



Pour construire durable, il est nécessaire de savoir composer avec l'humidité. Car la glace, comme l'eau persistante, peuvent mettre à mal la performance et la durabilité des parois, ainsi que la qualité de l'air intérieur. En effet :

- certains matériaux se détériorent en présence d'eau ( pourrissements, affaissements...),
- les moisissures et autres champignons qui apparaissent lorsque l'humidité persiste au-delà d'un certain seuil peuvent contaminer l'air intérieur.

Les pratiques qui permettent de s'affranchir de tout risque sont renseignées dans les règles de l'art (normes, DTU, CPT, règles pro...), les avis d'experts (ATec, DTA, ETN...) ou la documentation des fabricants. On y apprend comment gérer les toitures, le tour des baies, le sol des salles d'eau, les bas de murs... Mais un sujet est encore approché succinctement en France : c'est celui qui concerne la maîtrise des risques liés à la condensation à l'intérieur des parois, de l'humidité provenant de l'air intérieur.

**Les grands principes à respecter pour construire des parois pérennes sont les suivants :**

- avoir une enveloppe de bâtiment étanche à l'air,
- renouveler régulièrement l'air intérieur,
- demander au matériau qui assure l'étanchéité à l'air de limiter l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi,
- choisir un parement extérieur ouvert à la vapeur d'eau,
- et, dans certains cas, préférer également pour les autres matériaux une grande ouverture à la vapeur d'eau et un comportement capillaire.

Ces principes s'appliquent aux parois ossature bois, avec quelques spécificités :

- côté extérieur : ce sont tous les matériaux qui séparent l'isolant de l'air extérieur qui doivent être très ouverts à la vapeur d'eau,
- côté intérieur : on peut soit bloquer quasi totalement l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi (pare-vapeur conforme au DTU,  $S_d > 18m$ ), soit envisager une paroi «perspirante».

## Présentation des phénomènes et des grandeurs

La même molécule d'eau peut se présenter sous trois états : la glace (état solide), l'eau (appelée quelquefois «eau liquide»), et la vapeur d'eau (état gazeux).

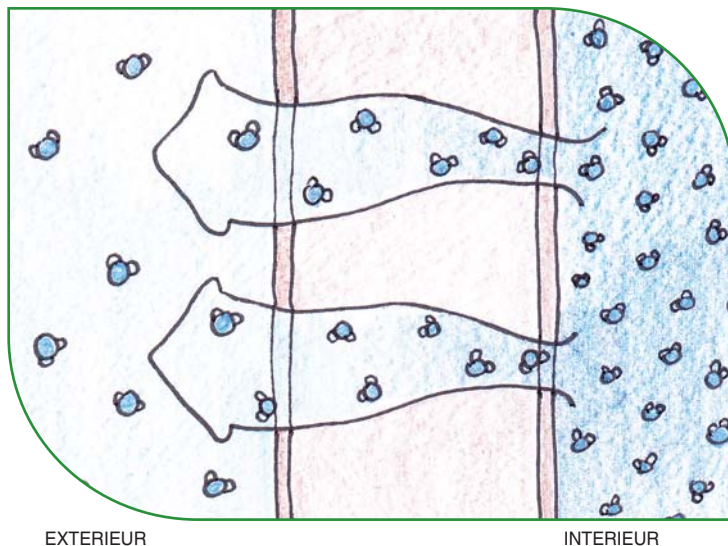
Chacun de ces états a des comportements propres. Par exemple, le mécanisme de déplacement de la vapeur d'eau est différent de celui de l'eau. De plus, dans une paroi, la vapeur peut se condenser, et l'eau s'évaporer.

### 1 - La vapeur d'eau

L'air contient de nombreux gaz, principalement de l'azote et de l'oxygène, mais également de la vapeur d'eau. La quantité de vapeur d'eau de l'air varie énormément, particulièrement en fonction de la température et des sources d'humidité avoisinantes. La quantité de vapeur d'eau de l'air, ou «humidité absolue», s'exprime en gramme (de vapeur d'eau), par kg (d'air sec).

De manière analogue aux calories, qui cherchent continuellement à passer des espaces chauds aux espaces froids, un air contenant beaucoup de vapeur d'eau cherche à s'équilibrer avec les masses d'air moins chargées. Dans les bâtiments, ceci crée une pression de vapeur d'eau de part et d'autre des parois, qui, sous nos climats, est, en hiver, quasiment toujours dirigée de l'intérieur vers l'extérieur.

Les matériaux qui constituent les parois s'opposent plus ou moins au déplacement de la vapeur d'eau. Cette résistance s'exprime par le coefficient  $\mu$ , prononcé mu, et la valeur  $S_d$ .



#### Pression de vapeur d'eau à l'intérieur d'une paroi en hiver

Le flux de vapeur d'eau à travers une paroi est d'autant plus important que :

- la différence entre humidité intérieure et extérieure est grande ;
- les matériaux se laissent facilement traverser par la vapeur d'eau.

Source : Arcanne

#### Définition

**Le facteur de résistance à la (migration de) vapeur d'eau** :  $\mu$  (mu). Le coefficient  $\mu$  indique dans quelle mesure un matériau (pris sous son aspect «matière» : la terre cuite, le plâtre...) s'oppose à la migration de vapeur d'eau.

La référence étant l'air sec immobile, un matériau ayant un  $\mu$  de 30 résiste 30 fois plus à la diffusion de vapeur d'eau que l'air.

La finalité du coefficient  $\mu$  est de calculer la valeur  $S_d$ .

**La résistance (à la diffusion) de vapeur d'eau** :  $S_d$ , en mètre, parfois appelée «épaisseur d'air équivalente».  $S_d$  indique dans quelle mesure un matériau (pris sous son aspect «produit» : brique de 20 cm, plaque de plâtre de 13 mm...) s'oppose à la migration de la vapeur d'eau.

On obtient  $S_d$  en multipliant le coefficient  $\mu$  (du matériau) par l'épaisseur (du produit) :  $S_d = \mu \cdot e$ .

Exemple : Le  $\mu$  du béton étant d'environ 100, un mur de 20 cm en béton banché aura un  $S_d$  de l'ordre de 20 m (100 x 0,20). Cela signifie qu'il exerce la même résistance à la migration de la vapeur d'eau qu'une lame d'air sec immobile de 20 mètres d'épaisseur, ou encore, que la vapeur d'eau traverse 20 cm de béton comme elle traverserait 20 mètres d'air sec immobile.

**Plus le  $\mu$  et le  $S_d$  d'un matériau sont grands, plus ce dernier s'oppose à la migration de la vapeur d'eau.**

Matériaux	Mu	épaisseur	Sd (m)	Sources
<b>Air (= référence)</b>	<b>1</b>	<b>1 m</b>	<b>1</b>	<b>NF EN 12524</b>
Plaque de plâtre	4 à 10	1,3 cm	0,05 à 0,13	NF EN 12524
Film pare pluie			< 0,18	NF P21-203 et 204
Enduit à la chaux	6 à 20	2 cm	0,12 à 0,40	Divers (voir note)
Laine de verre	1	40 cm	0,40	NF EN 12524
Produits manufacturés à base de fibres végétales (laine de chanvre, de bois...)	1	40 cm	0,40	NF EN 12524
Enduit au ciment	25 à 80	2 cm	0,50 à 1.60	Divers (voir note)
Panneaux OSB	≈ 150 à 250	0.9 cm	≈ 1.35 à 2.25	Divers (voir note)
Terre cuite	10 à 16	20 cm	2 à 3,2	NF EN 12524
Béton cellulaire	6 à 10	37 cm	2,2 à 3,7	NF EN 12524
Calcaire tendre	25 à 40	40 cm	10 à 16	NF EN 12524
Polystyrène	60 à 150	15 cm	9 à 23	NF EN 12524
Pare vapeur			> 18 m	NF P21-203 et 204
Béton armé	80 à 130	20 cm	16 à 26	NF EN 12524
Film polyéthylène 150 micron			50	NF EN 12524
Bitume	50 000	1cm	500	NF EN 12524
Granit	10 000	40 cm	4000	NF EN 12524
Verre, métaux, faïence	+∞		+∞	NF EN 12524

### Résistance à la vapeur d'eau de divers matériaux

En vert, les matériaux très ouverts à la migration de vapeur d'eau, en orange ceux qui se comportent plus comme des «freins de vapeur», et en rouge ceux qui stoppent quasiment tout déplacement de vapeur d'eau.

Ce tableau montre également que :

- le  $\mu$  varie pour un même matériau (il peut par exemple évoluer en fonction du taux d'humidité),
- pour les membranes, seul le Sd est renseigné.

**Note** : L'enduit à la chaux, l'enduit au ciment et les panneaux d'OSB sont renseignés avec les valeurs moyennes tirées de bases de données internationales plutôt que selon les textes de référence français. Dans la norme NF EN 12524, les enduits ciment et chaux sont renseignés avec la même valeur de  $\mu$ . Pour les panneaux d'OSB, la valeur renseignée dans la norme française est 5 fois moindre que celle renseignée dans la plupart des autres bases de données.

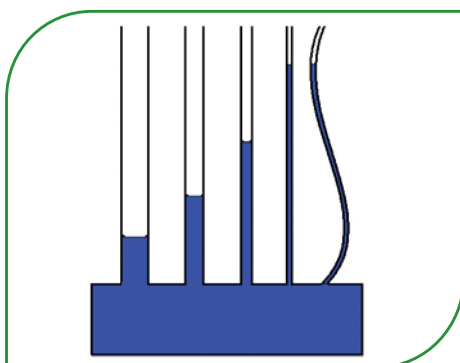
## 2 - L'eau

Contrairement à la vapeur d'eau, qui ne génère aucun désordre à l'intérieur des parois, l'eau, si elle est persistante au-delà d'une concentration donnée, peut causer des problèmes (moisissures, pourrissement, corrosion...).

L'eau à l'intérieur d'une paroi a de multiples origines : remontées capillaires, pluie battante, accident domestique (dégâts des eaux), condensation de vapeur d'eau...

Les phénomènes qui poussent l'eau à se déplacer à l'intérieur des parois sont multiples. Le plus important d'entre eux, appelé transport capillaire, ou capillarité, fait migrer l'eau des espaces humides aux espaces plus secs, mais également du coeur du mur aux parements.

La structure des matériaux facilite ou contrarie ces transferts d'eau liquide. Si elle les empêche, nous aurons à faire à des matériaux «non-capillaires». Dans les autres cas, ils seront «plus ou moins» capillaires.



### Fonctionnement capillaire

Plus la structure d'un matériau s'apparente à des tubes fins et continus, plus les déplacements d'eau s'y feront aisément.

Source : Arcanne

Si pour une rupture de capillarité en bas de mur, un enduit hydrofuge ou un élément de couverture nous recherchons des matériaux peu ou non capillaires, dans les autres cas, l'aspect capillaire est plutôt souhaité. C'est d'ailleurs une caractéristique avec laquelle composait fortement la construction traditionnelle. Car, en facilitant le déplacement de l'eau à l'intérieur des parois, le comportement capillaire diminue les risques dus à l'humidité :

- parce qu'il limite la concentration et la stagnation de l'eau,
- parce qu'en lui permettant de rejoindre les parements, il facilite l'évaporation de l'eau contenue dans les parois.

## Définition

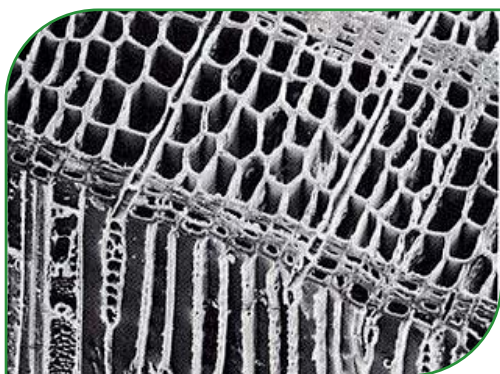
Les grandeurs qui permettent d'exprimer précisément l'aspect capillaire d'un matériau sont au nombre de trois :

- le coefficient d'absorption d'eau, symbolisé A, quelques fois  $A_w$ , en  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$  ;
- le coefficient de transport d'eau liquide par succion, symbolisé  $D_{ws}$ , en  $\text{m}^2/\text{s}$  ;
- le coefficient de transport d'eau liquide par redistribution, symbolisé  $D_{ww}$ , en  $\text{m}^2/\text{s}$ .

Mais, même si la situation tend à évoluer, les communications sur le sujet se contentent souvent de classer les matériaux en non-capillaires, peu, moyennement ou fortement capillaires. Et, si le coefficient A est quelques fois renseigné, c'est, excepté dans des bases de données spécialisées, rarement le cas des coefficients  $D_{ws}$  et  $D_{ww}$ .

Exemple de matériaux :

- non ou très peu capillaires : verre, métaux, plastiques, polystyrène, laines minérales, matériaux hydrofugés...
- peu à moyennement capillaires : bois perpendiculairement aux fibres, majorité des pierres naturelles, enduits à base de ciment...
- fortement capillaires : bois dans le sens des fibres, enduits et mortiers à base de terre, plâtre ou chaux naturelles, pierres calcaires poreuses, briques, ouate de cellulose...



### Vue microscopique des fibres de bois

Pour les matériaux à fibres orientées, on comprend que le comportement capillaire dépend également du sens des fibres.

Source : ALIE



### Saignée de «sauvetage» sur mur en briques de terre crue

Un exemple emblématique concerne les enduits à base de ciment sur le patrimoine ancien. Là, du fait de l'absence de rupture de capillarité radicale à leur base, les murs sont toujours plus ou moins chargés d'eau. Avec des enduits et des mortiers à base de chaux naturelle, terre ou plâtre, l'humidité rejoint les parements pour s'évaporer aussitôt que les conditions atmosphériques le permettent. Avec un enduit ciment, beaucoup moins capillaire, l'eau reste «enfermée» dans le mur. Ceci génère à terme des fissures, des décollements, le pourrissement de pièces de bois (colombage, linteau, nez de poutre...), ou, la perte de résistance du patrimoine construit en terre (pisé, pierres hourdées à la terre...).

# Les phénomènes de condensation / évaporation

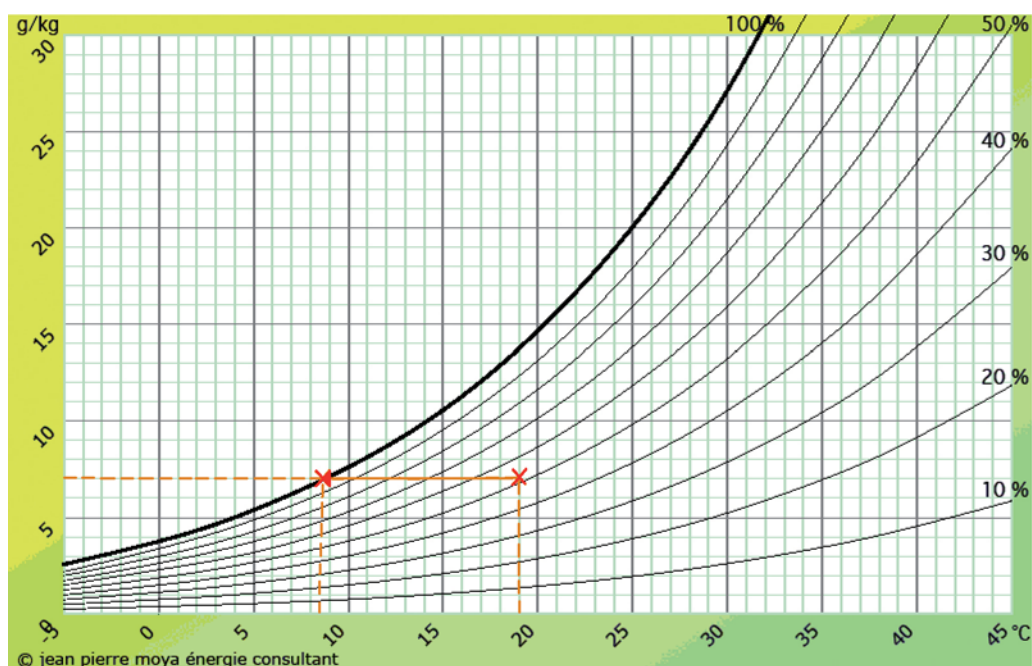
Si la vapeur d'eau comme l'eau ont chacune leur propre réalité et principes de déplacement, au sein d'une paroi :

- la vapeur d'eau peut se transformer en eau (condensation) ;
- l'eau peut devenir vapeur (évaporation).

Deux phénomènes sont à l'origine de ces changements de phase :

## 1- Condensation par saturation de vapeur d'eau

Plus l'air est chaud, plus il est capable d'accepter de la vapeur d'eau. De l'air humide qui refroidi arrive donc tôt ou tard à saturation : une partie de sa vapeur d'eau condense. Le diagramme de Mollier, qui lie température et humidité absolue\*, nous permet de repérer ce phénomène.



### Diagramme de Mollier

Il lie humidité absolue\*, en gramme de vapeur d'eau par kg d'air sec, et température, en °C.

La courbe la plus épaisse, appelée « courbe de saturation » ou « courbe de vapeur d'eau saturante », lie les points d'humidité saturante\* (ou « points de rosée »)

Les courbes plus fines renseignent l'humidité relative\* (HR)

Prenons l'exemple d'un air intérieur à 19°C avec une humidité absolue\* de 7 g de vapeur d'eau. Le diagramme de Mollier nous montre que :

- son humidité relative\* est d'environ 50 %, c'est à dire qu'à cette température, l'air peut contenir deux fois plus de vapeur d'eau avant d'arriver à saturation ;
- s'il rencontre des masses d'air froid, comme par exemple en traversant une paroi en hiver, il va atteindre son taux d'humidité saturante\* (courbe la plus épaisse : HR=100%) vers 8,5°C. Il commencera alors à condenser.

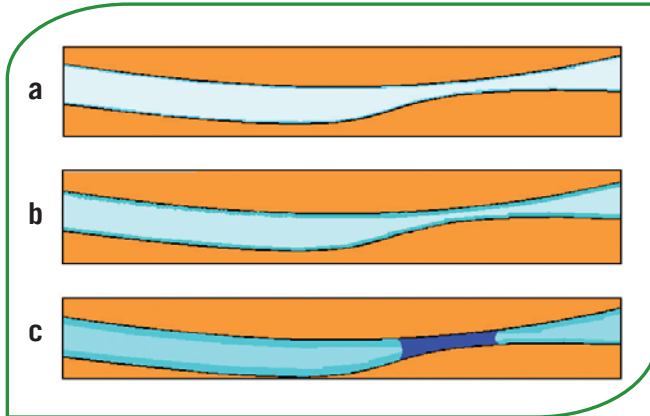
## 2 - Condensation capillaire

Les matériaux de construction, dans leur grande majorité, ont la capacité de fixer de la vapeur d'eau sur les parois de leurs cavités. Lorsque la quantité de vapeur d'eau augmente, une partie se transforme alors en eau. C'est le phénomène de condensation capillaire. Inversement, lorsque l'humidité de l'air diminue, l'eau condensée redevient vapeur.

Selon sa capacité à fixer plus ou moins d'eau dans ses pores, on dira qu'un matériau est plus ou moins hygroscopique. La capacité hygroscopique (ou hygroscopicité) d'un matériau se visualise par sa courbe de sorption, ou, de manière plus simplifiée par sa « teneur en eau référence ». Exprimée en kg par m<sup>3</sup>, elle renseigne la quantité d'eau que fixe le matériau pour une humidité relative de 80%.

Les matériaux hygroscopiques ont une capacité naturelle à emmagasiner/restituer de l'humidité. Si ces phénomènes ont été oubliés en construction contemporaine, ce n'était pas le cas dans l'habitat ancien où l'on composait avec cette inertie hydrique pour :

- améliorer le confort ; en facilitant le lissage dans le temps du taux d'humidité de l'air intérieur, mais également de sa température\*,
- limiter les risques de condensation par saturation de vapeur d'eau dans les parois (l'humidité de l'air diminue lorsque le matériau fixe de la vapeur d'eau : le point de rosée est donc moins facilement atteint).



### Condensation capillaire à l'intérieur d'un pore

Bleu clair : vapeur d'eau adsorbée  
Bleu foncé : eau liquide

- Pour une faible humidité de l'air, la vapeur d'eau se fixe en fines couches sur les parois des pores des matériaux, on parle d'adsorption.
- Lorsque l'humidité augmente, l'épaisseur de la couche adsorbée augmente.
- Lorsque l'humidité augmente encore, les couches finissent par se toucher dans les endroits les plus étroits. La vapeur d'eau se condense, c'est la «condensation capillaire».

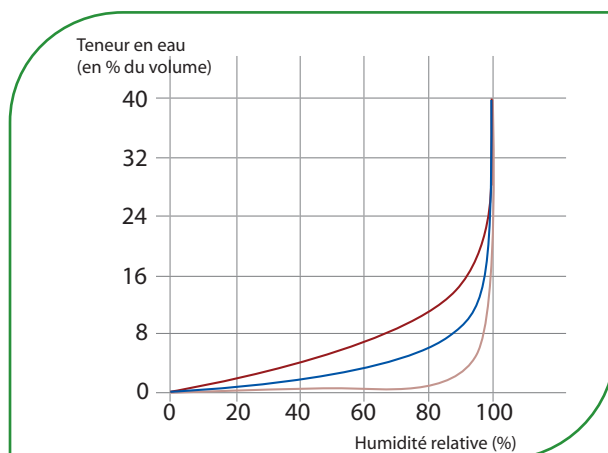
Source : Arcanne

Si ces phénomènes n'améliorent apparemment que modestement la performance thermique d'une paroi, ils semblent contribuer plus fortement au confort intérieur et à la pérennité des parois. C'est en s'inspirant de ces connaissances qu'une approche contemporaine a défini la notion de paroi «perspirante». Cette approche fait référence à des parois exemptes de blocages à la migration de vapeur d'eau, et utilisant des matériaux hygroscopiques.



### Exemple de matériaux non hygroscopiques : métal et verre

Si la grande majorité des matériaux est hygroscopique, ce n'est pas le cas, principalement, du verre, des métaux, des laines minérales, des plastiques alvéolaires (polystyrènes, polyuréthanes...), du verre cellulaire et du liège expansé.



### Exemple de courbes de sorption

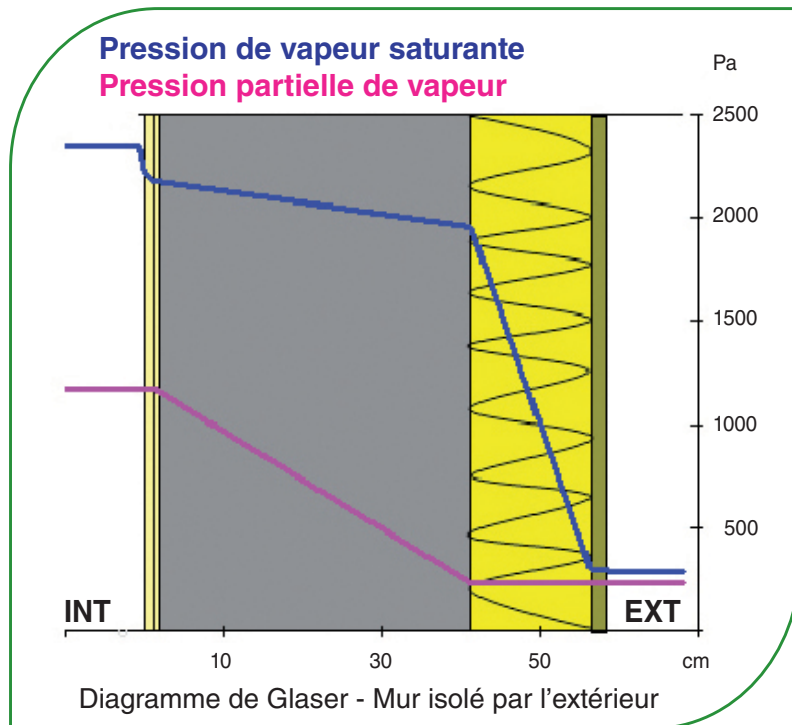
L'étude comparée de courbes de sorption type de la brique (courbe rose), du béton (bleue) et du bois (marron), nous montre que, pour une plage d'humidité courante (HR < 80%), 1 m<sup>3</sup> de bois se charge près de deux fois plus d'humidité que le béton, 8 fois plus que la brique (respectivement de l'ordre de 110, 60 et 15 litres). C'est à priori une des raisons qui explique le confort ressenti avec un parement bois... à condition, bien entendu, qu'il ne soit pas vernis.

Source : Arcanne

# Pour visualiser ce qui se passe

## 1 - La méthode GLASER\*

Cette méthode simplifiée cherche à repérer les zones de condensation de la vapeur d'eau dans une paroi, c'est à dire là où l'humidité relative atteint 100%. Si les phénomènes de condensation se répètent au delà de limites définies (généralement sur plusieurs mois, voir norme NF EN ISO 13788), on estime que le risque de condensation est réel.



### Diagramme de Glaser Mur isolé par l'extérieur

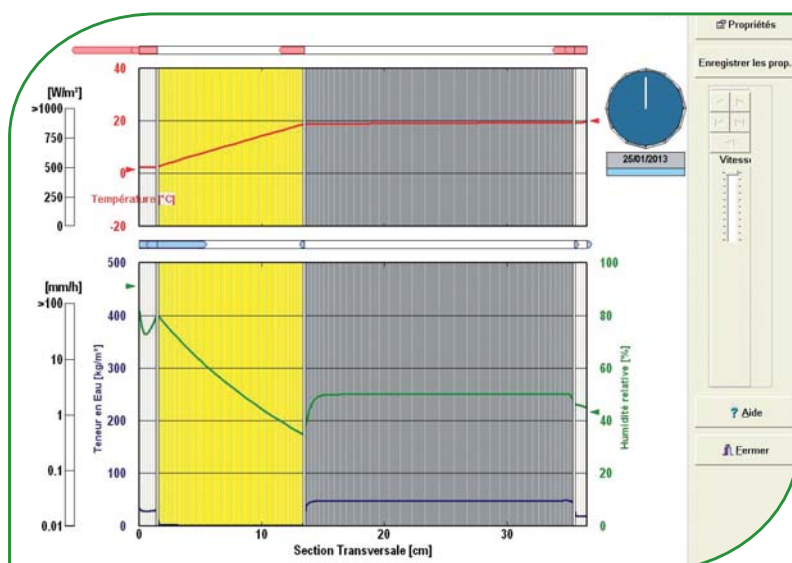
En renseignant l'épaisseur et le  $\mu$  des matériaux d'une paroi, ainsi que la température et l'humidité de l'air intérieur et extérieur, deux courbes prennent forme. Si la courbe rose, qui représente (de manière simplifiée) ce qui se passe dans la paroi croise la courbe de saturation (courbe bleue), de la condensation aura lieu.

Le schéma ci-contre présente un mur maçonné isolé par l'extérieur. Grâce à l'isolant posé côté extérieur, la quasi-totalité du mur est chaud. De fait, les risques de condensation ne sont réels, et avec eux les risques liés à une trop forte présence d'eau, que dans les derniers centimètres extérieurs du mur. La méthode Glaser nous précise alors que les risques sont extrêmement limités si le ou les matériaux qui séparent l'isolant de l'air extérieur sont très ouverts à la migration de vapeur d'eau.

Source : Arcanne

## 2 - Le logiciel WUFI®

Méthode de calcul dynamique, Wufi® prend en compte les comportements hygroscopique et capillaire des matériaux, les variations climatiques intérieures (salle d'eau, présence d'une ventilation...), et extérieures (température, humidité, ensoleillement, vents et pluies), la présence de remontées capillaires, d'éventuelles discontinuités des parements...



### Saisie d'écran WUFI® Mur isolé par l'extérieur

En étudiant sur plusieurs années les variations de température (courbe rouge), de vapeur d'eau (verte) et d'eau liquide (bleue), ce logiciel permet de vérifier si l'équilibre hydrique d'une paroi est maintenu dans le temps.

Source : Arcanne

Reprenant la paroi modélisée ci-avant avec la méthode Glaser, la simulation avec WUFI®, plus complète, confirme les exigences de Glaser : en isolation extérieure d'un mur maçonné, le ou les matériaux séparant l'isolant de l'air doivent être très ouverts à la vapeur d'eau. Mais WUFI® précise également que, particulièrement si c'est un enduit, il lui faut en plus être capillaire.

De plus, toujours en isolation par l'extérieur, WUFI® peut inviter à des préconisations supplémentaires :

- lorsque la paroi présente des risques de reprises d'humidité (absence de rupture capillaire radicale en bas de mur...), et particulièrement si le parement intérieur est peu capillaire :  
**privilégier l'emploi d'un isolant ouvert à la vapeur d'eau ;**
- en présence de matériaux putrescibles (nez de poutre, colombages, paille de torchis...), ou si de la terre crue garde un rôle structurel (pisé, adobes, pierres hourdées à la terre...) :  
**chercher la continuité capillaire entre l'intérieur et l'extérieur. Ceci nous invite donc à une utilisation exclusive de matériaux capillaires, en prêtant attention à ce que les différentes couches soient bien en contact les unes avec les autres.**

En approchant désormais beaucoup plus finement ce qui se passe à l'intérieur des parois, les situations pour lesquelles nous avons des réponses sont plus nombreuses, et les règles à respecter plus précises, mieux documentées.

## Principes à respecter pour des parois pérennes

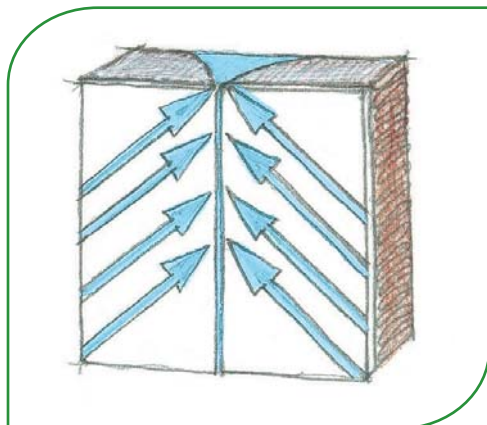
Avec en premier lieu un rappel :

**Pour limiter les risques dus à la condensation de vapeur d'eau dans les parois, il faut d'abord et avant tout :**

- **renouveler régulièrement l'air intérieur ;**
- **avoir une réelle étanchéité à l'air entre l'air intérieur et l'isolant.**

Ces conditions sont estimées respectées si :

- le système de ventilation assure les renouvellements d'air réglementaires (pour le résidentiel, se référer aux débits spécifiés dans les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983. Pour le tertiaire, voir principalement les divers Règlements Sanitaire Départementaux) ;
- l'étanchéité à l'air du bâtiment respecte les niveaux demandés par le label BBC-effinergie, et encore mieux, ceux imposés par la construction passive.



### **Essai de quantification des infiltrations de vapeur d'eau dues à une membrane non continue**

*Avec une fissure de 1mm pour 1m<sup>2</sup> d'isolant, la quantité de vapeur d'eau qui entre par jour dans le mur est de 800g, contre qq. grammes avec un pare vapeur ou un frein de vapeur continu. (Institut de physique du bâtiment- Stuttgart. Essai réalisé avec de la laine minérale et une différence de pression ext/int de 20 Pa).*

Source: «La conception bioclimatique», J-P.Oliva & S.Courgey. Ed. Terre Vivante. Dessin : G. Berteaud

Si l'ensemble des phénomènes en jeu peut paraître complexe, la connaissance du terrain additionnée à celle de la physique du bâtiment et à celle de logiciels tel que WUFI® nous montre que les principes de bases à respecter sont souvent, d'abord, emprunts de bon sens. En complément des murs isolés par l'extérieur, traités précédemment, les autres principaux systèmes constructifs sont présentés ci-après.



## 1 - Principes à respecter pour les parois ossature bois

- Le ou les matériaux qui séparent l'isolant de l'air extérieur doivent être très ouverts à la vapeur d'eau.
- Le matériau assurant l'étanchéité à l'air doit limiter également l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi.

Le présent sujet est repris de manière plus détaillée au chapitre «Zoom sur les parois ossature bois», p 10.

## 2 - Principes à respecter pour les murs maçonnés de type monomurs

- Choisir un enduit extérieur ouvert à la migration de vapeur d'eau, et de plus capillaire.

**Attention** à l'utilisation d'adjuvants, particulièrement d'hydrofuges, qui peuvent réduire l'ouverture à la vapeur d'eau et l'aspect capillaire d'un enduit.

## 3 - Principes à respecter pour les murs isolés par l'intérieur

- Choisir un enduit extérieur ouvert à la migration de vapeur d'eau, et de plus capillaire (attention à l'utilisation d'adjuvants)
- Demander au matériau assurant l'étanchéité à l'air de limiter également l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi.
- Dans le cas d'une paroi présentant des risques de reprises d'humidité (mur ancien sans rupture capillaire radicale...), privilégier pour l'isolant et la membrane des matériaux restant relativement ouverts à la vapeur d'eau. On préférera donc un «frein de vapeur» à un «pare vapeur», sachant que de nouvelles membranes, à Sd évolutif peuvent séduire pour cette utilisation (voir encadré)
- En présence de matériaux putrescibles, ou si de la terre garde un rôle structurel, chercher en plus la continuité capillaire entre l'intérieur et l'extérieur.

### Définition : Pare-vapeur, frein de vapeur...

En France, la terminologie officielle ne différencie pas encore, dans les nombreuses membranes régulant la migration de vapeur d'eau, celles qui sont très fermées de celles qui restent relativement ouvertes. Chacune est appelée «pare-vapeur», la référence à leur Sd renseignant leur comportement exact.

Par contre, sur le terrain, de nouveaux termes voient le jour. Dans l'attente de définitions «officielles», nous en proposons ci-dessous qui semblent respecter, d'une part l'usage qui en est fait ici ou à l'étranger, d'autre part des classes de comportements dictés par la connaissance des phénomènes physiques :

- **Pare-vapeur** : membrane, panneau ou enduit étanche à l'air et dont la résistance à la migration de vapeur d'eau (Sd) est supérieure à 10 à 15 m ;
- **Frein de vapeur** : membrane, panneau ou enduit étanche à l'air et dont la résistance à la migration de vapeur d'eau (Sd) est comprise entre 1 à 5 m.
- Pour les membranes, panneaux et enduits étanches à l'air dont le Sd est inférieur à 1 mètre, on ne parlera usuellement que de **pare-air**.

De plus, depuis quelques années, un nouveau type de membrane conjugue :

- une grande ouverture à la vapeur d'eau lorsque l'air est humide, c'est-à-dire majoritairement l'été : avec un Sd pouvant descendre en dessous de 1m, cela permet alors un assèchement des parois par l'intérieur, particulièrement en été ;
- une fermeture réelle lorsque l'air est sec : c'est le cas principalement l'hiver où là, avec un Sd pouvant dépasser 3 à 10 m, la membrane limite fortement l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi.

Ces membranes prennent, selon, le nom de **pare-vapeur ou frein de vapeur évolutif, hygrovariable, à diffusion variable...** Les produits les plus connus, par ailleurs détenteurs d'un avis technique, sont les membranes INTELLO® de Pro-Clima, et VARIO® d'Isover.

## Zoom sur les parois ossature bois

Pour avoir un avis documenté sur un sujet technique, plusieurs options existent. On peut chercher à comprendre les principes, les fonctionnements, leurs limites... On parlera alors de physique du bâtiment, de physique des matériaux. On peut investir pour maîtriser les outils d'application, tel le logiciel WUFI® pour le sujet qui nous intéresse. Et l'on peut également prendre en seules références les «Règles de l'Art». Egalement appelées «Textes de références», elles intègrent principalement les normes, les DTU, les règles professionnelles et les Cahiers de Prescriptions Techniques.

Après avoir cherché à comprendre les principes, et présenté les outils, nous avons tiré, pages 8 et 9, les principaux enseignements qui en découlaient. Enrichissons-nous désormais de la connaissance des textes de références pour ce qui concerne les parois ossature bois.

Prenons trois exemples nous permettant de réaliser la disparité des textes de références nationaux :

- En Suisse, la norme SIA 1999 part du principe qu'aucun problème n'existe vis à vis de la vapeur d'eau à partir du moment où deux conditions sont respectées :
  1. Les matériaux qui séparent l'isolant de l'air extérieur sont très ouverts à la migration de vapeur d'eau ;
  2. L'étanchéité à l'air est effective coté intérieur.
- En Angleterre, la norme BS 5250 précise par ailleurs que l'ensemble des matériaux séparant l'isolant de l'air extérieur doit être au moins 5 fois plus ouvert à la vapeur d'eau que ceux situés coté intérieur ( $S_{dint} > 5 S_{dext}$ ). Cette exigence est quelques fois reprise en France sous l'appellation «Règle du 5 pour 1»
- En France, les normes NF P21-203 et 204 (anciennement DTU 31.1 et 31.2) précisent qu'il faut d'abord et avant tout respecter deux exigences :
  1. Un pare pluie très ouvert à la migration de vapeur d'eau ( $S_d < 0.18m$ ) ;
  2. Un pare vapeur relativement fermé ( $S_d > 18m$ ).

La logique générale de tous ces textes est la même. Néanmoins, nous pouvons étudier si leurs différences ont des conséquences ou non sur l'éventail de choix proposé aux professionnels.

Afin de limiter les risques dus à la condensation de vapeur d'eau au sein d'une paroi ossature bois, en plus d'une l'étanchéité à l'air effective, on veillera à ce que :

### 1. La résistance à la migration de vapeur d'eau de l'ensemble des matériaux qui séparent l'isolant de l'air extérieur soit faible.

Si les habitudes extra-nationales imposent un  $S_d$  maximum oscillant autour de 0.20 à 0.50 mètre, s'imposer un  $S_d$  inférieur à 0.18m respecte cette exigence en plus d'être conforme aux DTU «Charpente» et «Ossature bois».

*Attention, les normes DTU en question (NF P21-203 et 204, anciens DTU 31.1 et 31.2) manquent de précision à cet égard : si plusieurs matériaux continus séparent l'isolant de l'air extérieur, (ou de la lame d'air ventilé), ce n'est pas forcément le  $S_d$  du pare-pluie qui est à prendre en compte, mais celui du matériau le plus fermé à la migration de vapeur d'eau. Ceci explique pourquoi, par exemple, les panneaux OSB ne sont généralement pas posés coté extérieur à l'étranger.*

### 2. La résistance à la migration de vapeur d'eau du matériau assurant l'étanchéité à l'air côté intérieur soit réelle.

Et là plusieurs options s'offrent à nous, dont :

#### a. Simple respect des DTU :

La membrane assurant l'étanchéité à l'air devra avoir un  $S_d$  de 18 m minimum ;

**Note** : Si dans certains cas, particulièrement en isolation intérieure, la pose d'une membrane trop fermée à la vapeur d'eau peut faire prendre des risques quant à la pérennité des parois, ce n'est pas le cas des ossatures bois lorsque les matériaux séparant l'isolant de l'air extérieur sont très ouverts à la vapeur d'eau. Dans ces cas, la mise en place coté intérieur d'un pare vapeur conformément aux DTU n'augmente donc pas les risques de sinistres.

b. *Réalisation d'une paroi «perspirante».*

Outre l'utilisation de matériaux hygroscopiques (parement bois, plaque de plâtre, feutres de bois, ouate de cellulose...), on souhaitera que le matériau assurant la régulation de vapeur d'eau reste relativement ouvert ( $1 \text{ m} < S_d < 3 \text{ m}$ ). Si cette option ne respecte pas les DTU, l'existence de membranes sous avis technique (ATec ou DTA), permet aux professionnels de ne pas se trouver en porte à faux vis à vis des principes de base qui conditionnent souvent leurs contrats d'assurance.

c. *Mise en œuvre de solutions respectant la physique du bâtiment et/ou les préconisations anglaises ( $S_d > 1 \text{ m}$  avec  $S_d \text{ int} > 5S_d \text{ ext}$ ), mais sans respecter le DTU ( $S_d > 18\text{m}$ ) ou utiliser une solution sous avis technique.*

Dans ce cas, les professionnels devront vérifier auprès de leur assureur, et l'éventuel bureau de contrôle, qu'ils acceptent la solution proposée.



**Pose d'une couche d'isolant coté intérieur de la membrane d'étanchéité à l'air**

*Poser une dernière épaisseur d'isolant devant la membrane d'étanchéité à l'air par ailleurs régulatrice de vapeur d'eau permet d'éloigner les risques de percements (passages des réseaux, pose de chevilles...), et aussi de combler d'isolant le vide technique. Cette possibilité est autorisée par les DTU «Charpente» et «Ossature bois» (règles des 1/3, 2/3 ou, à plus de 600 mètres d'altitude, des 1/4, 3/4.)*



**Contreventement OSB intérieur**

*Plusieurs pays préfèrent poser l'OSB coté intérieur. Parce qu'ils l'estiment trop fermé à la vapeur d'eau pour le mettre coté extérieur, mais également par mesure d'économie, car, posé avec soin et jointoyé à l'aide de rubans adhésifs, l'OSB, en plus d'assurer le contreventement, assure l'étanchéité à l'air et fait office de frein de vapeur ( $S_d \text{ OSB}$  de  $9 \text{ mm} \approx 1.35$  à  $2.25 \text{ m}$ ). Si les textes français permettent une pose de l'OSB coté intérieur, ils imposent d'y ajouter une membrane pare vapeur.*



**Contreventement extérieur par panneaux ouverts à la migration de la vapeur d'eau**

*Plusieurs panneaux contreventants sont très ouverts à la migration de vapeur d'eau (ici le DWD de AGEPAN®,  $S_d \approx 0.18 \text{ m}$ ). En plus d'être autorisé par les DTU (avec néanmoins l'addition d'un pare-pluie si leur  $S_d$  est supérieur à  $0,18 \text{ m}$ ), leur pose coté extérieur ne déroge donc pas aux principes découlant de la physique des matériaux.*

## En savoir plus

**Condensation et évaporation** : les phénomènes d'évaporation, qui arrivent majoritairement lorsque la température s'élève, absorbent des calories. A l'inverse, la condensation (lorsque la température diminue), restitue ces calories. Ces phénomènes, omniprésents dans les constructions anciennes sont désormais remis au goût du jour par les protagonistes des «parois perspirantes» et par les industriels proposant des matériaux «à changement de phase».

**Humidité absolue** : quantité de vapeur d'eau en gramme par kg d'air sec.

**Humidité relative (HR)** : proportion entre humidité absolue et humidité saturante pour une température donnée, en %.

**Humidité saturante** : quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir à une température donnée, en gramme (de vapeur d'eau), par kg (d'air sec). Les points d'humidité saturante sont couramment appelés «points de rosée».

**Méthode de Glaser** : cette méthode prend en compte uniquement la diffusion de la vapeur d'eau en régime permanent. Elle n'intègre pas les comportements hygroscopique et capillaire, les éventuelles remontées capillaires, et discontinuités des parements... Mais, mise au point en 1949, elle date d'une période où les possibilités de calculs complexes étaient limitées.

**Perméabilité et perméance** : si  $\mu$  et  $S_d$  sont les indicateurs qui s'imposent dans le bâtiment au niveau international, le monde scientifique exprime plutôt la capacité à laisser migrer la vapeur d'eau d'un matériau/matière par la valeur  $\omega$  (perméabilité, usuellement en  $g/m.h.mmHg$ ), où  $\omega = 0.09/\mu$ , et celle d'un matériau/produit par la valeur  $P$  (perméance, usuellement en  $g/m^2.h.mmHg$ ), où  $P = 0.09/S_d$

### Légende des photos

**Page 1** : Sankt Gerold (Vorarlberg - Autriche). Architecte : Cukrowicz Nachbaur

### Crédits photos

Perline Courgey, Arcanne, ALIE, Bruno Thouvenin, Philippe Hervouet

### Crédits texte

Samuel Courgey, Arcanne

Avec le soutien financier de



Financé avec  
l'aide de l'Union  
européenne  
FEDER

### Inter Forêt-Bois 42

Espace Fauriel – BP 78  
35 rue Ponchardier  
42010 Saint Etienne Cedex 02

Tél. 04 77 49 25 60  
contact@ifb42.com

 **Inter  
Forêt-Bois 42**