



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

COTEBAT

Journée matériaux biosourcés

Aspect technique de la pose
de ces matériaux :
présentation d'une synthèse
bibliographique

Contexte du document présenté

- Champ concerné : rénovation complète et performante
- Prérequis :
 - Isolation de toutes les parois
 - Présence d'une ventilation mécanique
 - Etanchéité à l'air performante
 - Bâtiment ne présentant pas de remontées capillaires majeures
- Cas non traités :
 - Constructions neuves et notamment à ossature bois
 - Monomurs (brique alvéolaire ou béton cellulaire)
 - Bâtiments climatisés

climaxion
anticiper • économiser • valoriser

Migration d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois du bâti ancien

Synthèse bibliographique pour la rénovation performante à destination des concepteurs et des artisans

Document rédigé par Enertech SCOP 

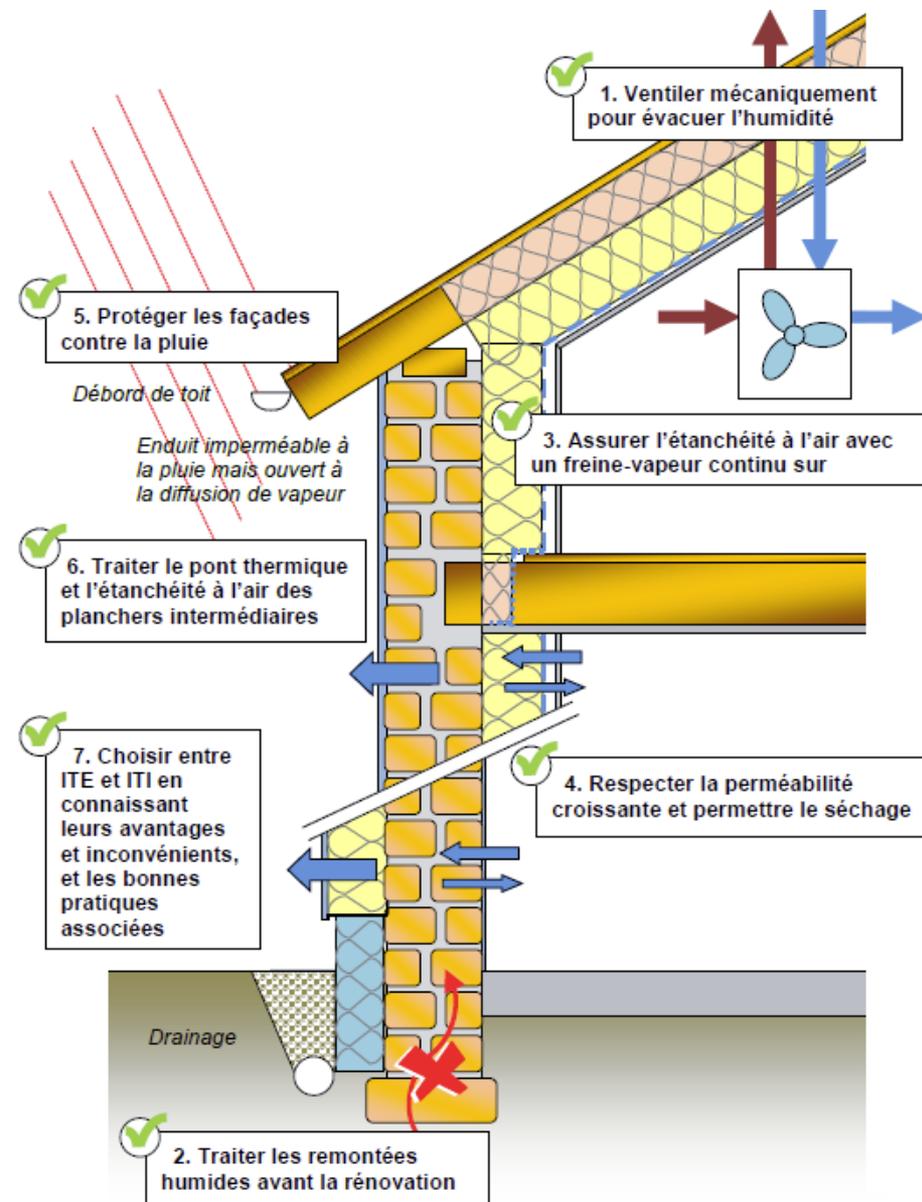
Pour  **Oktave**
La rénovation à votre portée

En partenariat avec  **DORÉMI**
Rénovation performante

Généralités applicables

1. Ventiler mécaniquement pour évacuer l'humidité
2. Traiter les remontées humides avant la rénovation
3. Assurer l'étanchéité à l'air avec un freine-vapeur continu
4. Respecter la perméabilité croissante et permettre le séchage
5. Protéger les façades contre la pluie
6. Traiter le pont thermique et l'étanchéité à l'air des planchers intermédiaires
7. Choisir entre ITE et ITI en connaissant leurs avantages et inconvénients



Présentation des différentes fiches

Murs entre 1948 et 1975

MURS ENTRE 1948 ET 1975

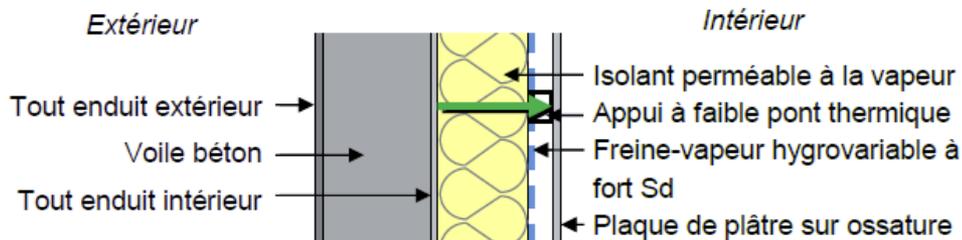
➤ Mur en béton

➤ Isolation par l'intérieur

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Mur en béton armé.
(épaisseur environ 20cm, μ de 150 à 250)

Tout parement intérieur et extérieur.

Doublage sur ossature avec isolant ouvert à la diffusion de vapeur et non putrescible (laine minérale,...), ou isolants bio-sourcés (sous avis technique compatible avec le freine-vapeur) et freine-vapeur hygrovariable à fort Sd (capable de monter à plus de 18m) sous avis technique.

Variante possible

Le vide technique entre le freine-vapeur et le parement peut être isolé pour gagner de la place. Respecter alors la règle des 1/3 – 2/3, c'est à dire qu'au maximum 1/3 de la résistance totale des isolants peut se situer côté chaud du freine-vapeur. Ce rapport ne doit pas dépasser 1/4 – 3/4 en zone froide. *Attention cette mise en œuvre n'est cependant pas prévue dans les avis techniques des membranes actuellement sur le marché.*

Proscrire les complexes isolants collés (voir § [Généralités](#)).

Ponts thermiques : les ponts thermiques de dalle et de refend peuvent générer des points froids importants. Toutefois les dalles et refends en béton sont peu affectés par une condensation ponctuelle. Une bonne ventilation permet d'éviter toute pathologie du bâti.

En présence de **plancher bois et poutrelle hourdis** : assurer l'étanchéité à l'air (**semble impossible pour les hourdis**), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les [généralités](#).

Climat de montagne : vérifier la compatibilité de l'avis technique du freine-vapeur (par exemple celui de Isover Vario inclut explicitement le climat de montagne)

Doc. de référence

Avis technique du freine-vapeur hygrovariable, notamment celui d'Isover Vario / Vario XTRA.

MURS ENTRE 1948 ET 1975

➤ Mur en béton

➤ Isolation par l'extérieur

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

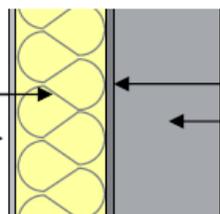
Points de vigilance

Mur en béton armé
(μ de 150 à 250, toute épaisseur)

Tout parement intérieur et extérieur.

Extérieur

Tout isolant
Enduit selon préconisation
du fabricant



Intérieur

Tout enduit extérieur
Voile béton
Tout enduit intérieur

Tout isolant (le béton est plus pare-vapeur que n'importe quel isolant).
Enduit selon préconisation du fabricant.

Variante possible

ITE sous bardage, tout type d'isolant.

Respecter les avis techniques / DTA / ETE : respecter les couples isolant-enduit préconisés par les fabricants.

Doc. de référence

CPT 3035 – V2 : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé- juillet 2013
DTA /ETE des systèmes d'ITE polystyrène expansé et laine de roche sous enduit

MURS ENTRE 1948 ET 1975

➤ Mur en parpaing (bloc de béton creux)

➤ Isolation par l'intérieur

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

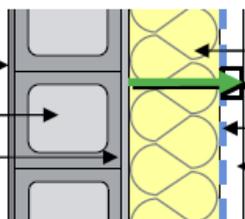
Extérieur

Intérieur

Tout enduit extérieur

Mur en parpaing

Tout enduit intérieur



Isolant perméable à la vapeur

Appui à faible pont thermique

Freine-vapeur hygrovariable

Lame d'air

Plaque de plâtre sur ossature

Doublage sur ossature avec isolant ouvert à la diffusion de vapeur et de préférence capillaire (fibre de bois, ouate de cellulose, etc.) et freine-vapeur hygrovariable sous avis technique.

Contrôler l'état de l'enduit extérieur : il doit assurer son rôle de protection contre la pluie.

Variante possible

Les laines minérales fonctionnent également, mais présentent une capacité de séchage un peu moins bonne en raison de leur caractère non capillaire.

Si l'enduit extérieur est capillaire et ouvert à la vapeur d'eau, un freine-vapeur classique est suffisant, dans le respect du DTU 20.1 : Sd minimal de 1,5 m en général, et de 6m en zone froide (température de base < -15°C ou altitude > 600 m).

Proscrire les complexes isolants collés (voir § [Généralités](#)).

Ponts thermiques : les ponts thermiques de liaison avec les murs en parpaing ne génèrent pas des points froids trop importants. Par ailleurs les dalles et refends en béton sont peu affectés par une condensation ponctuelle. Une bonne ventilation permet d'éviter toute pathologie du bâti.

En présence de **plancher bois et poutrelle hourdis** : assurer l'étanchéité à l'air (semble impossible pour les hourdis), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les [généralités](#).

Doc. de référence

NF DTU 20.1 P4 (octobre 2008) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales.

MURS ENTRE 1948 ET 1975

➤ Mur en parpaing (bloc de béton creux)

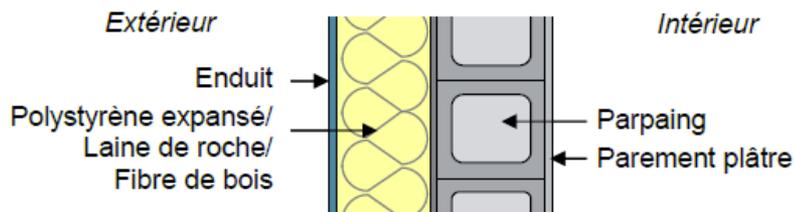
➤ Isolation par l'extérieur

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Mur en parpaing.
(épaisseur environ 20 cm,
 S_d d'environ 1m en partie
courante)



Enduit ouvert à la diffusion de vapeur (ordre de grandeur $S_d < 2m$)
Tout isolant, (PSE, laine de roche, fibre de bois...) selon spécifications du système d'ITE (DTA / ETE).

Variante possible

ITE sous bardage, isolant assez ouvert à la vapeur d'eau.

Proscrire les isolants très peu ouverts à la diffusion de vapeur (Polystyrène extrudé, Polyuréthane, Mousse Phénolique...).

Respecter les avis techniques / DTA / ETE : respecter les couples isolant-enduit préconisés par les fabricants.

NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.

Doc. de référence

CPT 3035 – V2 : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé- juillet 2013
DTA /ETE des systèmes d'ITE polystyrène expansé et laine de roche sous enduit

Murs d'avant 1948

L'isolation par l'intérieur des murs en pierre nécessite une attention particulière.

Deux effets sont particulièrement importants pour éviter les pathologies :

- La [protection à la pluie battante](#) : il est important d'identifier les pierres qui absorbent la pluie, et de les protéger,
- La perméabilité à la vapeur d'eau : le facteur de diffusion μ varie de 10 à 10 000 selon la nature de la pierre, ce qui implique un choix différent de la membrane d'étanchéité à l'air, pour respecter le [principe de perméabilité croissante](#).

C'est pourquoi nous proposons de catégoriser les pierres en trois groupes :

| | Groupe 1 : pierres ouvertes (μ inférieur à 70) Taillées ou non appareillées | Groupe 2 : pierres peu ouvertes (μ entre 100 et 300) Taillées ou non appareillées | Groupe 3 : pierres très fermées (μ supérieur à 500) Taillées ou non appareillées |
|--------------------|---|---|--|
| <i>Exemples</i> | <i>Calcaire tendre, mollasse, tuffeau, grès tendres</i> | <i>Calcaires durs, ...</i> | <i>Schistes, ardoises, granite, basalte, calcaires très durs, marbre.</i> |
| Non enduite | A protéger de la pluie impérativement | A protéger de la pluie impérativement | Ces pierres n'absorbent pas la pluie : enduit non indispensable. Éviter les pièges à eau. |
| Enduite | Voir solution proposée (freine-vapeur hygrovariable) | Voir solution proposée (freine-vapeur hygrovariable à fort Sd) | Voir solution proposée (enduit de redistribution, freine-vapeur hygrovariable à fort Sd) |

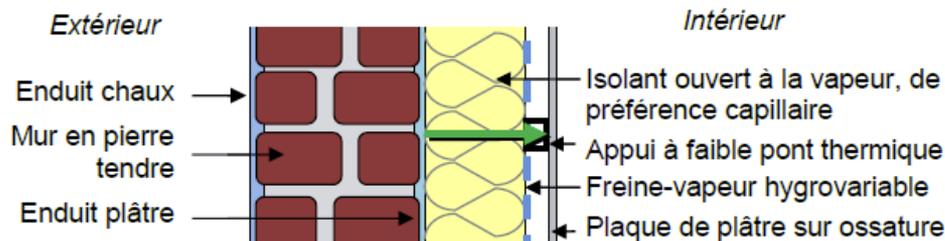
Pour plus de détail sur ce découpage en groupes, voir aussi le graphique page 51.

Il est possible d'utiliser une pipe de Karsten pour mesurer l'absorption d'eau liquide des pierres, et déterminer ainsi la nécessité ou non de les protéger de la pluie. Voir à ce sujet [l'annexe 4](#).

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Doublage sur ossature avec isolant ouvert à la diffusion de vapeur et de préférence capillaire (fibre de bois, ouate de cellulose, etc.) et **freine-vapeur hygrovariable** sous avis technique.

En présence d'un enduit extérieur ou jointoiement continu au ciment, notamment s'il est déjà fissuré : envisager de casser et remplacer par un enduit à la chaux.

Selon les cas, envisager une protection particulière de la façade la plus exposée à la pluie (bardage ventilé, isolation extérieure...).

Variante possible

Les laines minérales fonctionnent également, mais présentent une capacité de séchage un peu moins bonne en raison de leur caractère non capillaire. L'isolation par l'intérieur en béton cellulaire ou silicate de chaux est également possible. Assurer une parfaite adhérence et la [continuité capillaire](#) entre mur et isolant.

En adéquation avec le patrimoine local, un enduit à pierre vue est techniquement possible pour supprimer les pièges à eau et protéger la façade de la pluie en lieu et place d'un enduit traditionnel.

Pour les pierres poreuses non enduites, et dans le cas où un enduit traditionnel ne serait pas envisagé, il est nécessaire de recourir à l'application d'un hydrofuge ouvert à la diffusion de vapeur, par un professionnel qualifié. (*Viser $A = 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ [RAGE]*) Voir à ce sujet [l'annexe 3](#) pour les normes associées.

Les corrections isolantes, type enduit « isolant » (chaux-chanvre, chaux-aérogel de silice, etc.) côté extérieur sont un complément intéressant notamment au droit de planchers intermédiaires.

Proscrire les complexes isolants collés voir [généralités](#).

Un hydrofuge fermé à la diffusion de vapeur, ou mal appliqué, peut être un remède pire que le mal... faire appel à un spécialiste !

Pierres non appareillées : veiller à supprimer les pièges à eau au niveau du jointoiement en façade. Si réfection de façade, privilégier un enduit à pierre vue, à base de chaux.

En présence de **plancher bois et poutrelle hourdis** : assurer l'étanchéité à l'air (**semble impossible pour les hourdis**), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les [généralités](#).

Une correction thermique ($R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ sur 1,2m environ) est recommandée sur les murs de refend afin d'éviter tout risque de condensation, notamment dans les pièces humides. Avec une bonne ventilation, les risques de moisissures semblent limités en l'absence d'un substrat organique, de plâtre ou de papier peint.

Doc. de référence

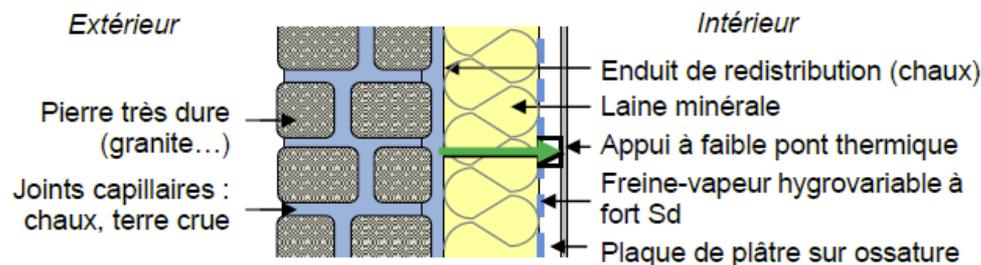
Avis technique du freine-vapeur hygrovariable

| Mur avant rénovation | Solutions d'isolation : bonnes pratiques | Points de vigilance |
|--|---|--|
| <p>Mur en pierre du groupe 2 d'épaisseur 30 à 50cm environ. (μ entre 100 et 300, par exemple : calcaires durs...)</p> <p>Intérieur : enduit plâtre Extérieur : nu ou enduit</p> | <div data-bbox="382 207 1342 449" style="text-align: center;"> </div> <p>Doublage sur ossature avec isolant ouvert à la diffusion de vapeur et non putrescible (laine minérale,...), ou isolants bio-sourcés (sous avis technique compatible avec le freine-vapeur) et freine-vapeur hygrovariable à fort Sd (capable de monter à plus de 18m) sous avis technique.</p> <p>En présence d'un enduit ou jointoyage continu au ciment, notamment s'il est déjà fissuré : envisager de casser et remplacer par un enduit à la chaux.</p> <p>Selon les cas, envisager une protection particulière de la façade la plus exposée à la pluie (bardage ventilé, isolation extérieure...).</p> <p>Variante possible</p> <p>En adéquation avec le patrimoine local, un enduit à pierre vue est techniquement possible pour supprimer les pièges à eau et protéger la façade de la pluie en lieu et place d'un enduit traditionnel.</p> <p>Pour les pierres poreuses non enduites, et dans le cas où un enduit traditionnel ne serait pas envisagé, il est nécessaire de recourir à l'application d'un hydrofuge ouvert à la diffusion de vapeur, par un professionnel qualifié. ($V_{\text{viser}} A = 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ [RAGE]) Voir à ce sujet l'annexe 3 pour les normes associées.</p> <p>Les corrections isolantes, type enduit « isolant » (chaux-chanvre, chaux-aérogel de silice, etc.) côté extérieur sont un complément intéressant notamment au droit de planchers intermédiaires.</p> | <p>Proscrire les complexes isolants collés, voir généralités.</p> <p>Un hydrofuge fermé à la diffusion de vapeur, ou mal appliqué, peut être un remède pire que le mal... faire appel à un spécialiste !</p> <p>En présence de plancher bois et poutrelle hourdis : assurer l'étanchéité à l'air (semble impossible pour les hourdis), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les généralités.</p> <p>Une correction thermique ($R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ sur 1,2m environ) est recommandée sur les murs de refend afin d'éviter tout risque de condensation, notamment dans les pièces humides. Avec une bonne ventilation, les risques de moisissures semblent limités en l'absence d'un substrat organique, de plâtre ou de papier peint.</p> |
| <p>Doc. de référence</p> | <p>Avis technique du freine-vapeur hygrovariable à fort Sd. En climat de montagne, vérifier que l'avis technique couvre bien ce domaine d'application.</p> | |

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Proscrire les complexes isolants collés, voir [généralités](#).

Pierres non appareillées : veiller à supprimer les pièges à eau au niveau du jointolement en façade. Si réfection de façade, privilégier un enduit à pierre vue, à base de chaux.

Mur en pierre du groupe 3

(μ supérieur à 500, par exemple : Schistes, ardoises, granite, basalte, calcaire très dur) d'épaisseur 30 à 50cm environ.

Dans le cas où les joints sont capillaires (chaux, terre crue), un **enduit de redistribution de 15 à 30 mm d'épaisseur** de type enduit à la chaux appliqué sur la face intérieure du mur permet de guider l'humidité vers les joints, et de limiter ainsi la quantité d'eau contenue dans les premiers centimètres des isolants fibreux dans des limites raisonnables. Dans cette configuration la laine minérale se comporte mieux qu'un isolant hygroscopique qui a tendance à rester trop chargé en humidité. (voir étude WUFI [en annexe](#))

Prévoir un **freine-vapeur hygrovariable à fort Sd** (capable de monter à plus de 18m).

Vérifier l'état de l'enduit ou des joints existants, pour s'assurer que la protection à la pluie est effective et qu'il n'y a pas de piège à eau.

En présence de **plancher bois et poutrelle hourdis** : assurer l'étanchéité à l'air (**semble impossible pour les hourdis**), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les [généralités](#).

Intérieur : nu ou enduit plâtre

Extérieur : nu ou enduit

Variante possible

En cas de joints non capillaires, et en climat de bord de mer, il semble plus prudent de s'orienter vers un double mur avec lame d'air ventilée et cunette (schéma page 66) : double mur de type IIb ou III comme décrit dans le NF DTU 20.1 P1-3.

Une technique possible est une contre cloison avec appui intermédiaire formant lame d'air ventilée entre mur et isolant. Un freine-vapeur hygrovariable à fort Sd semble intéressant pour maximiser la capacité de séchage. Dans ce cas un isolant hygroscopique semble à éviter.

Une correction thermique ($R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ sur 1,2m environ) est recommandée sur les murs de refend afin d'éviter tout risque de condensation, notamment dans les pièces humides. Avec une bonne ventilation, les risques de moisissures semblent limités en l'absence d'un substrat organique, de plâtre ou de papier peint.

Doc. de référence

NF DTU 20.1 Partie 1-3, Avis technique du freine-vapeur hygrovariable.

En climat de montagne, vérifier que l'avis technique couvre bien ce domaine d'application.

MUR D'AVANT 1948

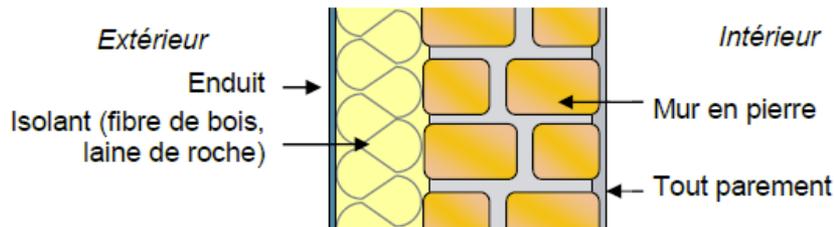
➤ Mur en pierre des groupes 1, 2 et 3

➤ Isolation par l'extérieur

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Le PSE est fortement déconseillé sur un mur en pierre, pour préserver une bonne capacité de séchage et en raison de la mauvaise planéité du support.

Pour les murs en pierre de groupe 3, tout type d'isolant convient dans la limite de la capacité à le mettre en œuvre.

NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.

En cas d'enduit ciment extérieur, ou ancien RPE (plastique)... : Neutraliser tout élément fermé à la diffusion de vapeur et/ou faiblement capillaire avant isolation (sinon la capacité de séchage du mur peut s'avérer insuffisante). Voir [généralités](#).

Mur en pierre de toute nature, non appareillé ou pierre de taille.

Intérieur : toute finition

Extérieur : tout type

Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (isolant fibreux recommandé pour les pierres du groupe 1 ou 2).

Enduit également ouvert à la vapeur (Sd de l'ordre de 0,5m pour les pierres du groupe 1, et de 2m pour les pierres du groupe 2).

Variante possible

ITE sous bardage, isolants ouverts à la diffusion de vapeur d'eau.

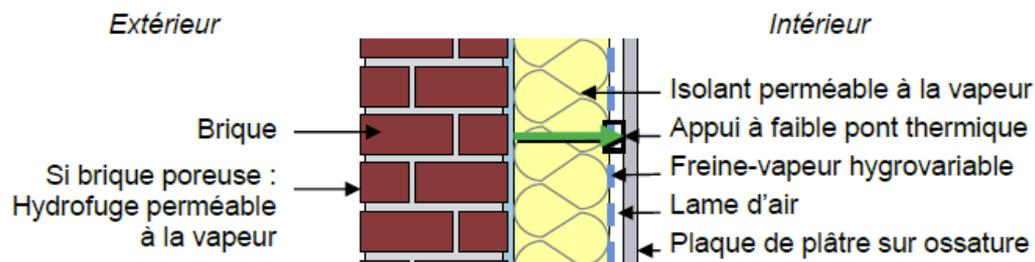
Doc. de référence

DTA /ETE des systèmes d'ITE

Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Proscrire les complexes isolants collés, voir [généralités](#).

Un hydrofuge fermé à la diffusion de vapeur, ou mal appliqué, peut être un remède pire que le mal... faire appel à un spécialiste !

En présence de **plancher bois et poutrelle hourdis** : assurer l'étanchéité à l'air (semble impossible pour les hourdis), rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage. Voir détail dans les [généralités](#).

Ponts thermiques : les ponts thermiques de dalle et de refend peuvent générer des points froids importants. Il convient d'évaluer les risques selon la nature des matériaux. Les dalles et refends en béton plein sont peu affectés par une condensation ponctuelle. Une bonne ventilation permet d'éviter les pathologies. Mais des moisissures peuvent se développer sur des refends en brique avec enduit torchis ou plâtre. Envisager dans ces cas une correction thermique.

Mur en briques pleines.
(μ d'environ 10 à 16, épaisseur 30 à 40cm environ)

Intérieur : enduit plâtre

Extérieur : nu

Si la brique est poreuse (brique ancienne notamment, voir [annexe 4](#) pour la mesure à la [pipe de Karsten](#)), envisager l'application d'un hydrofuge ouvert à la diffusion de vapeur par un professionnel qualifié. Viser $A = 0,2 \text{ kg/m.h}^{1/2}$ [[RAGE](#)] (voir [annexe 3](#) pour le classement correspondant).

L'isolant sera ouvert à la diffusion de vapeur (fibreux), et associé à un freine-vapeur hygrovariable sous avis technique. Un isolant capillaire (fibre de bois, ouate de cellulose, etc.) est préférable une fois le mur correctement protégé de la pluie.

Soigner tous les détails d'étanchéité à l'air.

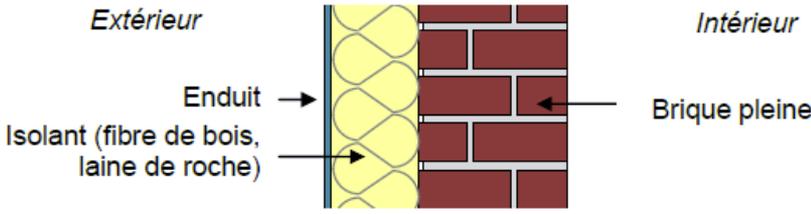
Variante possible

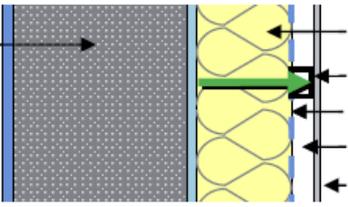
En présence de peinture de façade fermée à la diffusion de vapeur : une peinture de façade non perméante à la vapeur d'eau peut générer une accumulation d'eau dans le mur :

- Si la peinture est en bon état et protège bien de la pluie, un freine-vapeur hygrovariable à l'intérieur permet de laisser sécher le mur. [[Isolin](#)]
- Dans le cas contraire, sabler la peinture et la remplacer par une peinture ouverte à la diffusion de vapeur.

Doc. de référence

Avis technique du freine-vapeur hygrovariable

| MUR D'AVANT 1948 | | ➤ Mur en brique de terre cuite pleine | ➤ Isolation par l'extérieur |
|---|--|---------------------------------------|---|
| Mur avant rénovation | Solutions d'isolation : bonnes pratiques | | Points de vigilance |
| <p>Mur en briques pleines. (μ d'environ 10 à 16, épaisseur 30 à 40cm environ)</p> <p>Intérieur : toute finition Extérieur : nu</p> |  <p>Extérieur</p> <p>Intérieur</p> <p>Enduit</p> <p>Isolant (fibre de bois, laine de roche)</p> <p>Brique pleine</p> <p>Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreuse). Enduit également ouvert à la vapeur (ordre de grandeur $S_d < 2m$)</p> | | <p>Bien choisir des chevilles adaptées à la brique</p> <p>NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.</p> |
| | <p>Variante possible</p> <p>ITE sous bardage, isolants ouverts à la diffusion de vapeur.</p> | | |
| | <p>Doc. de référence</p> <p>DTA /ETE des systèmes d'ITE</p> | | |

| MUR D'AVANT 1948 | ➤ Mur en béton de mâchefer | ➤ Isolation par l'intérieur |
|---|--|---|
| Mur avant rénovation | Solutions d'isolation : bonnes pratiques | Points de vigilance |
| <p>Mur en béton de mâchefer. (épaisseur d'environ 50cm)</p> <p>Intérieur : enduit plâtre Extérieur : enduit chaux</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><i>Extérieur</i></p> <p>Mâchefer →</p> <p>Enduit $S_d \leq 0,5m$ et $A \leq 0,2 \rightarrow$ $kg/m^2.h^{1/2}$</p> </div> <div style="width: 10%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 45%;"> <p><i>Intérieur</i></p> <p>Isolant perméable à la vapeur</p> <p>Appui à faible pont thermique</p> <p>Freine-vapeur hygrovariable</p> <p>Lame d'air</p> <p>Plaque de plâtre sur ossature</p> </div> </div> <p>Doublage sur ossature avec isolant fibreux (laines minérales, fibre de bois, ouate de cellulose, etc.).</p> <p>Freine-vapeur hygrovariable sous avis technique.</p> <p>Enduit à la fois ouvert à la diffusion de vapeur (S_d inférieur à 0,5 m) et imperméable à l'eau liquide (absorption $A \leq 0,2 kg/m^2.h^{1/2}$). Attention tous les enduits à la chaux ne remplissent pas ces critères, voir annexe 3.</p> <p>Variante possible</p> | <p>Proscrire les complexes isolants collés, voir généralités.</p> <p>En présence de plancher bois : assurer l'étanchéité à l'air, rompre le pont thermique (continuité de l'isolant dans le plancher bois), protéger le mur de la pluie et favoriser son séchage.</p> <p>En présence de plancher poutrelle-hourdis, l'étanchéité à l'air semble impossible (il faudrait traiter tous les traversées de réseaux et toutes les trémies) : nous conseillons de ne pas isoler par l'intérieur mais par l'extérieur (classique ou enduit isolant extérieur) dans cette configuration.</p> <p>Voir détail dans les généralités.</p> |
| Doc. de référence | Avis technique du freine-vapeur hygrovariable | |

| MUR D'AVANT 1948 | | ➤ Mur en béton de mâchefer | ➤ Isolation par l'extérieur |
|---|--|----------------------------|--|
| Mur avant rénovation | Solutions d'isolation : bonnes pratiques | | Points de vigilance |
| <p>Mur en béton de mâchefer. (épaisseur d'environ 50cm)</p> <p>Tout parement intérieur et extérieur</p> | | | <p>Bien choisir des chevilles adaptées au mâchefer.</p> <p>Dans tous les cas, l'adhérence et la continuité capillaire entre mur et isolant doivent être assurées. Veiller à ne pas créer de lame d'air.</p> <p>NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.</p> |
| | <p>Variante possible</p> <p>Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreux). Enduit également ouvert à la vapeur (ordre de grandeur $S_d < 2m$)</p> | | |
| | <p>En présence d'un sous-bassement béton, et en l'absence de remontées capillaires, le PSE est une variante possible. ITE sous bardage, sous réserve de la résistance des fixations.</p> | | |
| Doc. de référence | DTA /ETE des systèmes d'ITE | | |

MUR D'AVANT 1948

➤ Mur en pisé

➤ Isolation par l'intérieur

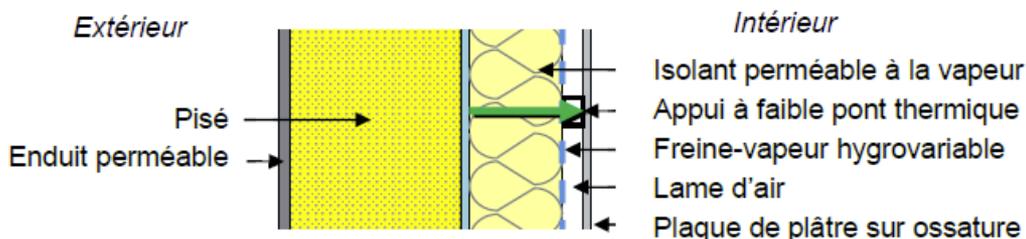
Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Mur en pisé.
(μ d'environ 6 à 12,
épaisseur 30 à 50cm
environ)

Intérieur : enduit plâtre
Extérieur : enduit chaux



Isolant fibreux de préférence capillaire (fibre de bois, ouate de cellulose, etc.). Les laines minérales fonctionnent également, mais présentent une capacité de séchage un peu moins bonne en raison de leur caractère non capillaire.

Freine-vapeur hygrovariable.

NB : l'enduit doit être adapté au pisé. Voir à ce sujet l'[annexe 3](#).

Proscrire les complexes isolants collés, voir [généralités](#).

En présence de plancher bois : Assurer la continuité de l'isolation et du freine-vapeur dans l'épaisseur du plancher et raccord autour des solives. Voir détail dans les [généralités](#).

Une **correction thermique** ($R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ sur 60cm minimum) est vivement recommandée sur les murs de refend afin d'éviter tout risque de condensation voire de dégradation structurelle, notamment dans les pièces humides.

Variante possible

Si enduit ciment extérieur

Enduit ciment extérieur à enlever systématiquement, et remplacer par enduit à la chaux (sinon capacité de séchage insuffisante, et risque de décollement de l'enduit).

Si enduit ciment intérieur, papier peint vinyle ou toile de verre...

Neutraliser tout élément fermé à la diffusion de vapeur d'eau avant isolation (sinon la capacité de séchage du mur peut s'avérer insuffisante).

Doc. de référence

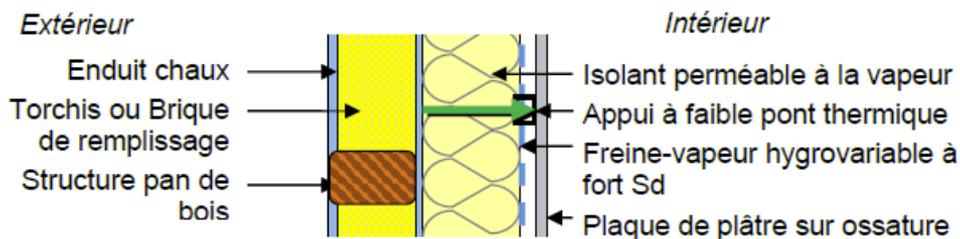
Avis technique du freine-vapeur hygrovariable

| MUR D'AVANT 1948 | | ➤ Mur en pisé | ➤ Isolation par l'extérieur |
|---|---|---------------|---|
| Mur avant rénovation | Solutions d'isolation : bonnes pratiques | | Points de vigilance |
| <p>Mur en pisé. (μ d'environ 6 à 12, épaisseur 30 à 50cm environ)</p> <p>Intérieur : enduit plâtre Extérieur : enduit ciment</p> | <p>The diagram shows a cross-section of a wall from the exterior to the interior. From left to right: a thin blue layer labeled 'Enduit' (plaster), a yellow layer with a wavy pattern labeled 'Isolant perméable à la vapeur' (permeable vapor insulation), a thick yellow textured layer labeled 'Pisé' (masonry), and a thin white layer labeled 'Parement plâtre' (plaster). Arrows point from the labels to their respective layers.</p> | | <p>Enduit ciment fissuré : à décroûter. Sinon il peut être conservé s'il est en bon état.</p> <p>Bien choisir des chevilles adaptées au pisé.</p> <p>Dans tous les cas, l'adhérence et la continuité capillaire entre mur et isolant doivent être assurée. Veiller à ne pas créer de lame d'air.</p> <p>NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.</p> |
| | <p>Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreux). Enduit également ouvert à la vapeur (Sd de l'ordre 0,5m).</p> | | |
| | <p>Variante possible</p> <p>Le PSE reste à éviter pour conserver une capacité de séchage maximale (Lettre LGCB-ENTPE Pisé). Il est même à proscrire en présence d'enduit ciment intérieur ou papier peint vinyle (pour maximiser la capacité de séchage).</p> <p>ITE sous bardage ventilé, sous réserve de la résistance des fixations.</p> | | |
| Doc. de référence | DTA /ETE des systèmes d'ITE, et préconisations du fabricant des fixations (chevilles adaptées...) | | |

Mur avant réno.

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Isolant fibreux, de préférence non hygroscopique (laine minérale) et freine-vapeur hygrovariable à fort Sd.

Il est impératif de protéger le mur de la pluie :

- Rétablir les débords de toiture s'ils ont été supprimés.
- Supprimer les pièges à eau et fissures entre les miroirs et le bois.
- Reprendre l'enduit des miroirs s'il est fissuré. Utiliser un enduit à base de chaux (adapté au support, voir à ce sujet [l'annexe 3](#)).

Soigner tous les détails d'étanchéité à l'air.

Variante possible

Les isolants hygroscopiques, dont la plupart des bio-sourcés, semblent possibles mais moins recommandés sur ce type de mur car ils accumulent un peu plus d'humidité que les laines non hygroscopiques ([effet « éponge »](#)), sans toutefois qu'un risque pathologique apparaisse. Par ailleurs, une laine minérale à faible conductivité permet de réduire l'encombrement, ce qui est particulièrement intéressant pour les maisons à pan de bois de centre-ville.

Le béton cellulaire allégé type Calsitherm, Multipor, STDB, etc., (simulé de façon générique avec $\lambda=0,04$ et $\mu=4,1$) est une piste intéressante car il est très résistant à l'humidité, mais sa mise en œuvre nécessite absolument une continuité capillaire parfaite avec le mur existant, ce qui semble très difficile à mettre en œuvre en pratique (sur un mur non plan et non vertical).

Proscrire les complexes isolants collés, voir [généralités](#).

Dans tous les cas, l'adhérence et la continuité capillaire entre mur et isolant doivent être assurées. Veiller à ne pas créer de lame d'air.

Neutraliser tout élément fermé à la diffusion de vapeur avant isolation : enduit ciment, papier peint vinyle, toile de verre, sinon la capacité de séchage du mur peut s'avérer insuffisante.

En présence de plancher bois : Assurer la continuité de l'isolation et du freine-vapeur dans l'épaisseur du plancher et raccord autour des solives. Voir détail dans les [généralités](#).

Une **correction thermique** ($R = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ sur 60cm minimum) est vivement recommandée sur les murs de refend afin d'éviter tout risque de condensation voire de dégradation structurelle du pan de bois, notamment dans les pièces humides.

Intérieur : enduit plâtre

Extérieur : bois nu / miroir avec enduit chaux

Doc. de référence

Avis technique du freine-vapeur hygrovariable

MUR D'AVANT 1948

➤ Mur à pan de bois

➤ Isolation par l'extérieur

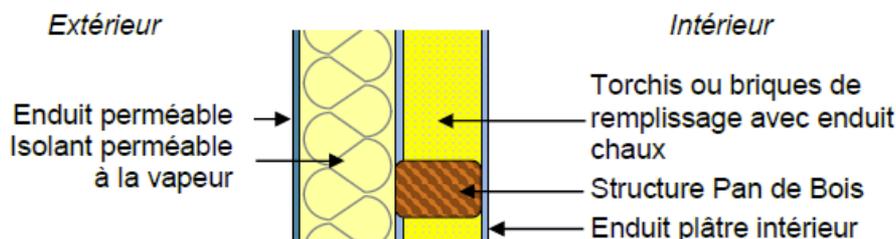
Mur avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Mur à pan de bois.
(épaisseur d'environ 20cm, remplissage torchis μ d'environ 11, ou brique ancienne, μ d'environ 15)

Toute finition intérieure
Extérieur : nu / enduit chaux



Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreux).
Enduit également ouvert à la vapeur (Sd de l'ordre 0,5m).

Afin de maximiser la capacité de séchage, il est préférable le cas échéant de déposer un enduit extérieur existant qui serait non capillaire (ciment) ou fermé à la diffusion de vapeur (enduit « plastique »).

Variante possible

ITE sous bardage, sous réserve de la résistance des fixations.

Adapter le système constructif à la planéité du mur : pour reprendre un mur non plan, une ITE entre ossature bois + fibre de bois pare-pluie support d'enduit semble une solution adaptée.

Dans tous les cas, l'adhérence et la continuité capillaire entre mur et isolant doivent être assurée. Veiller à ne pas créer de lame d'air.

NB : l'étanchéité à l'air du bâtiment n'est pas assurée par l'ITE. Contrôler et reprendre le cas échéant la continuité du parement intérieur.

Doc. de référence

DTA /ETE des systèmes d'ITE

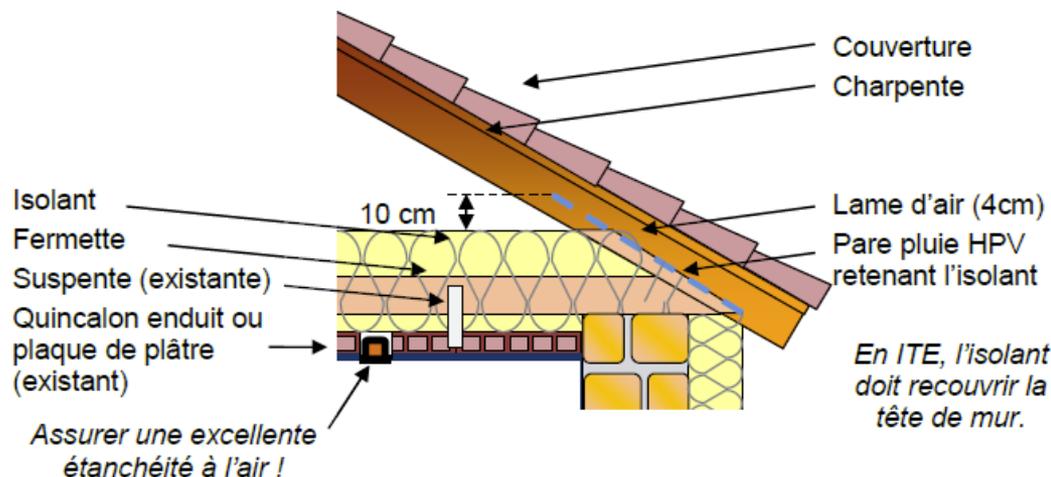
Toitures

Paroi avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Comble perdu en fermettes
Plafond du volume chauffé en plaque de plâtre ou brique creuse (quincalonnage)



Isolation en ouate de cellulose insufflée.

La plaque de plâtre ou quincalonnage suffit à maîtriser la migration de vapeur à condition que le comble soit bien aéré. Si besoin, percer des ouvertures en pignon pour bien aérer le comble. Pour que des courants d'air excessifs ne déplacent pas l'isolant, former une croûte sur la ouate par pulvérisation d'eau.

Variante possible

D'autres isolants en vrac sont possibles également, mais il semble plus difficile d'assurer une bonne aération du comble tout en évitant que l'isolant ne soit poussé par le vent (la ouate peut être croulée). La ouate semble également moins appréciée des rongeurs (leurs galeries s'effondrent).

Si le mur est isolé par l'extérieur, il est important de couper le pont thermique en recouvrant d'isolant la tête de mur. Pour cela, ajouter si besoin un pare-pluie HPV pour assurer la lame d'air de 4 cm sous les tuiles.

De préférence, mettre en œuvre un pare-pluies sur toute la surface du toit pour protéger l'isolant de la condensation en sous-face de tuiles.

Traiter soigneusement l'étanchéité à l'air des passages électriques au plafond.

Attention également aux liaisons cloison de brique creuse – plafond quincalonnage : le plafond n'est pas enduit au droit de la cloison :

Traiter tous les défauts (fissures, boîtiers électriques dans la cloison...)

Doc. de référence

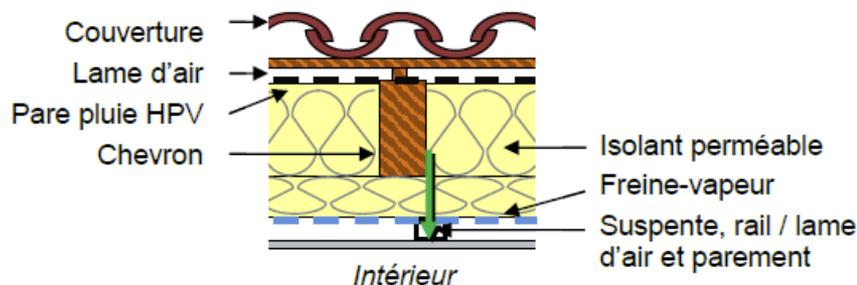
Avis technique de l'isolant mis en œuvre

Paroi avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Avec pare-pluie continu (existant ou mis en œuvre par le dessus en détuilant) :



Isolation entre et sous les chevrons en isolant ouvert à la diffusion de vapeur (laine minérale, fibre de bois, ouate de cellulose,...). Utilisation de suspentes à faible pont thermique. L'isolation en laine de bois améliore à la marge le confort d'été. Cet effet est négligeable en présence de dalles lourdes ou de murs isolés par l'extérieur. En l'absence complète d'inertie du niveau concerné, la laine de bois reste préférable. Mise en œuvre d'un freine-vapeur hygrovariable sous avis technique.

PSE et PU à proscrire en toiture : risque de pathologie sur la charpente existante.

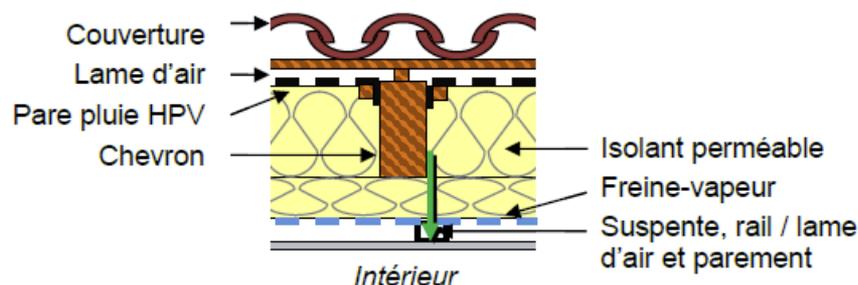
Climat de montagne : vérifier la compatibilité de l'avis technique du freine vapeur (par exemple celui de Isover Vario et celui de Pro Clima Intello incluent explicitement le climat de montagne)

Rampant de comble aménagé.

Cas où on peut isoler sous les chevrons

Variante possible

Cas où il n'y a pas de pare-pluie existant, et que l'on ne détuile pas pour placer un pare-pluie (pour raison économique notamment) :



Pose du pare-pluie HPV par dessous, sur tasseau. Cette mise en œuvre laisse la charpente exposée, et reste donc déconseillée pour les climats de montagne : dans ce cas privilégier un pare-pluie continu, voire un sarking.

En cas de charpente traditionnelle apparente, soigner l'étanchéité à l'air entre freine-vapeur et éléments de charpente.

Réaliser une lame d'air entre le freine-vapeur et le parement notamment pour faire passer l'électricité ou la ventilation sans endommager l'étanchéité à l'air.

Doc. de référence

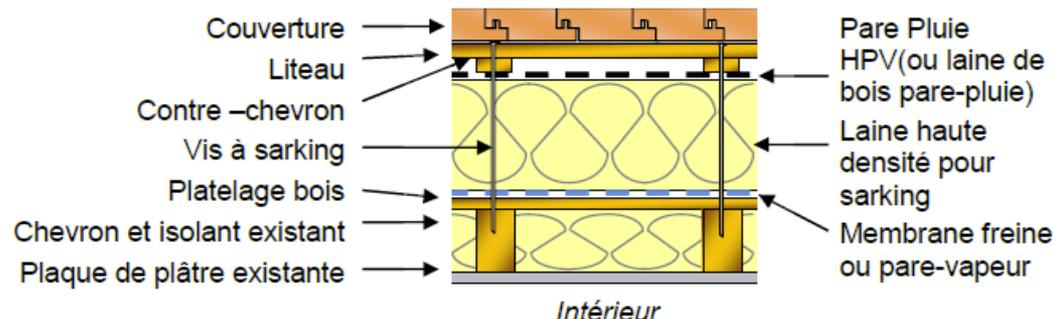
ATEC des freine-vapeurs hygrovariables

➤ Cas du climat de plaine

Paroi avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance



Intérieur

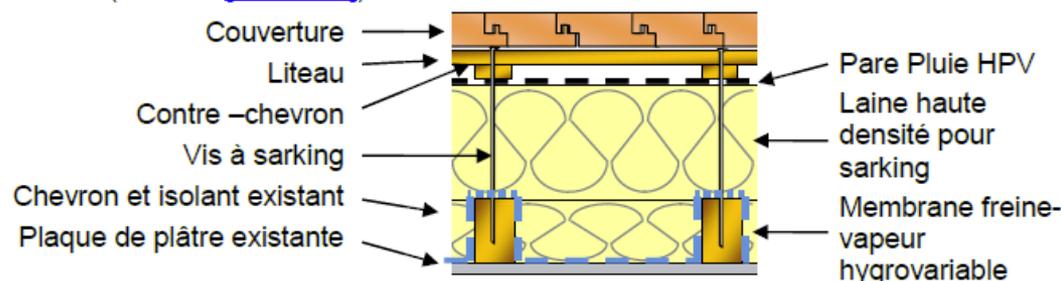
Choix de l'isolant et de la membrane selon préconisation du fabricant de l'isolant spécifique pour le sarking.

La prise en compte de l'isolant existant entre chevrons n'est pas explicitement abordée dans les documents techniques de tous les fabricants. Sur la base de [\[ProClima\]](#) et doc technique U THERM, on peut ajouter le double de la résistance existante (règle des 1/3 – 2/3) en climat de plaine.

Généralement, la membrane doit être un pare-vapeur de $S_d \geq 18m$ en plaine.

Variante possible

Pose « en boucle » de la membrane dans le cas du remplacement de l'isolant existant (source : [\[ProClima\]](#)) :



Intérieur

Quelle que soit la position du freine-vapeur, étanchéité à l'air à soigner !

Un isolant ouvert à la diffusion de vapeur (laine de roche, de bois ou de verre) semble préférable à un isolant nettement plus fermé comme le polyuréthane ou le polystyrène extrudé (voir [généralités](#)), en tout cas en climat de plaine.

NB : le sarking est souvent techniquement plus efficace, mais pour des raisons de coût et dans certains cas pour respecter les règles d'urbanisme et patrimoniales, on privilégiera l'isolation sous chevrons chaque fois que cela est possible.

Rampant de comble aménagé.

Cas où on ne peut pas isoler sous les chevrons : sarking

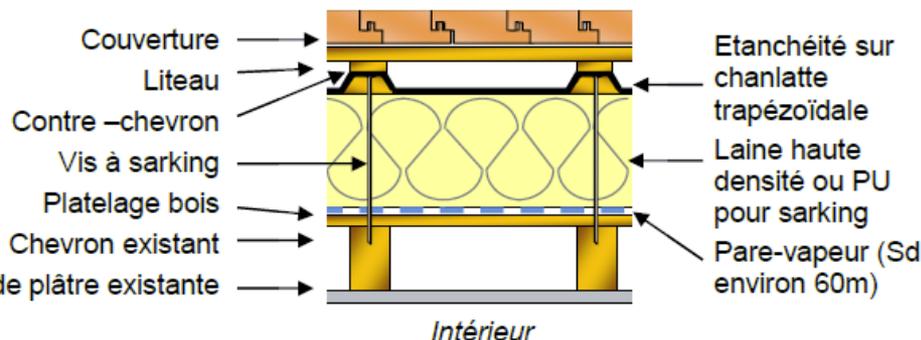
➤ Cas du climat de montagne

Paroi avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Choix de l'isolant et de la membrane selon préconisation du fabricant de l'isolant spécifique pour le sarking, en climat de montagne.



Quelle que soit la position du freine-vapeur, étanchéité à l'air à soigner !

Rampant de comble aménagé.

Cas où on ne peut pas isoler sous les chevrons : sarking

Attention en climat de montagne (altitude > 900m), certains fabricants préconisent une étanchéité sur chantelatte trapézoïdale plutôt qu'un simple pare-pluie.

Les isolants non putrescibles comme le polyuréthane ou le polystyrène sont alors intéressants car imputrescibles (voir Avis techniques).

Par ailleurs, ces Avis Techniques préconisent généralement un pare-vapeur d'un Sd d'environ 60m en climat de montagne.

Variante possible

Le cas d'un isolant existant entre chevrons n'est pas explicitement abordé dans les Avis techniques pour le climat de montagne. L'application de la règle des 1/4 – 3/4 semble a priori possible, mais nous recommandons d'en demander systématiquement la validation écrite du fournisseur.

NB : le sarking est souvent techniquement plus efficace, mais pour des raisons de coût et dans certains cas pour respecter les règles d'urbanisme et patrimoniales, on privilégiera l'isolation sous chevrons chaque fois que cela est possible.

Doc. de référence

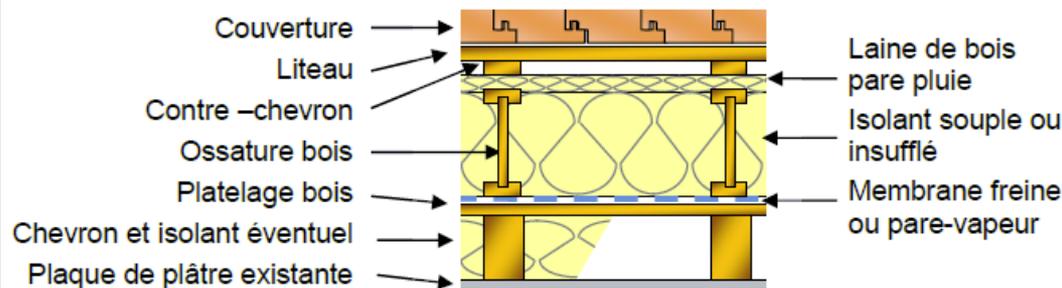
DTA par exemple Rockciel de Rockwool / Documentation technique des fabricants, par exemple : Isonat Fiberwood Multisol et Duoprotect, Isover Luro, et Unilin Utherm

Paroi avant rénovation

Solutions d'isolation : bonnes pratiques

Points de vigilance

Cas du climat de plaine :



Intérieur

Choix de l'isolant et de la membrane selon préconisation du fabricant de l'isolant pare-pluie.

D'un point de vue économique, les isolants insufflés comme la ouate de cellulose sont actuellement les plus compétitifs sur ce procédé.

La prise en compte de l'isolant existant entre chevrons n'est pas explicitement abordée dans les documents techniques des fabricants. Sur la base de [ProClima] on peut raisonnablement penser que si l'on ajoute le double de la résistance existante (règle des 1/3 – 2/3) il n'y a pas de problème en climat de plaine.

Généralement, la membrane doit être un pare-vapeur de $S_d \geq 18m$ en plaine, mais sur la base de [ProClima] il semble qu'un freine-vapeur hygrovariable soit également possible.

Variante possible

Quelle que soit la position du freine-vapeur, étanchéité à l'air à soigner !

Attention, vérifier la compatibilité de l'isolant pare-pluie avec le **climat de montagne** (altitude > 900m) : cas non explicitement abordé à notre connaissance dans les documentations techniques.

Prévoir un pare-vapeur selon préconisation du fabricant. Le cas échéant, faire valider par le fabricant la validité en présence d'un isolant existant entre chevrons (règle des 1/4 - 3/4 a priori).

NB : le sarking est souvent techniquement plus efficace, mais pour des raisons de coût et dans certains cas pour respecter les règles d'urbanisme et patrimoniales, on privilégiera l'isolation sous chevrons chaque fois que cela est possible.

Doc. de référence

Documentation technique des fabricants, par exemple : Isonat Fiberwood Multisol et Duoprotect, Homatherm UD-Q11 Protect, Pavatex Pavatherm-Plus... / CPT 3560 v2

Des questions ?

Contact :

➤ etienne.gourlay@cerema.fr