

Les spécificités des murs anciens

Les murs anciens possèdent des propriétés hygroscopiques : de l'humidité sous forme de vapeur et sous forme liquide transite naturellement par ces murs. On parle ici de capacités de capillarité et de perméance à la vapeur d'eau :



Capillarité : la capillarité définit la capacité d'un matériau à transporter de l'eau sous forme liquide.

Le phénomène de capillarité peut être visualisé par exemple par le café qui remonte dans le carré de sucre lorsqu'on le trempe dans la tasse. Les murs anciens sont sujet à ce phénomène de capillarité, d'autant plus qu'ils sont en contact direct avec le sol, sans barrière de remontées capillaires. L'eau pénètre donc naturellement et remonte dans le mur par effet de capillarité (la terre contenue entre les pierres absorbe l'eau dans le sol et celle-ci remonte dans le mur). Ces remontées capillaires constituent un phénomène naturel qui à l'origine ne présente pas un problème si l'humidité qui remonte peut ensuite s'évacuer vers l'extérieur du mur. Autrefois, les enduits terre et chaux mis en œuvre étaient capillaires et ouverts à la diffusion de l'eau (sous forme liquide et sous forme de vapeur), ils permettaient donc à l'eau présente dans le mur de s'évacuer, les murs étaient en équilibre. Mais depuis l'après-guerre, la généralisation de l'utilisation d'enduit ciment (non capillaire) a empêché le transit d'humidité par capillarité, l'eau remonte alors dans le mur et ne peut plus en sortir en traversant l'enduit.

Lorsque l'on travaille sur ce type de mur, il convient de tenir compte de ce fonctionnement afin de :

- Rendre au mur ses capacités d'évacuation de l'humidité provenant des remontées capillaires.
- Choisir des matériaux d'isolation également capillaires afin de respecter le fonctionnement hygrométrique du mur.

Perspiration : la perspiration définit la capacité d'un matériau à transporter de l'eau sous forme de vapeur d'eau. Cette vapeur est créée continuellement à l'intérieur de la maison par la respiration, les activités dans les pièces humides (cuisine, salle de bains)... En hiver, le différentiel de température entre l'intérieur, plus chaud, et l'extérieur, plus froid, crée une différence de pression qui pousse la vapeur d'eau vers l'extérieur.

Plus un matériau est ouvert au passage de vapeur d'eau, plus il est perspirant.

Lorsque l'on travaille sur un mur perspirant (un mur ancien par exemple), il convient de tenir compte de ce transfert d'humidité naturel et de choisir des matériaux d'isolation également perspirants afin de respecter le fonctionnement hygrométrique naturel du mur.

Les propriétés de perspiration des matériaux (notamment les matériaux d'isolation et les membranes d'étanchéité à l'air) sont définies par deux valeurs :

Coefficient de résistance à la vapeur d'eau μ (sans unité) : capacité du matériau à laisser se diffuser la vapeur d'eau. Le μ définit un matériau sans prendre en compte son épaisseur. Plus μ est faible, plus le matériau est perspirant.

Par exemples :

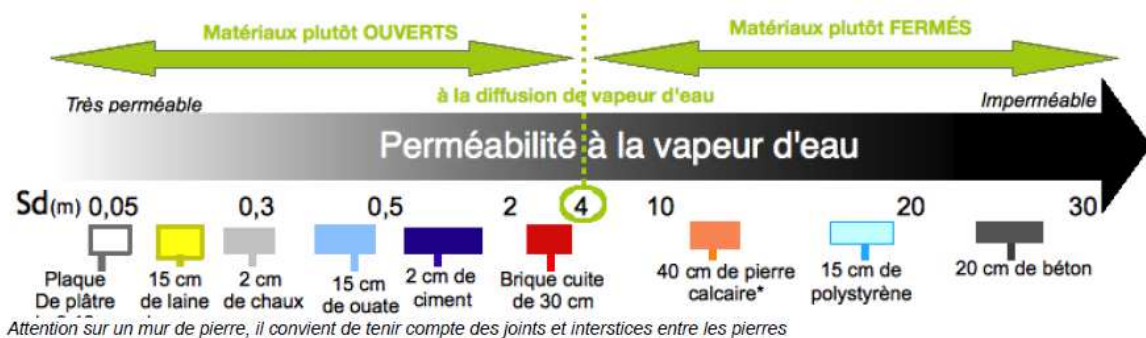
Un mur en béton banché a un μ de 105

Un enduit chaux a un μ de 7

L'équivalent épaisseur lame d'air S_d (m) : contrairement au μ , le S_d définit la perspiration d'un matériau en prenant en compte son épaisseur. Plus S_d est faible, plus la perspiration est élevée. Par exemple, une membrane dont le S_d est de 5 m signifie que cette membrane exerce la même résistance à la diffusion de vapeur d'eau qu'une lame d'air immobile de 5 m d'épaisseur. Vous trouverez plus d'informations sur cette valeur S_d dans la fiche pratique n°19 « Humidité dans le bâtiment »

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

Le S_d est souvent indiqué pour quantifier la perspiration des membranes d'étanchéité appliquées en isolation par l'intérieur tels que les frein-vapeur ($S_d < 10$ m), pare-vapeur ($S_d > 10$ m) ou encore les pare-pluie HPV (Haute Perméance à la Vapeur) ($S_d < 0.2$ m) utilisés en isolation par l'extérieur.



Membrane d'étanchéité pare-vapeur ou frein-vapeur :

En isolation par l'intérieur, une membrane d'étanchéité à l'air doit être posée sur la face interne de l'isolant, du côté de l'espace chauffé. Elle a 2 rôles clés :

- L'étanchéité à l'air du volume chauffé afin de limiter les déperditions thermiques par les courants d'air parasites.
- La régulation de la migration de vapeur d'eau provenant de l'intérieur de la maison et transitant à travers les parois.

Les différents types de membranes existants sont officiellement définies sous le terme général de « pare-vapeur », toutefois plusieurs technologies existent et peuvent être dissociées :

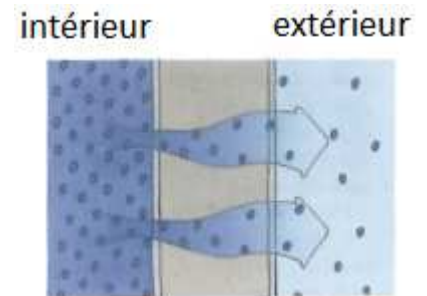
Membranes pare-vapeur :

Les membranes pare-vapeur sont des membranes très fermées à la diffusion de vapeur d'eau. Elles ont pour rôle de protéger l'isolant de l'entrée de vapeur d'eau provenant de l'intérieur de la maison. Elles sont généralement définies par un $S_d > 10$ m. Cette forte résistance au passage de la vapeur

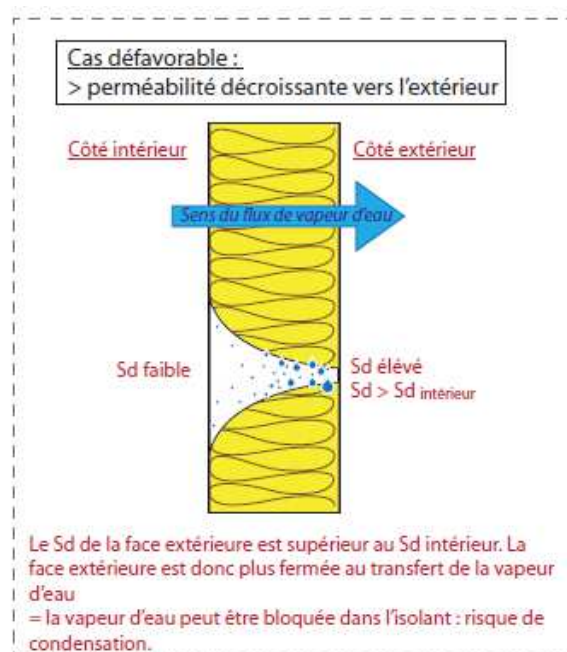
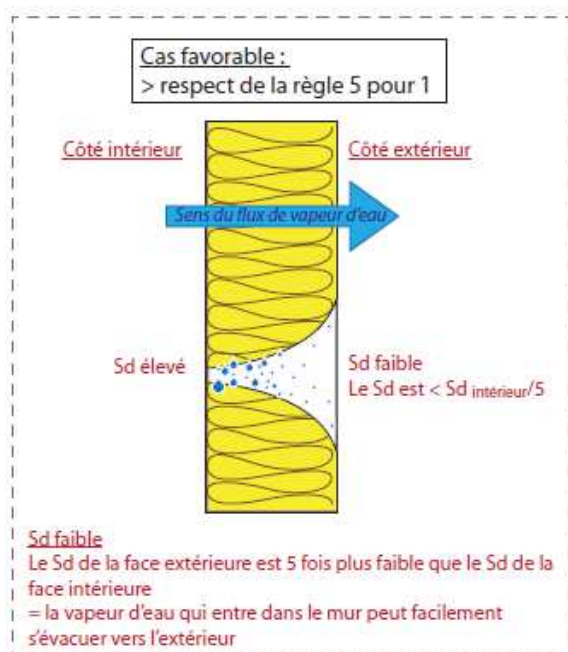
d'eau peut toutefois représenter un danger en cas de défauts ponctuels de jonction de membrane, car la vapeur tendra alors à se concentrer en ces points, entraînant des risques de condensation localisée. Une attention particulière doit donc être apportée à la bonne mise en œuvre de l'étanchéité de ce type de membrane.

Membranes frein-vapeur :

Les membranes frein-vapeur peuvent être définies par un $S_d < 10 \text{ m}$, elles sont donc moins fermées à la diffusion de la vapeur d'eau. Elles ont pour rôle de réguler le passage de vapeur de manière à limiter l'humidité présente dans la paroi à ce qu'elle peut laisser transiter et évacuer vers l'extérieur. Cette quantité de vapeur limitée et maîtrisée transitera de manière diffuse sur l'ensemble de la surface de la membrane, ce qui évitera le risque de concentration de vapeur d'eau aux défauts de jonction de membrane. La vapeur pourra ensuite s'évacuer vers l'extérieur à condition de s'assurer d'avoir coté extérieur des membranes ou revêtements extérieurs très ouverts à la vapeur d'eau.



On peut introduire ici la règle de 5/1 : pour permettre à la vapeur d'eau éventuellement présente à l'intérieur d'une paroi de pouvoir s'évacuer, on considère que l'extérieur de la paroi doit être 5 fois plus perméable à la vapeur d'eau que l'intérieur, et que les différents matériaux constituant la paroi de l'intérieur vers l'extérieur doivent être de plus en plus ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau.

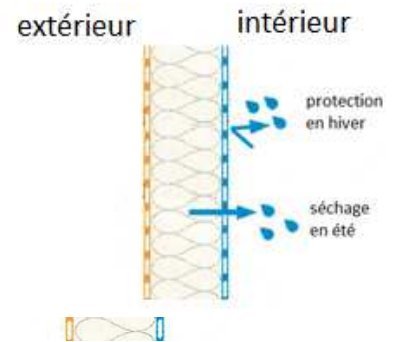


Membranes frein-vapeur hygrovariable :

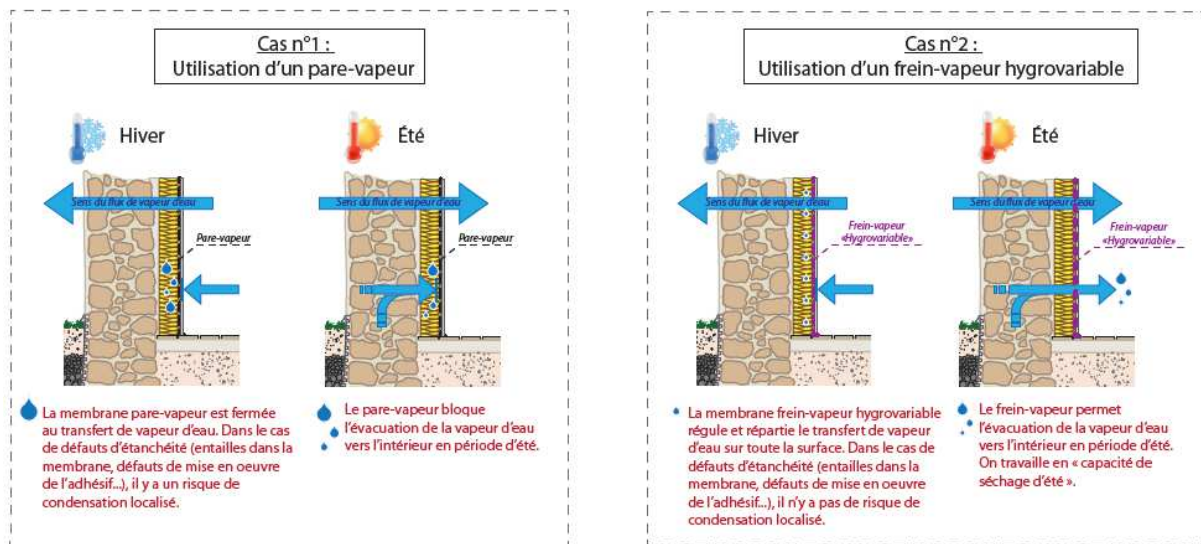
Son fonctionnement prend en compte les modifications de flux de vapeur d'eau en fonction des saisons :

En hiver, l'intérieur étant plus chaud que l'extérieur, la vapeur transite de l'intérieur vers l'extérieur. Le frein-vapeur hygrovariable aura alors une valeur Sd élevée pour freiner l'entrée de vapeur d'eau dans l'isolant.

En été, l'extérieur est plus chaud que l'intérieur, le flux de vapeur d'eau s'inverse donc : la vapeur transite de l'extérieur vers l'intérieur. Le Sd du frein-vapeur hygrovariable diminuera alors pour permettre à l'isolant d'évacuer la vapeur d'eau vers l'intérieur de la maison. On dit alors qu'on travaille en « capacité de séchage d'été ». C'est ensuite le système de ventilation qui permettra d'évacuer la vapeur d'eau vers l'extérieur.



Cette membrane est celle qui apporte le plus de garantie quant à la gestion de la vapeur d'eau dans le cas de l'isolation par l'intérieur d'un mur.



Déphasage thermique :

Une autre spécificité des murs anciens est leur masse élevée, responsable d'une forte inertie, qui joue un rôle important dans le confort thermique tout au long de l'année :

En hiver :

La forte masse thermique des murs stocke la chaleur produite dans la maison (matériel électrique, apports de chaleur solaires, chauffage), puis la restitue petit à petit, ce qui permet de réduire les variations de températures au cours de la journée. Le confort des habitants est ainsi accru par la conservation d'une température moyenne homogène dans le logement.

En été :

Les maisons à forte inertie, telles que les maisons en pierre, restent fraîches en été. Les apports solaires de chaleur sont captés et stockés dans la masse des murs en journée puis évacués par la ventilation mécanique ou naturelle pendant la nuit ce qui réduit les augmentations de température.

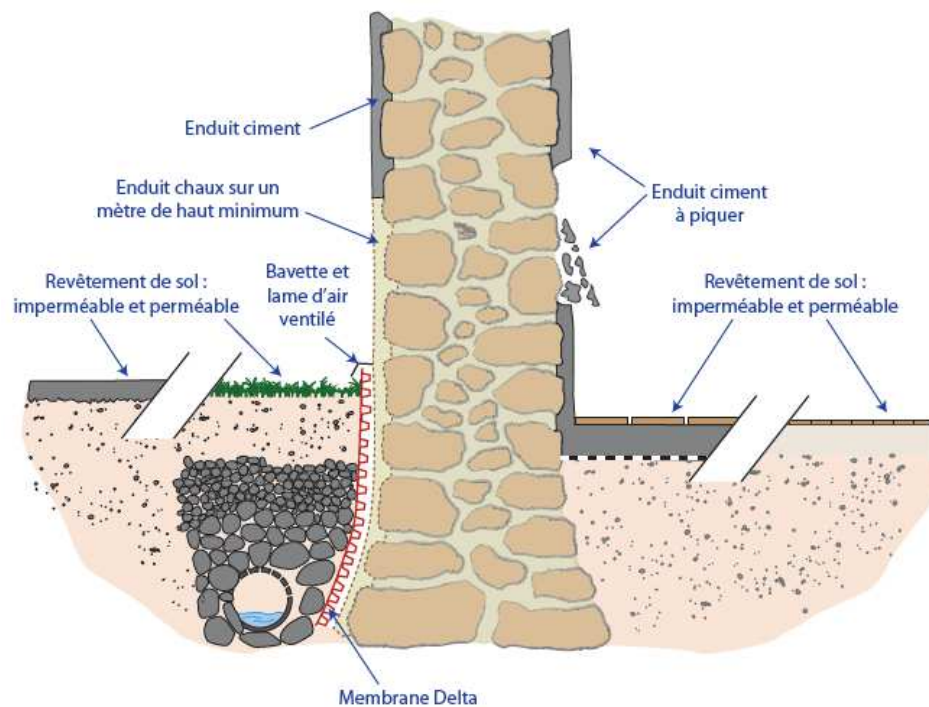
Toutefois, on notera que l'isolation par l'intérieur ne permet pas la valorisation de l'inertie des murs contrairement à l'isolation par l'extérieur qui en amplifie même les bénéfices.

Etat des lieux, rénovation

La première étape essentielle d'un projet d'isolation thermique est d'étudier les murs existants et de traiter les éventuels défauts structurels et problèmes d'humidité. Il faudra ensuite s'assurer de choisir les bonnes solutions pour ne pas risquer de dégradations du bâti liées aux travaux.

Il conviendra avant tout de vérifier si le mur présente des traces d'humidité (infiltrations, remontées capillaires...). Si la présence d'humidité est constatée, les points suivants pourront être mis en œuvre, en fonction des cas :

- Réaliser un drainage périphérique pour réduire les remontées capillaires.
- Piquer l'enduit ciment à l'extérieur et le remplacer par un enduit perspirant et capillaire à base de chaux. Un compromis pourra être de traiter seulement le 1^{er} mètre d'élévation, ce qui, dans la majorité des cas, suffira à éviter des remontées capillaires plus hautes.
- Utiliser des matériaux d'isolation non putrescibles, capillaires et perméables à la vapeur d'eau.
- Travailler sur le renouvellement d'air et l'évacuation de la vapeur d'eau à l'intérieur de la maison (pose d'une VMC).



Pour en savoir plus sur ces problématiques d'humidité dans les parois, vous pouvez consulter la fiche pratique n°19 « Humidité dans le bâtiment »

Note-encadré (bandeau de gauche ?) : Lorsqu'on isole une paroi, la maison devient plus étanche à l'air. Pour éviter de créer des désordres liés à l'humidité, il est nécessaire d'installer un système de ventilation conjointement aux travaux d'isolation thermique, afin de renouveler l'air et d'évacuer la vapeur d'eau.

Vous trouverez plus d'informations sur les systèmes de ventilation dans la fiche pratique n°33 « La ventilation performante ».

Les matériaux isolants :

Les murs anciens possèdent des caractéristiques particulières en termes thermique et d'humidité, il conviendra donc de choisir des matériaux d'isolation correspondant à ce fonctionnement propre des murs anciens. En plus des définitions liées à la diffusion d'humidité dans les parois qui sont à prendre en compte dans le choix des matériaux d'isolation, on prendra également en compte les caractéristiques thermiques suivantes :

La conductivité thermique λ (W/m.K) : détermine la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur. Plus le λ (lambda) est faible, plus le matériau a un pouvoir isolant fort. C'est une valeur intrinsèque du matériau, sans prise en compte de son épaisseur.

On considère qu'un matériau est isolant quand son λ est inférieur à 0.05 W/m.K. La majeure partie des isolants ont un λ compris entre 0.032 et 0.042 W/m.K

Résistance thermique R (m².K/W) : détermine la capacité d'isolation du matériau ou de la paroi. Plus le R est grand, meilleure est l'isolation.

$$R \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} = \frac{e \text{ [m]}}{\lambda \text{ [W/m.K]}}$$

Où « e » est l'épaisseur (en mètre) et λ la conductivité thermique du matériau (en W/m.K)

Par exemple, pour une laine de verre ou une laine de bois de $\lambda = 0.038$ W/m.k et d'épaisseur 14 cm, la résistance thermique sera de : $0.14/0.038 = 3.7$ m².K/W

La densité : la densité définit la masse contenue dans un certain volume du matériau, elle est mesurée en kg/m³. Plus un matériau a une densité élevée, plus il sera « lourd ». Une densité élevée aura une influence sur la stabilité et la durabilité de l'isolant en réduisant notamment les risques de tassement. Elle augmentera aussi l'inertie et le déphasage thermique (voir définition plus haut) de la paroi, ce qui aura une influence sur le confort thermique en réduisant les variations de température au cours de la journée. Cela permettra également d'éviter les montées en température les jours de fortes chaleurs en été.

Les différentes techniques d'isolation

Comme nous l'avons vu, pour respecter au mieux le fonctionnement hygrothermique des murs en pierres, il conviendra d'utiliser des matériaux possédant des capacités similaires à celles des murs anciens. C'est le cas des isolants bio-sourcés (laine de bois, laine de chanvre, ouate de cellulose...) qui se présenteront donc souvent comme la solution la plus adaptée à l'isolation de ce type de parois. On veillera toutefois à les utiliser sur des murs sains, non humides, et auxquels on a redonné leur capacité de régulation hygrométrique, et à choisir des matériaux non ou peu putrescibles.

En isolation par l'intérieur avec un isolant fibreux, une membrane d'étanchéité à l'air doit être posée sur la face interne de l'isolant, du côté de l'espace chauffé. Elle régule également la diffusion de la vapeur d'eau venant de l'intérieur de la maison.

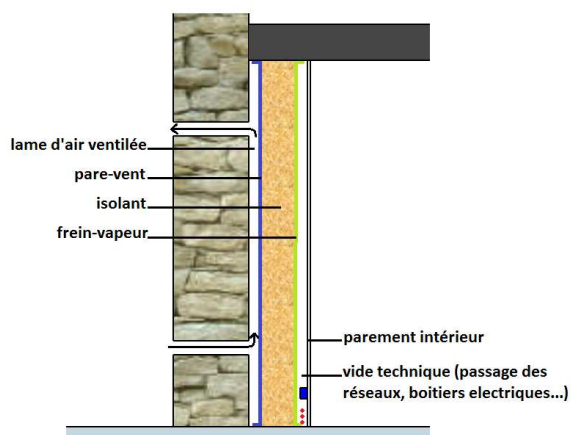
Le pare-vapeur est la membrane qui est la plus souvent utilisée, c'est une membrane qui stoppe complètement le passage de la vapeur d'eau. C'est une méthode qui présente un risque fort, car s'il se trouve à un endroit un défaut dans la mise en œuvre de la continuité de la membrane

d'étanchéité pare-vapeur, alors le transfert de vapeur d'eau se concentrera à cet endroit entraînant un risque de condensation localisé.

Pour cette raison, il est conseillé de préférer l'usage des membranes frein-vapeur qui régulent le passage de vapeur de manière à laisser passer une quantité limitée et donc non dangereuse puisque diffuse sur l'ensemble de la surface.

Dans les deux cas, pare-vapeur ou frein-vapeur, la vapeur devra ensuite pouvoir être évacuée vers l'extérieur. Il existe ici deux solutions techniques :

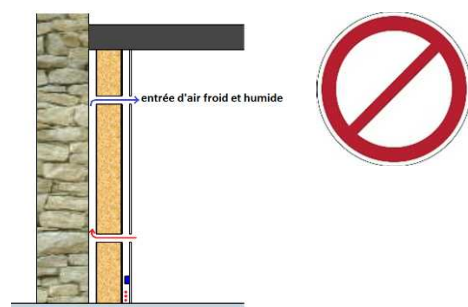
- Dans le cas d'un mur dont le revêtement extérieur ne permet pas l'évacuation de l'humidité présente dans la paroi (un enduit extérieur à base de ciment par exemple), la vapeur d'eau pourra être évacuée par la mise en œuvre d'une lame d'air ventilée entre l'isolant et le mur, cette lame d'air devant être ventilée vers l'extérieur pour pouvoir évacuer la vapeur d'eau.



Toutefois, il peut être compliqué de créer des ventilations dans un mur aussi épais qu'un mur en pierre. On pourra dans ce cas-là rechercher s'il y a présence d'anciens conduits de cheminées dans les murs, lesquels pourraient être rouverts afin de créer un tirage d'air ventilant la lame d'air. Mais il sera tout de même nécessaire d'aménager des entrées d'air pour créer le phénomène de ventilation naturelle.

Cette technique de lame d'air ventilée reste dans tous les cas compliquée à mettre en œuvre de manière performante et efficace. On préférera donc les techniques présentées ci-dessous.

Note-encadré-alerte : la lame d'air ne doit pas être ventilée vers l'intérieur de la maison, auquel cas elle amènerait de l'humidité et de l'air froid à l'intérieur de la maison, réduisant notablement l'intérêt de l'isolation thermique. De plus, le passage de l'air intérieur (chaud et humide) derrière l'isolant risque de provoquer une condensation contre la maçonnerie froide.



- Dans le cas d'un mur sain et non humide, avec un revêtement extérieur très ouvert à la vapeur d'eau (tel qu'un enduit à base de chaux), l'isolant pourra être posé directement contre le mur, à condition d'utiliser un isolant capillaire et non putrescible. On utilisera ici la règle de 5/1 : pour permettre à la vapeur d'eau éventuellement présente à l'intérieur d'une façade de pouvoir s'évacuer, il faut que la face extérieure soit 5 fois plus perméable à la vapeur d'eau que la face intérieure.

Toutefois, dans le cas où l'on travaille avec une maçonnerie fermée à l'évacuation de l'humidité coté extérieur (un mur en pierre sur lequel on n'aurait pas pu enlever l'enduit ciment extérieur par exemple) l'optimal est de permettre à la vapeur qui entrera dans l'isolant de pouvoir ressortir du coté intérieur.

On peut alors utiliser un frein-vapeur hygrovariable qui permettra de travailler en « capacité de séchage d'été ». (voir partie définitions)

Dans le cas où le mur semble sain et exempt de trace d'humidité, l'utilisation du frein-vapeur hygrovariable peut permettre de ne pas avoir besoin d'aménager de lame d'air ventilée et de poser l'isolant directement contre le mur.

Cas de l'existence d'un doublage brique coté intérieur du mur en pierre

Si la lame d'air est ventilée, il peut être fait le choix de la conserver pour pouvoir évacuer la vapeur d'eau. L'isolant peut alors être directement posé contre le doublage brique et les deux choix de membranes restent possibles : frein-vapeur ou frein-vapeur hygrovariable, la seconde membrane présentant plus de garanties en terme de traitement de l'évacuation de la vapeur d'eau.

Toutefois, lorsqu'il existe une problématique de place dans la maison, on peut choisir de faire tomber le doublage brique pour travailler directement sur le mur en pierre. Nous nous retrouvons alors dans la situation étudiée plus haut.

FOCUS/ALERTE sur isolation par soufflage dans lame d'air : certaines entreprises proposent d'isoler ces murs doubles en insufflant directement de l'isolant dans la lame d'air. Cette solution peut présenter des risques d'humidité car la migration de la vapeur d'eau ne peut pas être gérée de manière optimale dans ce cas-là. La suppression de la lame d'air ventilée peut aussi engendrer des problèmes d'humidité qui n'étaient pas présents auparavant. D'autre part, les potentiels réseaux (câbles électriques, tuyauterie...) présents dans la lame d'air peuvent gêner la répartition de l'isolant dans la lame d'air occasionnant des défauts thermiques dans la paroi. Suivant l'épaisseur disponible, il pourra également être difficile de garantir la bonne répartition de l'isolant sur toute la surface du mur.

Utilisation de matériaux capillaires

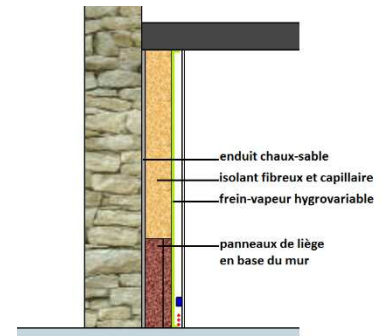
Du fait de la difficulté de ventiler la lame d'air, la solution qui semble le mieux convenir aux murs en pierre est l'utilisation de matériaux d'isolation capillaires et non putrescibles qui pourront être posés directement contre le mur, en choisissant un frein-vapeur hygrovariable, pour permettre l'évacuation d'humidité vers l'intérieur pendant l'été.

Afin de garantir la continuité capillaire, un ragréage chaux-sable doit être réalisé sur le mur afin de l'aplanir et de s'assurer que l'isolant sera bien en contact avec le mur sur l'ensemble de la surface.

Pour pouvoir mettre l'isolant en contact avec le mur, on devra avoir traité les différentes problématiques d'humidité pour travailler sur un mur sain (voir paragraphe « Etats des lieux, rénovation »).

Si malgré les différentes actions prises pour traiter les remontées capillaires il persistait une certaine humidité en base de mur, il pourra être fait le choix d'installer un isolant imputrescible et non capillaire en bas de mur, tel que le liège ou la mousse de verre. Un isolant fibreux pourra ensuite être posé dans la partie supérieure.

Le béton cellulaire allégé peut également être adapté dans ces cas-là, en isolation complète du mur, car il ne craint pas la présence d'humidité et présente des capacités capillaires très similaires à celles des murs en pierre. Il participera ainsi à l'évacuation de l'humidité contenue dans le mur en pierre.



A l'étage, la présence d'humidité liée aux remontées capillaires est souvent faible ou inexistante si on a bien traité les sources. On pourra donc poser un isolant fibreux capillaire contre le mur avec pose d'un frein-vapeur coté intérieur. S'il y a présence d'un enduit freinant l'évacuation de l'humidité coté extérieur du mur, tel qu'un enduit ciment, alors l'utilisation d'un frein-vapeur hygrovariable sera fortement recommandée afin de permettre à l'isolation d'évacuer son humidité pendant la période estivale.

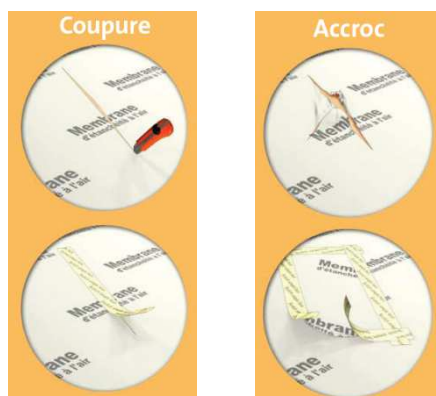
Les points spécifiques

Membrane d'étanchéité à l'air et vide technique

La membrane d'étanchéité à l'air a un impact fort dans la performance thermique de l'isolation et la pérennité des matériaux installés. Une mauvaise étanchéité à l'air peut également être responsable d'une part importante des pertes de chaleur, et cela d'autant plus que la maison est fortement isolée thermiquement. Il convient donc de s'assurer que cette membrane ne soit pas percée :

En phase de chantier, une attention particulière devra être portée à la mise en œuvre de la membrane, à la bonne mise en place des scotchs de raccord d'étanchéité entre membranes et aux liaisons aux différentes parois et éléments constructifs : fenêtres, plancher bas, plancher haut...

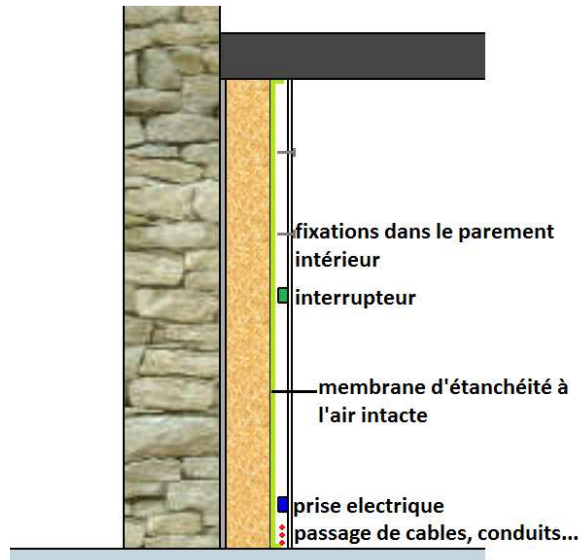
Les potentiels coupures ou accrocs qui pourraient intervenir dans la membrane au cours du chantier devront être signalés et traités rapidement :



D'autre part, il faudra s'assurer que la membrane ne soit pas percée pendant la période d'utilisation de la maison. Pour cela, un vide technique sera aménagé entre la membrane et le revêtement intérieur (Placoplatre, Fermacell, autre...). Ce vide technique, dont l'épaisseur sera de 3 à 5 cm, aura plusieurs intérêts :

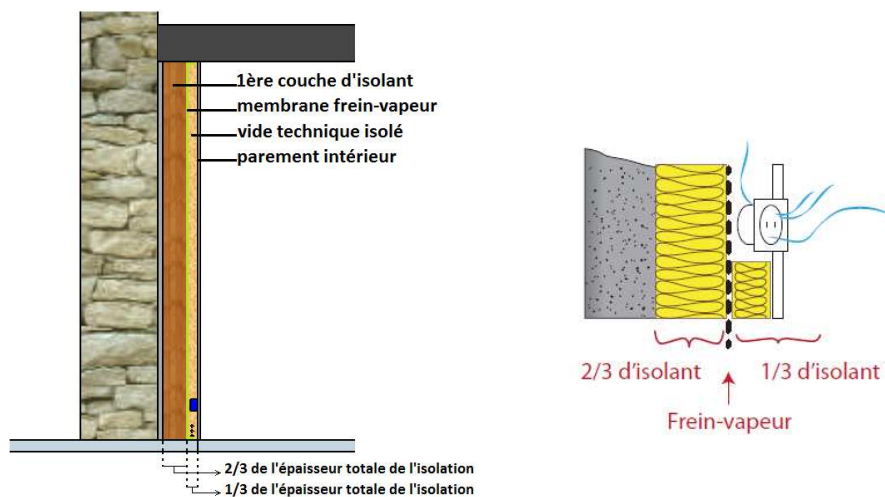
- Protéger la membrane des percements.

- Permettre la pose des prises électrique sans que ces dernières ne viennent percer la membrane.
- Passer les différents réseaux de fluides (électricité, gaz, eau, gaines de ventilation...) du côté intérieur de la membrane. Ainsi on évite les traversées de membranes qui peuvent créer des défauts d'étanchéité à l'air.



Pour éviter de perdre trop de place dans l'espace habitable, ce vide technique pourra être isolé à condition de respecter la règle dite de 2/3-1/3 :

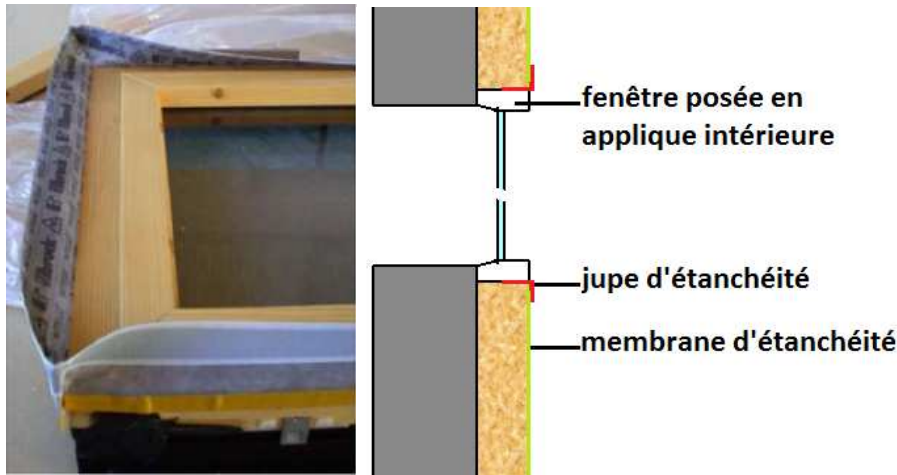
L'épaisseur d'isolant placée coté intérieur de la membrane ne devra pas être supérieure à 1/3 de l'épaisseur totale de l'isolation. Ainsi on s'assure que le point où la vapeur pourrait condenser se trouvera après la membrane, cette dernière protégeant alors efficacement l'isolant de ce risque de condensation.



Jonction mur-fenêtre

En isolation par l'intérieur, il est conseillé d'installer les fenêtres en applique intérieur afin qu'elles se situent dans l'épaisseur de l'isolant, garantissant ainsi une très bonne continuité d'isolation.

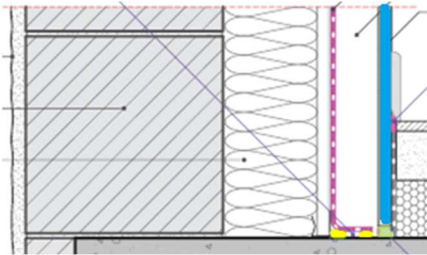
La membrane d'étanchéité à l'air devra être fixée efficacement aux fenêtres. De manière à traiter ce point de la façon la plus précise possible, il est conseillé d'installer une jupe d'étanchéité sur la fenêtre en amont de sa pose au mur :



De cette manière, on pourra efficacement venir lier la membrane d'étanchéité à l'air à la fenêtre, en enlevant l'adhésif de la jupe d'étanchéité pour la coller à la membrane.

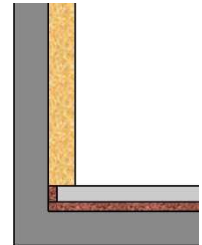
Jonction mur-planchers

La membrane d'étanchéité devra être liée au plancher bas et au plancher haut par la pose d'un cordon de colle adaptée :



Raccord de l'isolation du mur à l'isolation du plancher bas :

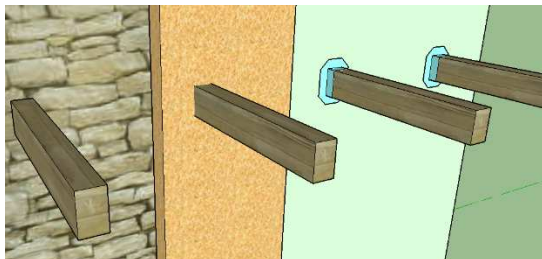
Dans le cas où une nouvelle chape est mise en œuvre, des remontées d'isolant de l'isolation sous chape pourront être prévues afin de permettre ensuite que l'isolation des murs soit en contact direct avec l'isolation sous-chape, créant ainsi une parfaite continuité d'isolation :



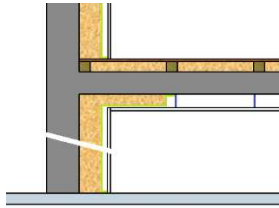
Isolation plancher intermédiaire bois

Comme nous l'avons vu plus haut, l'isolation par l'intérieur souffre de différents ponts thermiques, notamment celui du plancher intermédiaire.

Dans le cas d'un plancher en bois, le pont thermique pourra être fortement réduit en isolant autour des solives. Si le plancher est conservé, on pourra démonter au moins les lattes de parquet en périphérie du plancher, pour travailler l'isolation en contour de solives avant de refermer le plancher. La membrane d'étanchéité à l'air devra également être fixée de manière continue en contour de chaque solive :



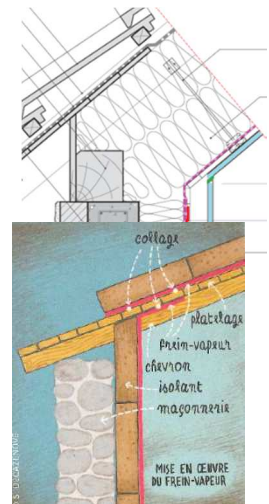
Dans le cas d'une dalle béton, le pont thermique du plancher subsistera forcément. Il pourra toutefois être grandement réduit en mettant en œuvre des retours d'isolants sur et sous dalle dans le cas, par exemple, de la pose d'un plancher bois au-dessus et/ou pose d'un faux-plafond en dessous :



Raccord de l'isolation du mur à l'isolation de la toiture :

Suivant les cas, on essaiera de mettre en contact l'isolation des murs et celle de la toiture. Dans l'optimal, les membranes d'étanchéité à l'air des deux parois seront liées entre elles afin de garantir la continuité de la barrière d'étanchéité à l'air :

Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur de la toiture, les freins-vapeurs du mur et de la toiture pourront être collés chacun en deux points du platelage, afin de garantir une continuité de l'étanchéité à l'air très correcte :



Note-encadré (bandeau de gauche ?) :

Les travaux d'isolation par l'intérieur permettent de revoir l'étanchéité à l'air de l'ensemble de la maison, afin d'optimiser son fonctionnement thermique en réduisant notamment les pertes de chaleur dues aux défauts d'étanchéité à l'air.

Toutefois, des travaux de mise en œuvre de l'étanchéité à l'air doivent toujours s'accompagner d'un travail sur la mise en œuvre d'une VMC, ventilation mécanique contrôlée, afin de renouveler l'air de la maison de manière régulée. Si un bon niveau d'étanchéité à l'air est atteint, la pose d'une VMC double-flux peut être envisagée.

Voir la fiche pratique n°33 sur la ventilation performante.