

# DOSSIER TECHNIQUE

- >> Définitions
- >> Maîtriser et limiter les risques
- >> Mesures de protection
- >> Les outils
- >> Limites et perspectives



## Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois



2010

Avec les partenaires de ses actions

Ce livret présente le dossier technique VAD dédié à la migration de vapeur d'eau et aux risques de condensation dans les parois. Il a fait l'objet du dossier du mois de mai 2010 qui a été diffusé dans le cadre de la newsletter bi-mensuelle de VAD. Les dossiers du mois les plus sollicités par les adhérents VAD sont édités en livret.



## SOMMAIRE

1.	Introduction .....	1
2.	Le contexte physique : définitions de base .....	2
3.	Phénomène de condensation dans le bâtiment .....	3
4.	Comment maîtriser ce risque de condensation lors de la conception de l'enveloppe ? ...	4
4.1.	Quelle prise en compte de cette problématique par les professionnels ? .....	4
4.2.	Mesures de protection contre les fuites d'air et les ponts thermiques pour éviter la condensation de surface .....	4
4.3.	Limitation ou maîtrise de la diffusion de vapeur d'eau dans les parois pour éviter la condensation dans la masse.....	5
4.4.	Particularités en réhabilitation .....	7
4.5.	Les outils de simulation .....	9
5.	Limites.....	11
6.	Perspectives .....	11
7.	Quelques ressources pour aller plus loin.....	12

### 1. Introduction

La présence d'humidité dans les parois d'un bâtiment peut avoir de nombreuses origines : la pluie, les remontées capillaires, les fuites d'air et les ponts thermiques, la vapeur d'eau émise dans les pièces humides (cuisine, douche,...) ou par les occupants (respiration), l'eau contenue dans les matériaux, les dégâts des eaux etc. Si ces différentes sources d'humidité ne sont pas correctement appréhendées par le concepteur, elles peuvent avoir des conséquences multiples sur le bâtiment mais aussi sur les occupants (qualité de l'air, moisissures etc.).

**Ce dossier traitera de la gestion du risque de condensation de la vapeur d'eau dans les parois vue sous l'angle de la pérennité du bâti et des conséquences que cela peut entraîner sur un bâtiment et ses parois. Ce dossier a donc pour objectif :**

- de comprendre le phénomène physique de transfert de vapeur d'eau et de condensation dans les matériaux,
- d'en identifier les impacts sur le bâti et sur les occupants,
- d'avoir un aperçu des solutions permettant de maîtriser cette problématique en phase conception

De plus, les témoignages de quatre acteurs : François Vallet – BE Enerval, Vincent Rigassi – Architecte, Franck Janin – BE HELIASOL, Bernard Voisin – Modulife (Process Constructif - groupe MCP) permettront de rendre compte de la façon dont cette problématique est prise en compte dans les projets.

***B. Voisin :** « Le risque de condensation dans les parois est un problème peu connu par les professionnels. Il est important de sensibiliser d'avantage à cette notion non seulement la profession mais aussi le législateur. »*

## 2. Le contexte physique : définitions de base

### Air sec, air humide, point de rosée, phénomène de condensation

A tout moment, l'air ambiant contient de la **vapeur d'eau** en quantité variable.

Une **masse d'air sec** est susceptible d'absorber une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur. Cette quantité de vapeur est limitée à une **valeur maximale** qui est fonction de la température de l'air sec :

- à 0 °C, un air sec peut absorber 4,84 g d'eau par mètre cube,
- à 20 °C, un air sec peut absorber 17,30 g d'eau par mètre cube.

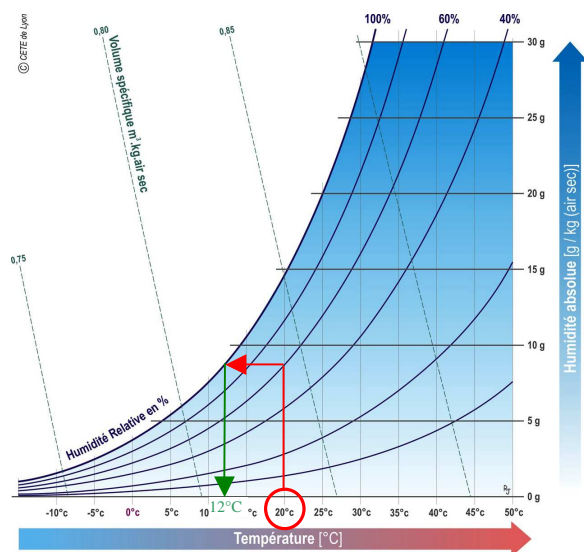
La capacité d'absorption de vapeur d'eau de l'air sec dépend notamment de l'altitude qui a une influence sur la pression partielle d'air sec.

On peut alors définir 2 notions :

- **humidité relative HR (en %)** : Rapport de la quantité d'eau réellement absorbée sur la quantité d'eau maximale absorbable à la température considérée.
- **humidité absolue** : Teneur en humidité en gramme d'eau par kg d'air sec.

Lorsque cette quantité maximale de vapeur est absorbée, **l'air est saturé**. La température à laquelle on arrive à saturation est appelée **point de rosée** et correspond alors au risque de **condensation** qui correspond à la transformation en eau liquide d'une partie de la vapeur contenue dans un air saturé.

Pour déterminer ce point de rosée, **le diagramme de Mollier** peut être utilisé (cf. ci-dessous) :



**Exemple :** de l'air ayant une humidité relative de 60 % à 20 °C atteindra son point de rosée vers 12 °C (HR = 100 %) et condensera en deçà.

#### Tendances :

- Plus la température de l'air est élevée, plus la quantité de vapeur d'eau absorbable est grande et inversement, plus l'air est froid, moins il peut absorber de vapeur d'eau.
- A quantité de vapeur constante (humidité absolue), seule la température ambiante influe sur l'humidité relative.

### Pression partielle, pression saturante, humidité relative

On peut considérer cette vapeur comme un gaz, dont la pression fait partie de la pression atmosphérique. La pression de la vapeur d'eau, à elle seule, est dénommée **pression partielle de vapeur d'eau**, et est représentée par le symbole **P<sub>vr</sub>**.

Si la pression de la vapeur d'eau atteint sa valeur maximale, il y a saturation de l'air et on parle de pression partielle de la vapeur d'eau à la saturation, ou de **pression saturante P<sub>vs</sub>**.

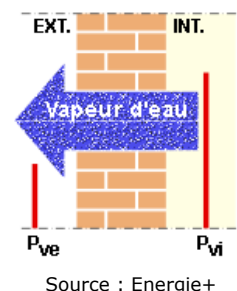
**L'humidité relative (HR)** est le rapport de la pression partielle de vapeur d'eau et de la pression saturante, exprimée en pourcentage :  **$HR = \frac{P_{vr}}{P_{vs}} \times 100$**

### ■ Migration de la vapeur d'eau dans un bâtiment

Lorsqu'un bâtiment est chauffé, l'air humide qu'il contient tend à trouver son point d'équilibre avec l'air extérieur plus froid. Il existe deux phénomènes de migration de la vapeur d'eau :

#### La diffusion (transport de vapeur)

Cause : différence de pression de vapeur. Le mouvement s'effectue à travers tous les orifices disponibles, mais aussi à travers la structure même des parois, de l'ambiance à plus forte pression partielle à celle à plus faible pression partielle. Dans la plupart des cas, la vapeur d'eau se diffuse donc vers **le côté froid d'une paroi**.



**La convection** (transport d'air) → Cause : différence de pression d'air.

### ■ Risque de condensation sur ou dans la paroi

Dès lors, si le point de rosée est atteint, il peut y avoir **condensation** de la vapeur d'eau sur ou à l'intérieur d'une paroi. Cette condensation peut être de 3 types :

- **condensation superficielle** sur un matériau froid et non absorbant,
- **condensation convective** lorsque de l'air traverse les parois,
- **condensation interstitielle dans la masse**, lors de la diffusion de la vapeur d'eau à travers une paroi, sans mouvement d'air.

## 3. Phénomène de condensation dans le bâtiment

Les conséquences de la présence de condensation dans le bâtiment sont multiples :

- **Impact sanitaire et en terme de confort sur les occupants**, du à la présence de moisissures, bactéries, champignon,...
- **Impact structurel** : la pérennité des ouvrages peut être mise à mal du fait des altérations mécaniques et chimiques (corrosion, expansion/contraction pouvant entraîner décollement de revêtement, gel/dégel)
- **Impact en terme de durabilité des performances** : les performances thermiques de l'isolant sont altérées par la présence d'humidité.

**Les matériaux non hygroscopiques** n'ont pas la capacité de stocker de l'humidité. L'humidité contenue dans l'air qui est amenée à se condenser tombe par gravité en pied de paroi, ou est transmise au matériau adjacent, ou altère mécaniquement le matériau... Dans ces matériaux, il n'y a donc pas de problème d'humidité jusqu'à ce que la vapeur d'eau se condense. La performance isolante de la paroi est par contre modifiée si de l'eau libre se trouve dans la paroi.

**Les matériaux hygroscopiques** ont la capacité de stocker de l'humidité sans risque d'altération. A partir d'un certain niveau (varie selon le matériau), il y a un risque de développement microbien (principalement pour les isolants végétaux) le risque existe et est non négligeable). La conductivité thermique des matériaux hygroscopiques augmente lorsque l'humidité relative de l'air augmente, car la teneur en eau du matériau augmente.

Dans beaucoup de cas, l'eau de pluie sur les murs (et pluies battantes) est beaucoup plus problématique que la vapeur d'eau du foyer. Il faut donc faire attention aux enduits extérieurs et soigner la conception (orientation, pentes, débords de toiture, bardage...).



## 4. Comment maîtriser ce risque de condensation lors de la conception de l'enveloppe ?

Du point de vue de la conception de l'enveloppe, ce risque dépend du climat extérieur, de la nature des parois, de la position des isolants, des propriétés et de la mise en œuvre des différents matériaux constitutifs des parois. Rappelons qu'il est indispensable de coupler cette réflexion sur l'enveloppe à celle sur la ventilation.

### 4.1. Quelle prise en compte de cette problématique par les professionnels ?

**La problématique de la migration de la vapeur d'eau et du risque de condensation dans les parois est-elle étudiée dans vos projets ?**

*V. Rigassi :* « Cette problématique est systématiquement considérée, mais avec un niveau de réflexion variable. En neuf, cela est relativement facile à résoudre par des détails constructifs adaptés. En réhabilitation ou pour des projets en altitude, cela est plus complexe ».

*F. Janin :* « Oui, souvent et cela dans le cadre de projets neuf et rénovation, pour tout type de mode constructif, en zones H1 et H2. »

*B. Voisin - Modulife :* « C'est pour nous le point le plus difficile dans la construction qui doit être traité dès la conception ».

### 4.2. Mesures de protection contre les fuites d'air et les ponts thermiques pour éviter la condensation de surface

**ATTENTION A NE PAS CONFONDRE ETANCHEITE A L'AIR ET A LA VAPEUR D'EAU !**

Il s'agit ici d'empêcher l'air de traverser la paroi, tout en assurant à la vapeur d'eau la possibilité de perspirer à travers la paroi.

**Les parois doivent être parfaitement étanches à l'air** pour empêcher tout phénomène de condensation convective dû à une fuite d'air dans la paroi. La condensation convective peut entraîner des dommages beaucoup plus graves que la condensation par diffusion de vapeur d'eau.

**Perméabilité à la vapeur d'eau des parois :** Il est toujours préférable d'avoir un parement extérieur plus ouvert que le parement intérieur. La forte perméance d'une paroi est une bonne chose à moins que l'on ait une classe d'humidité intérieure très élevée. Dans ce cas, on évitera une paroi trop perméante.

#### ■ L'étanchéité à l'air du côté intérieur doit être garantie

Plusieurs solutions existent : pare ou frein-vapeur (cf. paragraphe 4.3), enduit ou parement intérieur. Il est alors indispensable d'adopter une démarche qualité par rapport à la réalisation de cette étanchéité à l'air avec :

- l'intégration de la problématique dès la phase conception (réalisation de détails constructifs avec allotissement,...)
- une mise en œuvre soignée en phase chantier (ex : continuité des lés de pare-vapeur, absence de dégradation des produits sur chantier,...)

#### ■ Une isolation thermique éliminant les ponts thermiques

Les ponts froids (ponts thermiques) peuvent survenir en particulier au niveau des jonctions : mur – nez de dalle, mur-fenêtre, mur-balcon,...

L'isolation thermique extérieure (ITE) ou répartie (ITR) permet en général de traiter plus facilement ces ponts thermiques que l'isolation thermique par l'intérieur (ITI).

### 4.3. Limitation ou maîtrise de la diffusion de vapeur d'eau dans les parois pour éviter la condensation dans la masse

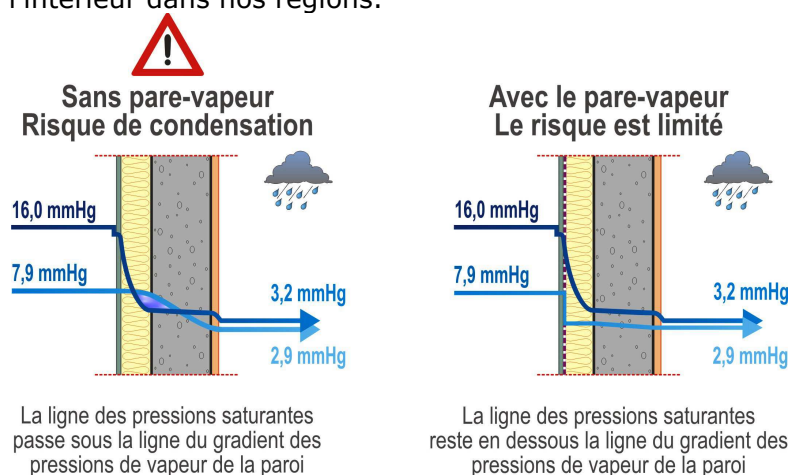
**En terme de conception**, pour la construction bois ou en mur maçonnerie + ITI, deux tendances distinctes sont observées :

- Utilisation d'un écran étanche à l'air, le frein ou pare-vapeur, qui va fortement limiter les phénomènes de convection et de diffusion de vapeur d'eau dans l'isolant.
- Non-utilisation de pare-vapeur mais choix de matériaux dont la perméabilité permet une migration de la vapeur sans condensation.

*Remarque :* Pour le bois, le pare-vapeur n'est pas obligatoire (sauf dans certaines zones géographiques). La réglementation française exige une valeur  $S_d$  du pare-vapeur  $> 18,1 \text{ m}$ .

#### ■ 1<sup>ère</sup> solution : isolant perméable à la vapeur d'eau + frein ou pare-vapeur

Le frein ou pare-vapeur est posé entre le revêtement intérieur et l'isolant du côté de la face chaude du mur, à l'intérieur dans nos régions.



Source : CETE de Lyon

#### Remarque :

- Différence entre « pare-vapeur » et « frein-vapeur » : Par convention, le frein-vapeur est plus perméant que le pare-vapeur ( $S_d$  frein-vapeur  $< 18,1 \text{ m}$ ).
- Frein-vapeur à hygro-adaptation variable : C'est un écran dont la perméance varie selon l'humidité relative et la température de l'air ambiant.

*Exemple : Intello et Intello Plus de Proclima : en hiver : presque étanche à la diffusion ( $S_d > 10 \text{ m}$ ) → minimise la charge d'humidité en hiver. Par temps estival : extrêmement ouverts à la diffusion : ( $S_d < 0,25 \text{ m}$ ) → grand potentiel d'évaporation.*

#### ■ 2<sup>ème</sup> solution : isolant capillaire sans frein vapeur avec enduit

La pression de vapeur dans la paroi doit toujours être inférieure à la pression saturante. Pour cela, la **perméance des différentes couches doit être croissante (ou la résistance à la vapeur d'eau  $\mu$  doit être décroissante) de l'intérieur vers l'extérieur. On parle en particulier de la technique « du 1 pour 5 » : paroi intérieure 5 fois plus fermée à la vapeur que l'extérieur. De plus :**

- La perméance à la vapeur d'eau du parement extérieur doit être gardée aussi élevée que possible sans sacrifier les performances, structurelles ou autres.
- De même, le parement intérieur doit être suffisamment perméant pour favoriser le séchage vers l'intérieur de l'habitation, mais pas trop afin d'éviter que par temps froid, trop de vapeur d'eau issue du foyer, soit diffusée puis condensée à l'intérieur des parois.
- La limitation du nombre de couches permet de diminuer le risque de condensation

C'est alors **l'enduit intérieur** qui permet d'assurer l'étanchéité à l'air du bâtiment.

L'isolant doit être capillaire afin d'absorber sans dommage les surplus ponctuels de vapeur d'eau et de les restituer quand les conditions le permettent.

**En bois et ITI : il semble exister deux tendances par rapport au traitement de cette problématique :**

**a/ utilisation systématique de pare ou frein-vapeur**

**b/ l'utilisation d'aucun pare ou frein-vapeur mais choix spécifiques des matériaux, en fonction de leur perméabilité.**

**Quelle est votre position par rapport à ces 2 tendances ?**

*V.Rigassi : « Dans le cas de systèmes constructifs bois avec isolant entre montant donc répartie ou ITE, nous penchons de plus en plus pour un contreventement intérieur faisant office de freine-vapeur avec seulement traitement des interfaces (compriband sur lisses basses et hautes et scotch butyle verticaux entre panneaux, plus bien entendu interfaces menuiseries & fluides) »*

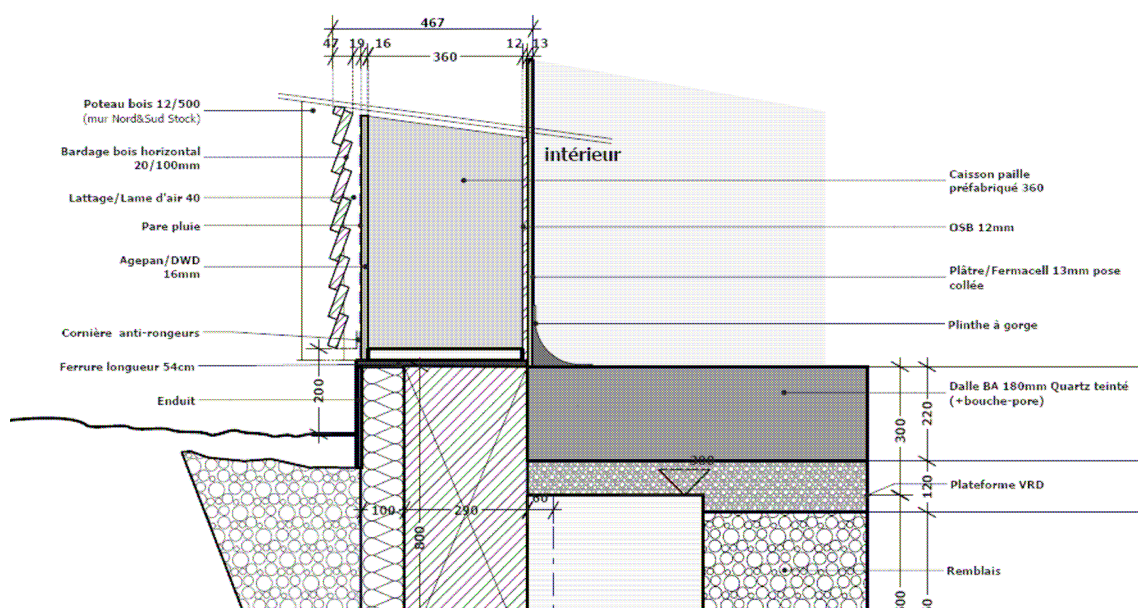
*B. Voisin : « Nous optons toujours pour la deuxième solution en accord avec le BE »*

*F. Vallet : « Je n'ai pas de position de principe. Je pense qu'il faut examiner la question au cas par cas, en fonction du type d'opération, de la qualité espérée de mise en œuvre, des liens possibles entre traitement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et traitement du risque de condensation dans les parois, etc. »*

*F.Janin : « b/ mais parfois, le frein vapeur est mis pour l'étanchéité à l'air (on fait beaucoup de passif, très sévère en étanchéité). C'est toujours mieux de savoir que la paroi dissipera la vapeur d'eau si le frein vapeur était percé. »*

### Exemple projet 1 (SOURCE – V.RIGASSI) :

Contreventement intérieur faisant freine vapeur et isolant à forte hygroscopie (paille)



#### 4.4. Particularités en réhabilitation

##### ■ Principe

Les règles de construction évoquées précédemment restent applicables et elles doivent d'autant plus être suivies que la mise en œuvre de nouveaux matériaux (isolant, pare-vapeur,...) va modifier le comportement hygrothermique de la paroi. On parle de **déplacement de point de rosée**.

En amont de tout projet de réhabilitation, il est donc nécessaire de réaliser un **diagnostic** approfondi de l'enveloppe :

- conception de la paroi : nature, composition,
- état global de la paroi,
- environnement
- présence de désordres : moisissures, fissures,...

Puis, il est nécessaire de remédier aux éventuels désordres avant d'adopter une stratégie de réhabilitation.

##### ■ Retours d'expérience de projets :

Ces deux retours d'expérience témoignent de sinistres observés dans des maisons bois suite à une mauvaise conception de l'enveloppe. Ce défaut de conception a entraîné un piégeage de la vapeur d'eau au sein de l'isolant, puis la condensation de celle-ci lors de la baisse de la température extérieure.

##### → Exemple projet 2 (SOURCE – B.VOISIN) :

##### L'état existant :

Un bâtiment industriel à structure métallique est rénové en maison d'habitation.

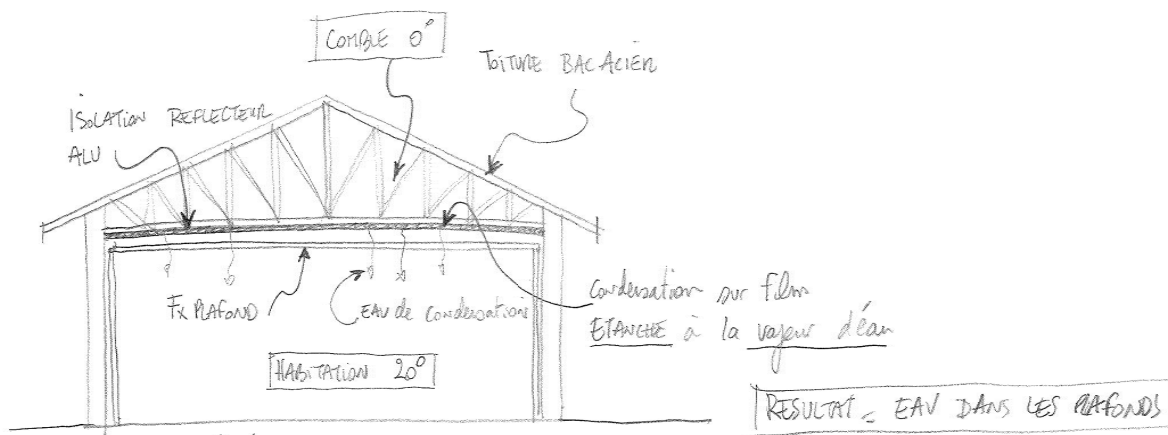
Pour cela, le bâtiment est désossé pour ne garder que la structure métallique, puis des murs en ossature bois sont posés.

La toiture en bac acier est équipée d'un isolant réflecteur métallique (fermé à la vapeur d'eau) mis en place derrière un faux plafond. Une fois le bâtiment livré, des auréoles sur le faux plafond sont observées.

##### Le diagnostic :

Le couvreur vient constater qu'il n'y a aucun trou dans la couverture.

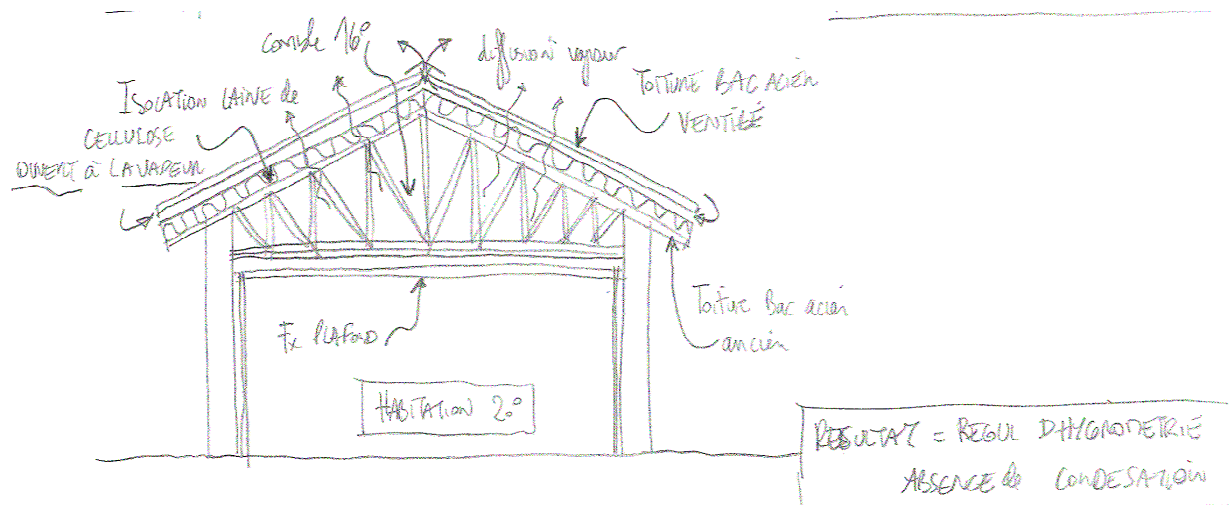
Le faux plafond est ouvert, ce qui permet de mettre à jour des grandes poches d'eau, qui sont en réalité les réflecteurs gorgés d'eau. L'humidité des faux plafonds est due à l'écoulement de cette eau par les réflecteurs percés.



##### Les travaux de réhabilitation réalisés :

15 cm de laine de cellulose ont été mis en place en extérieur sur le bac acier existant, et une seconde toiture en bac acier ventilée est venue recouvrir l'isolant.





### → Exemple projet 3

#### L'état existant :

Ce projet concerne une maison bois construite de manière traditionnelle (cf. schéma p.10), avec de l'isolant laine de verre mise en œuvre derrière un pare-vapeur kraft (projet datant de plus de 15 ans).

Alors que la maison a été livrée depuis seulement 3 ans, le propriétaire n'arrive pas à la chauffer. De plus des auréoles sont observées sur les panneaux OSB extérieurs.

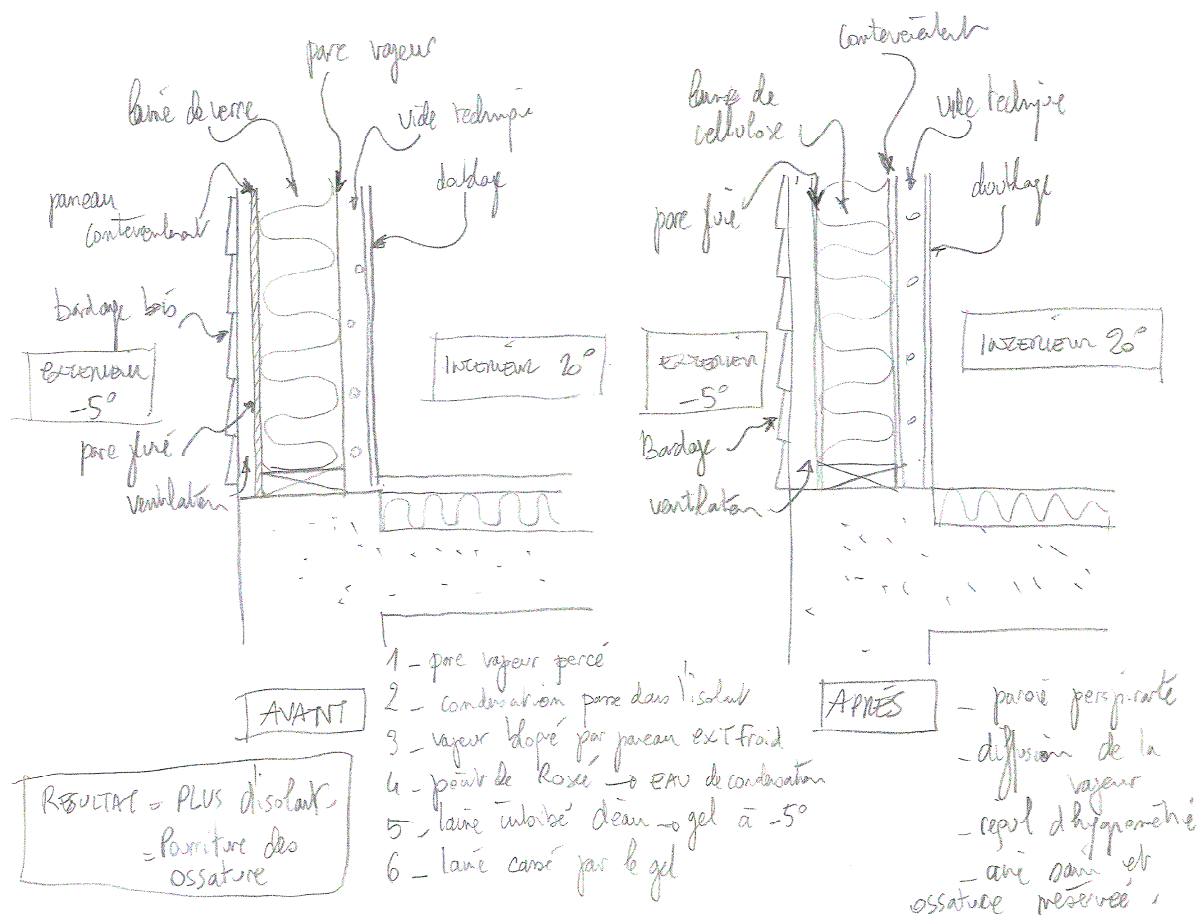
#### Le diagnostic :

Le doublage des murs est déposé ce qui permet de découvrir que du verre pilé est présent au pied des murs, derrière le pare-vapeur kraft,.

Cela est dû au fait que la vapeur d'eau présente dans l'isolant en raison du percement du pare-vapeur n'a pas pu s'évacuer vers l'extérieur en raison de la présence d'un OSB extérieur non perméable à la vapeur d'eau. Lors de la baisse de la température extérieure, la vapeur d'eau s'est condensée au contact de l'OSB froid, la laine de verre s'est gorgée d'eau, et lorsque l'eau a gelé, la laine de verre s'est brisée.

#### Les travaux de réhabilitation réalisés :

La laine de verre a été remplacée par de la laine de cellulose, avec mise en place d'un contreventement intérieur, formant ainsi une paroi perspirante.



#### 4.5. Les outils de simulation

L'objectif des outils de simulation est de pouvoir optimiser le fonctionnement hygrothermique d'une paroi afin d'anticiper les phénomènes de condensation. Il existe principalement deux outils de simulation utilisés par les professionnels dans le cadre de leurs projets :

- Méthode de Glaser (méthode statique)
- Logiciel Wufi (méthode dynamique).

#### Quelle utilisation par les professionnels ?

##### Du point de vue de la conception, comment traitez-vous cette problématique ?

- Application de « règles de bonne pratique » par type de projet et nature des parois, sans quantification/vérification ?
- Application de « règles de bonnes pratiques » puis quantification/validation par outils de simulation

**V. Rigassi :** En principe règles de bonnes pratique et "outils" en cas de doutes (méthode de Glaser en cas de doute « moyen », logiciel Wufi en cas de doute « élevé »).

**B. Voisin :** Application de la technique du 1 pour 5 et validation par un bureau d'étude (Enertech) avec Wufi.

**F. Vallet :** Je me méfie des "règles de bonne pratique" qui me semblent complètement obsolètes du fait des nouvelles exigences de performance énergétique (et des niveaux d'isolation thermique à mettre en œuvre), de la variété des matériaux isolants disponibles, des usages actuels des bâtiments et des pratiques de chantier actuelles.

Si on me pose la question, [...] j'utilise la méthode Glaser pour avoir une indication rapide sur le risque encouru. Mais c'est insuffisant pour savoir ce qui pourrait se passer en régime dynamique. Pour l'instant je ne suis pas satisfait de la manière de traiter ces questions.

**F. Janin :** Règles pratiques puis en cas de doute, vérification par la méthode de Glaser, très rarement par Wufi. On ne fait pas une confiance aveugle aux pare vapeurs.

## Descriptif de 2 outils :

### La méthode de Glaser :

#### Principe :

- Feuille excel
- Détaillée dans la norme européenne NF EN ISO 13788
- Bilan d'humidité d'un composant de construction en considérant le transport de vapeur diffusion en son sein.
- Analyse des transferts en régimes permanents
- Evaluation globale de l'adéquation hygrothermique d'un élément de construction

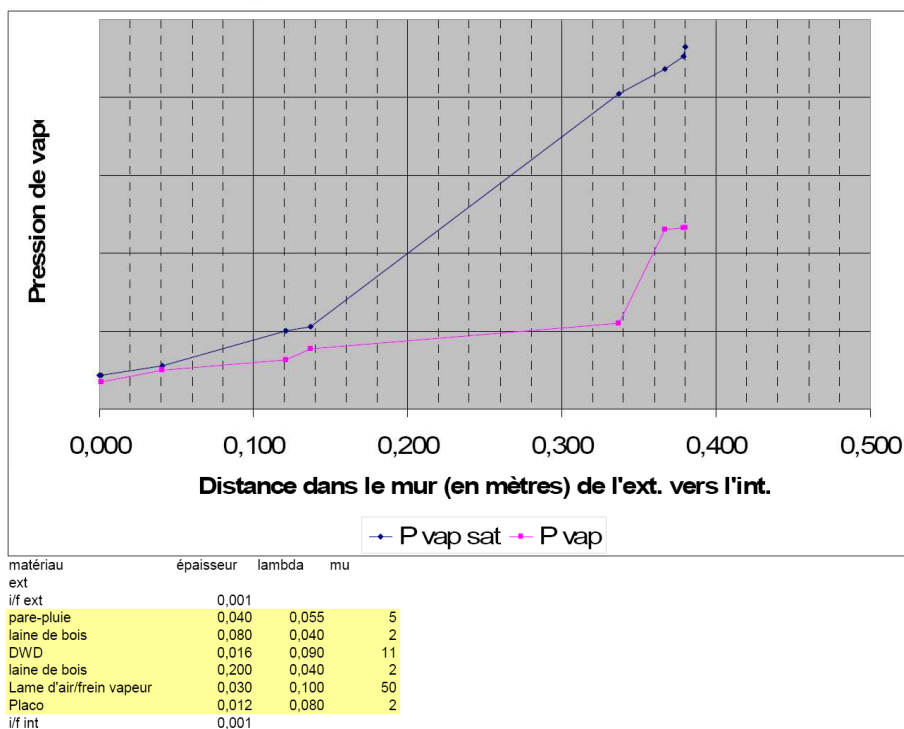
#### Limites :

- Méthode ne prenant pas en compte :
  - o le transport d'eau capillaire dans le composant, ni sa capacité de sorption, qui permettent pourtant de réduire le risque de désordres en cas de condensation
  - o les événements ponctuels et à court terme, ni la pluie ou le rayonnement solaire.
- N'est pas une simulation réelle de l'évolution de la température et de la teneur en eau dans un composant exposé à un climat correspondant à celui auquel il sera exposé.

#### Exemple : source V.Rigassi

Calculs Glaser sur enveloppe ossature bois avec contreventement "intermédiaire" mais utilisation de matériaux à forte hygroscopie (fibre de bois)

Courbe sans freine-vapeur et avec DWD entre deux couches fibre de bois

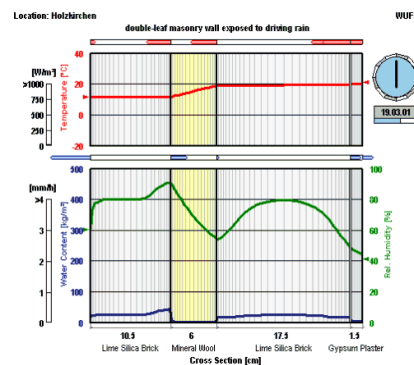


Courbes de pression de vapeur d'eau saturante (en bleu) et de pression partielle de vapeur dans la paroi (en rose) en fonction de la distance dans le mur → si la courbe rose est en dessous de la courbe bleu : pas de risque de condensation.

## Le logiciel Wufi

**Principe :** (Principe et limite issus de : [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de) )

- Programme PC WUFI (Wärme und Feuchte instationär - Chaleur et humidité transitoires), développé par l'IBP et validé par des expériences de laboratoire et des mesures en sites extérieurs
- Selon la norme NF EN 15026
- Permet de réaliser des calculs réalistes du transfert transitoire de chaleur et de masse dans les composants de construction à plusieurs couches soumis à des conditions climatiques naturelles
- Permet en particulier d'évaluer le risque de condensations interstitielles
- WUFI est un outil pour développer et optimiser les matériaux et composants de construction. Par exemple, cet outil a été utilisé pour le développement des freins-vapeur intelligents.



**Limites :** Son utilisation requière un minimum de connaissance des phénomènes physiques mis en jeu ainsi que des modèles mathématiques. Pour interpréter correctement les résultats, il est aussi nécessaire de comprendre la procédure de calcul et de vérifier la validité des données d'entrée. L'interprétation des résultats exige une expérience pratique importante.

## 5. Limites

Les limites observées par les professionnels par rapport à la gestion du risque de condensation dans les parois sont les suivantes :

- **En terme de compétences professionnelles :**
  - La complexité de la compréhension du phénomène et le manque de formation de la profession
  - Le peu de connaissance sur la question des contrôleurs techniques et du législateur
  - Le manque d'expertise technique, indépendante des fabricants, sur les différentes solutions possibles ou interdites (règles de l'art à revoir).
- **En terme réglementaire :**
  - Les DTU ossature bois imposant une membrane plutôt que le simple frein-vapeur par contreventement intérieur et plus largement des règles de l'art sont dépassés vis à vis des transferts d'humidité.
- **En terme de caractérisation-compréhension de ce phénomène :**
  - La non prise en compte des propriétés hygroscopiques des matériaux, comme par exemple la capacité des "murs anciens" à stocker et rétrocéder par "changement de phase intersaisonnier"
  - Plus largement, l'absence de caractérisation de certains matériaux
  - Le manque d'essais in situ venant confirmer ou infirmer ce qu'il est possible de savoir par modélisation et simulation (avec des outils de type WUFI)

## 6. Perspectives

**F.Vallet :** « Pour pouvoir avancer, et permettre aux concepteurs de prendre la mesure des enjeux et des problèmes, il faudrait arriver à mieux structurer la réflexion avec l'appui de centres d'études techniques et chercheurs capables d'apporter à la fois les données de base, les résultats de modélisations et simulations et les résultats de mesures et tests in situ. Par ailleurs, il est important d'attirer l'attention sur les liens entre quantité de vapeur d'eau dégagé du fait des activités et de l'occupation du bâtiment, renouvellement d'air, transfert de vapeur d'eau dans les parois et risques de condensation. »



## 7. Quelques ressources pour aller plus loin

### Normes de référence :

Norme Suisse : SIA 180 « Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments »

DTU 31.2. : « Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois »

Norme NF EN ISO 13788 : « Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments - Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse - Méthodes de calcul »

Norme NF EN 15026 : « Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments - Evaluation du transfert d'humidité par simulation numérique »

### Projets :

Projet « HUMIRISK - Renforcement de l'isolation dans l'existant - évaluation des risques liés à l'humidité » du CSTB - CETE du Sud Ouest - CETE de Lyon CETE Nord-Picardie - Aldes - EDF R&D - Saint-Gobain Isover.

Objectif : évaluer l'impact d'une réhabilitation sur les transferts de chaleur et d'humidité et prévenir les risques liés à un excès d'humidité pour préserver le bâti et assurer le confort des occupants

### Conférences-colloques

- Colloque des 15 et 16 octobre à Grenoble « Patrimoine Bâti et Développement durable » et en particulier les interventions de l'AJENA (B.Jarno) et du LERM lors de la table ronde sur « Comportement et compatibilité des matériaux pour le bâti ancien » -

[www.an-patrimoine.org](http://www.an-patrimoine.org)

- Les 5 à 7 de l'écoconstruction d'Inter Forêt-Bois 42 du 14 juin 2010 sur « Le transfert d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois » - Intervention de Samuel Courgey

<http://www.ifb42.com/>

### Laboratoire de recherche :

Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) : éditeur du logiciel WUFI

### Documents techniques :

- Dossier : « Maisons à ossature bois : Eviter la condensation dans les parois, avec ou sans frein-vapeur », Yves Benoit, Thierry Paradis, [www.batixis.com](http://www.batixis.com)

- Dossier : « Condensation et migration capillaire, des pathologies combinées », [www.domosystem.fr](http://www.domosystem.fr)

- Guide technique du CSTB : « Transferts d'humidité à travers les parois - Évaluer les risques de condensation » - Septembre 2009

- Présentation : « Condensation interstitielle et vapeur d'eau – notions de base » réalisée par le CETE de Lyon lors de la formation CoBBac.

- Ouvrage : « L'isolation thermique écologique », Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey – mars 2010

### Site internet :

- Site internet : Agence Qualité construction dont dossier « perméance des façades »

- Présentation de Wufi sur : [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de)

- Site d'Energie + « concevoir et rénovation de bâtiments tertiaires » : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

---

*Nous remercions les différents acteurs cités précédemment pour leurs témoignages*

## Annexe : Caractérisation des matériaux

Chaque matériau présente des particularités sur le plan thermique et hygrométrique.

### ■ Propriétés thermiques

Ses propriétés sont représentées par les trois grandeurs suivantes :

Symbole	Définition et grandeur physique	Unité
$\lambda$	<b>Conductivité thermique</b> Caractérise la capacité de propagation de la chaleur à travers le matériau Plus un matériau est isolant, plus son $\lambda$ est faible.	<b>W/m.K</b>
<b>C</b>	<b>Chaleur massique ou chaleur spécifique</b> Quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de l'unité de masse de 1°C Plus la chaleur spécifique d'un matériau est élevée, plus il peut fournir ou absorber de chaleur sans que sa température ne varie beaucoup.	<b>J/kg.K</b>
$\rho$	<b>Masse volumique</b> Rapport du poids sur le volume du matériau	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

### ■ Propriétés hygrométriques

#### ➔ Hygroscopicité

##### Définition :

Aptitude à fixer l'humidité (phénomènes d'adsorption hygroscopique et/ou de condensation capillaire) lorsque l'humidité relative de l'air varie, liée à la porosité et la capillarité du matériau.

##### Exemples :

- *Matériau non hygroscopique : polystyrène expansé, laine minérale*
- *Matériau hygroscopique : ouate de cellulose, panneau de fibre de bois, bois*

### ■ Porosité et capillarité :

##### Définition<sup>1</sup> :

La porosité est la propriété d'un matériau qui contient des pores ou cavités. Une structure poreuse peut être :

- fermée, lorsque les pores ne sont pas reliés entre eux Exemple : le verre cellulaire
- ouverte, lorsque les pores sont reliés entre eux et forment des canaux très fins.

##### Exemples : brique, béton

Lorsque la structure est ouverte, elle permet :

- l'absorption d'eau : les canaux se comportent comme des tubes capillaires ; on parle de matériaux **capillaires**,
- la progression de la vapeur d'eau : on parle de matériaux **perméables à la vapeur d'eau**,
- le passage de l'air : on parle de matériaux **perméables à l'air**.

<sup>1</sup> Définition : Energie +

## ■ Perméabilité à la vapeur d'eau

### Définition :

Plusieurs grandeurs peuvent être définies pour caractériser la perméabilité à la vapeur d'eau d'un matériau :

Grandeur	Définition	Unité
$\delta$	<b>Perméabilité à la vapeur d'eau</b> Rapport de la quantité de vapeur d'eau traversant un matériau par unité d'épaisseur, de temps et de différence de pression de vapeur existant de part et d'autre du matériau Plus $\delta$ est élevé, plus le matériau est perméable à la vapeur d'eau	mg/(m.h.Pa) ou g/(m.h.mm Hg)
$\mu = \frac{\delta_{\text{air}}}{\delta}$	<b>Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau</b> Rapport de la résistance à la diffusion d'une couche de matériau à celle d'une couche d'air de même épaisseur Plus $\mu$ est élevé, plus le matériau est résistant à la vapeur d'eau	Sans unité
$Sd = \mu.d$	<b>Épaisseur équivalente</b> Épaisseur d'une couche d'air ayant une résistance à la diffusion équivalente à celle du matériau considéré (d étant l'épaisseur du matériau) Plus Sd est élevé, plus le matériau est résistant à la vapeur d'eau	m

### Exemple :



## ■ Perspiration

### Définition :

C'est la migration de la vapeur d'eau à travers les matériaux.

Un matériau perspirant combine :

- Perméabilité à la vapeur d'eau
- Hygro-régulation par stockage et restitution de la vapeur d'eau

### Exemples :

Briques, Terre cuite, Bois, Laine de bois, Ouate de cellulose...

Enfin, les matériaux peuvent posséder une **sensibilité plus ou moins grande aux altérations bactériologiques, mécaniques et chimiques**, en présence d'eau.

### Pour conclure :

- Chaque matériau est caractérisé par ses propriétés thermiques et hygrométriques, et réagit de manière spécifique à la présence d'humidité.
- Les propriétés thermiques et hygrométriques d'un composant sont **interdépendantes** : une teneur en humidité élevée favorise les pertes de chaleur, et la situation thermique influence le transfert d'humidité. Ils doivent dès lors être analysés ensemble, en considérant ces relations.



Ville et Aménagement Durable

19, rue Victorien Sardou - 69007 Lyon

Tél : 04 72 70 85 59 - [associationvad@orange.fr](mailto:associationvad@orange.fr) - [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)