

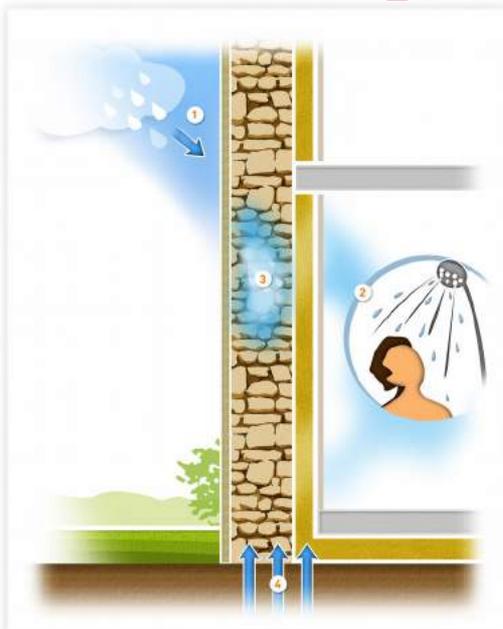


Mise à jour 03 août 2015 (LS)
Fiche réalisée par HESPUL

Les matériaux de construction ont des comportements qui varient face à l'humidité. Lorsqu'on entreprend des travaux d'isolation, il est nécessaire de prendre en compte l'humidité de la paroi afin que cette isolation soit durable. Ce dossier a pour vocation de présenter des principes et de les illustrer par des exemples. Pour étudier des configurations singulières et adaptées, il est recommandé d'avoir recours à un professionnel ou de contacter votre Espace Info-Énergie.

➤ D'où vient l'humidité

1/8



Les parois d'un bâtiment peuvent être traversées par de l'eau sous forme liquide ou sous forme vapeur. Les origines de cette présence d'humidité sont diverses:

1. Les intempéries surtout si le revêtement extérieur est détérioré
2. La vapeur d'eau émise par le corps ou l'activité humaine qui cherche à sortir vers l'extérieur
3. L'eau contenue dans les matériaux de construction
4. Les remontées capillaires provenant du sol particulièrement en présence de plancher sur terre plein

La vapeur d'eau dans une paroi n'est pas un problème si elle peut s'évacuer sans condenser. **Les dégradations sont toujours liées à l'eau liquide** et quand les matériaux n'arrivent plus à évacuer l'excédant d'humidité, on parle alors de surcharge d'humidité.

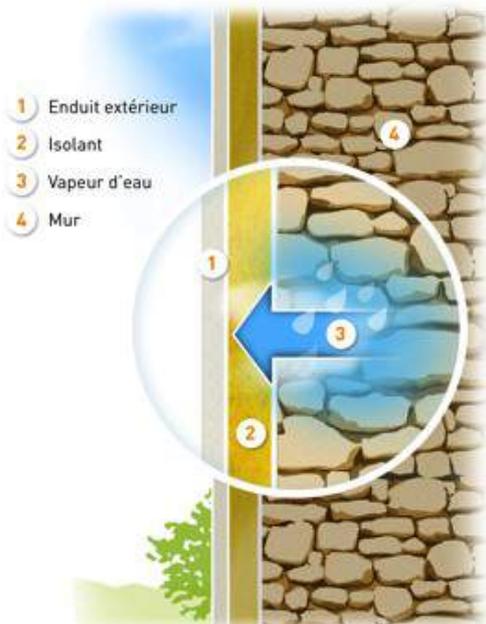
➤ Les causes de surcharge d'humidité



Certains facteurs créent des **surcharges** d'humidité dans les parois. Ces sources peuvent provenir de l'environnement ou de l'utilisation de matériaux qui empêche la circulation de l'humidité ou la concentre en un point. En voici quelques exemples :

1. Sol asphalté
2. Enduit imperméable à la vapeur d'eau empêchant la vapeur de sortir ou enduit détérioré favorisant les infiltrations d'eau de pluie
3. Présence d'un pare vapeur fermé à la diffusion de vapeur d'eau, par exemple un film polyane sous la dalle de plancher bas ou devant l'isolant des murs.
4. Absence de ventilation
5. Les ponts thermiques (en créant des zones froides) et/ ou une mauvaise étanchéité à l'air (qui peut concentrer l'humidité en un point) peuvent entraîner la formation de condensation
6. Des remontées capillaires très importantes. Ce phénomène peut être aggravé par l'absence de drain autour de la maison, en présence de sol humide, de sources. Il est souvent particulièrement visible dans les niveaux enterrés ou semi enterré.

Repères sur les caractéristiques hygrométriques des matériaux



L'humidité dans les parois peut être captée, stockée, transférée ou restituée sous forme de vapeur d'eau ou d'eau liquide. On dit d'une paroi qui laisse passer la vapeur d'eau qu'elle est perméable à la vapeur d'eau, une paroi qui permet la migration de l'eau liquide est dite capillaire.

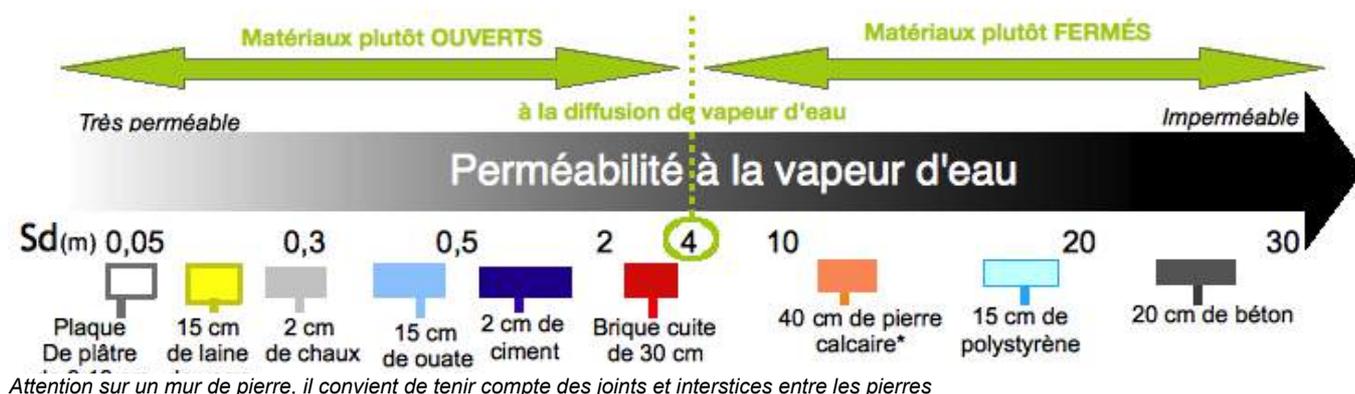
La notion de perméabilité à la vapeur d'eau

On exprime la perméabilité d'un matériau par le coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau \int ou le coefficient S_d avec
 S_d (mètres) = $\int \times \text{épaisseur(m)}$

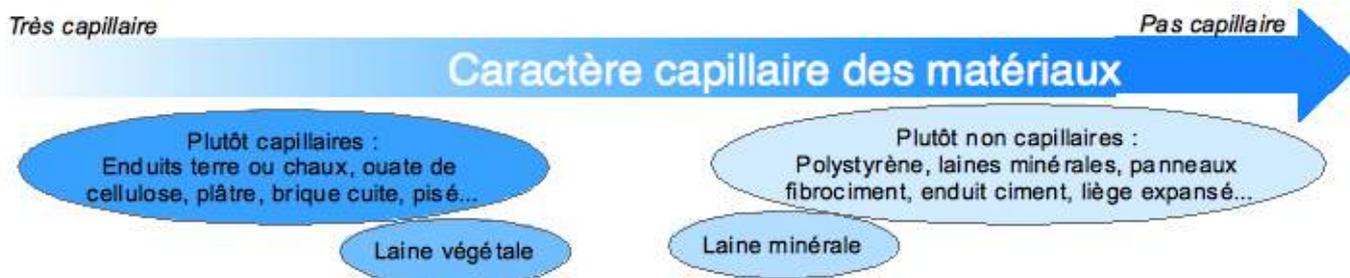
Plus \int ou S_d sont faibles, plus le matériau est perméable à la vapeur autrement dit, il laisse davantage passer la vapeur d'eau.

Les matériaux dont le S_d est inférieur à 4 m ont une bonne perméabilité à la vapeur d'eau, on dit qu'ils sont **ouverts à la diffusion de vapeur d'eau**.

Quelques exemples de valeurs de S_d



La notion de capillarité



Il s'agit de la capacité d'un matériau à contenir, transporter et redistribuer de l'eau à l'état liquide (et non vapeur). Contrairement au S_d , les données techniques permettant de vérifier ces caractéristiques sont peu ou pas disponibles auprès des fabricants ou distributeurs de matériaux.

Les matériaux capillaires seront très utiles en cas de présence d'humidité car ils aident à faire migrer l'eau. Lorsque plusieurs matériaux capillaires sont liés et permettent à l'eau liquide de poursuivre sa migration on parle de continuité capillaire. C'est le cas d'un enduit à la chaux ou de la ouate projeté contre un mur en pierre.

➤ Les problèmes d'humidité et la mise en place d'un isolant

S'ils supportent sans dommage la présence d'air chargé de vapeur d'eau, beaucoup de matériaux de construction voient leurs performances ou leur durabilité dégradées en cas de présence trop importante et/ou trop longue d'eau liquide. C'est le cas des isolants et de certaines structures qui leur sont associées.

Les dégradations possibles :

La présence d'eau dans les isolants peut :

- diminuer leur pouvoir isolant
- les déstructurer de façon irréversible en cas de dégât des eaux (exemple des laines minérales peu denses)
- engendrer des moisissures si l'humidité persiste et impacter la qualité de l'air intérieur

Dans tous les cas, si vous êtes en rénovation, il convient d' **évaluer l'état de l'existant** et le risque que le mur connaisse des problèmes d'humidité par la suite. On rencontre alors les 2 cas suivants :

▲ Si le mur connaît des problèmes d'humidité

Il est alors nécessaire de **résoudre préalablement le problème d'humidité du mur avant de procéder à des travaux d'isolation** : amélioration du renouvellement d'air à l'aide d'une ventilation mécanique, mise en place d'un drain, réalisation de l'étanchéité des arases et trottoirs ou toiture, traitement électromagnétique...

Puis, pour isoler durablement il conviendra de respecter les conditions suivantes :

- **gérer la vapeur d'eau** en utilisant des matériaux ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau
- pour les parois en présence d'eau liquide (ex : murs soumis à remontées capillaires, toiture en absence de pare pluie avec isolation sous rampants) maintenir **une continuité capillaire**.
- **utiliser un enduit extérieur capillaire** car c'est là que se situera le point de rosé (point de condensation de la vapeur d'eau).

▲ Si le mur ne connaît pas de problèmes d'humidité, ou dans un bâtiment neuf

Il convient de choisir une solution d'isolation qui ne risque pas de créer des problèmes d'humidité dans les parois après travaux (voir les exemples ci-après)

Les règles d'or pour limiter les risques d'humidité dans les parois

- **Diagnostiquer** pour détecter les éventuelles sources de surcharge d'humidité
- Traiter tout problème d'humidité visible ou supposé **avant de procéder à l'ajout de matériaux**
- Toujours installer un système de **ventilation** respectant les débits hygiéniques réglementaires
- Favoriser l'utilisation de **matériaux perméables à la vapeur d'eau**
- Pour les parois humides ou comportant un risque avéré, veiller à **la continuité capillaire et donc l'usage de matériaux capillaires** (indispensable pour des parements extérieurs où le risque de condensation est élevé)

➤ Exemples de solutions à mettre en œuvre pour isoler

Loin d'être exhaustifs, les différents cas exposés ont pour objectif de décrire quelques exemples représentatifs au regard de la performance thermique et de la gestion de l'humidité.



Moisissures au plafond



Isolant dégradé par l'humidité

▲ L'isolation par l'extérieur

L'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) ne présente généralement pas de risque de condensation de la vapeur d'eau, particulièrement en cas d'utilisation d'un matériau perméable à la vapeur d'eau (ouvert à la diffusion) et d'un enduit capillaire. L'isolation par l'extérieur permet, en plus d'éviter les problèmes de condensation lié au transfert de vapeur d'eau, de couper les ponts thermiques par exemple celui d'une dalle intermédiaire sur une maison à deux étages.

Rénovation d'un mur existant en béton

Dans le cas d'un mur en béton, l'ajout d'un isolant imperméable à la vapeur n'aura aucune incidence, car le béton est déjà un pare vapeur très puissant.

- 1 Enduit extérieur chaux capillaire ($u=0,5$) $S_d=0,15$
- 2 Isolant en polystyrène (15cm) $R=4$ et $S_d=15$
- 3 Mur en béton imperméable à la vapeur $S_d=20m$



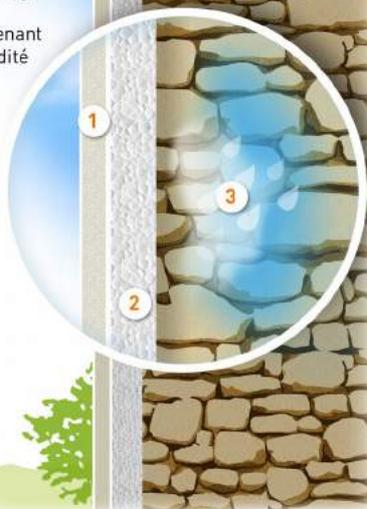
Technique d'isolation	Isolation par l'extérieur avec Polystyrène – voir schéma	Isolation par l'extérieur avec un matériaux d'origine végétale
Efficacité énergétique	BBC Atteint	BBC Atteint
Perméabilité vapeur	Non perméable	Perméabilité respectée
Circulation eau liquide	Impossible dans l'isolant ni dans le mur d'origine	Possible dans l'isolant mais pas dans le mur d'origine
Risque de formation d'humidité	Risque faible	Risque très faible

4/8

Rénovation d'un mur ancien

Dans le cas d'un mur ancien avec présence potentielle d'humidité, le risque est beaucoup plus élevé, car il est probable qu'il y ait (tôt ou tard) une présence d'humidité dans le mur dû par exemple à des remontées capillaires.

- 1 Enduit extérieur chaux capillaire ($u=0,5$) $S_d=0,15$
- 2 Isolant en polystyrène (15cm) $R=4$ et $S_d=15$
- 3 Mur contenant de l'humidité $S_d=10$ à $15m$



Techniques d'isolation	Isolation par l'extérieur avec Polystyrène – voir schéma	Isolation par l'extérieur avec un matériaux d'origine végétale
Energie	BBC Atteint	BBC Atteint
Perméabilité vapeur	Le polystyrène empêche la circulation de vapeur d'eau	Perméabilité respectée la vapeur d'eau peut circuler
Circulation eau liquide	Le polystyrène empêche la circulation d'eau liquide	Possible dans l'isolant et dans le mur d'origine
Risque de formation d'humidité	Risque élevé, à très élevé. Le risque de formation de condensation entre la pierre et l'isolant due à des transferts de vapeur d'eau est faible, car le mur en pierre est du « côté chaud ». En revanche, en cas de remontée capillaire dans le mur, le risque est très important.	Risque très faible. Le risque de formation de condensation entre la pierre et l'isolant du à des transferts de vapeur d'eau ou à des remontées capillaires est très faible. Il est primordial de veiller à ne pas ajouter de finition qui soit non capillaire et non perméable à la vapeur d'eau.

Si, à l'intérieur, il existe déjà un isolant et/ou d'une contre cloison en brique, le fait d'ajouter un isolant extérieur n'augmentera pas le risque de formation d'humidité.

Dans tous les cas, utiliser des matériaux perméables à la vapeur d'eau limitera donc le risque ; et utiliser des matériaux plutôt capillaires sur des murs anciens peut s'avérer nécessaire.

▲ L'isolation par l'intérieur

En revanche, pour une Isolation thermique par l'Intérieur (ITI), le risque est plus important, aussi certains principes doivent être respectés afin d'éviter la formation d'humidité dans l'isolant. La vapeur d'eau transite le plus souvent de l'intérieur vers l'extérieur, aussi il est recommandé d'employer des matériaux de plus en plus ouvert à la diffusion de vapeur d'eau en allant vers l'extérieur de la paroi.

On considère que respecter, autant que possible, la loi du « 5 pour 1 » limite les risques de blocage de la vapeur d'eau : **Sd intérieur 5 fois supérieur à Sd extérieur**

Qu'est-ce qu'un pare vapeur ?

Un pare vapeur est une membrane à base de polyamide qui permet de bloquer ou limiter le passage de la vapeur d'eau. On l'utilise dans le cas d'une isolation par l'intérieur entre l'isolant et les plaques de plâtre coté chaud, à l'intérieur de la maison.

Il existe plusieurs sortes de pare vapeur :

- à **Sd fixe** > 4m : le film laissera peu passer la vapeur d'eau
- à **Sd fixe** < 4m : il laissera passer une partie de la vapeur (on parle parfois de freine vapeur ou frein-vapeur)
- à **Sd variable en fonction de l'hygrométrie** . Il s'agit de membranes qui laisseront plus ou moins passer la vapeur d'eau en fonction du taux d'humidité avec Sd allant de 10m (très fermé) à 0,25m (très ouvert). On parle de pare vapeur hygro-régulant ou à diffusion variable. Ce type de membrane permettra une circulation de la vapeur d'eau en sens inverse. C'est ce qui pourra se produire l'été lorsque la vapeur migre préférentiellement de l'extérieur vers l'intérieur. Ce pare vapeur à ce moment s'ouvrira et aura un Sd proche de 0,25m soit une bonne diffusion à la vapeur d'eau.

Rénovation d'un mur en pierres, briques, pisé (paros capillaires)

Dans le cadre d'une rénovation de murs en matériaux capillaires comme la pierre, la brique, le pisé, on veillera à utiliser des isolants qui respectent une continuité capillaire.

Isolation par l'intérieur avec un enduit à la chaux

Isolation par l'intérieur avec enduit isolant – voir schéma ci-contre

Efficacité énergétique	niveau BBC non atteint
Perméabilité vapeur	très bien
circulation eau liquide	très bien
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	faible

Dans ce cas, le **pare vapeur** n'est pas nécessaire. **La continuité capillaire** est respectée, ainsi **la vapeur d'eau et l'eau liquide peuvent transférer** librement dans le mur de l'intérieur vers l'extérieur et, en sens inverse comme cela arrive en été. **La loi du « 5 pour 1 » est respectée.**

Par contre la résistance thermique R est trop faible pour atteindre un bon niveau de performance thermique. Il conviendra de « compenser » sur d'autres postes (isolation toiture, menuiserie, ventilation, etc.) De plus cette solution rendra difficile la circulation de réseaux (électrique, plomberie) qui devront passer derrière l'enduit ou en réseaux apparents.

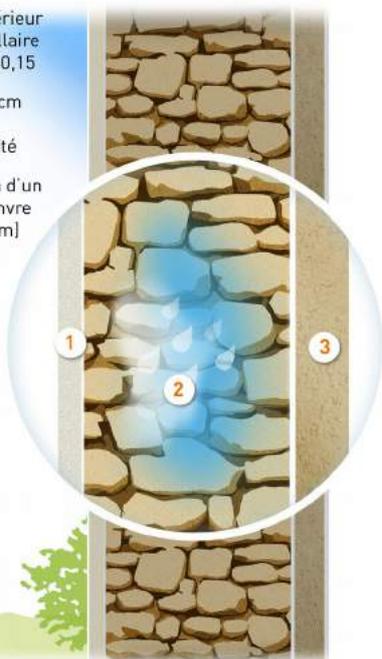
Isolation par projection de ouate de cellulose humide

Dans ce cas, il n'est pas non plus nécessaire d'utiliser un pare vapeur. La loi du « 5 pour 1 » n'est pas tout à fait respectée mais les matériaux utilisés sont perméables à la vapeur d'eau et sont capillaires. La continuité capillaire garantie la migration de l'eau liquide vers l'extérieur. Par ailleurs, cette solution facilite la circulation de réseaux (électrique, plomberie) derrière le doublage.

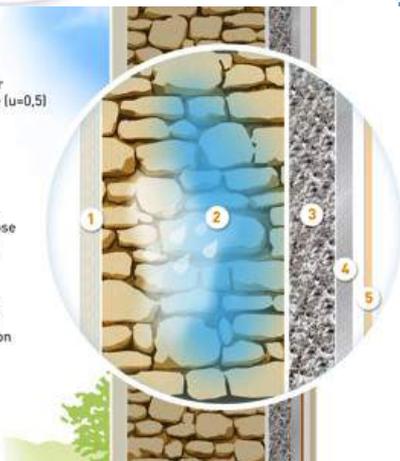
1 Enduit extérieur chaux capillaire (u=0,5) Sd=0,15

2 Mur de 50 cm contenant de l'humidité

3 Application d'un enduit chanvre chaux (10cm) R=1,5 Sd=1



- 1 Enduit extérieur chaux capillaire ($u=0,5$)
 $Sd=0,15$
- 2 Mur de 50 cm contenant de l'humidité
- 3 Projection de ouate de cellulose humide (12 cm)
 $R=3,5$
 $Sd=0,5$
- 4 Ossature métal
- 5 Plaque de finition



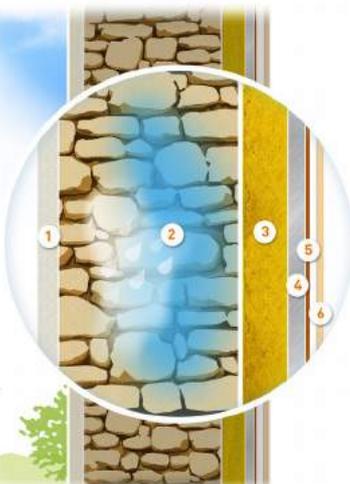
Projection de ouate de cellulose humide par l'intérieur – voir schéma

Efficacité énergétique	Niveau juste BBC
Perméabilité vapeur	très bien
circulation eau liquide	très bien
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	Faible : la ouate humide, ne se dégrade pas avec l'humidité

Attention : Il existe plusieurs DTU (Document Technique Unifié) qui recommandent la pose d'un pare vapeur même dans ce type de condition. Les DTU sont des normes d'exécution des travaux. Ils peuvent ne pas être suivi à la lettre, mais pour cela il est recommandé que le chantier soit supervisé par un professionnel qui engage sa responsabilité (assurances) sur les écarts à la norme. En cas de doute, privilégier la pose d'un pare vapeur dont la résistance à la diffusion de vapeur est variable.

Isolation par l'intérieur en laine minérale ou végétale

- 1 Enduit extérieur chaux capillaire ($u=0,5$)
 $Sd=0,15$
- 2 Mur de 50 cm contenant de l'humidité
- 3 Application d'un isolant en laine minérale (ou végétale) (12 à 15cm)
 $R=3,8$
 $Sd=0,2$
- 4 Ossature métal
- 5 Application d'un pare vapeur à diffusion de la vapeur d'eau variable : $Sd=0,25$ à $10m$
- 6 Plaque de finition



Pose d'un isolant type laine minérale ou végétale – voir schéma

Efficacité énergétique	Niveau BBC
Perméabilité vapeur	bien
circulation eau liquide	Moyen à mauvais
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	Assez faible du fait de la présence du pare vapeur

Les isolants laineux minéraux doivent être protégés de la présence d'eau liquide ou de condensation, car **cela peut dégrader leurs performances thermiques**. A cause des difficultés techniques à connaître le caractère capillaire la plupart des règles professionnelles impose l'utilisation de pare vapeur quelque soit le type de laine minéral ou végétale.

Dans le schéma ci-contre, le pare vapeur utilisé possède une perméabilité à la vapeur d'eau variable. Très fermé l'hiver ce type de pare vapeur empêche que l'isolant ne se charge d'humidité qui pourrait migrer depuis l'intérieur du bâtiment. La loi du « 5 pour 1 » est respectée, la vapeur d'eau peut donc s'évacuer vers l'extérieur. Par ailleurs en été, la vapeur d'eau venant de l'extérieur ou par remonté capillaire peut migrer et s'échapper à l'intérieur de l'habitation.

Ce procédé d'isolation facilite la circulation de réseaux (électrique, plomberie) derrière le doublage.

Cas d'un bâtiment neuf isolé par l'intérieur

Même si le risque est plus faible en présence d'un mur non capillaire et fermé à la diffusion de vapeur d'eau, comme le béton, l'application d'un pare vapeur **à diffusion variable** est vivement recommandé, car il est probable qu'il n'y ait pas continuité parfaite du pare vapeur (voir fiche « réussir son étanchéité ») et donc formation d'humidité entre le doublage et l'isolant. Il faut alors que la vapeur puisse « s'échapper. »

Isolation d'une toiture ou d'un bâtiment à l'ossature bois

Dans le cas de **l'ossature bois ou d'une toiture** il est conseillé que les matériaux séparant l'isolant de l'air extérieur soit le plus ouvert à la vapeur d'eau possible. **On recherchera un Sd extérieur < 0,3m.**

En cumulant les valeurs de Sd du contreventement et du pare pluie, on respecte cette règle. L'utilisation d'un pare vapeur à la diffusion variable satisfait la loi du « 5 pour 1 »

Isolation d'un bâtiment à ossature bois

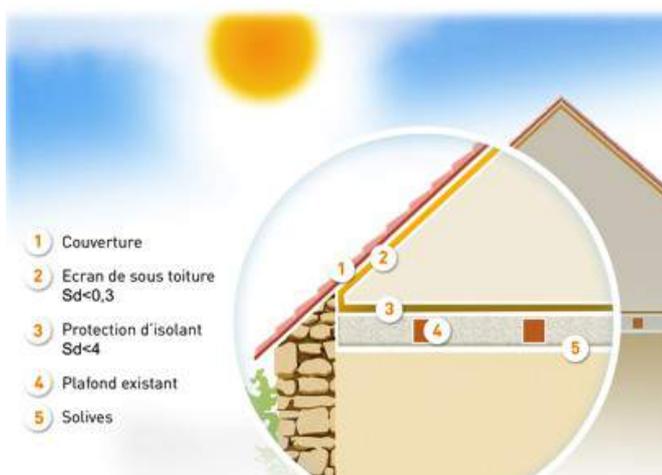
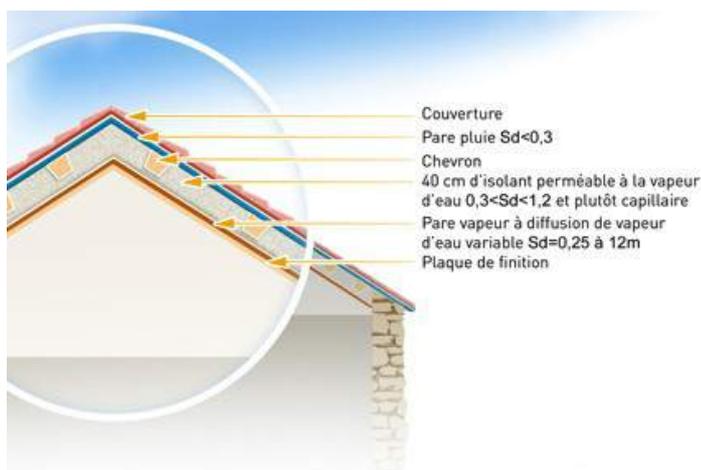


Mur ossature bois isolé avec de la laine végétale – voir schéma	
Efficacité énergétique	La quantité d'isolant va varier en fonction de la taille de l'ossature. Donc le niveau passif peut être atteint assez facilement. Exemple 50 cm de paille
Perméabilité vapeur	bien
circulation eau liquide	Ne doit pas arriver en ossature bois
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	Risque faible au vue des valeurs respectées

Ce système est le plus performant en termes d'énergie grise, car il n'utilise que des matériaux à stockage de carbone. (voir fiche « isolation et choix des matériaux »)

Isolation d'une toiture sous rampant ou déposé sur plancher haut

Voici deux exemples d'isolation de toitures à niveaux de performances énergétiques équivalents: l'un sous rampants et l'autre déposé sur plancher haut.



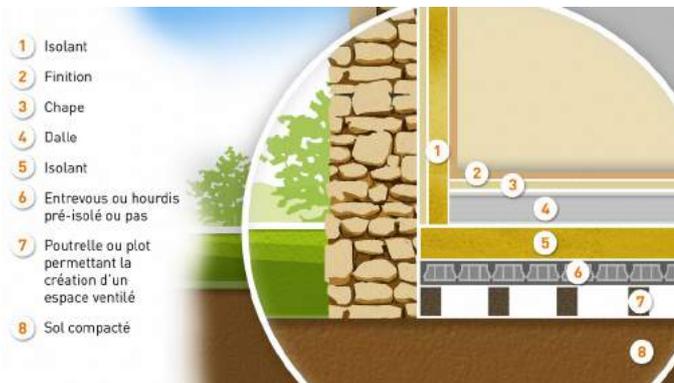
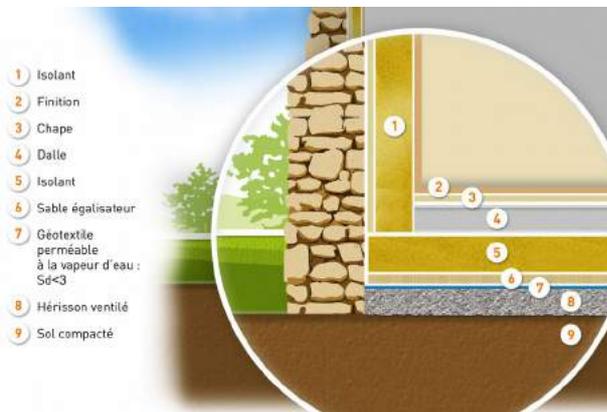
Isolant de toiture	Sous pentes	Déposé sur plancher haut
Efficacité énergétique	Niveau BBC atteint	Niveau BBC atteint
Perméabilité vapeur	Très bien	Très bien
circulation eau liquide	Risque important en absence de pare pluie et en cas d'utilisation de matériaux peu capillaire	Risque important en absence de pare pluie et en cas d'utilisation de matériaux peu capillaire
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	faible	faible

La mise en place d'un pare vapeur à résistance variable côté chaud n'est pas indispensable mais est préférable s'il est possible de l'installer de manière continu. Par contre il est toujours conseillé de protéger l'isolant côté extérieur par une protection perméable à la vapeur d'eau, comme un écran de sous toiture sous charpente ou pare-pluie ($S_d < 3$) ou un caisson de bois ($S_d \pm 4m$). Attention, en rénovation l'écran de sous toiture est parfois inexistant. En isolation sous rampants il est alors recommandé d'utiliser des matériaux plutôt capillaire, car l'isolant risque fortement d'être en contact avec de l'humidité provenant de l'extérieur.

Isolation d'un plancher bas sur terre plein

La question du transfert d'humidité sur des planchers sur terre plein est importante. En effet, même en cas de sol très sec, l'humidité ne pouvant s'évaporer lentement sur toute la surface du plancher du fait de la réalisation de la dalle imperméable à la vapeur d'eau, elle va se concentrer dans les murs périphériques et augmenter les remontées capillaires. Les murs seront alors surchargés d'humidité.

Deux solutions sont envisageables pour limiter ce phénomène : Une dalle liée perméable à la vapeur d'eau ou la création d'un espace ventilé qui peut éventuellement permettre de gagner un peu de place.



Isolant de toiture	Continuité capillaire	Déposé sur plancher haut
Energie	Niveau BBC atteint	Niveau BBC atteint
Perméabilité vapeur	Très bien	Bien, géré au niveau de l'espace ventilé
circulation eau liquide	Très bien	Bien
Risque relatif au transfert de vapeur d'eau	Le risque est faible, l'ajout de ce type de matériaux liés, change peu l'équilibre initial	Le risque est faible, l'espace tampon permet l'évacuation de l'eau liquide sans augmenté les remontées capillaires

➔ Pour aller plus loin

- **Ecouter** la conférence "La gestion de l'humidité en rénovation – Les 5à7 de l'éco-construction@: www.ecoconstruction-rhone.fr/?event=la-gestion-de-lhumidite-en-renovation-les-5a7-de-lecoconstruction

- **Références :**

Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey. *L'isolation thermique écologique, chez terre vivante*

Dossier VAD: *Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois* Programme ATHEBA, HYGROBA et BATAN du CETE de l'Est, Laboratoire Régional de Strasbourg

Guide ABC Amélioration thermique des bâtiments collectifs de 1850 à 1974, chez Edipa

- **Se former:**

Insitut Négawatt La rénovation à très basse consommation. www.institut-negawatt.com

Association Arcanne, Formation de Samuel Courgey -

Oikos, <http://www.oikos-ecoconstruction.com>, 04 78 94 09 65

REBBAC www.ademe.fr/formation

L'Espace Info-Energie rappelle que le choix, la mise en œuvre des solutions découlant des informations ou conseils présentés par un Conseiller Info-Energie relève de la seule responsabilité du public. La responsabilité de l'EIE ne pourra en aucun cas être recherchée. Les techniques mises en œuvre doivent être validées par des professionnels

Une première approche statique peut être effectuée grâce à la méthode « glaser ». Un calcul précis et dynamique peut être effectué à l'aide du logiciel WUFI, maîtrisé par certains bureaux d'études.