d'une éventuelle eau de condensation qui se formerait sur la face inférieure ;
- leur léger pouvoir isolant diminue l'influence des ponts thermiques ;
- leur masse leur permet de participer à l'isolation acoustique de la toiture ;
- leur mise en place se faisant par des rainures et languettes (languette vers le haut), le collage peut être limité aux raccords particuliers (aux faîtières, traversées de toiture, fenêtres de toit...).



© Blauwplaat



Le pont thermique est une zone de l'enveloppe d'un bâtiment où l'isolation est plus faible et qui offre un passage plus facile à la chaleur. Le pont thermique, ou nœud constructif, constitue un point froid où la vapeur d'eau peut se condenser.

Les plaques en fibres de bois (éventuellement imprégnées de bitume ou de latex) ou en laine de bois-ciment renforcé répondent à ces caractéristiques.

### Les membranes souples

Elles nécessitent une pose plus délicate. Pour éviter qu'elles soient déformées par le vent ou lors de la mise en œuvre de l'isolant, elles doivent être parfaitement tendues. Les raccords entre feuilles et avec le bâtiment doivent être rendus étanches à l'aide de bandes adhésives. Actuellement, les membranes disponibles sur le marché sont généralement très ouvertes à la vapeur d'eau.



© Stoutjesdijk Bouw

## Les contre-lattes



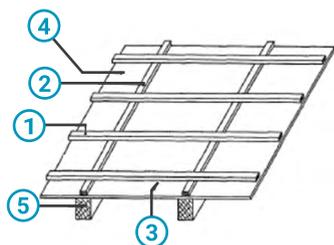
© Architecture et Climat



© Architecture et Climat

Les contre-lattes se placent sur la sous-toiture. Elles rehaussent les lattes d'accrochage des tuiles pour éviter que celles-ci ne touchent directement la sous-toiture. Elles permettent ainsi un écoulement libre de l'eau vers le bas et une ventilation correcte de la sous-face des tuiles, ce qui leur assure une plus grande longévité.

Comme les lattes, les contre-lattes sont en bois, de préférence traité contre toute attaque de champignons, moisissures ou larves d'insectes. Si le bois n'a été traité que superficiellement, les extrémités coupées sur site doivent être traitées également.



- ① Latte
- ② Contre-latte
- ③ Vide entre les lattes et la sous-toiture
- ④ Sous-toiture
- ⑤ Chevron ou ferme

© Stoutjesdijk Bouw

## L'isolant thermique

L'isolant se place directement sous la sous-toiture, sans lame d'air entre les deux. Les matériaux d'isolation sont innombrables sur le marché. Il existe des isolants d'origine minérale (laine de verre ou de roche), végétale (bois, lin, chanvre, cellulose, coton...), animale (laine de mouton...) ou synthétique (polyuréthane, polystyrène extrudé...).

Comparez leurs performances et leurs prix mais aussi leurs domaines d'application, leurs caractéristiques environnementales et leurs propriétés acoustiques.

Les isolants thermiques ne sont pas forcément des **absorbants acoustiques**. Seuls les isolants souples (ou semi-rigides) avec une structure à cellules ouvertes, laineuse ou mousseuse (laines végétales, animales et minérales) peuvent être utilisés dans un complexe d'isolation acoustique. Les matériaux rigides à cellules fermées (polystyrène, polyuréthane...) et la mousse en bombe non-élastique n'améliorent pas la performance acoustique d'une paroi et peuvent même la dégrader.

Les coefficients de conductivité thermique  $\lambda$  (« lambda ») et de résistance thermique  $R$  permettent d'évaluer les performances thermiques d'un isolant :

- $\lambda$  (exprimé en W/mK) caractérise l'aptitude d'un corps à conduire la chaleur. Plus  $\lambda$  est petit, plus le matériau est isolant ;
- $R$  (exprimé en m<sup>2</sup>K/W) nous informe sur la résistance d'une couche d'un matériau au passage de la chaleur. Plus le  $R$  est grand, plus la couche est isolante.

$$R = e/\lambda$$

La résistance thermique  $R$  d'un isolant est égale à son épaisseur  $e$  (exprimée en mètres) divisée par sa conductivité thermique  $\lambda$ .

Épaisseurs nécessaires pour atteindre une performance thermique minimale : $R \geq 4 \text{ m}^2\text{K/W}$		
	$\lambda$ (W/mK)	e min (cm)
Laines minérales, végétales et animales	0,030 à 0,045	13 à 18
Polystyrène expansé ou frigolite (EPS)	0,031 à 0,045	13 à 18
Polystyrène extrudé	0,028 à 0,038	12 à 16
Polyuréthane (PUR / PIR)	0,023 à 0,029	10 à 12
Mousse phénolique	0,022 à 0,038	9 à 16

$\mu \text{ sec}$
1 à 2
60
300
30
3

S'il faut isoler la toiture pour des questions de confort en hiver, il faut également penser à limiter les surchauffes en été.

**Le risque de surchauffe des pièces sous toiture diminue fortement si :**

- il existe une protection solaire extérieure aux fenêtres de toit et aux lucarnes ;
- l'espace bénéficie d'une ventilation intensive nocturne ;
- l'espace comprend des matériaux lourds avec une inertie<sup>2</sup> élevée (par exemple des murs en béton ou en briques pleines) ;
- les gains d'énergie internes sont limités (transformateurs, dimmers, halogènes, etc.) ;
- la résistance thermique R de l'isolant est importante ;
- l'isolant possède une inertie<sup>2</sup> élevée (la laine de bois répond bien à ce critère).

<sup>2</sup> Propension d'un matériau à stocker de la chaleur ou de la fraîcheur et à la restituer peu à peu.

## Le pare-vapeur

Le pare-vapeur se présente sous la forme d'une membrane, d'un enduit ou d'un panneau d'OSB. Il est toujours placé contre l'isolant, du côté chaud de la toiture, donc du côté intérieur, sans lame d'air. Le pare-vapeur garantit l'efficacité thermique de l'isolant et limite les risques de condensation :

- il limite la migration de vapeur d'eau à travers les couches qui composent la toiture ;
- il assure son étanchéité à l'air.

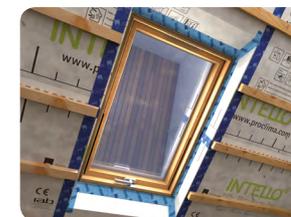
Il se caractérise par sa perméabilité à la vapeur d'eau via la valeur  $\mu_d$  ou  $S_d$ . Cette valeur s'étend à 2 m pour un pare-vapeur très perméable à la vapeur d'eau et à plus de 200 m pour un pare-vapeur peu perméable. Lorsque la valeur  $\mu_d$  est faible, on parle généralement de freine-vapeur.

Certains pare-vapeur ont un  $\mu_d$  qui peut varier en fonction du taux d'humidité ambiant et de la température, allant de 0,25 m à plus de 10 m. On parle alors de freine-vapeur **hygrovariable**<sup>3</sup>.

Actuellement, il n'y a pas de consensus sur le niveau de perméabilité (peu ou très perméable à la vapeur) du pare-vapeur à mettre en oeuvre. Ce n'est que pour les pièces très humides et/ou ne bénéficiant pas d'une ventilation suffisante que les spécialistes s'accordent sur l'utilisation d'un pare-vapeur peu perméable à la vapeur d'eau.



© ISOPROC



© ISOPROC



© ISOPROC

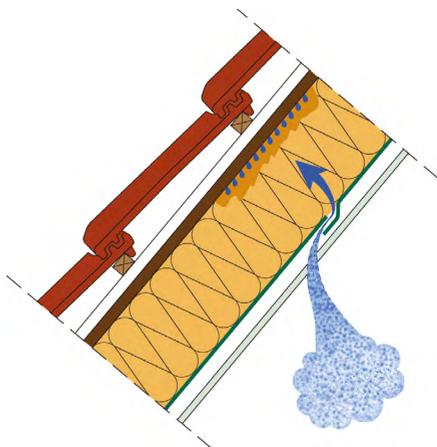
<sup>3</sup> En hiver, l'air intérieur est généralement plus chaud et humide que l'air l'extérieur. Cela crée un flux de vapeur vers l'extérieur. En été, le phénomène s'inverse. Le freine-vapeur hygrovariable est, en hiver, suffisamment fermé à la vapeur pour en limiter la migration dans le complexe de toiture et, en été, suffisamment perméable pour favoriser le séchage de l'isolant.

## Mise en œuvre

Quel que soit le pare-vapeur choisi, il est essentiel que la mise en œuvre soit soignée pour assurer une étanchéité à l'air parfaite. Cette dernière peut être contrôlée par un test « blower-door<sup>4</sup> » localisé aux combles.

Le pare-vapeur doit être posé de manière continue :

- en rendant étanches les raccords entre les feuilles à l'aide de bandes adhésives ou de colle ;
- en couvrant bien toute la surface de la toiture y compris les parties verticales et horizontales (toitures plates, chiens assis...);
- en soignant les raccords de la membrane avec la charpente, les châssis et la maçonnerie. Les percements de toiture et les trous d'agrafe doivent être étanchéifiés ;
- en ne le perforant pas accidentellement lors de sa manipulation et de sa pose.



© pro clima



© pro clima

## La finition

La finition est fixée sur des lattes qui ménagent un vide technique permettant d'intégrer les canalisations et les câbles. Lors de sa pose, il faut être très attentif à ne pas endommager le pare-vapeur.

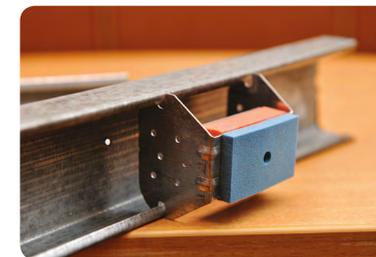


En cas d'utilisation d'un freine-vapeur, la finition intérieure doit être perméable à la vapeur. Les peintures étanches ou les papiers à base de vinyle sont donc à éviter.

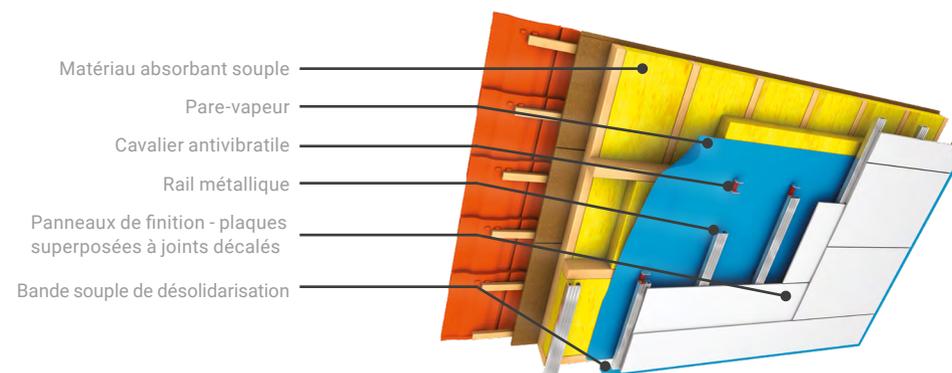
<sup>4</sup> Test au cours duquel l'espace est mis sous pression ou dépression afin de rechercher les fuites d'air éventuelles dans l'enveloppe du bâtiment.

Pour une amélioration acoustique, en complément de l'utilisation d'une couche d'isolant souple ou semi-rigide, la finition doit être :

- **lourde** (au moins deux plaques superposées de plâtre, fibro-plâtre et/ou OSB) ;
- **désolidarisée** de la structure de la toiture, c'est-à-dire :
  - mise en place au moyen de rails souples et/ou de cavaliers antivibratiles ;
  - sans contact rigide avec les autres parois. On intercale une bande souple de désolidarisation en périphérie des plaques de finition.



Cavalier antivibratile



© Oma Kiwi Design pour Bruxelles Environnement

## La gestion de la vapeur d'eau au sein du complexe

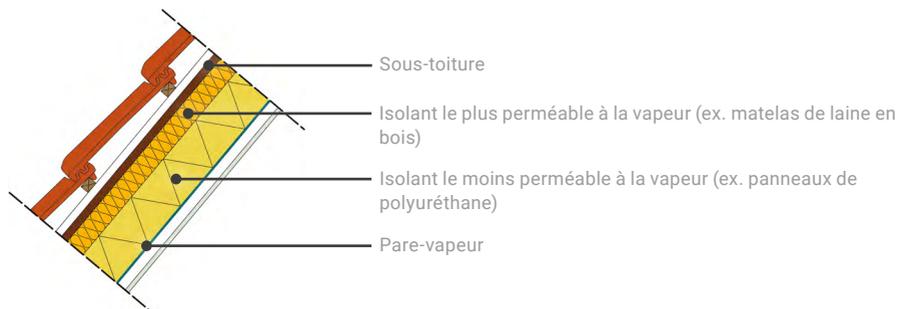
Les composants de la toiture doivent présenter une perméabilité à la vapeur d'eau qui va croissant de l'intérieur vers l'extérieur. Une faible quantité d'humidité qui aurait pu franchir le pare-vapeur en période hivernale sévère peut alors s'évacuer vers l'extérieur sans provoquer de condensation interne.



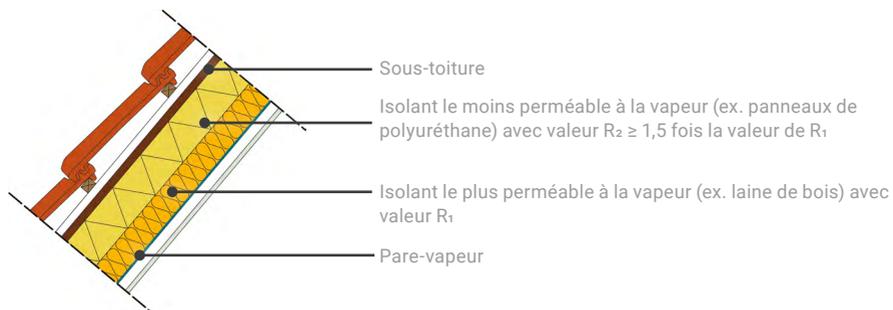
La sous-toiture doit être plus perméable à la vapeur d'eau que le pare-vapeur. Au minimum 6 fois plus perméable, idéalement 15 fois.

## Compositions multicouches

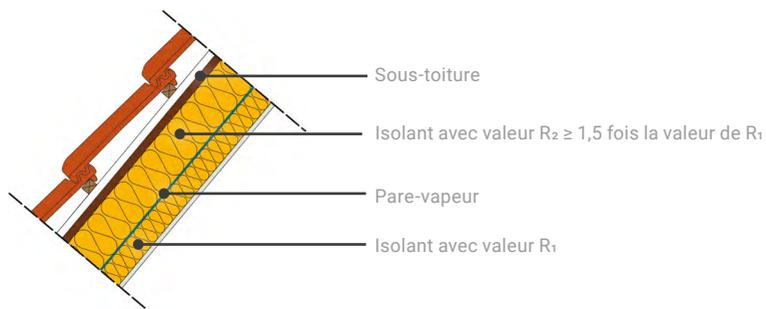
En cas d'usage de plusieurs couches d'isolants différents, l'isolant le plus perméable à la vapeur doit se trouver du côté extérieur.



Toutefois, si l'isolant le moins perméable se trouve du côté extérieur, il faut veiller à ce que sa valeur R soit 1,5 fois plus élevée que celle de l'isolant intérieur.



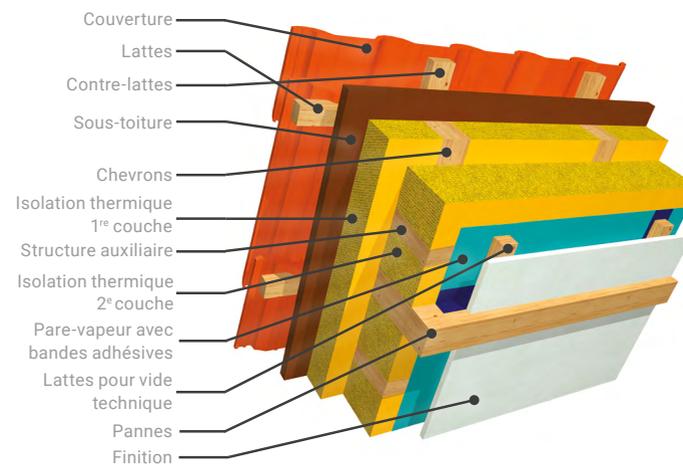
Si on veut renforcer une isolation existante, on peut ajouter une couche d'isolation limitée en dessous du pare-vapeur : la résistance thermique R de l'isolation au-dessus du pare-vapeur doit être au minimum 1,5 fois plus élevée que celle de l'isolant situé en dessous. Cette méthode est déconseillée pour des locaux humides.



## Comment isoler ?

### Isoler les versants de la toiture par l'intérieur avec des panneaux

Souvent, le placement se fait en deux couches pour atteindre de bonnes performances thermiques. Une première couche d'isolant, souple ou semi-rigide, est placée entre les chevrons de la toiture, directement contre la sous-toiture. Une seconde couche est placée au sein d'une nouvelle structure, de préférence perpendiculaire à la première, pour couvrir les chevrons.



#### Avantages

- Permet la conservation de la couverture s'il existe une sous-toiture en bon état.
- Ne modifie pas l'aspect architectural.
- Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée.
- Autoconstruction possible.
- Moins coûteux si la sous-toiture et la couverture peuvent être conservées.

#### Inconvénients

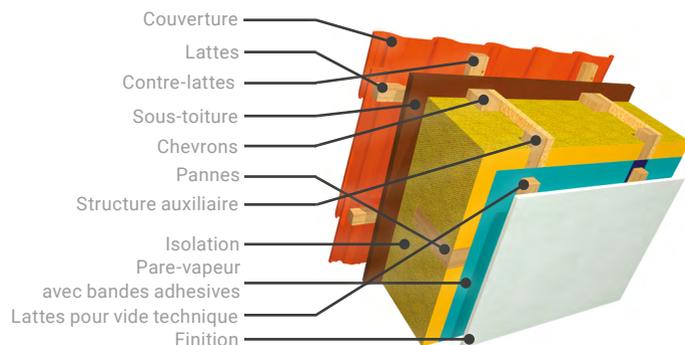
- La finition intérieure ne peut être conservée.
- Perte de volume intérieur.
- En cas d'absence de sous-toiture, cette technique implique la réfection totale de la toiture.

## Isoler les versants de la toiture par insufflation

L'isolant en vrac est insufflé dans des caissons fermés délimités par la sous-toiture, la charpente (prolongée par une structure auxiliaire) et le pare-vapeur. L'insufflation dans les caissons doit être confiée à un spécialiste.



© J. Van Den Broeck



### Avantages

- Permet la conservation de la couverture si une sous-toiture rigide est présente.
- Ne modifie pas l'aspect architectural.
- Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée.
- Moins coûteux si la sous-toiture et la couverture peuvent être conservées.

### Inconvénients

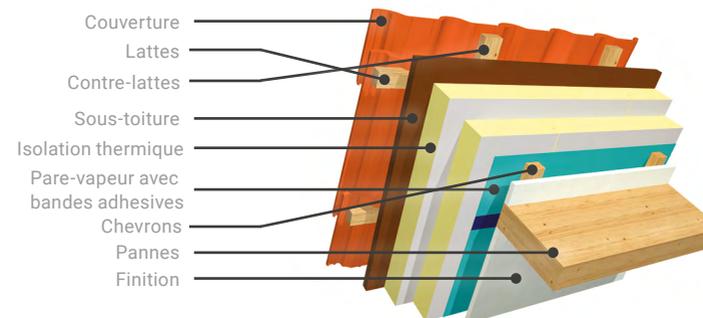
- La finition intérieure ne peut être conservée.
- Perte de volume intérieur.
- En cas d'absence de sous-toiture rigide, cette technique implique la réfection totale de la toiture.

## Isoler les versants de la toiture par l'extérieur (toiture sarking)

Le principe consiste à placer le pare-vapeur et l'isolant, composé de panneaux rigides, sur la structure portante. Certains panneaux préfabriqués intègrent la sous-toiture et le pare-vapeur, permettant une pose facile et rapide par un couvreur.



Pose de panneaux sandwich avec pare-vapeur, isolant et sous-toiture intégrés  
© Unilin Insulation



### Avantages

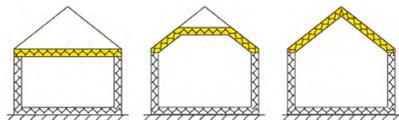
- Permet la conservation de la finition intérieure.
- Pas de perte de volume intérieur.
- Aucun pont thermique.
- Tous les travaux sont réalisés par l'extérieur.
- Le découplage complet de la sous-toiture et de la finition associé à l'utilisation d'un isolant souple offre une excellente amélioration acoustique.

### Inconvénients

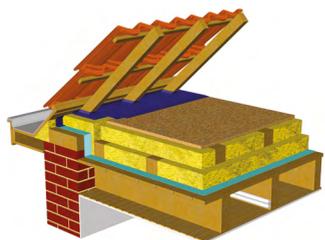
- Cette technique implique la réfection totale de la toiture.
- L'aspect architectural est modifié (rehausse de toiture, hauteur et/ou profondeur des corniches), raccord délicat avec les voisins : **un permis d'urbanisme est requis.**
- Difficulté d'assurer l'étanchéité à l'air au niveau des corniches et des pignons.
- Les matériaux rigides sont mauvais pour l'isolation acoustique ; l'ajout d'un isolant souple en dessous avec finitions désolidarisées améliore légèrement la situation (attention au rapport des valeurs R).

## Isoler le plancher du grenier

Lorsque les combles ne sont pas aménagés, isoler le plancher du grenier plutôt que les versants de toiture permet de limiter le volume chauffé et est moins coûteux.

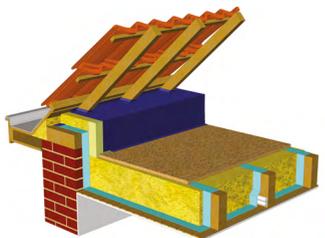


Cette option est cependant déconseillée lorsque la chaudière ou le groupe de ventilation se situe dans le grenier et que des canalisations ou conduits traversent le plancher ; la perforation de l'enveloppe isolée et de la couche étanche engendre des ponts thermiques et des risques de condensation interne.



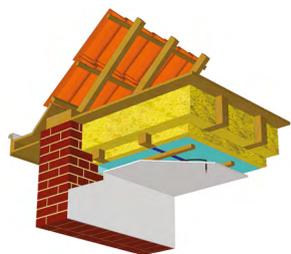
### Isoler sur le plancher des combles

Cette technique facile à mettre en œuvre permet de garder les finitions du plafond de l'étage inférieur. Elle diminue cependant le volume de stockage.



### Isoler la structure des combles (par-dessus)

Cette méthode permet de garder le plafond de l'étage inférieur sans diminuer le volume de stockage. Parce que la mise en œuvre du pare-vapeur est délicate, cette solution ne sera utilisée que si aucune autre n'est possible.



### Isoler la structure des combles (par-dessous)

Cette technique fonctionne bien en combinaison avec l'isolation des murs par l'intérieur. Elle permet le maintien du plancher du grenier et du volume de stockage, mais nécessite la réfection du plafond.

L'isolation d'un plancher en béton par-dessous est intéressante pour des raisons acoustiques mais plus délicate (risques de condensation). Elle doit faire l'objet d'études préalables.

## Points d'attention

- À l'occasion de la réfection de la toiture, la charpente doit être vérifiée et traitée préventivement contre les moisissures, les attaques de champignons (notamment la mérie) ou de larves d'insectes.
- La sous-toiture, l'isolation et le pare-vapeur doivent être placés de manière ininterrompue et sans aucune lame d'air entre les différentes couches.
- Les détails et raccords de toiture doivent être correctement exécutés : corniches, cheminée, fenêtres de toit... C'est généralement là que se trouve l'origine des infiltrations.
- Dans le but d'éviter l'influence des ponts thermiques, l'isolation de la toiture doit être continue avec celle des murs, mais aussi avec les fenêtres de toit via l'utilisation de cadres isolants.
- Il est possible d'anticiper l'isolation ultérieure des murs par l'extérieur en prévoyant un débordement du toit et de la corniche.



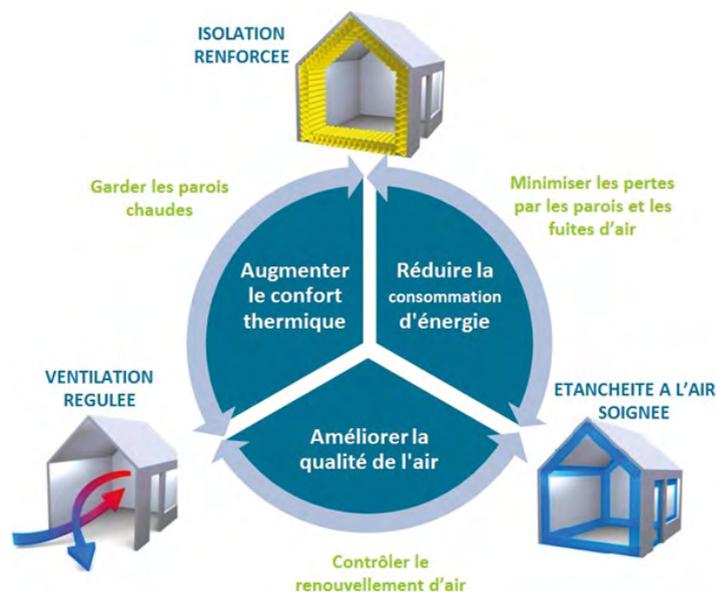
© Uniroof

# Isolation - Étanchéité à l'air - Ventilation contrôlée

Pour atteindre de **bonnes performances** en matière de confort thermique et d'économies d'énergie, tout en conservant la qualité de l'air intérieur, l'isolation doit être combinée à une bonne étanchéité à l'air et à une ventilation contrôlée.



La **ventilation** apporte oxygène et air neuf. Elle évacue le CO<sub>2</sub>, l'air humide, les polluants et les odeurs, préservant ainsi la qualité de l'air intérieur. Elle est essentielle pour la santé des occupants et la salubrité du bâtiment.



© Plateforme Maison Passive



Pour plus d'informations, consultez notre brochure « **La ventilation d'une habitation en rénovation** ».



## Liens utiles

Plus d'informations sur le logement, l'environnement, l'urbanisme, le patrimoine, les primes et les aides financières à Bruxelles :

[www.logement.brussels](http://www.logement.brussels)

[www.environnement.brussels](http://www.environnement.brussels)

[www.urbanisme.brussels](http://www.urbanisme.brussels)

[www.patrimoine.brussels](http://www.patrimoine.brussels)



La Région de Bruxelles-Capitale propose des primes et incitants pour encourager la rénovation du bâti. Ces aides financières varient régulièrement. Consultez notre « **Synthèse des primes** » sur [www.homegrade.brussels](http://www.homegrade.brussels) ou contactez nos permanences pour des informations à jour !



Pour trouver un **artisan** ou une entreprise spécialisée dans les travaux de réparation, conservation ou restauration d'éléments de votre logement, consultez [www.metiersdupatrimoine.brussels](http://www.metiersdupatrimoine.brussels).

Ce site présente plus de 150 professionnels actifs en Région bruxelloise.

Des références et photos de chantiers vous aident à choisir le spécialiste pour votre projet.



**Homegrade** publie régulièrement des nouvelles **brochures thématiques** autour des éléments patrimoniaux bruxellois les plus courants (*façades, vitraux, sgraffites, balcons, revêtements de sol, corniches, fenêtres, portes, ascenseurs anciens...*) et du logement : **rénovation** (*isolation, acoustique, sécurité & équipements, châssis, ventilation, chauffage, citerne, énergies renouvelables, économie circulaire...*), **copropriété, mitoyenneté, acquisition, location...**

Retrouvez toutes les brochures sur [www.homegrade.brussels](http://www.homegrade.brussels) ou à la permanence. N'hésitez pas à contacter nos conseillers !

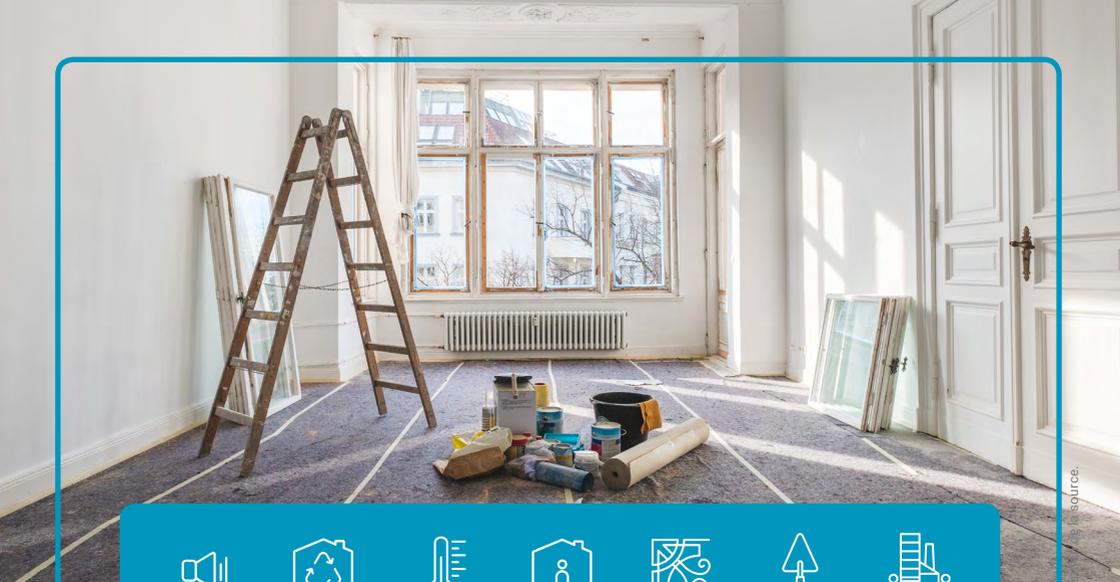
**Rédaction et iconographie** : Églantine Daumerie, Sophie Mersch et Patrick Herregods, Homegrade

**Éditeur** : Homegrade

**Date et lieu d'édition** : Bruxelles, 2020

**Crédit photographique** : Homegrade, e.a.

**Photo de couverture** : Jérôme Bertrand



ACOUSTIQUE



BÂTIMENT  
DURABLE



ÉNERGIE



LOGEMENT



PATRIMOINE



RÉNOVATION



URBANISME



homegrade  
.brussels

## Comment contacter Homegrade ?

Remplissez notre formulaire en ligne

 [www.homegrade.brussels](http://www.homegrade.brussels)

Publications

 [www.homegrade.brussels](http://www.homegrade.brussels)

Appelez notre permanence téléphonique

 1810

Facebook

 [@homegrade.brussels](https://www.facebook.com/homegrade.brussels)

Rendez-vous à notre Point info

 **Place Quetelet 7**  
1210 Bruxelles

Métiers du patrimoine architectural

 [www.metiersdupatrimoine.brussels](http://www.metiersdupatrimoine.brussels)

Les horaires sont disponibles  
sur le site web de Homegrade.

Tous les services de Homegrade sont gratuits.

