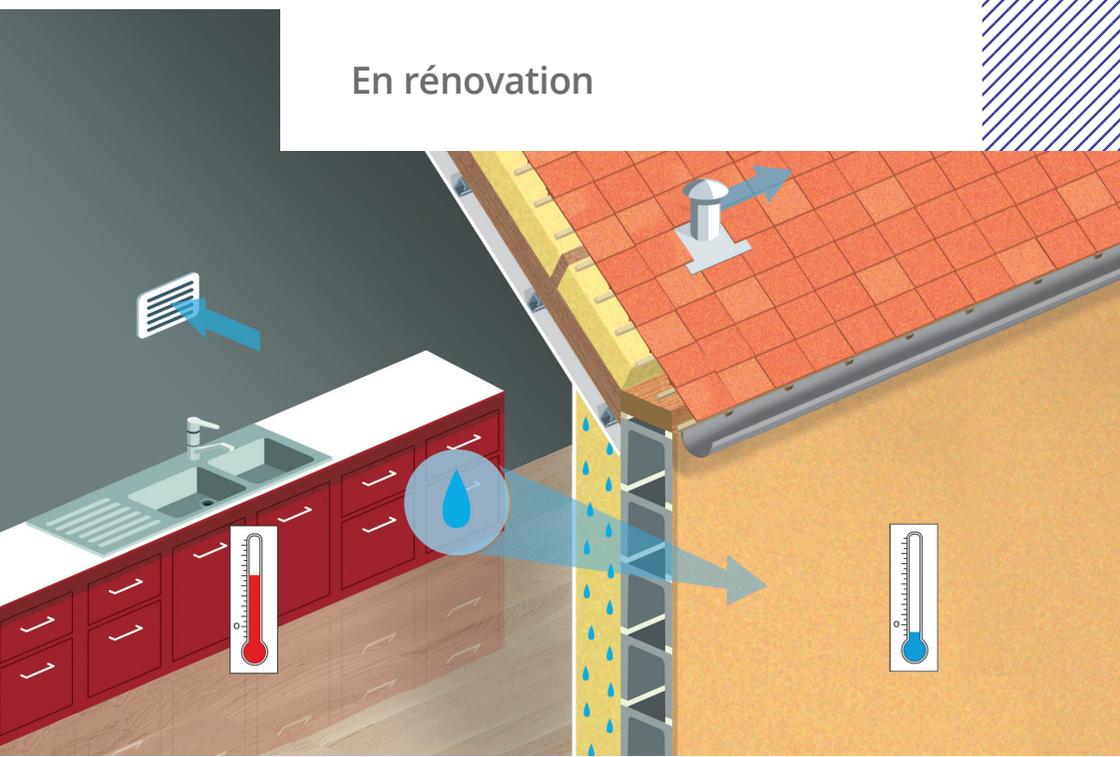


# MAÎTRISER LA MIGRATION DE VAPEUR D'EAU DANS LES PAROIS

En rénovation



## INTRODUCTION

Ce document est destiné aux acteurs de la construction qui, dans le cadre de leur mission, sont conduits à réaliser des travaux de rénovation énergétique des bâtiments. Il a pour but de rappeler les points de vigilance et les bonnes pratiques afin d'éviter des risques de condensation à l'intérieur des parois, suite à ces travaux. Les conseils donnés concernent les climats tempérés de la France métropolitaine et un usage courant de locaux normalement chauffés et ventilés. Les points abordés dans ce document sont également valables pour les constructions neuves. Les parois métalliques et les toitures étanches sur bac acier ne sont pas visées dans ce document.

## DESCRIPTION DU PHÉNOMÈNE

### L'air humide et la condensation

L'air humide est un mélange d'air sec et de vapeur d'eau en proportions variables. La quantité de vapeur d'eau que l'air peut absorber est fonction de sa température.

Plus l'air sera chaud, plus il pourra contenir une quantité de vapeur d'eau importante avant saturation et condensation ; par exemple :

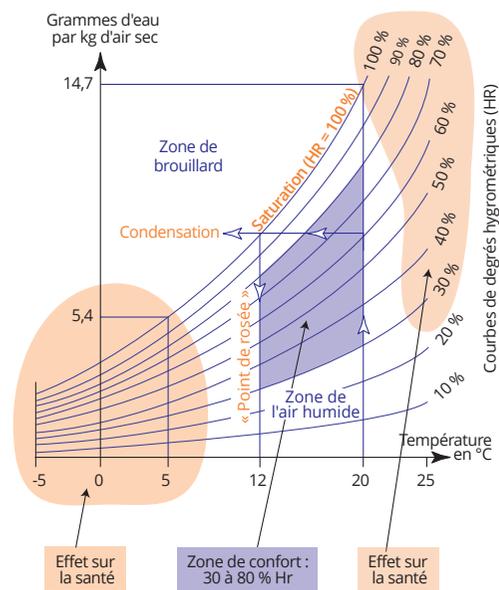
- à 5 °C, un air sec peut absorber 5,4 g d'eau par kg d'air sec ;
- à 20 °C, un air sec peut absorber 14,7 g d'eau par kg d'air sec.

Le poids de la vapeur d'eau dans l'air sec, exprimé en g/kg air sec, est appelé l'humidité spécifique. Le ratio entre la quantité de vapeur dans l'air et la quantité maximale qu'il peut contenir est défini comme l'humidité relative en %. L'air est saturé à une humidité relative de 100 %.

Lorsque l'air est à saturation (quantité maximale de vapeur absorbée), tout excédent de vapeur d'eau dans l'air va condenser. La température à laquelle apparaît cette condensation est appelée « point de rosée ».

Le diagramme de l'air humide, appelé diagramme de Mollier, (voir figure ci-contre) permet de décrire les caractéristiques physiques de l'air humide en fonction de la température et fournit le point de rosée pour chaque couple température - taux d'humidité relative.

Il montre les zones de confort et les zones ayant un impact sur la santé en fonction du pourcentage d'humidité relative de l'air et de la température intérieure. Un excès d'humidité peut conduire à des désordres sur le bâti.



Exemple de diagramme de Mollier

## La condensation et les parois

Lors de la rénovation thermique d'un bâtiment, la composition et la nature des parois évoluent, l'étanchéité à l'air de l'enveloppe est améliorée. Ces deux actions, bénéfiques du point de vue énergétique, modifient les transferts de vapeur d'eau dans les parois pouvant entraîner un risque de pathologies.

Dans ce contexte, la migration de la vapeur d'eau au travers des parois, si elle est mal maîtrisée, peut entraîner par une forte hygrométrie ou la présence d'eau liquide, des désordres au sein des parois ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

**Les quantités d'humidité transportées par l'air dans le bâtiment sont remarquablement plus grandes que celles transportées à travers les matériaux.**

**C'est pourquoi il est important, lorsque l'on améliore l'étanchéité à l'air de l'ensemble des parois des bâtiments de prendre en compte le phénomène de condensation par transport de l'air humide.**

La condensation de la vapeur d'eau dans une paroi peut se présenter sous plusieurs formes.

### La condensation superficielle

Elle se produit à la surface des parois lorsque la température de surface de celles-ci est égale ou inférieure à la température du point de rosée.

Conséquences et pathologies : développement de moisissures, dégradation de la qualité de l'air avec impacts sur le confort et la santé des habitants.



Exemple de condensation au niveau d'une menuiserie.

### La condensation interne

Elle se produit dans l'épaisseur des parois à l'interface entre deux matériaux ou au sein même des matériaux.

L'air chargé d'humidité, en hiver, transite de l'intérieur vers l'extérieur, au travers des défauts d'étanchéité à l'air de l'enveloppe et condense sur les points froids dans les parois.

Conséquences et pathologies : dégradation du bâti et de l'isolant. (Ces dégradations peuvent commencer à apparaître à partir du moment où une forte hygrométrie est constatée localement pendant plusieurs semaines).



Exemple de condensation au travers de la paroi (photos prises après démontage des lambris).

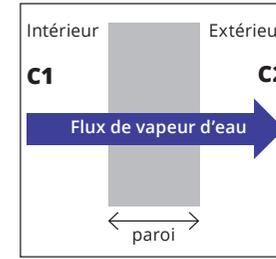
Des condensations internes sont possibles si, en un point de la paroi, cet air atteint la température du point de rosée.

Les dégâts seront d'autant plus importants que la quantité de vapeur d'eau sera concentrée sur des points spécifiques de la paroi tels les ponts thermiques, les jonctions entre les 2 membranes pare-vapeur, les raccords entre différents éléments, les passages de canalisations, etc.

## Le comportement des matériaux et des parois à la migration de la vapeur d'eau

### Le mécanisme de diffusion de la vapeur d'eau

La diffusion de vapeur d'eau définit le déplacement des molécules d'eau à travers un matériau. Ce déplacement est généré par la différence de concentration de vapeur d'eau entre les deux côtés du matériau. Les molécules d'eau se déplacent toujours de l'ambiance à plus forte concentration vers celle à plus faible concentration.



**Déplacement de la vapeur d'eau (C1 : « concentration »\*vapeur d'eau intérieure > C2 « concentration »\*vapeur d'eau extérieure).**

\* On parle plus précisément de « Pression partielle de vapeur d'eau ».

La concentration dépend des taux d'humidité et des températures de part et d'autre de la paroi. Le sens du transfert de vapeur d'eau en hiver est en général de l'intérieur vers l'extérieur. Il a tendance à s'inverser en été.

### Le comportement d'un matériau à la diffusion de vapeur d'eau

Selon leur nature et leur structure, les matériaux opposeront une résistance plus ou moins forte à ce mouvement de migration de la vapeur d'eau. Cette propriété est caractérisée par le facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau, nommé  $\mu$  (mu), qui est sans dimension. Plus la valeur  $\mu$  est petite, plus le matériau est ouvert au passage de la vapeur d'eau. Le coefficient  $\mu$  de l'air est égal par convention à 1, le coefficient  $\mu$  du plâtre est égal à 10, et celui du béton à 100.

## CONCEPTION

### Diffusion de vapeur d'eau au sein d'un matériau et d'une paroi

La résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'une couche d'un matériau est caractérisée par le paramètre  $S_d$ . Il est obtenu en multipliant l'épaisseur de la couche, notée et exprimée en mètre, par le coefficient  $\mu$  du matériau qui la constitue.

$$S_d \text{ [m]} = \mu \cdot e$$

exemples :

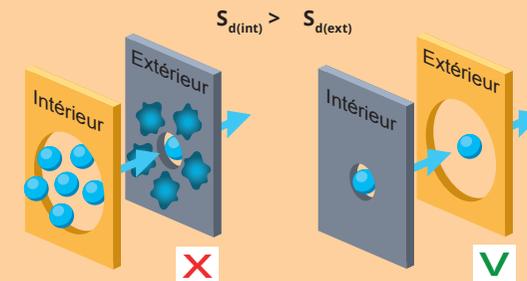
$$S_d \text{ (voile de béton, épaisseur 20cm)} = 130 \times 0,2 = 26 \text{ m}$$

$$S_d \text{ (plaque de plâtre de 13 mm d'épaisseur)} = 10 \times 0,013 = 0,13 \text{ m}$$

Le  $S_d$  correspond à l'épaisseur (en m) qu'aurait une couche d'air stationnaire ayant la même résistance à la diffusion de la vapeur. Le  $S_d$  d'une paroi est égal à la somme des  $S_d$  des couches qui la composent.

### PRINCIPE

Une règle générale consiste à positionner dans les parois, de l'intérieur vers l'extérieur, des matériaux de plus en plus ouverts à la vapeur d'eau [ $S_d$  décroissant] afin d'éviter les phénomènes de forte hygrométrie voire de condensation au cœur de la paroi.



Déplacement de la vapeur d'eau.

Matériau avec une faible résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

Matériau avec une forte résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

## Diagnostic de l'existant et conception

Lors d'une rénovation énergétique, il est important d'avoir une vue globale du bâtiment à rénover en le considérant comme un système de composants (enveloppe, équipements, usages...) qui interagissent les uns avec les autres.

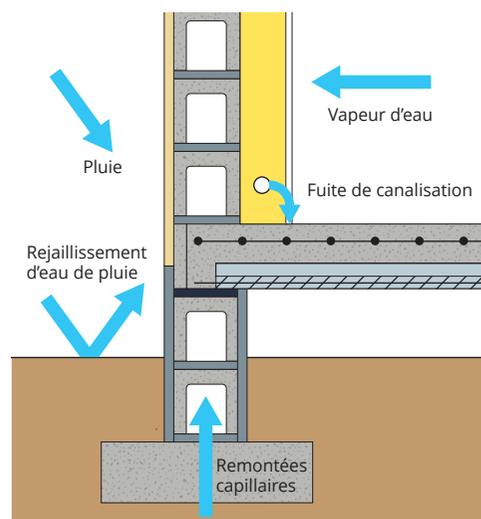
Ceci permettra d'éviter que les travaux ne conduisent à des désordres éventuels non présents avant la réhabilitation du bâtiment.

### Analyse des parois et $S_a$ associés

Une analyse des parois et des éventuelles rénovations antérieures est indispensable afin de déterminer le comportement hydrique des parois existantes. Cette analyse détermine la solution d'isolation thermique appropriée à la paroi. Les valeurs de  $\mu$  (résistance à la migration de la vapeur d'eau) des différents matériaux sont fournies dans le guide technique «Transferts d'humidité à travers les parois» édité par le CSTB ainsi que les normes européennes de produits ou les ETE (Évaluation Technique Européenne).

### Etat des lieux par rapport à l'humidité

Il est important de déterminer l'origine précise des sources d'humidité observées dans le bâtiment : condensations, remontées capillaires, infiltrations latérales, fuites, micro fuites, zones mal ventilées, ...



Origines possibles de l'humidité dans un mur.

Cette analyse doit être basée sur :

- des observations précises du bâtiment, de son mode constructif, de ses équipements (ventilation, chauffage), de son exposition au climat, de l'étanchéité de sa toiture et notamment des points de traversée (souches, fenêtres de toit, ...);
- des observations de l'environnement extérieur, la nature du sol et du sous-sol.

L'objectif est de définir les travaux curatifs et de remise en état appropriés aux sources d'humidité rencontrées tenant compte du mode constructif du bâtiment.

### CAS PARTICULIER DES FACADES COMPORTANT DES MATÉRIEAUX SENSIBLES À L'HUMIDITÉ

*[pierres tendres, torchis, terre crue, matériaux recouverts d'enduits à la chaux ou de terre crue, colombage bois, ...].*

**Dans ce cas, il sera important que le mur conserve son comportement hydrique après rénovation. La mise en place d'une lame d'air entre le mur et l'isolation peut être une solution.**

## Maintien du renouvellement d'air

Les travaux d'amélioration énergétique de l'enveloppe (parois opaques, menuiseries,...) font que l'étanchéité à l'air est grandement améliorée. Le renouvellement d'air qui se faisait par l'intermédiaire de ces fuites «naturelles», doit être reconstitué à l'aide d'une ventilation efficace.

Le flux de vapeur qui traverse une paroi est très faible par rapport à celui évacué par un système de ventilation. La diffusion de la vapeur d'eau à travers les parois ne peut pas servir à éliminer, à elle seule, l'humidité produite par l'activité intérieure d'un logement.

### NOTA

**Une famille de 4 personnes génère, par jour, en moyenne 12 litres de vapeur d'eau (douche, cuisson, respiration, ...).**

Cette humidité excédentaire doit être évacuée par une ventilation des locaux par les ouvrants et par une ventilation mécanique contrôlée.

Afin de garantir une bonne qualité sanitaire de l'air et éviter des pathologies liées à l'humidité, le remplacement des menuiseries implique soit :

- la vérification et/ou l'adaptation du système de ventilation et des transferts aérauliques existants ;
- l'installation d'un système de ventilation permanent et performant.

## Pare-vapeur

Il n'est pas toujours possible de connaître la constitution précise des parois à rénover et les valeurs de  $S_a$  des matériaux qui les constituent. Dans ce cas, pour les murs, planchers de combles, ou rampants de couverture, la mise en œuvre systématique d'un pare-vapeur côté chaud (en général intérieur) permettra de rendre étanche à la vapeur d'eau le parement intérieur et d'éviter ainsi la condensation au cœur des parois. Il faudra veiller à ne pas piéger la condensation dans les parois et lui permettre, si elle est présente, de s'évacuer au moins côté extérieur de celle-ci.

Une fois que le renouvellement d'air est maîtrisé, il convient de réfléchir au traitement des parois verticales, horizontales et inclinées.

### EN RÉSUMÉ

**Pour limiter les risques liés à la condensation de vapeur d'eau dans les parois :**

- prévoir ou assurer un renouvellement efficace et permanent de l'air intérieur du logement ;
- créer une réelle étanchéité à l'air entre l'air intérieur et l'isolant, en sélectionnant des matériaux qui limitent l'entrée de vapeur d'eau dans la paroi (matériaux pare-vapeur ou membranes hygro-régulantes) et soigner le traitement des traversées de parois ;
- définir une paroi (murs, planchers de combles, rampants de couverture) comportant des matériaux de plus en plus ouverts à la migration de vapeur d'eau [ $S_a$  décroissant] de l'intérieur vers l'extérieur ;
- dans le cadre de toitures-terrasses, se référer au NF DTU 43.5.

## Bonnes pratiques de conception : parois verticales

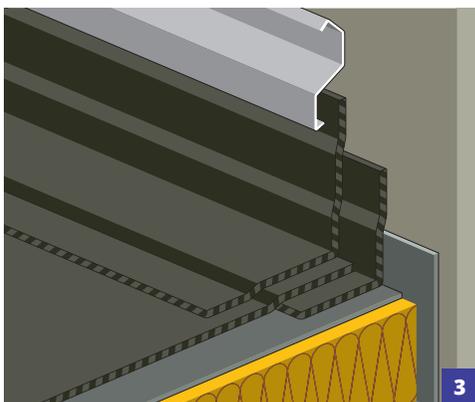
| Cas des parois verticales                              | Isolation thermique par l'intérieur (ITI) | Isolation thermique par l'extérieur (ITE) sans lame d'air | Isolation thermique par l'extérieur (ITE) avec lame d'air |
|--|---|---|---|
| Murs en béton  |   |   |   |
| Murs maçonnés  |   |   |   |
| Murs à ossature bois (pare-vapeur posé côté intérieur) |   |   |   |

□ Parement intérieur plâtre | Pare-vapeur ■ Béton ■ Isolant ■ Parement ouvert à la migration de vapeur d'eau et capillaire

### NOTA

**Un bon traitement des interfaces menuiseries/parois opaques permet de limiter les ponts thermiques.**

## Bonnes pratiques de conception : parois horizontales ou inclinées



■ Écran sous toiture. ■ Pare-vapeur.

**1** Écran sous-toiture HPV\*. Dans ce cas, il est important de laisser une lame d'air ventilée entre l'écran sous-toiture et la couverture de la toiture et de prévoir un pare-vapeur côté intérieur.

**2** Écran sous-toiture non HPV\*. Dans ce cas, il est important de laisser une lame d'air ventilée de chaque côté de l'écran sous-toiture. L'isolant ne doit jamais être appliqué directement sous un écran sous-toiture non HPV.

**3** Cas d'une terrasse béton. L'isolation se fait par l'extérieur avec une parfaite étanchéité à l'eau.

\* Hautement Perméable à la Vapeur d'eau

## MISE EN ŒUVRE

### Changement des menuiseries

- Les nouvelles fenêtres installées dans les pièces principales doivent être équipées d'entrées d'air correctement dimensionnées (sauf si les locaux sont déjà munis d'entrées d'air ou d'une VMC double flux) par rapport à un volume, à l'usage du local et au système de ventilation mis en œuvre.
- Tout changement des menuiseries doit s'accompagner d'un traitement de la ventilation.

### Soigner la mise en œuvre des isolants/parements

- Le stockage des isolants doit se faire à l'abri des intempéries.
- Lors du chantier, les parois en cours d'isolation doivent être protégées des intempéries par du polyane par exemple.

- Toute discontinuité des isolants, toute hétérogénéité de mise en œuvre engendreront des ponts thermiques, sources potentielles de condensation. De ce fait, la découpe des isolants doit être ajustée et les liaisons entre les différents éléments doivent être jointives ou rejointoyées.
- En murs respecter le vide technique de 2 cm entre le pare-vapeur et la face interne du parement.

### Soigner la mise en œuvre des membranes pare-vapeur ou hygro-régulantes

- Le pare-vapeur doit être positionné toujours du côté intérieur (côté chaud). Il demande une mise en œuvre soignée qui doit contribuer à l'étanchéité à l'air du bâtiment afin d'éviter tout transport d'humidité par l'air dans le bâti.

- Il est important de bien jointoyer tous les raccords et les jonctions et d'utiliser des composants durables et compatibles entre eux (dans le cadre des toitures terrasses, se référer aux prescriptions du NF DTU 43.5).
- Un pare-vapeur ou une membrane hygro-régulante mal posé(e) amplifie le phénomène de condensation dans la paroi, en créant des zones de concentration de la vapeur d'eau ou de forte hygrométrie qui génèrent des pathologies.
- En cas de détérioration accidentelle du pare-vapeur lors des travaux, il convient de reconstruire son intégrité.

### Vérifier le bon fonctionnement de la ventilation

Afin de garantir une bonne qualité sanitaire de l'air et éviter des pathologies liées à l'humidité, il est nécessaire de :

- contrôler les valeurs des débits de ventilation ;
- vérifier que les entrées d'air ne sont pas obstruées ;
- veiller au bon détalonnage des portes intérieures après la pose du revêtement de sol afin d'assurer le transfert et le balayage de l'air dans toutes les pièces.

## CONSEILS D'ENTRETIEN ET DE BON USAGE

- Il est préférable de maintenir les locaux chauffés pour des absences de courtes durées, et toujours les ventiler, ce qui diminue les risques de condensation de la vapeur d'eau.
- Il est conseillé d'aérer, par ouverture des fenêtres, plusieurs minutes par jour. Ceci ne se substitue pas à la mise en place d'un système de ventilation.
- Il faut procéder à l'entretien régulier de l'installation de la VMC (nettoyage des bouches d'entrée d'air, remplacement des filtres).
- Il faut informer les usagers de la présence d'un pare-vapeur dans la paroi et de son utilité.
- Si la membrane pare-vapeur a été perforée accidentellement, il est nécessaire de reconstituer son intégrité ainsi que celle du parement.

## Textes de référence

- Les règles applicables en fonction des ouvrages (NF DTU, recommandations professionnelles RAGE, règles professionnelles, ..)
- Perméabilité à l'air de l'enveloppe - guide pratique développement durable, septembre 2012, 89p. Romuald JOBERT CSTB.
- Fiches HYGROBA (Hygrométrie du Bâti Ancien).

## L'ESSENTIEL

- Avant toute opération sur les façades, couvertures, toitures étanches, faire un diagnostic précis et exhaustif.
- Bien définir et choisir les matériaux en fonction de leurs comportements à la vapeur d'eau.
- Respecter l'ordre des  $S_p$  de l'intérieur (le plus élevé) vers l'extérieur (le moins élevé). Pour les toitures étanches, se référer au NF DTU 43.5.
- Garantir un renouvellement d'air efficace.

Cette plaquette a été réalisée par l'AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, association dont la mission est d'améliorer la qualité des constructions, avec la participation des professionnels du bâtiment.



29, rue de Miromesnil  
75008 Paris

T 01 44 51 03 51  
F 01 47 42 81 71

[www.qualiteconstruction.com](http://www.qualiteconstruction.com)  
Association loi de 1901

