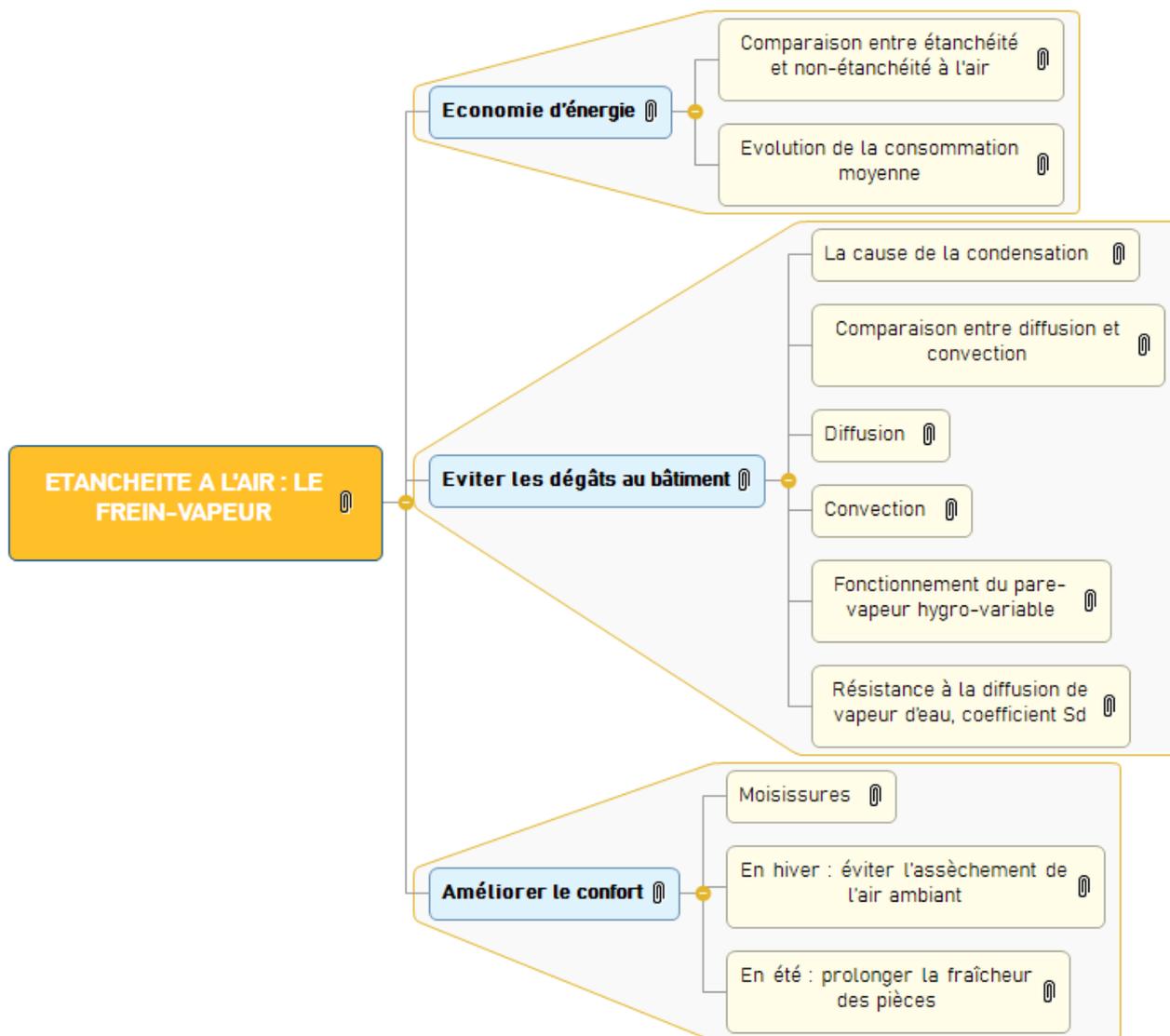


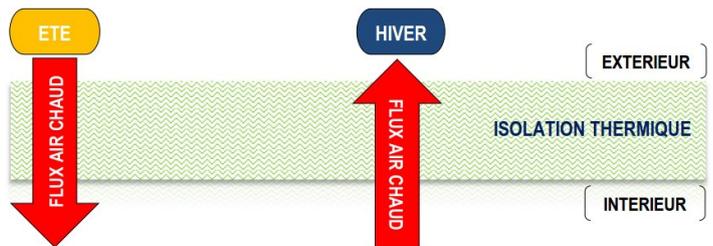
ETANCHEITE A L'AIR : LE FREIN-VAPEUR



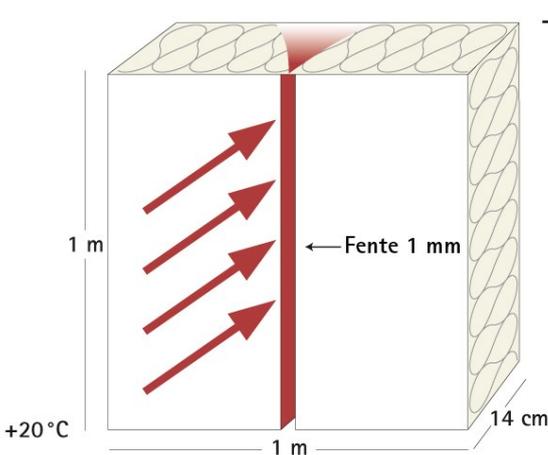
1. Economie d'énergie	2
1.1. Comparaison entre étanchéité et non-étanchéité à l'air	2
1.2. Evolution de la consommation moyenne	2
2. Eviter les dégâts au bâtiment	2
2.1. La cause de la condensation	3
2.2. Comparaison entre diffusion et convection	3
2.3. Diffusion	4
2.4. Convection	4
2.5. Fonctionnement du pare-vapeur hygro-variable	4
2.6. Résistance à la diffusion de vapeur d'eau, coefficient Sd	5
3. Améliorer le confort	6
3.1. Moisissures	6
3.2. En hiver : éviter l'assèchement de l'air ambiant	6
3.3. En été : prolonger la fraîcheur des pièces	6

1. Economie d'énergie

Si aucune mesure d'étanchéité à l'air n'est prise, la différence de température entre les deux zones climatiques tend à s'équilibrer par convection :



1.1. Comparaison entre étanchéité et non-étanchéité à l'air



Etudions une structure d'isolation thermique de 1 x 1 m, avec une épaisseur d'isolation de 14 cm. La performance d'isolation mesurée est de 0,30 W/m².K, calculée au préalable, moyennant une exécution étanche à l'air, sans aucune fente.

En revanche, si la même structure présente une fente large de seulement 1 mm dans la couche d'étanchéité à l'air, la valeur U se détériore et grimpe à 1,44 W/m².K. Cette structure occasionne donc une déperdition de chaleur presque cinq fois supérieure à celle de la structure étanche à l'air.

1.2. Evolution de la consommation moyenne

Exigence thermique	<1975	<1990	RT 2005	RT 2012	Passif
Consommation annuelle [KWh / an / m ²]	330	220	130	50	5

2. Eviter les dégâts au bâtiment

Il y a risque de dégâts au bâtiment par pourriture et moisissure si :

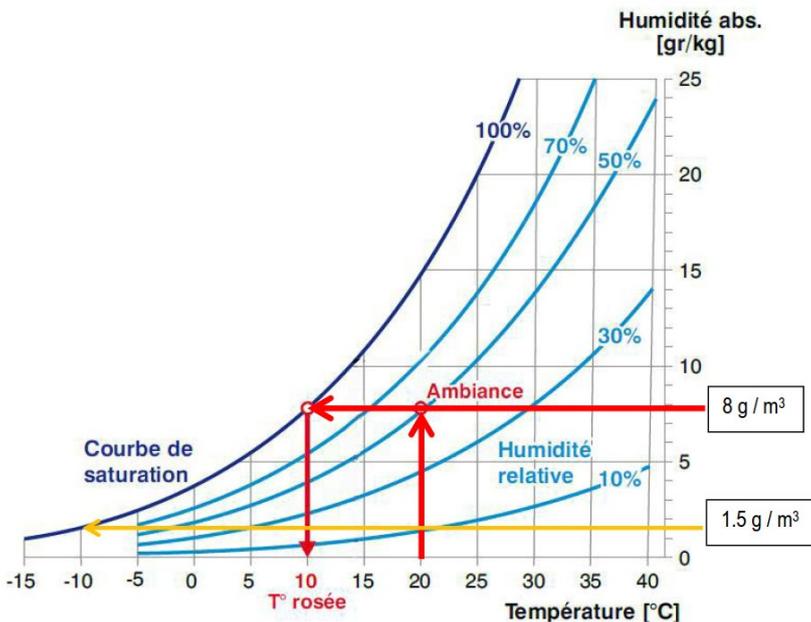
- En hiver, de l'air ambiant humide et chaud pénètre dans la structure l'isolation thermique, par exemple par des fentes laissées dans la couche frein-vapeur et d'étanchéité à l'air, et y occasionne une condensation importante.

Les structures étanches à l'air aident à éviter ce risque.



2.1. La cause de la condensation

Pour garantir un climat ambiant agréable, l'habitation devrait avoir un air ambiant à 20 °C avec une humidité relative d'env. 50 %.



Cela correspond à 8 g d'eau par mètre cube d'air.

Lorsqu'en hiver, cet air ambiant chaud s'échappe vers l'extérieur par des fentes laissées dans la couche d'étanchéité à l'air, il se refroidit de plus en plus durant son passage à travers l'isolation thermique.

Or, l'air froid n'est pas capable d'absorber autant d'humidité que l'air chaud : La température du point de rosée d'un air chaud à 20 °C avec une humidité relative de 50 % est de 10 °C.

Si la température passe en-dessous du point de rosée, il y a formation de condensation.

En cas de refroidissement à -10 °C, la condensation dans la structure est de $8 - 1,5 = 6,5$ g par mètre cube d'air.

2.2. Comparaison entre diffusion et convection

Étudions notre structure d'isolation thermique de 1 x 1 m, avec une épaisseur d'isolation de 14 cm.

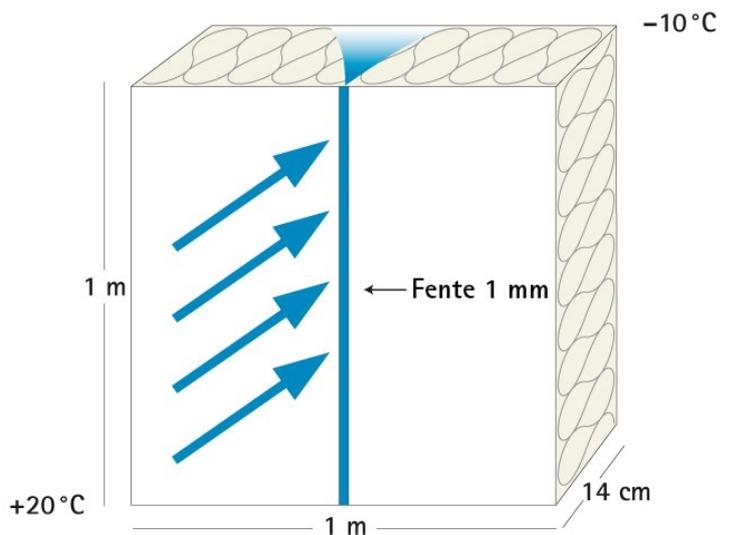
La pénétration d'humidité par diffusion est équivalente à 0,5 g d'eau au m² et par jour moyennant la mise en œuvre sans fentes d'une bande frein-vapeur et d'étanchéité à l'air avec une résistance à la diffusion (valeur **Sd**) de 30 m.

En revanche, si la même structure présente une fente large de seulement 1 mm dans la couche frein-vapeur et d'étanchéité à l'air, ce sont 800 g d'eau qui pénètrent dans l'élément de construction *au m² et par jour*.

Ce flux d'air est appelé convection.

La convection occasionne donc **1 600 fois plus d'humidité** que la diffusion.

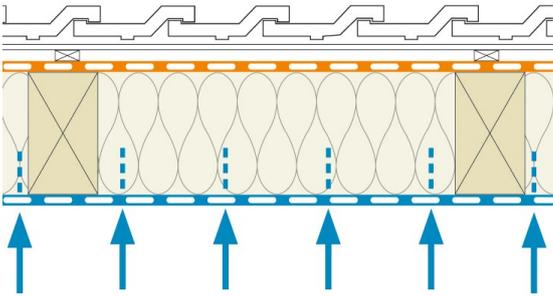
La convection résulte d'une étanchéité à l'air défectueuse.



2.3. Diffusion

La diffusion résulte de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur.

Cependant, l'échange n'a pas lieu par des fentes, mais par le passage de l'air à travers une couche de matériau monolithique.



En règle générale, la diffusion se fait de l'intérieur vers l'extérieur en hiver et de l'extérieur vers l'intérieur en été.

La quantité d'humidité qui pénètre dans la construction dépend de la résistance à la diffusion (valeur Sd) du matériau.

En hiver, un frein-vapeur avec une valeur Sd de 2,3 m laisse pénétrer environ 5 g d'humidité par jour et au mètre carré dans la construction, selon la norme DIN 4108.

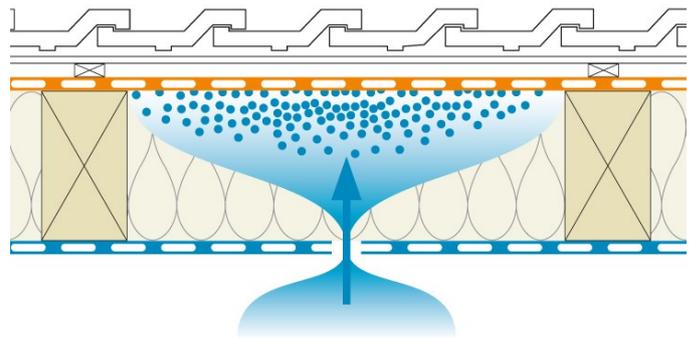
Pour éviter l'accumulation d'humidité dans la structure, la valeur Sd des matériaux composant l'ossature doit décroître de l'intérieur vers l'extérieur : principe du mur perspirant

2.4. Convection

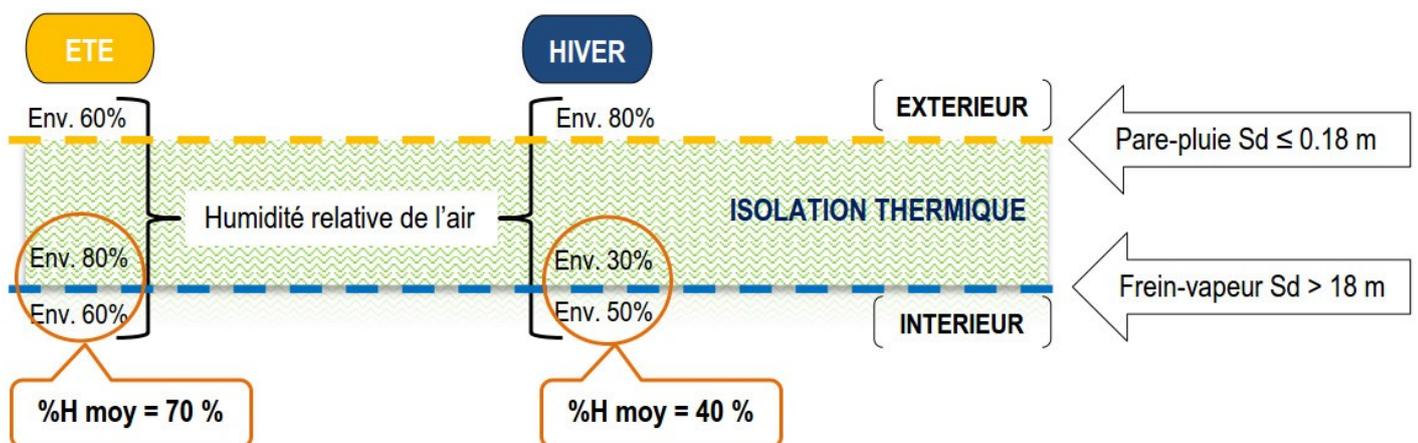
Lorsque l'air se déplace sous la forme d'un flux, on parle de convection.

La convection est due le plus souvent à un défaut dans la couche d'étanchéité à l'air (des frein-vapeurs non collés entre eux ou dont le raccord aux éléments de construction adjacents n'est pas étanche à l'air).

La convection découle de la différence de température entre le climat intérieur et extérieur ; celle-ci crée une différence de pression qui tente de se rééquilibrer par le flux d'air.



2.5. Fonctionnement du pare-vapeur hygro-variable

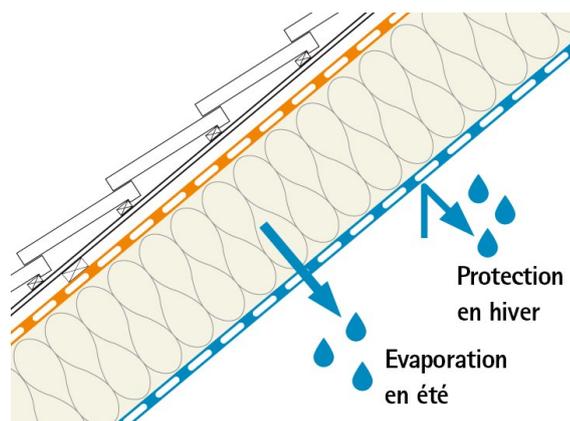


La perméance d'un frein-vapeur hygro-régulant varie en fonction de son humidité relative.

Il se comporte comme un frein-vapeur classique lorsque l'humidité relative est inférieure à 60%, c'est-à-dire dans les conditions normales rencontrées dans les logements en hiver et limite les flux de vapeur d'eau vers l'ossature bois.

Lorsque l'humidité relative augmente, ce qui est le cas en été notamment, ce frein-vapeur laisse passer l'humidité vers l'intérieur, lorsque les flux de vapeur sont inversés.

En conséquence il participe à la limitation du taux d'humidité dans les ouvrages.



2.6. Résistance à la diffusion de vapeur d'eau, coefficient Sd

Le DTU Français pour l'ossature bois (DTU 31.2) ne prend pas en compte les exigences des murs perméables à la migration de vapeur (vapeur d'eau et d'autres gaz comme le CO₂, les COV, etc.).

Il stipule que le matériau utilisé en pare-vapeur doit avoir une perméance $\leq 0,005$ g/m².h.mmHg soit une valeur Sd ≥ 18 m.

Etanchéité à la vapeur d'eau	Symbole	Formule	Unité	Définition
Perméabilité à la vapeur d'eau	δ	Caractéristique intrinsèque du matériau	g/m.h.mmHg	C'est le rapport de la quantité de vapeur d'eau traversant un matériau par unité d'épaisseur ; de temps ; de différence de pression de vapeur de mercure ($\delta_{air}=0.09$) mmHg : unité de mesure de pression, définie comme la pression exercée à 0°C par une colonne de 1mm de mercure. 1 bar = 750 mmHg
Coefficient de Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	$\mu = \frac{\delta_{air}}{\delta_{matériau}}$	Sans unité	C'est le rapport sans dimension de la perméabilité à la vapeur d'eau de l'air sur celle du matériau ($\delta_{air}=0.09$)
Coefficient Sd	Sd	$Sd = \mu \times épaisseur$	m	Épaisseur d'une couche d'air ayant la même perméabilité que le matériau

Classement des pare-vapeurs

Catégorie	Sd	Type
E1	2 à 5m	film PE ép<100 microns ou PVC d'ép < 1mm
E2	5 à 25m	film PE ép>100 microns ou PVC d'ép > 1mm
E3	25 à 200m	bitume armé ou polymère
E4	>200m	bitume armé d'une feuille métallique ou bitumeux multicouches
pare-vapeur hydrorégulants	variable en fonction des	

Sd



3. Améliorer le confort

3.1. Moisissures

Lorsqu'à cause d'une couche d'étanchéité à l'air défectueuse, de l'air intérieur humide et chaud pénètre dans un élément de construction, il y a risque de condensation et donc de prolifération des moisissures.

De nombreuses moisissures libèrent, en tant que produits métaboliques secondaires, des toxines, notamment des COVM (composés organiques volatils microbiens) et des spores, qui sont nocifs pour l'être humain.

Les moisissures sont classées en tête de liste des allergènes.

3.2. En hiver : éviter l'assèchement de l'air ambiant

Souvent observé, le phénomène de l'assèchement de l'air ambiant en hiver découle du fait que de l'air extérieur froid pénètre en quantité trop importante par des fentes dans la maison.

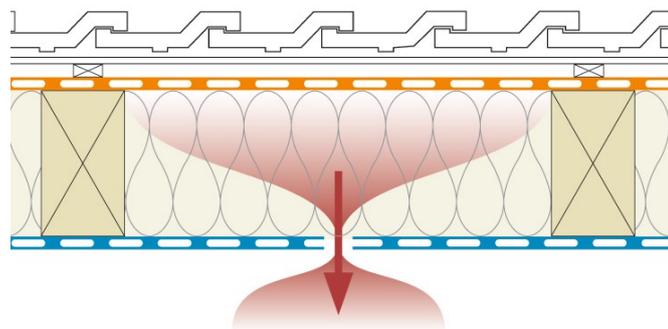
Lorsque l'air froid se réchauffe sous l'effet du chauffage, son taux d'humidité relatif diminue.

Les habitations avec une mauvaise étanchéité à l'air ont donc tendance, en hiver, à avoir un air ambiant plus sec.

3.3. En été : prolonger la fraîcheur des pièces

Pour la protection thermique estivale, on calcule le déphasage et l'atténuation d'amplitude.

On part alors de la présence d'une structure d'isolation thermique qui serait étanche à l'air et à travers laquelle la chaleur devrait progresser pore par pore.



En raison de la grande différence de température et donc aussi de pression, les fentes dans la couche d'étanchéité à l'air créent un flux de l'extérieur vers l'intérieur et donc un échange d'air intense.

Une isolation thermique avec une couche d'étanchéité à l'air défectueuse ne peut plus contribuer à la protection contre la chaleur estivale.

Résultat : un climat intérieur trop chaud, désagréable.