

Isolation intérieure

Défis et solutions

3^e édition





Fig. 1 : Maison à St. Antoni

Conception : Weber Energie und Bauphysik, Berne

Réalisation : Vonlanthen Holzbau AG, Schmitten

Pour plus d'informations, voir le dépliant « Isolation intérieure - Des performances optimales avec de la laine de verre suisse ».

*Photo de couverture : maison à Aarberg,
réalisation de l'isolation intérieure : Scheurer Holzbau AG, Lyss.*

Table des matières

GÉNÉRALITÉS SUR L'ISOLATION INTÉRIEURE

Avantages de l'isolation intérieure et extérieure	5
Hygrothermie	6
Exigences pour un équilibre hygrométrique fonctionnel	10
Évaluation et justificatifs	12
Comparaison des systèmes d'isolation	14
Cas particuliers	18

SOLUTIONS ISOVER

Les solutions Isover pour l'isolation intérieure	20
Un air sain grâce à des matériaux adaptés	21
La solution Isover pour les charpentiers et les menuisiers	22
La solution Isover pour les plaquistes	23
Démonstration de l'efficacité des solutions Isover	24
Exemples de réalisations et mesures de température et d'humidité	26



*Fig. 2 : Collège de Florimont,
planification de l'isolation intérieure :
Estia SA, Lausanne.
Pour plus d'informations, voir le dépliant
« Isolation intérieure – Des performances
optimales avec de la laine de verre suisse »*

Généralités sur l'isolation intérieure

Avantages de l'isolation intérieure et extérieure


Les bénéfices apportés par une isolation sont largement reconnus : diminution de la consommation d'énergie, amélioration du confort grâce à des températures de surface intérieure plus élevées, limitation des risques de condensation et de développement de moisissures.

Voici les avantages propres à chacune des deux solutions :

Avantages de l'isolation intérieure

- Rénovation énergétique sans intervention sur la façade
 - pour les façades classées monuments historiques
 - pour les façades présentant des structures, des saillies, des ressauts, des décalages, etc.
 - en cas de restrictions légales (distances limites)
- Chauffage rapide de pièces utilisées occasionnellement comme par exemple les maisons secondaires, salles de réunion, églises
- Rénovation possible par étapes
- Aucun risque de prolifération d'algues grâce aux masses thermiques élevées au niveau des façades
- Économique (pas d'échafaudage)

Avantages de l'isolation extérieure

- Efficacité énergétique supérieure (pas de ponts thermiques au niveau des raccords des parois intérieures et des dalles aux murs extérieurs)
- Pas de réduction de la surface habitable ou utile
- Pas de réduction de la capacité de stockage de chaleur des pièces (protection thermique d'été) → 
- Tolérance accrue du point de vue de la physique du bâtiment, avec une solution d'isolation offrant une meilleure marge face aux erreurs en matière de protection contre l'humidité
- Démonstration plus simple de la protection contre l'humidité

Conclusion

Du point de vue de la physique du bâtiment, notamment en matière de protection thermique et de gestion de l'humidité, l'isolation par l'extérieur est préférable à l'isolation intérieure.

Cela dit, l'isolation intérieure présente également certains atouts. Souvent, elle constitue la seule solution envisageable pour améliorer la performance énergétique des murs extérieurs. Ses effets sur le comportement hygrothermique du bâtiment doivent donc être étudiés avec attention, et les systèmes d'isolation doivent être conçus et réalisés en conséquence.

Hygrothermie

Toute mesure d'isolation intérieure est plus exigeante et plus risquée en termes de protection contre l'humidité qu'une isolation extérieure. Les processus, causes et effets présentés ci-après visent à faciliter l'évaluation de l'équilibre hygrométrique d'un mur extérieur avec isolation intérieure, de sa tolérance à l'humidité et, par conséquent, de sa fiabilité.

L'isolation intérieure provoque...

... en hiver, une baisse de température à l'intérieur de la couche isolante et donc :

- des températures plus basses dans toutes les couches du côté froid de l'isolation
- une augmentation de l'humidité dans la zone critique, c'est-à-dire la zone limite entre l'isolation et le mur existant
- une aggravation de la situation dans la zone d'appui des constructions des dalles en bois
- dans certaines conditions, une diminution de la température de surface intérieure des éléments de construction adjacents
- un risque accru de dégradations dues au gel en cas de pluie battante

... une réduction du potentiel de séchage de l'humidité et donc un niveau d'humidité plus élevé dans le mur existant :

- vers l'intérieur en raison des couches supplémentaires
- vers l'extérieur, car la paroi existante reçoit moins de chaleur depuis l'intérieur

... des variations de température plus importantes dans les couches du côté froid de l'isolation et donc :

- un risque accru de formation de fissures en raison d'une sollicitation thermique accrue

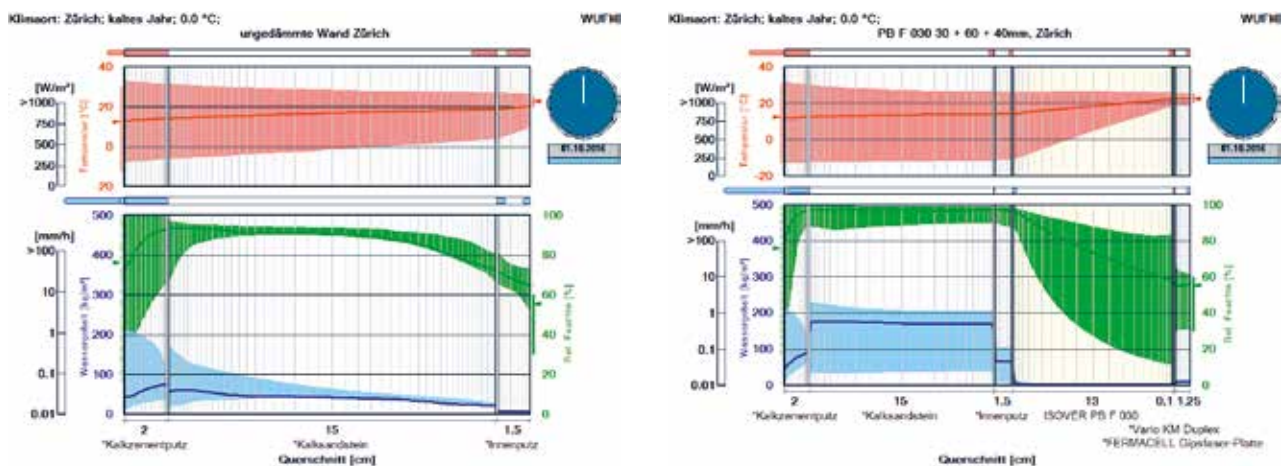


Fig. 3 : Répartition de la température et de l'humidité d'un mur extérieur non isolé et d'un mur extérieur isolé pendant plusieurs cycles annuels. Graphiques issus du logiciel de simulation WUFI®.

Chute de la température à l'intérieur de la couche d'isolation

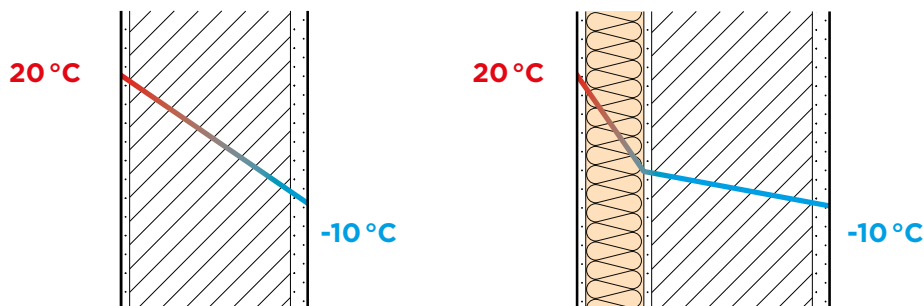


Fig. 4 : Répartition de la température dans un mur extérieur sans et avec isolation intérieure

Les conséquences évoquées en introduction, à savoir les températures plus basses dans le mur existant dues à l'isolation intérieure, sont illustrées dans la figure 4. La zone critique, dans laquelle l'eau condense lorsque la température descend en dessous du point de rosée, se trouve sur la surface intérieure du mur existant. La nature (sensibilité au gel, résistance à l'humidité et capacité de sorption) de cette couche – généralement un enduit intérieur – est déterminante pour le bon fonctionnement de la structure.

La figure 5 met quant à elle en évidence la dégradation des conditions hygrométriques au niveau des têtes de poutres encastées. Dans un mur non isolé, celles-ci se trouvent très probablement dans une zone non critique, compte tenu des températures et du taux d'humidité ambiants. En revanche, après isolation, elles se situent dans une zone plus froide, où l'humidité relative de l'air est plus élevée et où un phénomène de condensation peut même se produire.

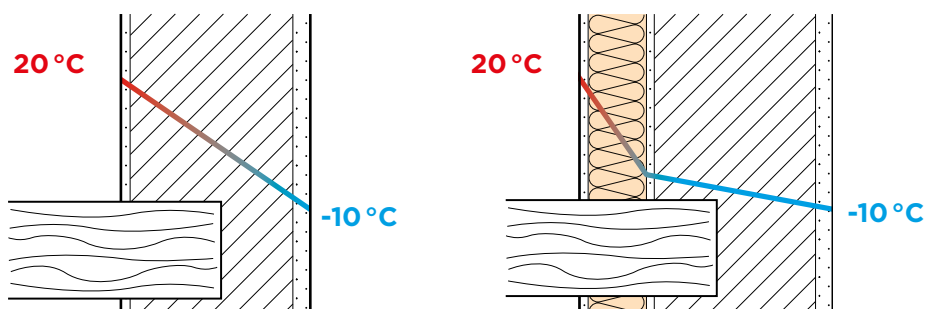


Fig. 5 : Têtes de poutres dans un mur extérieur non isolé et dans un mur extérieur isolé à l'intérieur

L'exemple suivant montre que, dans des conditions défavorables, l'isolation intérieure peut entraîner une diminution de la température en certains points des éléments de construction adjacents, créant ainsi un environnement propice au développement de moisissures.

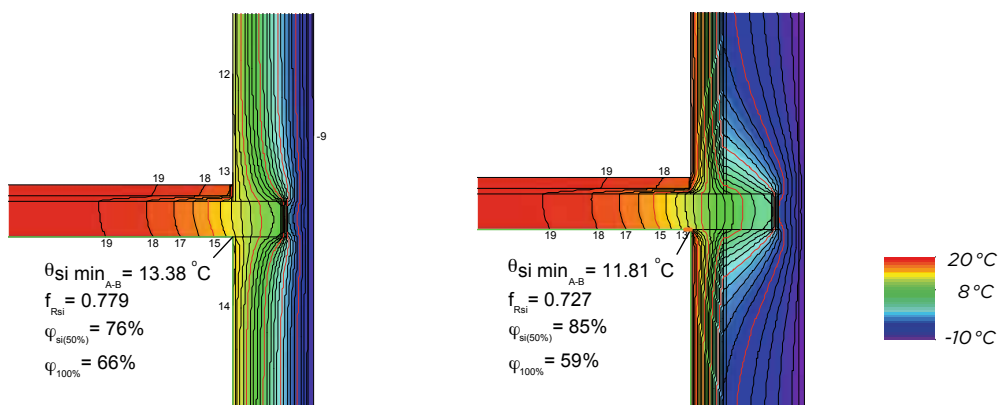
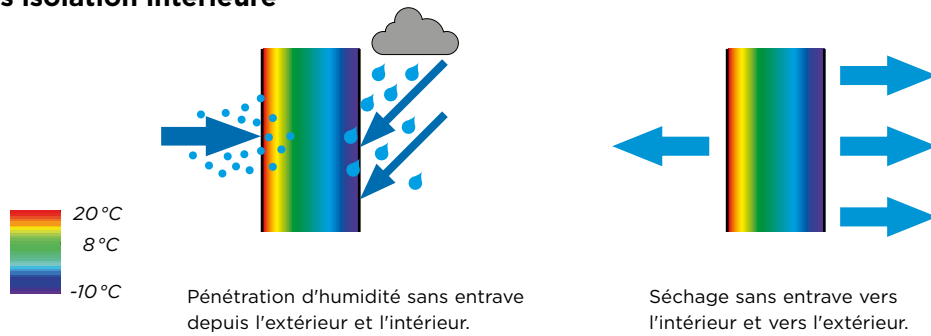


Fig. 6 : Réduction des températures au niveau de la jonction plafond/mur due à l'isolation intérieure du mur extérieur

Réduction du potentiel d'assèchement

... sans isolation intérieure



... avec isolation intérieure

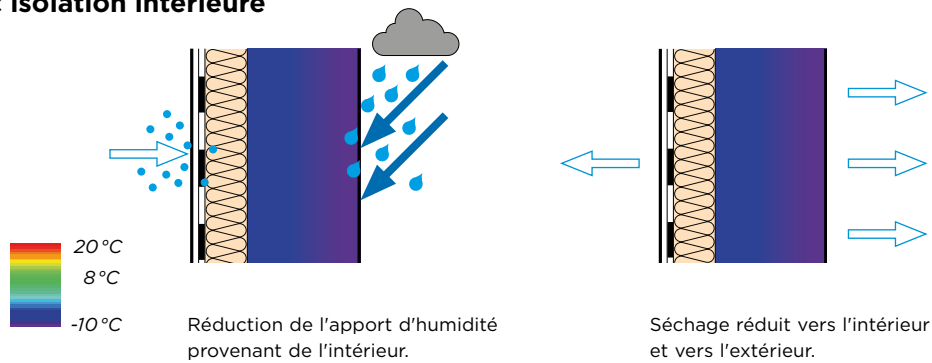
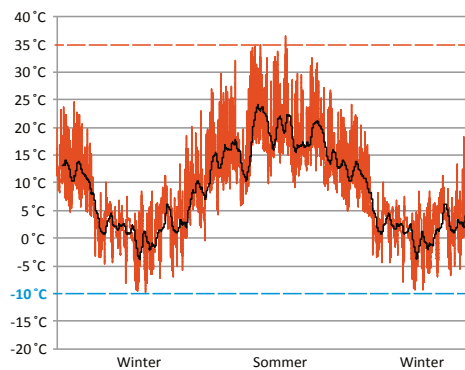


Fig. 7 : Pénétration d'humidité et potentiel d'assèchement

Le potentiel d'assèchement d'un mur extérieur isolé à l'intérieur est plus faible que celui d'un mur non isolé, tant vers l'intérieur en raison des couches supplémentaires que vers l'extérieur du fait des températures plus basses dans le mur existant.

Fluctuations de température plus importantes du côté froid de l'isolation

... sans isolation intérieure



... avec isolation intérieure

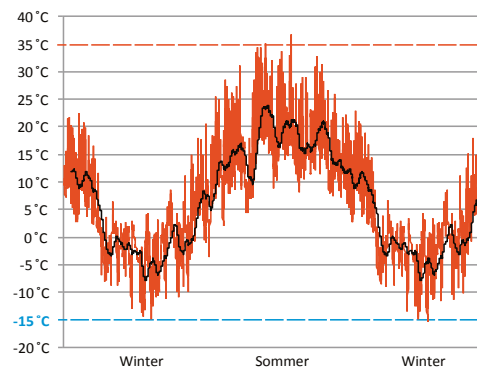


Fig. 8 : Variations de température plus importantes en raison de l'isolation intérieure (ici derrière l'enduit extérieur)

La figure 8 montre que les températures derrière l'enduit extérieur du mur non isolé (à gauche) varient entre -10 °C et +35 °C au cours de l'année, et celles du mur isolé (à droite) entre -15 °C et +35 °C.



*Fig. 9 : Maison à Ausserberg
Planification et réalisation de l'isolation intérieure :
P+H Parquet+Holzbau AG Berne.
Pour plus d'informations, voir le dépliant « Isolation
intérieure - Des performances optimales avec de la laine
de verre suisse »*

Exigences pour un équilibre hygrométrique fonctionnel

Les points suivants s'appliquent à tous les systèmes d'isolation intérieure :

Pénétration d'humidité depuis l'extérieur

Le bon fonctionnement des isolations intérieures dépend fortement de l'humidité provenant de l'extérieur. Il est donc essentiel d'éviter toute infiltration d'eau par des fuites, par exemple au niveau des joints de fenêtres, des fissures, etc. L'absorption de l'eau de pluie par le crépi extérieur doit également être minimisée, en tenant compte de l'exposition et de l'intensité de la pluie battante. Pour les façades ouest du Mittelland suisse et de la région préalpine, le crépi extérieur doit présenter un coefficient d'absorption d'eau w maximal de $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$, et idéalement de $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$. Ceci est généralement réalisable avec les systèmes d'enduits modernes, incluant peinture ou traitement hydrofuge, mais implique souvent une rénovation du crépi existant.

L'humidité capillaire provenant du sol et affectant la zone du soubassement des murs constitue un cas particulier d'humidité extérieure. Ce phénomène doit être pris en compte, notamment pour les anciens murs en maçonnerie de pierre naturelle. Sans mesures préventives, comme l'injection de résine ou gel hydrophobe pour couper la capillarité, l'humidité peut remonter dans la maçonnerie, entraînant des dommages tels qu'une humidification excessive de l'isolation intérieure ou une augmentation des efflorescences sur le crépi extérieur. Il est donc impératif d'éliminer tout risque de remontée d'humidité.

Potentiel d'assèchement

Un potentiel d'assèchement suffisant, capable de gérer un apport limité d'humidité imprévu, doit être prévu. Selon le type de paroi extérieure, ce potentiel d'assèchement doit être presque entièrement assuré vers l'intérieur, par exemple pour un mur en béton.

Étanchéité à l'air

L'enveloppe du bâtiment doit être étanche à l'air. Cela est essentiel pour le bon fonctionnement de l'isolation intérieure, car elle empêche l'entrée d'humidité par convection — le procédé de transfert d'humidité qui, d'après l'expérience, présente le plus fort potentiel de dégradation.

Il convient d'éviter autant que possible toute perforation de la couche d'étanchéité à l'air. Lorsque celles-ci sont inévitables, des mesures appropriées doivent être mises en œuvre pour empêcher la convection de vapeur, par exemple l'étanchéification des passages des gaines électriques.

Valeur limite de l'humidité de l'air interstitiel

Dans la zone critique entre l'isolation intérieure et le mur existant, la valeur limite de l'humidité relative de l'air interstitiel ne doit pas dépasser 95 %. Cela permet de garantir qu'il n'y ait pas de condensation et donc d'empêcher la formation de glace.

Isolation thermique sans vide

L'isolation doit être posée sans vide contre le mur existant afin d'éviter les courants d'air. Lorsque l'air chaud et humide de la pièce circule le long du mur extérieur froid, il se refroidit et de la condensation peut se former.

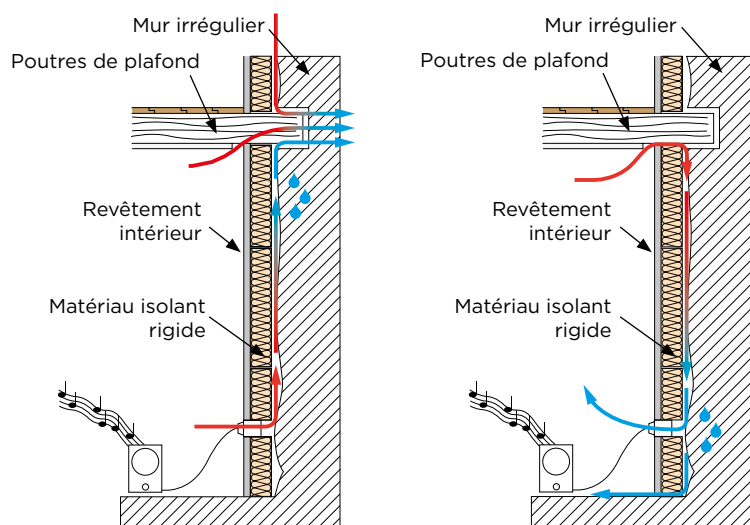


Fig. 10 : Circulation d'air à travers l'enveloppe du bâtiment et par l'arrière de l'isolant s'il y a un vide entre l'isolation intérieure et le mur.

Isolation thermique continue

L'isolation thermique doit être posée de manière continue et l'enveloppe du bâtiment isolée dans son ensemble autant que possible. Si l'isolation est seulement partielle, les températures des surfaces intérieures ne dépassent pas nécessairement partout le seuil critique, ce qui peut, selon les conditions climatiques, favoriser le développement de moisissures.

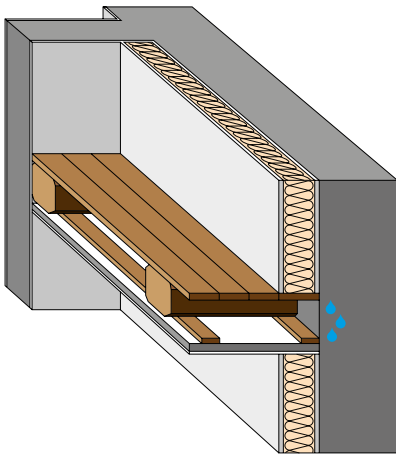
Raccordement du plancher sur poutraison

Même pour le raccordement des murs extérieurs aux planchers sur poutraison, il est recommandé de poser l'isolation de façon continue afin d'éviter des températures de surface intérieures trop basses dans la zone située entre les chevrons (voir figure 11).

Sans isolation dans cette zone, la température de la surface du mur peut, selon le type de mur extérieur, chuter d'environ 8 °C par rapport à une situation non isolée. Le risque lié à l'humidité peut devenir important en fonction de l'intensité de la diffusion de vapeur et, le cas échéant, de la convection vers la cavité du plafond.

L'ouverture de la structure du plafond par le haut ou par le bas permet de vérifier visuellement l'état de la zone d'appui des poutres.

... Isolation interrompue



... Isolation continue

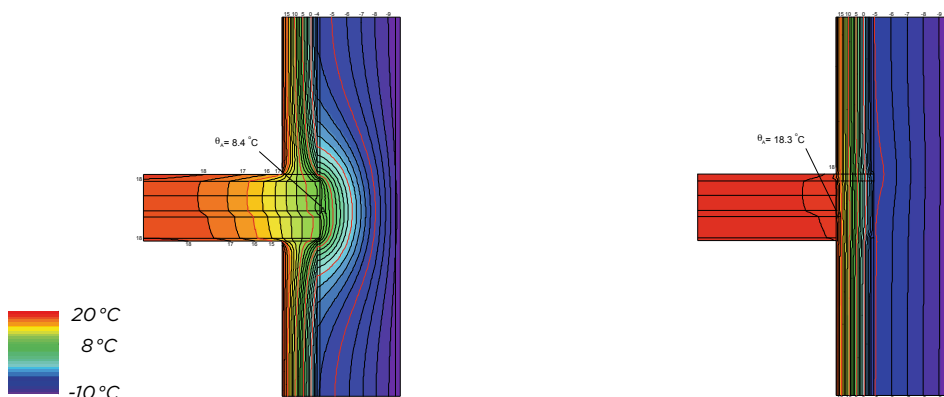
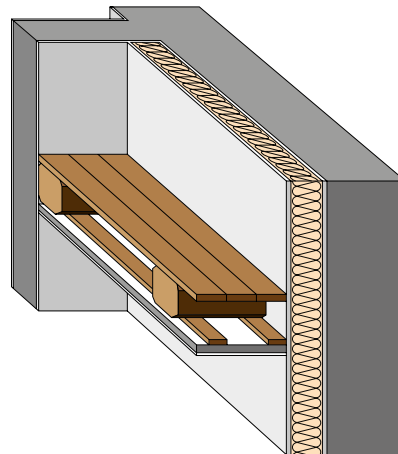


Fig. 11 : Risque de condensation ou de moisissure en cas d'isolation non continue (à gauche) au niveau du raccordement des poutres en bois à la paroi extérieure.

Évaluation et justificatifs

Les processus de transport de l'humidité suivants jouent un rôle clé dans l'absorption d'humidité, le stockage de l'humidité et l'assèchement d'une paroi extérieure avec isolation intérieure :

Convection | capillarité | diffusion

À l'exception de l'humidité provenant de la pluie battante, selon l'état de la paroi extérieure, ce sont les flux d'air qui introduisent de loin la plus grande quantité d'humidité dans une construction.

La convection représente le risque de dégradation le plus important, et les quantités d'humidité qui en résultent sont quasiment impossibles à calculer. Le transport d'eau par capillarité est également beaucoup plus significatif que la diffusion.

Teneur en humidité

Dans la plupart des cas, une évaluation du bilan hygrométrique basée uniquement sur un calcul de diffusion (méthode Glaser) selon la norme SIA 180 n'est donc pas suffisante et peut conduire à des interprétations erronées.

Puisqu'elle ne prend en compte que les processus de diffusion, cette méthode permet certes de justifier toute structure munie d'un pare-vapeur étanche à la diffusion, mais le potentiel de séchage vers l'intérieur y reste pratiquement nul. **Les isolations intérieures avec pare-vapeur ne tolèrent aucune humidité : elles ne fonctionnent correctement que si, d'une part, l'apport d'humidité dans la couche d'isolation est totalement évité et, d'autre part, l'humidité provenant de l'extérieur peut également s'évacuer vers l'extérieur.**

Calculs de simulation hygrothermique

Des représentations plus réalistes de la teneur en humidité sont possibles grâce à des simulations hygrothermiques.

Dans les pays germanophones, le logiciel WUFI® fait figure de référence, tant par son niveau de développement que par sa validation scientifique. L'acronyme WUFI® signifie « chaleur et humidité instables » et désigne un outil de simulation permettant de modéliser de manière réaliste les transferts de chaleur et d'humidité au sein d'éléments de construction multicouches soumis à des conditions climatiques naturelles. Fondé sur les recherches les plus récentes, il a été développé par l'Institut Fraunhofer pour la physique du bâtiment (IBP) à Holzkirchen, en Allemagne.

Ce programme permet de représenter, ou à défaut d'estimer de façon fiable, le comportement d'humidification et de séchage des composants du bâtiment liés à l'humidité de la construction, aux précipitations et aux phénomènes de transport capillaire. Contrairement aux méthodes de calcul stationnaires de type Glaser, le logiciel prend en compte la capacité de stockage thermique et hygrique des matériaux, les effets de chaleur latente dus à l'évaporation et à la condensation, ainsi que la diffusion simultanée de vapeur d'eau et le transport de liquide. Les simulations peuvent s'appuyer soit sur des données climatiques types, comme celles des stations de Zurich, Davos ou Locarno, soit sur des conditions climatiques réelles. En plus de la température et de l'humidité relative, les influences du rayonnement solaire et des précipitations peuvent également être intégrées.

La base de données des matériaux de WUFI® comprend notamment cinq produits courants en laine de verre Isover ainsi que les différents pare-vapeur de la gamme Vario®. Grâce à cet outil, la justification de la protection contre l'humidité conformément à la norme SIA 180 « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments » peut être réalisée de manière simple et fiable.



*Fig. 12 : Maison au Locle
Conception : Marguet SA, Le Cerneux-Péquignot
Réalisation : Buschini SA, Neuchâtel
Pour plus d'informations, voir le dépliant « Isolation
intérieure - Des performances optimales avec de
la laine de verre suisse ».*

Comparaison des systèmes d'isolation

Étude 1 : Institut Fraunhofer

L'Institut Fraunhofer de physique du bâtiment (IBP), situé à Holzkirchen en Allemagne, a analysé et comparé le comportement hygrothermique de trois systèmes d'isolation intérieure de structures différentes au moyen de simulations réalisées avec le logiciel WUFI®.

Structure des variantes étudiées :

La variante 1 est une isolation composée d'un panneau composite en polystyrène expansé EPS et d'une plaque de plâtre ; la variante 2 d'un panneau isolant enduit de silicate de calcium et la variante 3 d'une isolation en laine de verre, du pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité Vario® KM Duplex et d'un revêtement en plaques de plâtre.

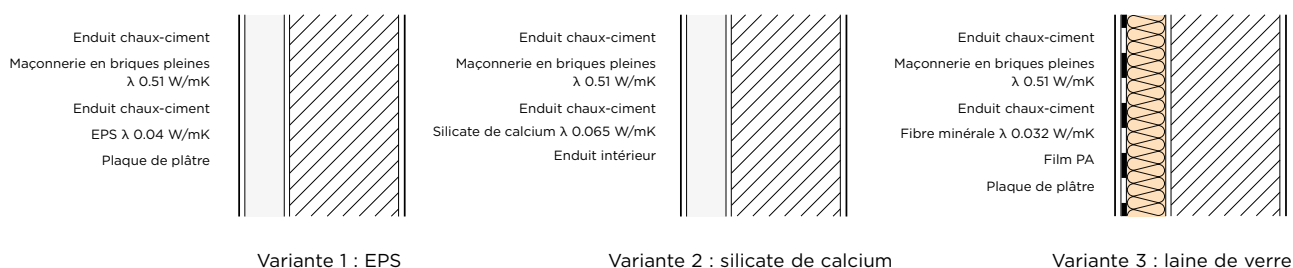


Fig. 13 : Structure des trois systèmes d'isolation

Situation de départ et principales conditions cadres de cette étude :

- Mur existant : Maçonnerie en briques pleines de 300 mm avec enduit extérieur minéral (coefficient d'absorption d'eau $w = 0.5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$)
- Climat extérieur : Wurtzbourg, façade orientée vers l'ouest
- Climat intérieur : Humidité normale (entre 40 et 60 % d'humidité relative)

L'évaluation montre que seule la variante avec laine de verre et Vario® KM Duplex reste nettement en dessous du seuil critique de 95 % d'humidité de l'air interstitiel dans la zone limite entre le système d'isolation intérieure et le mur existant : cette variante offre la plus grande marge de sécurité.

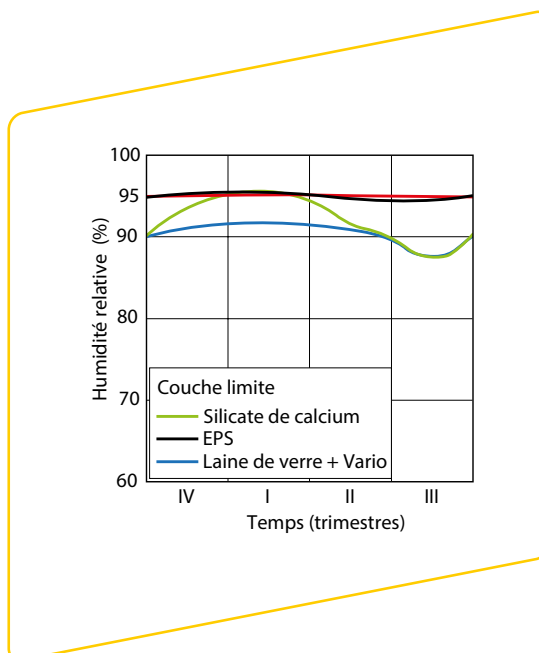


Fig. 14 : Évolution annuelle de l'humidité relative derrière les différents systèmes d'isolation intérieure

Étude 2 : Haute école spécialisée bernoise

À la Haute école spécialisée bernoise, section Architecture, Bois et Génie Civil, différentes isolations thermiques intérieures ont également été étudiées à l'aide de simulations WUFI® dans le cadre de la rénovation durable de bâtiments historiques. Le projet a été soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), et le rapport correspondant peut être obtenu par e-mail à l'adresse fe.ahb@bfh.ch.

Structure des variantes étudiées :

La variante 1 se compose d'une isolation en cellulose et d'un habillage en panneaux OSB, la variante 2 d'une isolation en fibres de bois tendres directement enduite et la variante 3 d'une isolation en laine de verre, du pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité Vario® KM Duplex et d'un revêtement en fibres de plâtre.

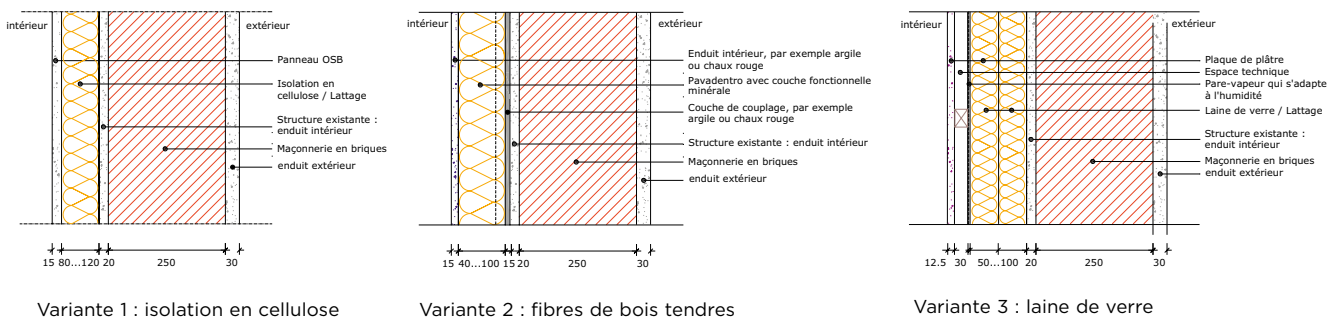


Fig. 15 : Structure des trois systèmes d'isolation

Situation de départ et principales conditions cadres de cette étude :

- Mur existant : Maçonnerie en briques de 250 mm avec enduit extérieur minéral de 30 mm (coefficient d'absorption d'eau $w = 0.5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$)
- Climat extérieur : Zurich-Fluntern, façade orientée vers l'ouest
- Climat intérieur : Humidité normale (entre 40 et 60 % d'humidité relative)

Lors de l'analyse, plusieurs critères de défaillance ont été examinés, y compris l'humidité maximale admissible de 95 % au niveau de l'interface entre le système d'isolation intérieure et le mur existant.

Pour les matériaux isolants constitués de fibres de bois ou de cellulose, la teneur en eau de la couche isolante doit en outre être limitée afin d'éviter toute dégradation due à des micro-organismes lignivores. Ce risque n'existe pas dans le cas de la laine minérale.

L'évaluation des deux variantes avec isolation en cellulose et en fibres de bois montre qu'avec une épaisseur d'isolant de 100 mm ou 120 mm, un risque d'humidité excessive au sein de la couche isolante est déjà présent.

Variante 1 : isolation en cellulose

Paramètre	Condition	Épaisseur de l'isolation intérieure en mm				
		40	80	100	120	140
Critère de gel pour les briques	< 50 cycles de gel-dégel avec une teneur en eau $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Prévention de la condensation et des moisissures sur la surface intérieure	La courbe LIM B I ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓
Teneur en eau dans la couche isolante	Teneur en eau < 20 M.-%	✓	✓	✗	✗	✗
Humidité relative dans la couche isolante	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative à la couche limite IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✗

Fig. 16 : Évaluation des critères de défaillance pour le système d'isolation intérieure en cellulose

Variante 2 : isolation en fibres de bois

Paramètre	Condition	Épaisseur de l'isolation intérieure en mm				
		40	80	100	120	140
Critère de gel pour les briques	< 50 cycles de gel-dégel avec une teneur en eau $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Prévention de la condensation et des moisissures sur la surface intérieure	La courbe LIM B I ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓
Teneur en eau dans la couche isolante	Teneur en eau < 20% en masse	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative dans la couche isolante	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative à la couche limite IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✗	✗
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✗

Fig. 17 : Évaluation des critères de défaillance pour le système d'isolation intérieure en panneaux de fibres de bois tendres

L'évaluation de la variante laine de verre et Vario® KM Duplex montre que tous les critères sont respectés en matière d'humidité. Il est possible d'isoler avec toutes les épaisseurs de couche isolante étudiées, jusqu'à une épaisseur de 160 mm :

Variante 3 : laine de verre

Paramètre	Condition	Épaisseur de l'isolation intérieure en mm					
		40	80	100	120	140	160
Critère de gel pour les briques	< 50 cycles de gel-dégel avec une teneur en eau $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Prévention de la condensation et des moisissures sur la surface intérieure	La courbe LIM B I ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative à la couche limite IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✓	✓

Fig. 18 : Évaluation des critères de défaillance pour le système d'isolation intérieure avec laine de verre Vario® KM Duplex

Conclusion

Les deux études montrent que le système d'isolation intérieure avec de la laine de verre, associée au pare-vapeur hygro-variable Vario® KM Duplex, constitue la variante la plus sûre avec la plus grande tolérance à l'humidité.

Au cours des dernières années, les lois cantonales sur l'énergie ont considérablement renforcé les exigences relatives à l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments. Dans le cadre de la certification des éléments de construction, la valeur maximale admissible du coefficient de transmission thermique (valeur U) pour les murs extérieurs lors de rénovations est fixée à $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Les systèmes d'isolation intérieure doivent désormais répondre à ces exigences thermiques élevées, tout en assurant une protection efficace contre l'humidité et une durabilité à long terme.

Cas particuliers

Les murs extérieurs en béton, à colombages ou à ossature, ainsi que les maçonneries en pierres naturelles ou en moellons constituent des cas particuliers et doivent être considérés séparément.

Cas 1 : mur en béton apparent avec isolation intérieure

La conductivité thermique du béton armé est environ cinq fois supérieure à celle de la maçonnerie. Dans le cas d'un mur avec isolation intérieure, la température au niveau de la couche critique (jonction entre le mur en béton et l'isolation intérieure) correspond pratiquement à la température de l'air extérieur. De plus, le béton armé est pratiquement étanche à la diffusion et n'a quasiment aucune conductivité capillaire.

Dans le cas d'une construction neuve, il faut tenir compte de l'humidité supplémentaire du béton frais. La teneur en humidité doit être considérée comme un facteur plus critique que dans le cas d'une isolation intérieure d'un mur extérieur en maçonnerie composé de briques modulaires, pleines, légères, en silico-calcaire, en ciment ou en béton cellulaire.

Recommandation :

Il faut faire la distinction entre les constructions neuves et les rénovations. Dans le cas d'une construction neuve, il faut tenir compte de l'humidité du béton frais et du temps de séchage relativement long.

Afin de protéger l'isolation intérieure contre une humidité excessive du béton en cours de séchage, la teneur maximale en humidité doit être déterminée et mesurée avant la pose de l'isolation intérieure, comme cela est également exigé pour les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur selon la norme SIA 243 « Isolations thermiques extérieures crépies (ITEC) » (pour le béton, ne pas dépasser 3,5% de la masse).



Fig. 19 : Béton apparent coloré, psychiatrie d'Yverdon, réalisation de l'isolation intérieure : Sauteur Georges SA, La Tour-de-Tréme

Cas 2 : constructions à colombages

Lorsqu'un mur à colombages est exposé à la pluie, il est difficile d'évaluer de manière fiable la bonne gestion de la teneur en humidité. En effet, l'absorption d'eau par les joints entre le remplissage et la charpente influence fortement la charge hygrométrique et le comportement au séchage.

Recommandation :

Pour les façades exposées et celles orientées vers l'ouest, il est recommandé d'opter pour une façade ventilée. L'isolation intérieure est possible si les murs à colombages sont suffisamment protégés de la pluie battante, par exemple par de grands avants-toits.



Fig. 20 : Construction à colombages Buchweg 7 à Berne, réalisation de l'isolation intérieure : Gerber Holzbau Bern AG, Oberbottigen

Cas 3 : maçonnerie apparente, en pierres naturelles et en moellons

Dans le cas des maçonneries en pierres naturelles et en moellons, certains facteurs défavorables doivent être pris en compte, tels que la faible résistance thermique du mur existant, la capacité limitée d'absorption d'eau par capillarité et les influences difficilement quantifiables telles que l'humidité extérieure et le comportement au séchage.

Recommandation :

Enduit intérieur sans fissuration, résistant à l'humidité et doté d'une conductivité capillaire, utilisé comme mesure supplémentaire (pas d'enduit plâtre).



Fig. 21 : Maçonnerie en briques apparentes; maison à Kägiswil, planification et réalisation de l'isolation intérieure : Holzbau Bucher AG à Kerns.

Pour plus d'informations, voir le dépliant « Isolation intérieure – Des performances optimales avec de la laine de verre suisse »

Les solutions Isover pour l'isolation intérieure

Les exigences énumérées pour une isolation intérieure, soit :

- aucun vide du côté froid de l'isolation thermique
- étanchéité à l'air
- potentiel de séchage suffisant
- humidité maximale de l'air interstitiel < 95 %

sont parfaitement remplies par la laine de verre Isover et les pare-vapeur Vario® KM Duplex ou Vario® Xtra qui s'adaptent à l'humidité.

La laine de verre souple s'adapte parfaitement aux supports irréguliers, empêchant ainsi efficacement les flux de convection dans la zone critique. Elle n'est pas hygroscopique, ce qui signifie qu'elle n'absorbe pas l'humidité. La condensation éventuelle ne peut s'accumuler que dans les espaces d'air. Grâce à sa forte capacité de rétention d'eau* (par exemple jusqu'à plus de 500 g/m² pour SWISSROLL 030), la laine de verre ne laisse pas l'eau s'écouler : celle-ci est répartie vers l'intérieur du matériau puis s'évapore lors du séchage. Cette propriété favorise le séchage rapide de l'isolation, ce qui constitue un avantage décisif, en particulier pour les isolations intérieures. La laine de verre est minérale, elle ne peut donc pas moisir, pourrir ou se décomposer. Les propriétés physiques et mécaniques de la laine de verre ne changent pas après séchage. Une exposition temporaire de l'isolation à l'humidité reste donc sans conséquence.

Les pare-vapeur qui s'adaptent à l'humidité Vario® KM Duplex ou Vario® Xtra garantissent l'étanchéité à l'air. Grâce à leur résistance variable à la diffusion, l'humidité éventuelle peut sécher vers l'intérieur. Cet avantage est décisif et offre sécurité et tolérance à l'humidité.



* Voir également la publication « Capacité de rétention d'eau de condensation des isolants en fibres minérales avec et sans hydrophobisation » de l'Institut Fraunhofer de Physique du Bâtiment (IBP).



Fig. 22 : Démontage des sondes de mesure dans le bâtiment « Brüttelen » (voir page 30) après le quatrième hiver : aucune prolifération de moisissures n'a été constatée. La laine de verre Isover ne présente aucun changement, ni au niveau de sa forme, ni au niveau de son aspect.

Un air sain grâce à des matériaux adaptés

La qualité de l'air influence directement la qualité de vie. Un air intérieur sain a un effet bénéfique sur la santé et le bien-être. Le recours à des isolants certifiés constitue à cet égard un facteur déterminant.

Les mauvaises odeurs et l'air confiné sont incommodants, que ce soit à la maison ou sur le lieu de travail. La qualité de l'air intérieur est essentielle à notre bien-être et notre santé. Après tout, nous passons plus de 90 % de notre temps à l'intérieur des bâtiments. L'être humain exerce lui-même une influence majeure sur cet environnement : en respirant, nous émettons de l'humidité et du dioxyde de carbone, tandis que la teneur en oxygène diminue. Mais le mobilier et certains matériaux de construction peuvent également altérer la qualité de l'air intérieur.

Prendre des mesures dès la construction

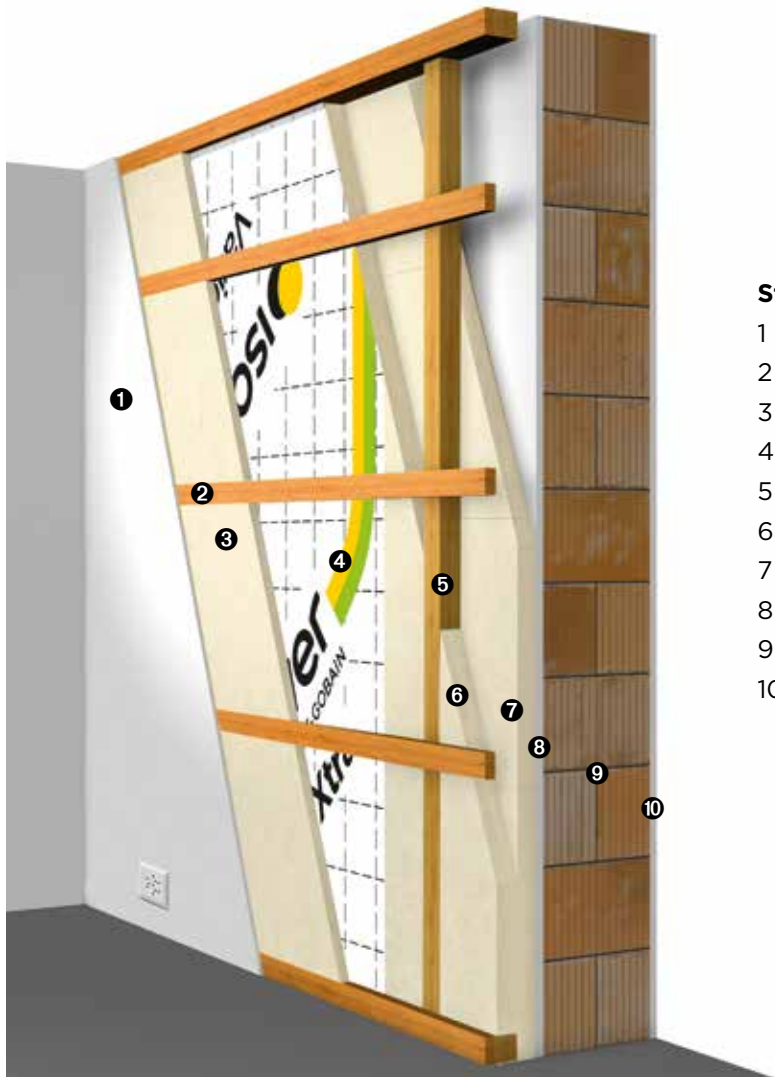
Une aération régulière contribue à améliorer la qualité de l'air intérieur. Dès la phase de construction, des mesures ciblées peuvent également être mises en œuvre. Les matériaux certifiés ecobau 1, Eurofins Indoor Air Comfort Gold ou Blauer Engel émettent peu, voire pas de substances nocives et assurent ainsi une meilleure qualité de l'air dès le départ.

Les produits d'isolation intérieure de la gamme Lanaé, par exemple, sont exempts de formaldéhyde grâce à l'utilisation d'un liant naturel végétal. Les pare-vapeur et membranes du système Vario® limitent les risques de moisissures, freinent la pénétration de gaz nocifs tels que le radon et contribuent ainsi à un air intérieur plus sain. Les rubans adhésifs associés bénéficient de la certification GEV-EMICODE EC1 Plus.



Lanaé

La solution Isover pour les charpentiers et les menuisiers.



Structure du mur

- 1 Revêtement plaque de plâtre
- 2 Lattage/niveau installation
- 3 Isolation Isover PB M 030
- 4 Vario® Xtra
- 5 Sous-structure en bois
- 6 Isolation Isover PB M 030
- 7 Isolation continue Isover PB M 030
- 8 Enduit intérieur existant
- 9 Maçonnerie (320 mm)
- 10 Enduit extérieur existant

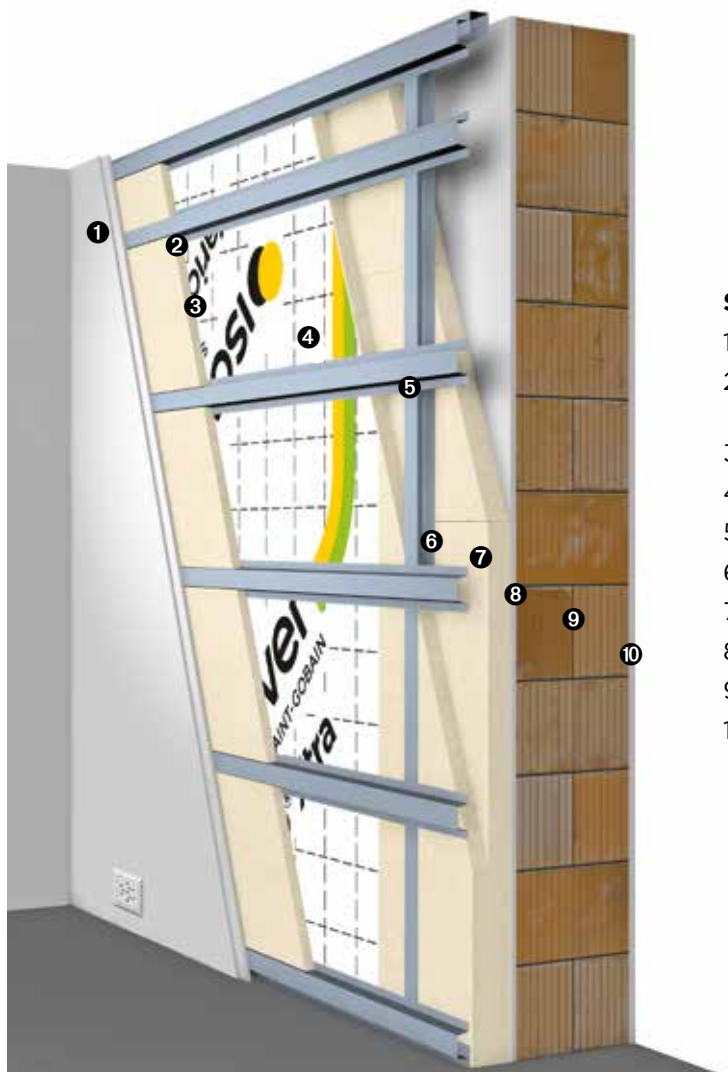
Fig. 23 : Structure de l'isolation intérieure avec sous-structure en bois

La sous-structure en bois se trouve dans la zone chaude. Les calculs de simulation montrent que l'humidité du bois dans cette structure ne dépasse pas 16 %. Cette structure permet d'atteindre une valeur U de 0.20 W/(m² K) sur une maçonnerie de 320 mm avec une épaisseur d'isolation totale de seulement 130 mm (30 mm + 60 mm + 40 mm) :

PB M 030 ③	d	mm	30	30	30	30	30	30
PB M 030 ⑥	d	mm	60	60	60	80	80	80
PB M 030 ⑦	d	mm	30	40	50	50	60	80
Isolation thermique en hiver et en été			STANDARD	AVANCÉ	AVANCÉ	AVANCÉ	AVANCÉ	PREMIUM
Coefficient de transmission thermique	U	W/(m ² K)	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15

Le tableau indique les valeurs U pour différentes épaisseurs d'isolation pour la structure de la figure 23. D'autres caractéristiques physiques et écologiques sont disponibles dans la fiche technique 23-210.

La solution Isover pour plaquistes



Structure du mur

- 1 Revêtement double plaque de plâtre
- 2 Profilés omega ou profilés CD / niveau installation
- 3 Isolation Isover PB M 030
- 4 Vario® Xtra
- 5 Doublage profilés UW/CW
- 6 Isolation Isover ISOVOX
- 7 Isolation continue Isover PB M 030
- 8 Enduit intérieur existant
- 9 Maçonnerie (320 mm)
- 10 Enduit extérieur existant

Fig. 24 : Structure de l'isolation intérieure en doublage à sec

Dans la variante de construction à sec, une épaisseur d'isolation totale de seulement 135 mm (30 mm + 45 mm + 60 mm) permet d'obtenir une valeur U de 0.20 W/(m² K) :

PB M 030 ③	d	mm	30	30	30	30	30	30	30
ISOVOX ⑥	d	mm	45	45	60	60	60	60	60
PB M 030 ⑦	d	mm	30	60	40	60	80	100	
Protection thermique en hiver et en été			STANDARD	AVANCÉ	STANDARD	AVANCÉ	AVANCÉ	PREMIUM	
Coefficient de transmission thermique	U	W/(m ² K)	0.24	0.20	0.21	0.19	0.16	0.15	

Le tableau indique les valeurs U pour différentes épaisseurs d'isolation pour la structure de la figure 24. D'autres caractéristiques physiques et écologiques sont disponibles dans la fiche technique 23-220.

Démonstration de l'efficacité des solutions Isover

La bonne gestion de l'humidité des deux variantes d'isolation présentées a été confirmée à de nombreuses reprises, tant sur le plan théorique (calculs de simulation, études) que dans la pratique (mesures et retours d'expérience issus de projets réalisés).

Exemple et preuve par le calcul

Structure du mur de la simulation

À titre d'exemple, une simulation réalisée à l'aide du logiciel de calcul WUFI® montre ci-dessous comment se comporte l'humidité de l'air interstitiel à la couche limite entre la laine de verre et l'enduit intérieur dans la structure suivante :

- Plaque de plâtre fibrée 12,5 mm
- Vario® KM Duplex
- Isover PB M 034 200 mm
- Enduit intérieur 15 mm
- Brique silico-calcaire 150 mm
- Enduit chaux-ciment 20 mm, coefficient d'absorption d'eau $w = 0.1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{1/2}$

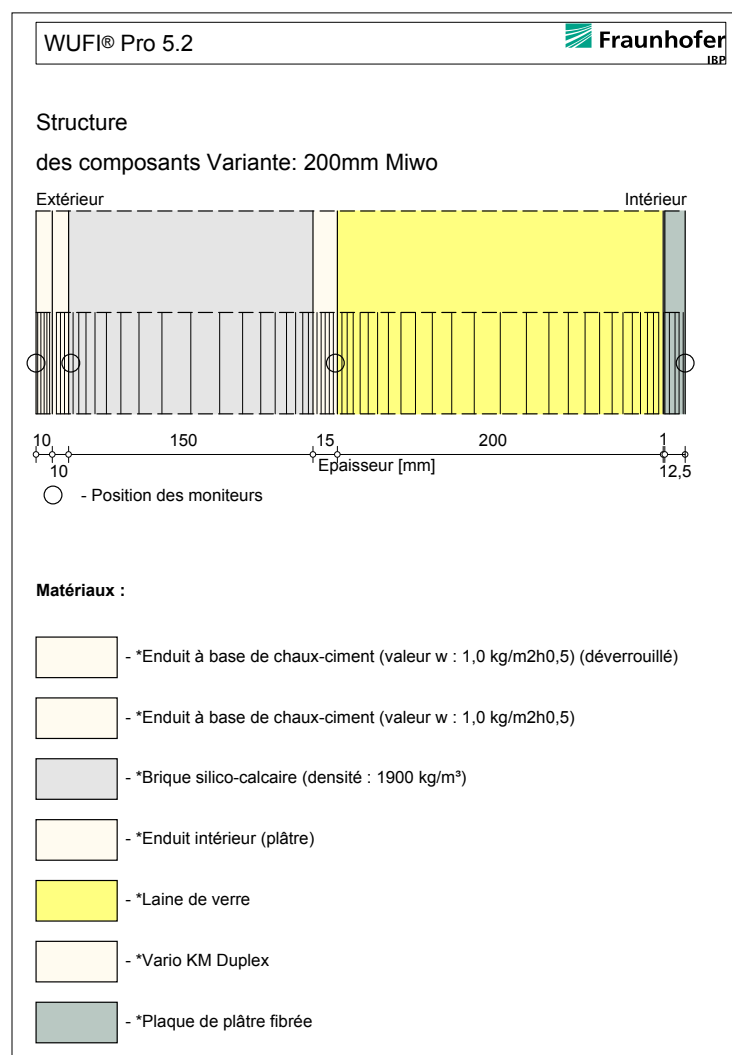


Fig. 25 : Structure murale saisie, schéma issu du logiciel de simulation WUFI®

Conditions générales et hypothèses :

- Le calcul a été effectué pour des sites situés jusqu'à 700 mètres d'altitude et une charge d'humidité normale pour le climat intérieur (30 à 60 % d'humidité relative).
- Pour le mur existant, les valeurs d'humidité sont considérées dans un état stabilisé puisqu'on suppose une rénovation

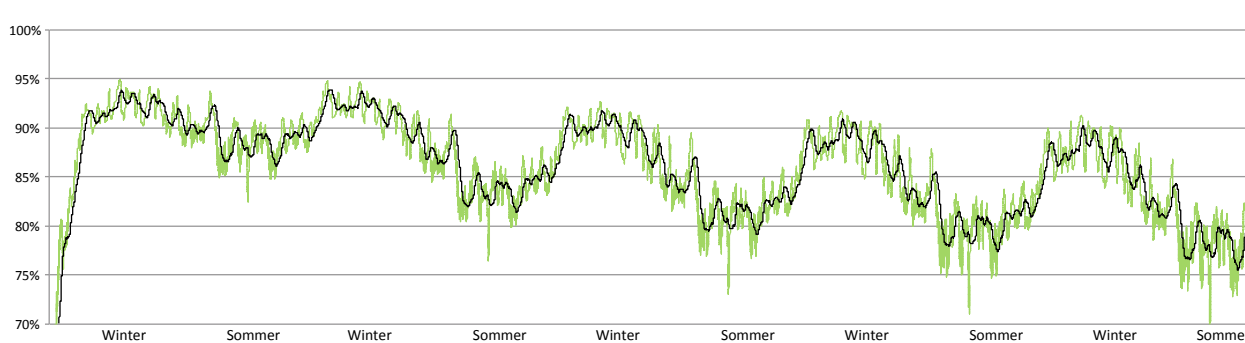


Fig. 26 : Evolution de l'humidité dans la zone externe de la laine de verre

La figure 26 illustre que l'humidité de l'air interstitiel n'atteint jamais 95 %, et que les valeurs maximales en hiver restent autour de 90 %. Aucune condensation ne se produit donc.

Conclusion

Des calculs approfondis réalisés avec le logiciel WUFI® montrent que les structures isolées avec de la laine de verre Isover sont performantes sur le plan de la gestion de l'humidité dans les zones climatiques usuelles du Plateau suisse, à condition que :

- un pare-vapeur à humidité variable de type Isover Vario® KM Duplex ou Vario® Xtra soit utilisé comme pare-vapeur et étanchéité à l'air ;
- aucune humidité significative ne provienne de l'extérieur (pluie battante) ou du sol (ex. humidité ascendante par capillarité) ;
- l'enduit intérieur (généralement) existant à l'interface entre le mur et l'isolation intérieure possède une capacité d'absorption et une conductivité capillaire ;
- l'isolation thermique soit mise en œuvre sans cavité ;
- les transferts d'humidité par capillarité entre la charpente en bois et l'enduit intérieur existant soient évités grâce à une isolation continue derrière l'ossature.

Les isolations intérieures sur murs en briques ou en briques silico-calcaires tolèrent bien l'humidité. La tolérance est plus faible pour les maçonneries en pierre naturelle crépie, et encore plus limitée pour le béton, les maçonneries en pierre naturelle non crépie ainsi que pour les murs à colombages.

Exemples de réalisations et de mesures de température et d'humidité

Collecte des données de mesure

Dans les trois bâtiments présentés ci-dessous, des sondes ont été installées sur le mur existant afin de mesurer la température et l'humidité de l'air dans la zone critique, et de vérifier le bon fonctionnement du système.

Les bâtiments ont été isolés en 2013. Depuis, les sondes de mesure enregistrent les conditions climatiques toutes les 8 heures. Les figures 28 à 30 montrent l'évolution des températures et de l'humidité de l'air sur une période de 6 ans.



Fig. 27 : Les températures et l'humidité de l'air enregistrées sont lues par radio.

Institut A. Merkle, Ancienne Clinique Garcia, Fribourg

Les bâtiments situés au Chemin des Verdiers 2 et 4 à Fribourg, construits en 1904 et 1906, ont été réaffectés et entièrement rénovés, avec l'ajout d'une extension en nouvelle construction. Les deux bâtiments existants possèdent une enveloppe classée monument historique, ce qui a limité l'isolation des murs extérieurs à l'intérieur uniquement. Les travaux ont été réalisés conformément au standard Minergie.



Architecture : Charrière-Partenaires SA, Granges-Paccot

Travaux de plâtrage : Crinimax Clement Peinture SA et Bernasconi SA, Fribourg

Physique du bâtiment : Zeugin Bauberatungen AG, Münsingen

Isolation intérieure : solution Isover pour les plaquistes

Coefficient de transmission thermique (valeur U) : 0.19-0.22 W/(m² K)

- Plaques de plâtre 2 x 12,5 mm
- Vario® KM Duplex
- Profils UW/CW 100 mm, isolation Isover PB M 035 100 mm
- Isolation Isover PB M 035 60-80 mm
- Enduit intérieur
- Maçonnerie en pierre naturelle, en partie maçonnerie à colombages
- Enduit extérieur

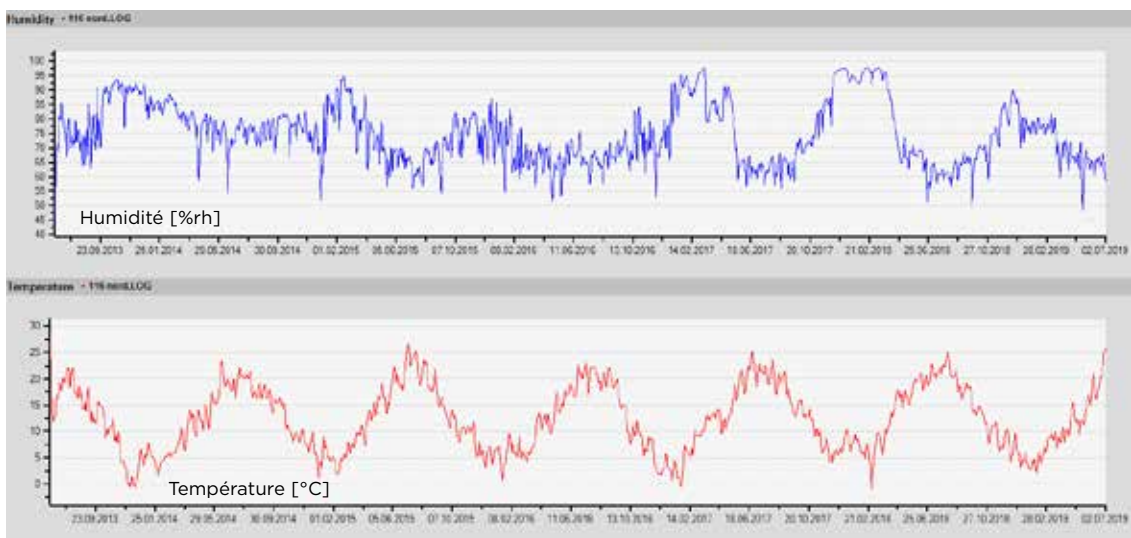


Fig. 28 : Valeurs mesurées à l'Institut A. Merkle, 1er étage nord, de juin 2013 à juillet 2019

Rénovation énergétique de la maison de la famille Wenker, Lanzenhäusern

La maison à colombages, construite vers 1840 sur l'Alte Bernstrasse à Lanzenhäusern (ancienne huilerie), est classée digne de protection. Aujourd'hui utilisée comme habitation, elle a été entièrement rénovée en 2012/2013. Selon leur état, la charpente et le hourdage ont été partiellement renouvelés, avec l'utilisation de béton cellulaire comme nouvel hourdage.



Planification et menuiserie : Remund Holzbau, Schwarzenburg

Isolation intérieure : solution Isover pour la construction en bois Coefficient de transmission thermique (valeur U) : 0.22 W/(m² K)

- Revêtement Fermacell 12,5 mm
- Lattage, niveau d'installation 30 mm
- Vario® KM Duplex
- Sous-construction en bois 60/100, isolation Isover PB M 032 100 mm
- Isolation ISOFIX 035 40 mm sur toute la surface
- Pans de bois maçonnés partiellement en tuf volcanique, partiellement remaçoné en béton cellulaire

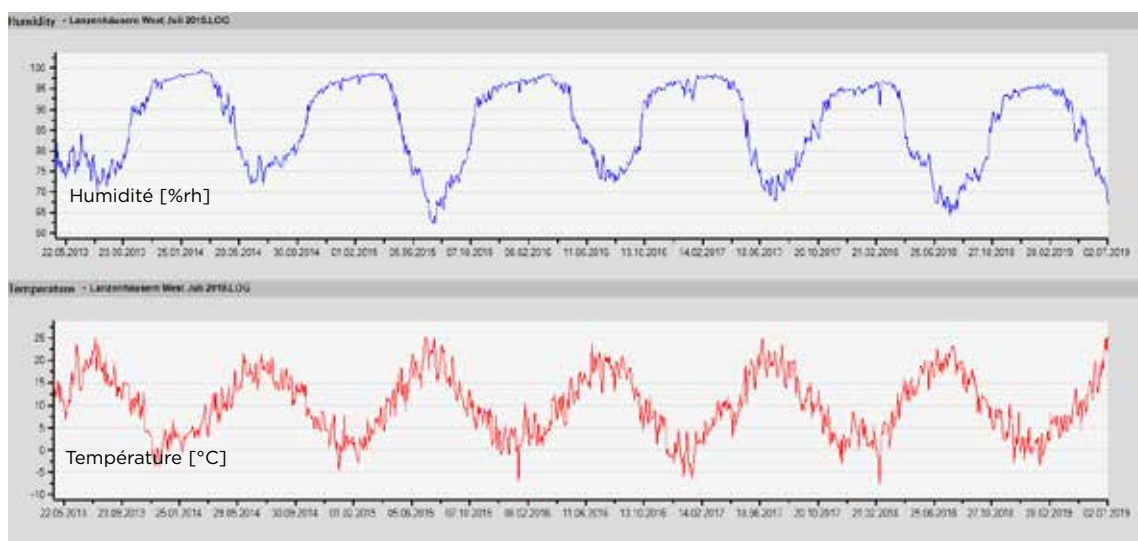


Fig. 29 : Valeurs mesurées à Lanzenhäusern, pièce d'angle orientée à l'ouest, de, mai 2013 à juillet 2019

Rénovation de l'école de Niederwangen

Construite en 1892, cette école est classée comme digne de protection dans l'inventaire des bâtiments de la commune de Köniz. L'ancienne école a fait l'objet d'une rénovation complète, la façade a été restaurée dans ses couleurs d'origine selon les spécifications du restaurateur, et l'isolation a été réalisée côté pièces.



*Architecture : Johannes Saurer, bureau d'architectes, Thoune / Isolation intérieure : Remund Holzbau, Schwarzenburg
Physique du bâtiment : Weber - Energie und Bauphysik, Berne*

Isolation intérieure : solution Isover pour la construction en bois Coefficient de transmission thermique (valeur U) : 0.20 W/(m² K)

- Revêtement Panneau de contreplaqué bouleau 12 mm
- Lattage, niveau installation, isolation Isover ISOCONFORT 032 60 mm
- Vario® KM Duplex
- Sous-construction en bois 60/80, isolation Isover ISOCONFORT 032 60 mm
- Isolation Isover PB M 032 30 mm sur toute la surface
- Maçonnerie existante en pans de bois d'environ 150 mm, extérieur repeint

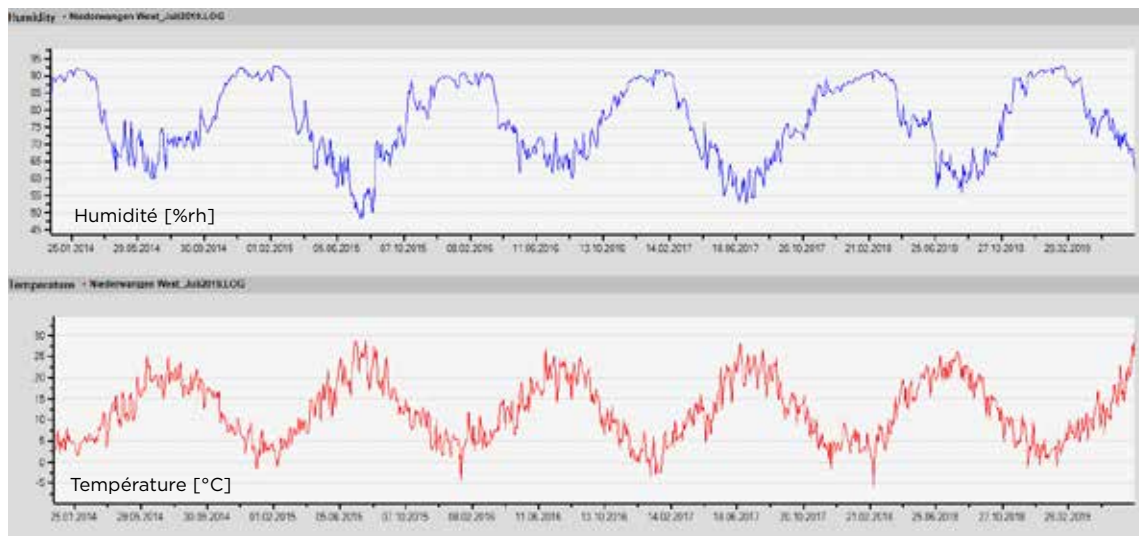


Fig. 30 : Valeurs mesurées à l'école de Niederwangen, étage supérieur ouest, de décembre 2013 à juillet 2019

Suivi d'un bâtiment historique à isolation intérieure en maçonnerie de pierre naturelle

Dans le cadre d'un projet de recherche mené par la Haute école spécialisée bernoise, Architecture, bois et génie civil (BFH AHB), des mesures in situ des flux thermiques et hygrométriques ont été effectuées pendant plusieurs années sur différents systèmes d'isolation intérieure appliqués à divers objets d'étude. L'un de ces objets est une maison à Brüttelen, entièrement rénovée sur le plan énergétique en 2014.



Planification et travaux de construction en bois : K. Helfer Holzbau AG, Müntschemier

Isolation intérieure : solution Isover pour la construction en bois Coefficient de transmission thermique (valeur U) : 0.19 W/(m² K)

- Revêtement Fermacell 15 mm
- Lattage, niveau installation, isolation Isover PB M 035 30 mm
- Vario® KM Duplex
- Sous-construction en bois 60/100, isolation Isover PB M 035 100 mm
- Isolation Isover PB F 035 40 mm
- Mur extérieur Maçonnerie en moellons (calcaire coquillier) env. 500 mm
- Enduit ciment 20 mm avec peinture à base de résine silicone ; renouvelé vers 2000

Sur cet objet, des mesures ont été effectuées non seulement dans la couche critique entre le mur existant et l'isolation (voir figure 31), mais aussi à l'intérieur de la couche d'isolation et dans le mur extérieur massif. Les mesures effectuées à l'intérieur de la couche d'isolation montrent que les taux d'humidité élevés (supérieurs à 80 %) se limitent à la couche limite et n'entraînent donc pas de perte d'efficacité de l'isolation.

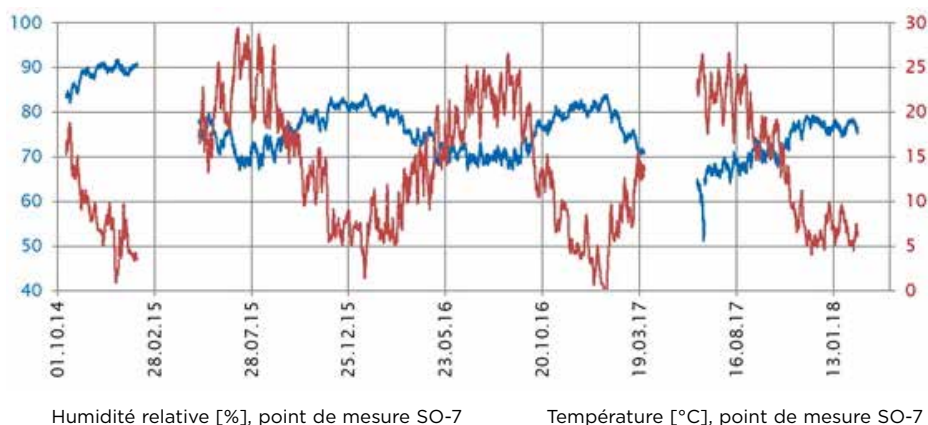


Fig. 31 : Valeurs mesurées dans la maison d'habitation de Brüttelen, rez-de-chaussée sud-ouest, d'octobre 2014 à fin janvier 2018

Rapports d'étude et retours d'expérience

Les deux bâtiments de référence isolés à l'intérieur, « Institut A. Merkle, Ancienne Clinique Garcia à Fribourg » et « Maison Brüttelen », ont fait l'objet de rapports d'étude et de retour d'expérience rédigés par les physiciens du bâtiment impliqués, disponibles sur demande.

« En raison de la brève période d'humidité extrême suivie du séchage estival, les murs extérieurs peuvent être considérés comme pleinement fonctionnels. »



Roger Blaser Zürcher, architecte et ingénieur diplômé, physicien du bâtiment M.B.P., est propriétaire de ingBP Ingenieurgesellschaft für Bauschadenanalytik und Bauphysik mbH et professeur en analyse des dommages aux bâtiments et physique du bâtiment appliquée à l'Institut Energie am Bau de la Haute école spécialisée du nord-ouest de la Suisse à Muttenz.

APPLICA-THEMA

Inhomogene Innenwärmehämmung bei schützenswerten Bauten

Zwei Gebäude von hohem denkmalpflegerischem Wert sollten saniert und erweitert werden sowie den energetischen Anforderungen an den Wärmeschutz entsprechen. Der nachfolgende Beitrag aus dem ISK-Tagungsband 2017 ist in zwei Teile gegliedert: Erfahrungen aus der Bauphase und Auszüge aus einem Monitoring zur Erfassung der Temperatur sowie der relativen Luftfeuchte.

Text: Roger Blaser Zürcher

Aussenansicht des Haupteingangs des Adolphe Merkle Institute der Universität de Fribourg. (Bild: Ramer Sohbank)

« Les murs examinés sèchent depuis trois ans. À cet égard, la protection contre l'humidité des murs rénovés s'avère robuste. »



Christoph Geyer, Dr. rer. nat., physicien diplômé, est professeur de physique du bâtiment à la Haute école spécialisée bernoise, au Institut pour la construction en bois, les structures porteuses et l'architecture à Bienne.

B

Barbara Wehle, Prof. Dr. Christoph Geyer
Bernere Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Solothurnstr. 102, Postfach 6096, CH-2500 Biel 6, Schweiz
christoph.geyer@bfh.ch

Monitoring eines innengedämmten, historischen Gebäudes aus Natursteinmauerwerk

In einem als erhaltenswert eingestuftem, historischen Gebäude werden über den Zeitraum von drei Jahren Messungen der Wärme- und Feuchtestrome an zwei innengedämmten Wänden durchgeführt. Die Messwerte werden mit hydrothermischen Bauteilsimulationen der sanierten Natursteinwände verglichen. Ziel der Untersuchungen ist, neue Erkenntnisse über das hydrothermische Verhalten von innengedämmten Wandbauteilen zu erhalten, um so die Prognosemethoden zu verbessern und die Planungssicherheit zu erhöhen.

Einführung

Um die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen, ist eine Reduktion des Energieverbrauchs des Schweizer Gebäudebestands unabdingbar. Für die energetische Sanierung denkmalgeschützter historischer Aussenwände stellt der Einbau eines innenliegenden Wärmedämmungssystems oft die einzige denkmalgerechte und wirtschaftliche Sanierungsmöglichkeit dar.

Diese Sanierungsmassnahme verändert aber die Wärme- und Feuchtestrome und folglich die Feuchtegehalte des Bauteils. Gerade bei gut gedämmten Bauteilen mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) besteht das Risiko von Feuchteschäden an der Grenzschicht zwischen bestehender Wand und dem Innendämmungssystem.

Zum Überprüfen der Robustheit der Sanierungslösungen werden in der Planungspraxis vermehrt numerische Simulationen der Wärme- und Feuchtestrome der sanierten Bauteile durchgeführt. Allerdings bestehen Unsicherheiten bezüglich der Prognosegenauigkeit.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Bernere Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, BPH AHB, wurden zusammen mit vier Wirtschaftspartnern aus der Dämmstoffbranche mehrljährige In-situ-Messungen der Wärme- und Feuchtestrome an drei verschiedenen Innendämmungssystemen an unterschiedlichen Messobjekten durchgeführt. Zusätzlich zu den Messungen in den Wandaufbauten wurden auch Temperatur und relative Feuchte der Raumluft erfasst. Zudem konnte für jeden Gebäudestandort auf Klimamessdaten einer nahegelegenen Wetterstation zugegriffen werden.

Neben Messungen an den Gebäuden wurden auch Labormessungen durchgeführt. So wurden anhand von Materialproben die Materialkennwerte der Wände bestimmt, welche für eine hydrothermische Bauteilsimulation bekannt sein müssen.

Mit den Klimamessungen und den Materialkennwerten konnten realistische numerische Bauteilsimulationen mit der Software WUFI-Pro [1] der sanierten Wände durchgeführt werden. Durch Vergleich mit den gemessenen Temperatur- und Feuchteverläufen der Wandaufbauten wurden die Rechenwerte der Simulationsmodelle validiert.

In vorliegendem Beitrag werden am Beispiel des Messobjekts „Brüttelen“, welches vom Wirtschaftspartner Saint-Gobain ISOVER SA vermittelt und mit einem Innendämmungssystem

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences Seite 1

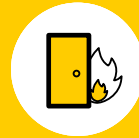
Thermique, acoustique, protection incendie: Des conseils professionnels



**Isolation
thermique**



**Isolation
phonique**



**Protection
incendie**



Toits
Toitures inclinées,
toitures plates



Sols et plafonds
Chapes, sous-planchers,
planchers, plafonds,
plafonds acoustiques



Murs
Façades, parois,
constructions légères,
constructions bois



Isolation technique
Conduites, réservoirs,
gainés



SAINT-GOBAIN
ISOVER SA
Route de Payerne 1
1522 Lucens
021 906 01 11

Customer Service / Ventes
021 906 05 70
07:30 - 11:45
13:30 - 17:00
vendredi jusqu'à 16:00
sales@isover.ch

Helpdesk / Technique
0848 890 601



isover.ch

imprimé en
suisse