

Bases de la **physique du bâtiment**

Pour l'étanchéité fiable de l'enveloppe
du bâtiment



Physique du bâtiment – aperçu

Chère lectrice, cher lecteur,

Pour pouvoir concevoir et réaliser des structures d'isolation thermique en toute sécurité, il faut avoir des connaissances générales en physique du bâtiment. Mais parfois, les liens de cause à effet dans ce domaine semblent complexes et difficiles à comprendre. C'est pourquoi nous avons assorti le chapitre Physique du bâtiment ainsi que les deux études qu'il contient, d'explications et d'illustrations simples.

L'étude sur le calcul du potentiel de prévention des dégâts au bâtiment analyse et évalue différentes variantes de construction, sur la base des recommandations actuelles du « Fraunhofer Institut für Bauphysik », et indique la voie à suivre pour une conception et une réalisation qui se fondent sur des principes solides, sont adaptées à la pratique et offrent une fiabilité durable, avec des marges de sécurité maximales. Nous y avons sciemment pris en compte des éléments de construction avec de grosses épaisseurs d'isolation.

Dans l'étude sur la rénovation, nous examinons la sécurité de différentes solutions et nous vous apportons, dans une liste en 10 points, des recommandations claires et précises sur la réalisation de constructions durablement fiables.

Le savoir-faire de pro clima dépasse largement le contenu du chapitre Physique du bâtiment et même de ce manuel de planification. Notre équipe d'ingénieurs spécialisée dans la construction en bois et le bâtiment échange en permanence des connaissances et expériences avec des partenaires dans les associations professionnelles, la recherche et l'enseignement. En collaboration avec des praticiens dans le domaine de la conception et de la mise en œuvre, ils élaborent des solutions intégrées novatrices pour des bâtiments qui allient au mieux durabilité, prévention des dégâts constructifs et santé de l'habitat. La connaissance est la clé du succès. Nous souhaitons partager notre connaissance avec vous.

Dans cet esprit, nous espérons que vous aurez autant de plaisir que nous à faire de nouvelles découvertes.

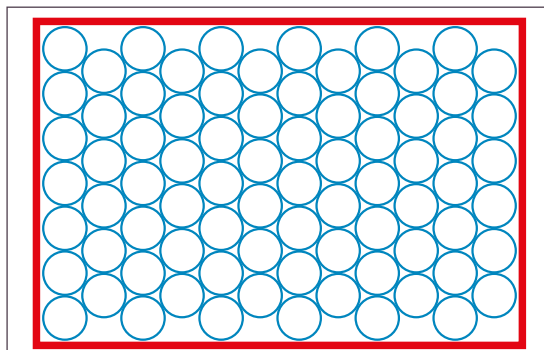


Lothar Moll
*Ingénieur diplômé en technique
du bois Gérant, Recherche et
développement, production,
assurance qualité, exportations*



Michael Förster
*Ingénieur diplômé en bâtiment
Diplômé en gestion d'entreprise
Responsable des techniques d'appli-
cation, Recherche et développe-
ment, assurance qualité, séminaires*

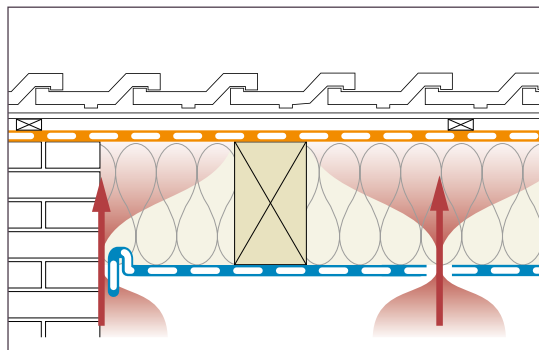
Physique du bâtiment – aperçu



La structure idéale

L'étanchéité à l'air à l'intérieur et l'étanchéité au vent à l'extérieur constituent la base d'une isolation thermique efficace.

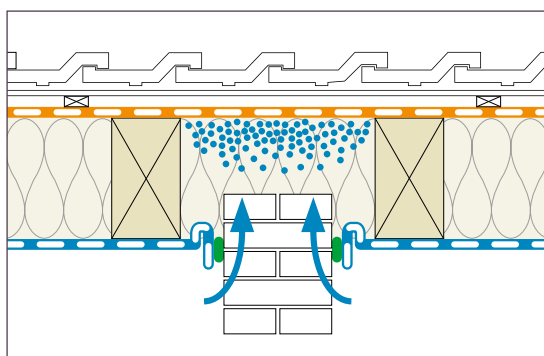
[page 4](#)



Les défauts d'étanchéité à l'air et leurs conséquences

Les moindres fuites peuvent déjà causer des dégâts au bâtiment et des moisissures.

[page 5](#)

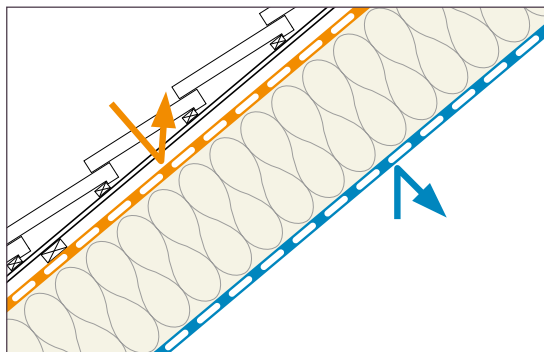


Les voies empruntées par l'humidité

Les frein-vapeurs intelligents assurent une protection fiable de la construction, même contre l'apport d'humidité imprévu.

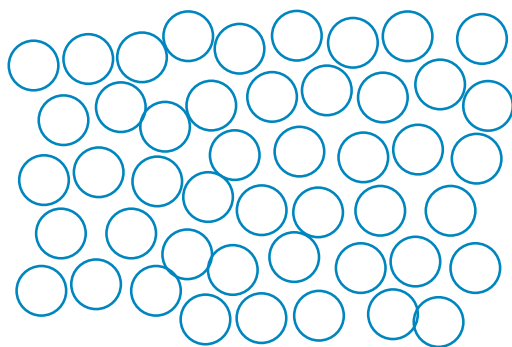
[page 8](#)

La structure idéale



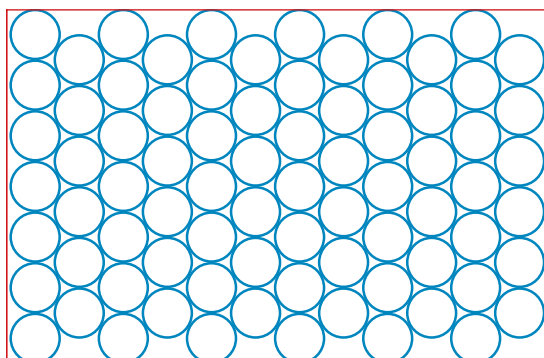
L'efficacité de toutes les isolations thermiques repose sur les inclusions d'air dans le matériau isolant (ouate de cellulose, liège, laine de mouton et laines minérales et autres matériaux fibreux).

Pour garantir l'effet isolant de ces inclusions d'air, il faut les protéger de tout flux d'air. C'est pourquoi dans une structure d'isolation idéale, l'isolant est protégé de toutes parts : étanche à l'air à l'intérieur ; étanche au vent à l'extérieur.



Isolation grâce à l'air immobile

Isolant non protégé : le flux d'air dans la structure poreuse réduit l'effet isolant.



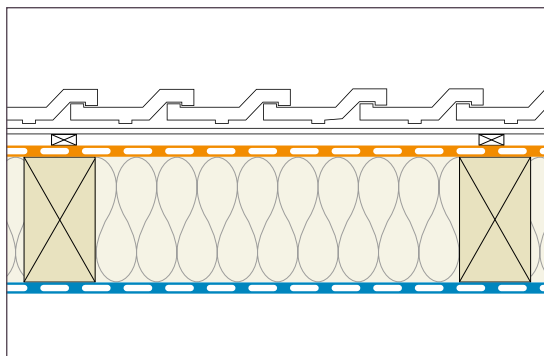
Isolation thermique protégée

Isolant protégé : aucun flux d'air n'est possible dans la structure poreuse, l'effet isolant est total.

Voici un exemple : L'effet d'isolation thermique d'un pull en laine repose lui aussi sur les inclusions d'air immobiles dans les fibres : dès qu'un vent froid se lève, l'effet isolant diminue. Mais si vous enfilez, sur votre pull un léger coupe-vent qui, en lui-même, ne tient absolument pas chaud, l'effet isolant sera retabli.

Remarque

Une exécution parfaite lors de la réalisation de l'étanchéité à l'air est primordiale, car les fuites dans la surface et au niveau des raccords ont des conséquences importantes.



Étanche à l'air à l'intérieur, étanche au vent à l'extérieur

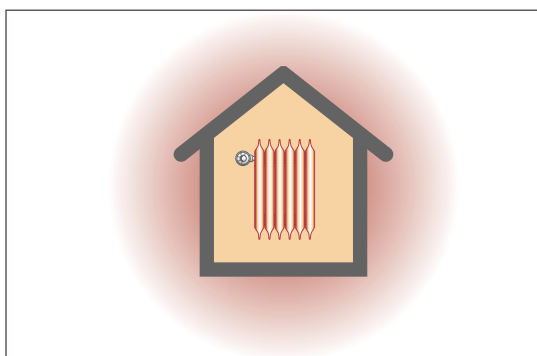
C'est pourquoi dans une structure d'isolation idéale, l'isolant est protégé de toutes parts : à l'extérieur par l'étanchéité au vent, par un écran de sous-toiture ou de façade ouvert à la diffusion par exemple, à l'intérieur par une couche d'étanchéité à l'air, tel un frein-vapeur. L'étanchéité au vent empêche que l'isolant ne soit traversé par un flux d'air froid venant de l'extérieur. L'étanchéité à l'air protège de la pénétration d'air ambiant humide et donc de la formation de condensation et de moisissures.

Les défauts d'étanchéité à l'air et leurs conséquences

Economie + écologie/déperditions de chaleur/réchauffement climatique

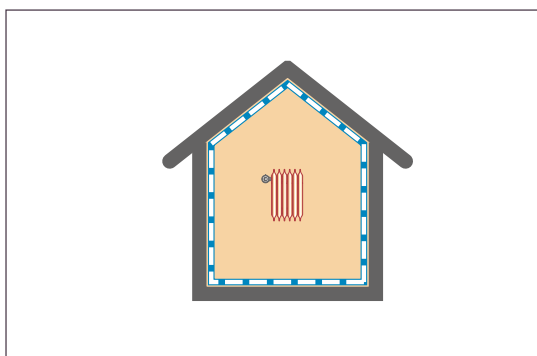
Enveloppe du bâtiment non étanche : frais de chauffage élevés et émissions de CO₂ importantes

Des fuites même minimales dans la couche frein-vapeur, telles qu'elles apparaissent en cas de collage défectueux des recouvrements ou des raccords de lés, ont des conséquences importantes. Un tel défaut a les mêmes incidences qu'une fente continue entre un châssis de fenêtre et la maçonnerie. Or, personne ne tolérerait une fuite dans cette zone. Par conséquent, il convient d'accorder la même attention aux fentes dans le frein-vapeur.



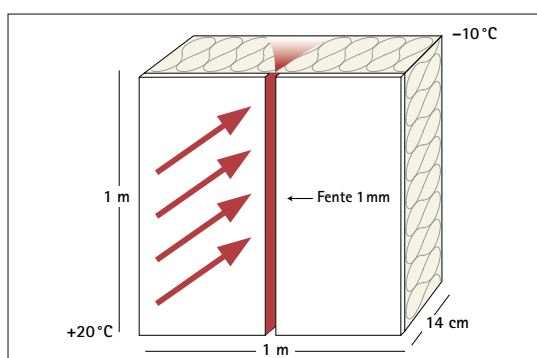
Enveloppe du bâtiment étanche : frais de chauffage réduits et protection du climat

L'augmentation des frais de chauffage due à des défauts d'étanchéité entraîne une moindre rentabilité de l'isolation thermique pour le maître d'ouvrage. En outre, les émissions de CO₂ dépassent le niveau nécessaire au chauffage de bâtiments étanches à l'air. D'après une étude de l'Institut de physique du bâtiment de Stuttgart, la valeur U d'une structure d'isolation thermique se détériore de 4,8 lors de présence de défauts dans l'étanchéité à l'air. Rapporté à la réalité, cela signifie que pour une maison d'une surface habitable de 80 m² qui présente des fuites dans l'étanchéité à l'air, la quantité d'énergie pour le chauffage est aussi importante que pour une maison étanche à l'air d'une surface habitable d'env. 400 m². Des émissions de CO₂ incontrôlées favorisent l'effet de serre ; la civilisation humaine en ressent notamment les effets par le nombre croissant de catastrophes naturelles. C'est pourquoi il faut veiller à réduire les émissions de CO₂. C'est non seulement par des économies de chauffage que nous aidons l'environnement, mais aussi et surtout par l'utilisation de solutions intelligentes.



Seule une structure d'isolation thermique sans fente atteint la valeur d'isolation maximale.

D'après une enquête réalisée en l'an 2000, les maisons d'Europe centrale ont besoin en moyenne de 22 litres de fioul par m² de surface habitable (220 kWh/m²) pour le chauffage des pièces, alors qu'une maison passive n'en consomme qu'un litre et une maison dite à trois litres nécessite 3 litres de fioul par m², à condition que l'étanchéité à l'air soit parfaite. Les fentes dans la couche d'étanchéité à l'air des bâtiments multiplient les besoins en énergie par m² de surface habitée.

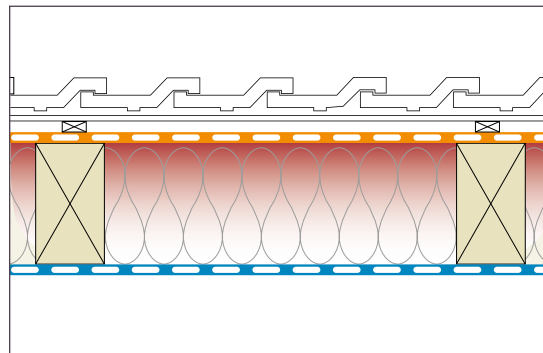


Climat intérieur désagréable en été

La protection contre la chaleur estivale se caractérise par le temps (en heures) que prend la chaleur régnant sous la couverture pour parvenir du côté intérieur de la construction (déphasage) et par l'augmentation de la température ambiante qui en découle, exprimée en degrés Celsius (°C), par rapport à la température extérieure (atténuation de l'amplitude).

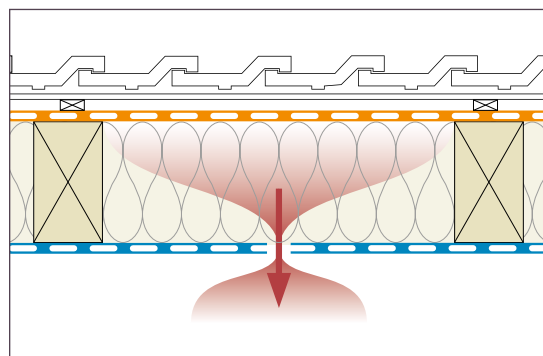
Pièces fraîches malgré la chaleur estivale

Pour déterminer la protection contre la chaleur estivale, on calcule le déphasage et l'atténuation de l'amplitude. Ces calculs se basent sur le fait que la couche d'étanchéité à l'air est mise en place d'une manière continue et efficace. Le transfert de chaleur vers l'intérieur se réalise relativement lentement en fonction de la nature et de la structure de l'isolation thermique ainsi que les propriétés qui définissent son inertie thermique.



Echauffement rapide à cause de flux d'air

Des fentes dans la couche d'étanchéité à l'air créent des flux d'air de l'extérieur vers l'intérieur, en raison de la grande différence de température et donc de pression, et par conséquent entraînent d'importants échanges d'air entre les deux zones. L'isolation thermique ne peut plus contribuer à la protection contre la chaleur estivale, d'où l'apparition d'un climat ambiant trop chaud et désagréable.



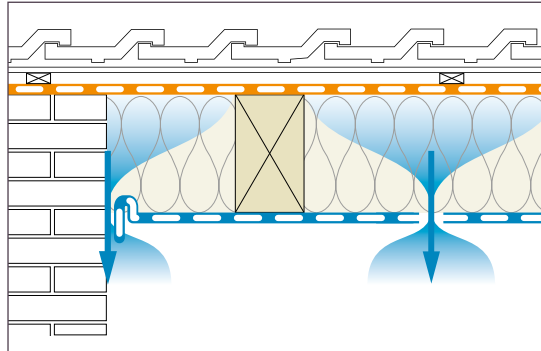
Climat intérieur malsain en hiver

Durant la période de chauffage, l'humidité relative de l'air dans les pièces habitées devrait se situer à un taux confortable de 40 à 60 %. Un climat intérieur trop sec nuit à la santé des occupants.

Pénétration d'air froid par des fentes

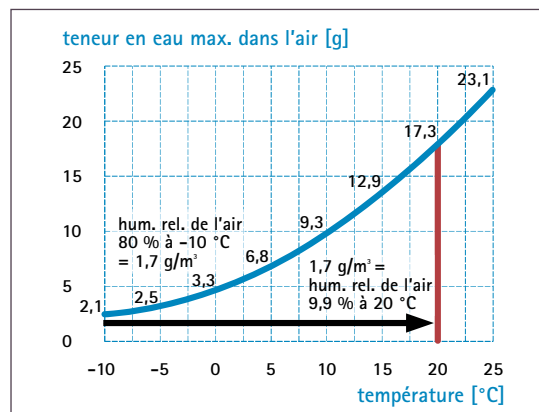
Souvent observé, le phénomène de l'assèchement de l'air ambiant en hiver découle du fait que de l'air extérieur froid pénètre par des fuites dans la maison. Lorsque cet air se réchauffe sous l'effet du chauffage, son taux d'humidité relative diminue.

En hiver, les maisons avec une mauvaise étanchéité à l'air ont donc tendance à contenir un air trop sec dont le taux d'humidité est difficile à augmenter, même avec des humidificateurs. Conséquence : un climat intérieur désagréable.



Taux d'humidité relatif de l'air trop faible, donc nuisible à la santé et au confort

Exemple : Un air froid à -10 °C peut, à un taux d'humidité relatif de 80 %, contenir au maximum $1,7\text{ g/m}^3$ d'humidité (climat hivernal extérieur). Lorsque cet air est réchauffé à 20 °C (climat hivernal intérieur), l'humidité relative de l'air tombe à 9,9 %.

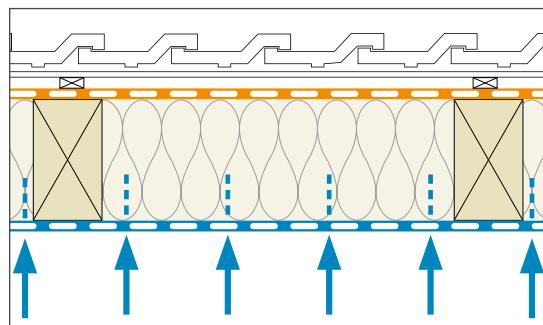


Les voies empruntées par l'humidité

Il faut protéger la structure d'isolation thermique de la charge d'humidité apportée par l'air intérieur chaud. Les frein-vapeurs et membranes d'étanchéité à l'air remplissent cette fonction.

Diffusion normale

Diffusion : La diffusion résulte de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Ici cependant, l'échange n'a pas lieu par des fentes, mais par le passage de l'humidité à travers une couche de matériau monolithique, étanche à l'air. 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 s_d) du matériau. En Europe centrale, la période où règnent des températures extérieures chaudes est plus longue que celle avec des températures hivernales, de sorte qu'une plus grande quantité d'humidité peut être rediffusée à l'intérieur.

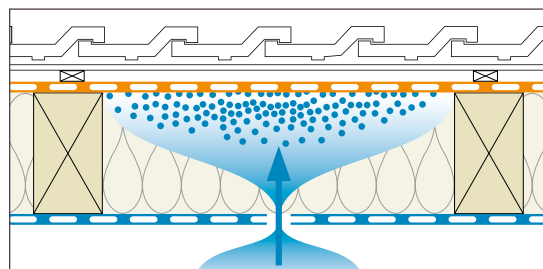


Remarque

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

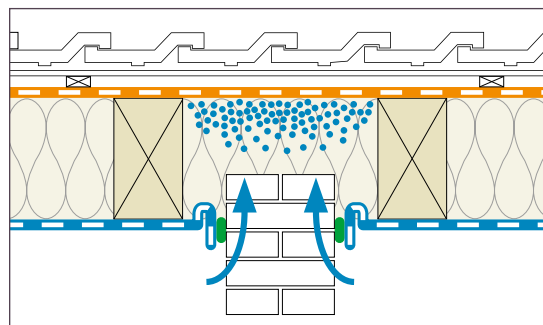
Imprévu : flux d'air (convection)

Convection : Lorsque l'air se déplace sous la forme d'un flux, on parle de convection. Celle-ci peut se produire dans la structure d'isolation thermique lorsque la couche frein-vapeur présente des fentes. La différence de température entre les climats intérieur et extérieur crée aussi une différence de pression qui tente de se rééquilibrer par le flux d'air. La convection peut amener en un jour plusieurs centaines de grammes d'humidité dans l'isolation thermique qui risquent d'y rester sous forme de condensation.



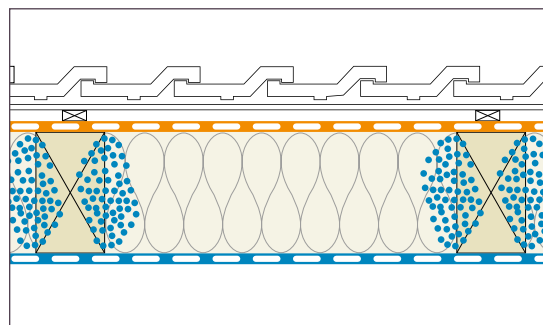
Imprévu : apport d'humidité par les flancs d'un élément de construction

Diffusion par les flancs : L'humidité est amenée dans l'isolation thermique par le flanc d'un élément de construction. L'élément de construction latéral est en général étanche à l'air, mais possède une valeur s_d plus petite que le frein-vapeur. Exemple : un mur de refend maçonné, recouvert d'un enduit étanche à l'air. Lorsque des parois, étanches à la diffusion à l'extérieur, sont pourvues, sur leur côté intérieur, de frein-vapeurs qui offrent un degré d'évaporation nul ou faible, il y a un risque d'accumulation d'humidité et donc de dégâts au bâtiment, même en cas d'exécution étanche à l'air.



Imprévu : humidité libérée par des matériaux de construction

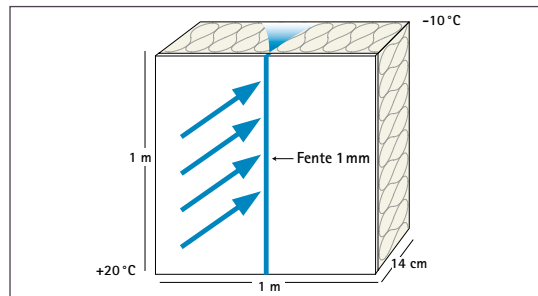
Matériaux de construction humides : Les matériaux de construction eux-mêmes apportent souvent beaucoup d'eau dans la construction. Un exemple illustre les quantités d'humidité que cela peut représenter : dans le cas d'un toit avec des chevrons d'une section de 6/22 cm, un entraxe de 70 cm et une masse volumique de 500 kg/m^3 , il y a environ 10 kg de bois par mètre linéaire de chevrons. Par conséquent, si ce bois sèche de seulement 1 %, il libère 100 g d'eau au m^2 ; à 10 %, ce sont 1000 g, à 20 % 2000 g d'eau au m^2 qui s'évaporent des chevrons et peuvent pénétrer dans les autres éléments de la construction.



800 g d'eau de condensation à travers une fente de 1 mm

Voici un exemple : Une structure d'isolation exempte de fentes et dotée d'un frein-vapeur avec une valeur s_d de 30 m laisse pénétrer 0,5 g d'eau au m^2 par diffusion dans la construction, par journée d'hiver normale.

Dans le même laps de temps, la quantité d'humidité qui pénètre par convection dans la construction, par une fente de 1 mm de large présente dans le frein-vapeur, est de 800 g par mètre linéaire de fente. Cela correspond à un facteur de détérioration de 1600.



Moisissures dues à la condensation

Le bâtiment risque de subir des dégâts causés par des moisissures, lorsqu'en hiver, de l'air intérieur chaud et humide pénètre dans la structure d'isolation thermique, par exemple par des fentes présentes dans la couche frein-vapeur et d'étanchéité à l'air, et occasionne une condensation importante. De nombreuses espèces de moisissures fabriquent des métabolites secondaires – des mycotoxines, notamment des COVM (composés organiques volatils microbiens), et des spores dangereux pour la santé humaine. Elles sont considérées comme les allergènes les plus redoutables. Il faut donc éviter tout contact avec elles. À cet égard, il importe peu si les COVM ou spores se retrouvent dans l'estomac, par ingestion de nourriture, ou dans les poumons, par inhalation d'air.



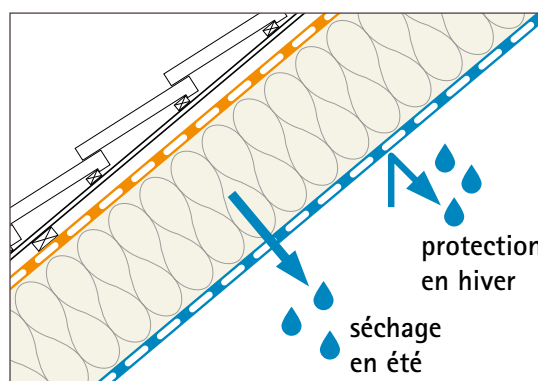
Conclusion



- ✓ L'humidité peut pénétrer dans la construction de multiples manières. Il est impossible d'exclure totalement toute charge d'humidité.
- ✓ Si les charges d'humidité sont trop grandes, le bâtiment subit des dégâts.
- ✓ Les frein-vapeurs sont plus sûrs que les pare-vapeurs. Les pare-vapeurs très résistants à la diffusion ne permettent guère l'évaporation vers l'intérieur et deviennent donc vite des pièges à humidité.
- ✓ Le paramètre déterminant dans la prévention des dégâts au bâtiment = les réserves de séchage de la construction

Le meilleur moyen : les membranes intelligentes

Sécurité maximale : Les membranes frein-vapeur à résistance hygrovariable à la diffusion offrent à la construction la meilleure protection contre les dégâts par condensation. En hiver, elles sont fermées à la diffusion et protègent idéalement l'isolation de la pénétration d'humidité. En été, elles sont capables de réduire très fortement leur résistance à la diffusion et de garantir ainsi les meilleures conditions d'évaporation possibles.



Pour de plus amples informations, consultez nos brochures actuelles:

»Etude sur le calcul du potentiel de prévention des dégâts au bâtiment«

»Etude de rénovation«

