

L'ISOLATION INTÉRIEURE : AVEC QUOI ET COMBIEN ?

Heinz Bangerter, ingénieur diplômé SIA/USIC, CH 8302 Kloten / Suisse

1. CONSIDÉRATIONS INTRODUCTIVES

Si l'on cherche aujourd'hui sur Internet des explications sur le sujet de l'<isolation interne>, on trouve, par exemple, environ 64 500 entrées dans Google, et après spécification sur <intérieur de l'enveloppe isolante du bâtiment> encore environ 5'500 vues. Tout n'a donc pas déjà été dit sur le sujet ?

Outre les innombrables chevauchements, les opinions contradictoires et les contradictions de contenu, une telle liste manque naturellement de la cohérence ou de l'"arrondissement" de contenu espéré. Ce fait peut le justifier, qu'à ce stade, on tente de réduire le sujet à quelques pages du point de vue des pratiques de construction. Les propriétés spécifiques (resp. les effets) de l'isolation intérieure sur "l'hygiène résidentielle", le "confort", le "tissu du bâtiment" et La "consommation d'énergie" devrait être abordée.

La contribution est délibérément maintenue "pratique de construction" et non "hautement scientifique", mais devrait néanmoins être basée sur des connaissances techniques - physiques consolidées. Quelques expressions d'opinion provocatrices et des "coups de côté" sur certains phénomènes marginaux dans la planification des bâtiments ("hystérie de diffusion", "folie de l'isolation thermique", "zèle de normalisation") sont prévus.

2. DÉPENDANCES QUALITATIVES

Il existe trois principaux domaines d'intérêt pour le praticien :

Comment l'isolation interne affecte-t-elle la section transversale globale ?

On considère surtout la "diffusion" et (au mieux) les "tensions de température", qui pourraient toutes deux (t)he endommager la structure du bâtiment.

Comment l'isolation intérieure modifie-t-elle le climat intérieur ?

Cette question est généralement liée au thème "comportement de stockage".

Quel bénéfice énergétique l'isolation intérieure doit-elle procurer ?

L'écart se creuse entre les normes de plus en plus pointues

U - valeur - réglementation d'une part, et d'autre part une dimension d'isolation qui reste raisonnable du point de vue de la physique du bâtiment, de l'économie ou de l'écologie.

Pour les critères ci-dessus, à savoir : "confort", "hygiène du logement", "tissu" et "Consommation d'énergie", dont l'évaluation doit naturellement être aussi positive que possible, il existe différents paramètres dont les valeurs limites (en partie officielles) sont les suivantes

Pour l'évaluation du confort :

En été : inertie thermique de l'enveloppe contre la température ambiante - fluctuations ainsi que section nominale de stockage contre les "surtempératures" dues à l'irradiation

En hiver : Comportement de stockage crédible pour la "chaleur résiduelle utilisable" et la température de surface interne de l'enveloppe contre le "rayonnement froid

Pour l'évaluation de l'hygiène résidentielle :

Température de la surface intérieure de l'enveloppe contre la formation de moisissures

Pour l'évaluation de la structure du bâtiment :

Comportement de diffusion de la section transversale du bâtiment contre la pénétration de l'humidité interne provenant de la migration de la vapeur d'eau en hiver ou de la "position d'inversion en été".

Fluctuations de température (comparatives) ou contraintes dans la structure de support dues à des effets de température externes

Pour l'évaluation de la consommation d'énergie :

U - valeur - réglementation vs. demande totale d'énergie minimisée (de l'enveloppe du bâtiment)
Seuls ce paramètre et la température de surface qui en dépend ne sont pas influencés par la séquence des couches de la section de construction!

3. EXEMPLES TYPIQUES

Afin de répondre à la question de ce document : <DOMMAGES INTERNES : FEMME ET COMMENT PLUS>, en tenant compte des trois thèmes d'intérêt pour le praticien (voir ci-dessus), trois exemples typiques seront discutés ci-dessous. Le critère d'évaluation qui domine dans certains cas sera examiné de manière critique.

L'obligation générale de veiller à ce que la température de la surface intérieure de l'enveloppe extérieure maintienne toujours la valeur requise dans les conditions climatiques dominantes (à l'intérieur et à l'extérieur) afin d'empêcher l'humidité relative de l'air (à long terme) de dépasser 80 % n'est pas traitée plus en détail lors de la planification d'un nouveau bâtiment ou lors d'une transformation ou d'une modernisation. Le respect de cette condition n'est pas "spécifique à l'isolation intérieure", mais est généralement valable et doit être prouvé selon des règles normatives. Elle doit être observée pour l'isolation intérieure, mais surtout en ce qui concerne le "problème du pont thermique" avec les murs intégrés latéralement et le long des supports de plafond sur le mur extérieur. Ici, l'isolation interne peut provoquer un refroidissement des surfaces libres adjacentes, ce qui peut entraîner un dépassement des valeurs limites qui ne se produirait pas avec le mur (encore) non isolé (rénovation) du côté de la pièce.

3.1 Exemple A : Façade en béton apparent d'un nouvel immeuble avec isolation interne

Cet exemple se rapporte au sujet qui nous intéresse : "Comment l'isolation interne affecte-t-elle la section transversale globale ? Le comportement de diffusion avec une isolation interne donnée et l'effet de la température extérieure sur le mur porteur en raison de l'absence de couverture thermique / isolation externe sont discutés.

Choisissons une section de façade commune avec (valeurs caractéristiques base de données WUFI®) :

- 180 mm de béton apparent à l'extérieur ($\lambda \sim 1,60$ W/mK ; $\rho \cdot c \sim 1955$ kJ/m³K ; $\mu \sim 180$)
- var. 150 mm, 200 mm, 250 mm Isolation interne ($\lambda \sim 0,040$ W/mK ; $\rho \cdot c \sim 51$ kJ/m³K ; $\mu \sim 1,3$)
- 15 mm de plâtre intérieur ($\lambda \sim 0,20$ W/mK ; $\rho \cdot c \sim 722$ kJ/m³K ; $\mu \sim 8,3$)

En outre (WUFI® Light, Standard) : $R_{si} = 0,125$ m²K/W, $R_{se} = 0,0588$ m²K/W, $\theta_{e, \text{medium}} = 6,4^\circ\text{C}$

Plusieurs méthodes sont disponibles pour l'évaluation de la diffusion :

- La "méthode du vitrier" utilisant un soi-disant "climat - délai" (tableau de légende 1)
- La "méthode du vitrier", qui utilise des modèles climatiques individuels à l'intérieur et à l'extérieur au cours de l'année [1].
- La "méthode WUFI®" avec des informations sur l'absorption et la distribution du condensat par sorption [2].

Selon le **tableau 1**, des résultats très différents sont obtenus en ce qui concerne le condensat annuel maximum (KJ) et son potentiel de séchage (AJ) Condition 1 : (AJ ≥ KJ). Le résultat (KJ) en lui-même est encore plus problématique que la "valeur d'équilibre" dépendant du modèle de calcul, car dans certaines réglementations, non seulement le modèle de calcul lui-même (avec climat - délai) mais aussi les valeurs limites qui en résultent (en fonction des matériaux) sont définis. Cependant, comme ces valeurs limites sont basées sur des spécifications climatiques irréalistes, cela conduit régulièrement à des discussions animées entre experts, qui menacent souvent de dégénérer en une véritable "hystérie de la diffusion". En fait, la "méthode Glaser", qui a fait ses preuves, donne toujours des résultats utiles, à condition que le calcul soit basé sur des données climatiques réalistes (dans le cycle annuel). Dans tous les cas, même avec la "méthode WUFI®" - également basée sur les données climatiques accumulées au cours du cycle annuel - le calcul doit d'abord se faire "en arrière-plan" la perte d'humidité qui en résulte doit être déterminée avant qu'elle ne puisse être répartie dans les matériaux adjacents en fonction de leur capacité de sorption et affichée sous la forme d'un "résultat WUFI®".

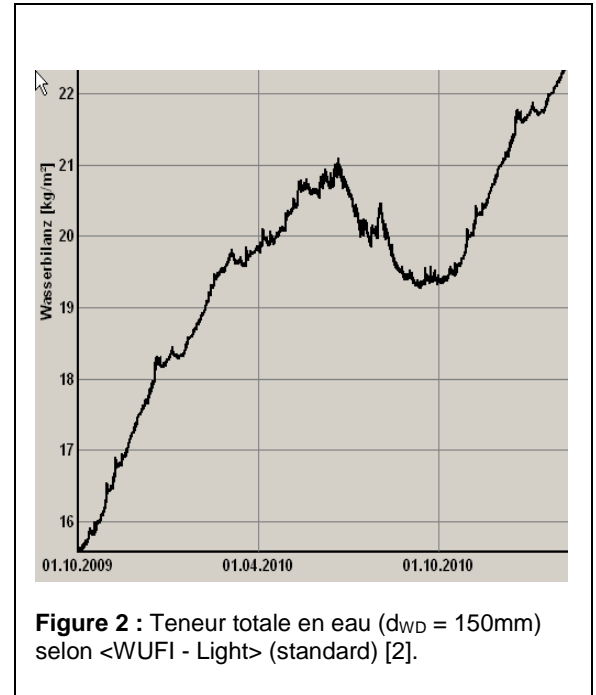
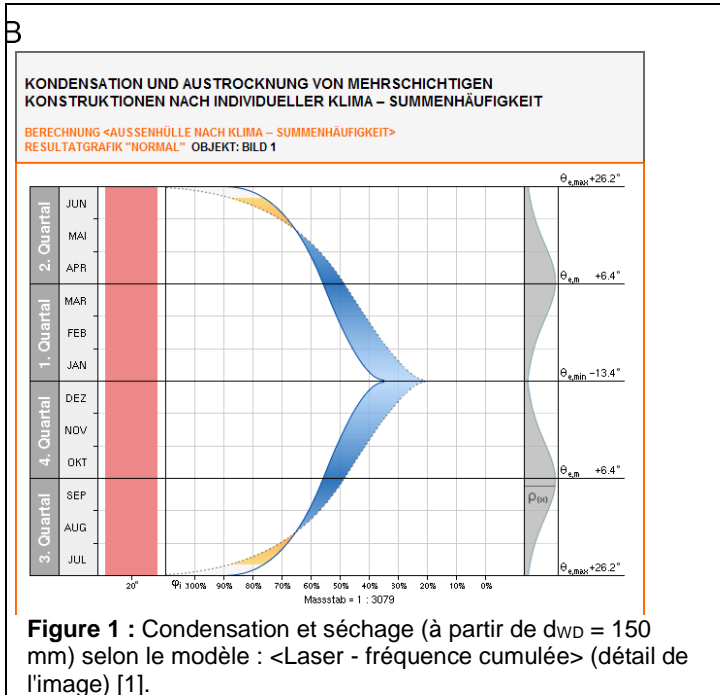
Épaisseur de l'isolation dWD [mm].	* Glaser "in fast motion" (en mouvement rapide)		Vitriers par -fréquence [1]		WUFI®Light IBP 4.0 [2] Teneur totale en eau		U - valeur [W/m²K]
	KJ _{max} [g/m²]	AJ _{possible} [g/m²]	KJ _{max.} [g/m²]	AJ _{possible} [g/m²]	KJ _{max.} [g/m²]	AJ _{possible} [g/m²]	
150	2871 **⊗K ~837	2034	5450 **⊗K~4995	455	~ 5500 **⊗K~4000	~ 1500	0.243
200	2393 **⊗K ~695	1698	4655 **⊗K~4280	375	~ 4750 **⊗K~3550	~ 1200	0.186
250	2078 **⊗K ~619	1459	4050 **⊗K~3730	320	~ 4250 **⊗K~ 3250	~ 1000	0.151

* Hiver : intérieur 20°C/50%HR, extérieur -10°C/80%HR pendant 60 jours

* Été : intérieur = extérieur chaque 12°C/70%RH pendant 90 jours

**⊗K = croissance annuelle cumulée !

Tableau 1 : Comparaison de la condensation pour différentes méthodes de calcul



Dans l'exemple A en question, nous constatons que l'isolation intérieure "ouverte à la diffusion" choisie sans pare-vapeur supplémentaire génère des quantités trop importantes de condensat entre l'isolation et le mur en béton, quelle que soit la méthode de calcul utilisée. Contrairement au risque croissant d'humidité de surface avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation dans la gamme ponts thermiques constructifs (qui n'est pas montré ici dans le calcul), l'humidité / condensation en section transversale calculée a tendance à diminuer légèrement avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation interne grâce à une résistance à la diffusion plus élevée.

La différence entre "Glaser - fréquence cumulée" et "WUFI®" en termes de séchage est due au fait que dans le modèle "Glaser - Σ fréquence" [1], cela n'est pris en compte qu'aussi longtemps que $(\theta_i \geq \theta_e)$ est disponible. En ce qui concerne la teneur maximale annuelle en humidité KJ, les deux méthodes donnent des résultats très similaires - contrairement à la "grille de temps normative".

L'ensemble du problème (d'interprétation -) de ce qui se passe réellement en termes d'humidité et de ce qui peut encore être justifié en termes de technologie matérielle (détaché des valeurs limites normatives basées sur des résultats irréalistes) peut être traité par un soi-disant

L'isolation interne <étanche aux vapeurs> comme la mousse de verre (ou tout au plus la mousse extrudée) peut être élégamment retirée. Il n'y a donc aucune condensation tout au long de l'année.

En revanche, dans le cas d'une isolation intérieure étanche à la vapeur, il faut tenir compte des "couches d'inversion estivales", en ce sens que la migration de la vapeur d'eau "de l'extérieur vers l'intérieur" entre l'enveloppe porteuse (par exemple le béton gazeux ouvert à la diffusion et bien isolant !) et le verre mousse est stoppée. Il est alors crucial que dans un gradient de température avec $(\theta_e > \theta_i)$, la contribution de l'isolation thermique de l'enveloppe extérieure (béton de gaz) ne soit pas trop élevée ou que l'épaisseur de l'isolation intérieure bloquant la vapeur ne soit pas trop faible, ce qui entraîne une condensation estivale. Dans le présent exemple, avec une très faible résistance thermique du béton exposé, il n'y a cependant aucun danger à cet égard.

Outre le "problème de diffusion", qui peut avoir un effet défavorable sur la structure du bâtiment et se produit principalement avec l'isolation intérieure, la décision d'opter pour l'isolation intérieure est également négative du point de vue de la "mécanique du bâtiment".

Dans l'exemple A en question, la fluctuation quotidienne de la température de l'air extérieur a un effet non amorti sur la surface extérieure. En amortissant cette amplitude externe dans la section transversale du béton, elle est réduite de façon considérable jusqu'à l'isolation interne adjacente. Il en résulte une différence de température oscillant autour d'un maximum au cours de la journée, ce qui crée des contraintes indésirables dans la section du béton. Si, en revanche, la section transversale est recouverte d'une isolation extérieure appropriée, d'une part, les températures extrêmes absolues à la surface du béton jusqu'à l'extérieur et, d'autre part, la différence de température maximale oscillante sont considérablement réduites dans sa section transversale elle-même.

Une comparaison entre l'isolation interne et externe avec les couches de matériaux sélectionnées par exemple A - basée sur la "profondeur de pénétration périodique" familière aux physiciens du bâtiment, ici avec une amplitude de température externe de $v_{e0} = \pm 10K$ autour de la valeur moyenne

$\theta_{e \text{ moyen}} = 20^\circ\text{C}$ - donne les résultats suivants selon le **tableau 2** :

Couche d'isolation	Extrême max / min						Différence de section δ		
	Béton extérieur			Béton intérieur					
	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]
Isolation extérieure	23.5°C / 16.5°C	22.5°C / 17.5°C	21.8°C / 18.2°C	20.6°C / 19.4°C	20.4°C / 19.6°C	20.3°C / 19.7°C	2.9 K	2.1 K	1.5 K
Isolation interne	+ 30°C / + 10°C			+ 21,8°C / + 18,2°C			8.2 K		

Tableau 2 : Amortissement des températures extrêmes et des différences de section dans le béton en fonction de la séquence des couches D'un point de vue statique - mécanique de la construction, dans l'exemple A montré, une isolation extérieure de protection thermique serait clairement préférable à une isolation intérieure, d'autant plus que les fluctuations de température réelles de l'air ou de la surface extérieure peuvent être nettement supérieures à $\pm 10K$.

3.2 Exemple B : Rénovation à motivation énergétique d'une façade classée

Cet exemple B est utilisé pour discuter des questions ouvertes en fonction du deuxième domaine thématique :

"Comment l'isolation intérieure modifie-t-elle le climat intérieur ? Ce qui est intéressant ici, c'est avant tout l'effet d'une isolation intérieure sur le climat de la pièce par rapport à un mur non isolé (solide).

Le sujet est bien connu : Pour des raisons de conception, seule une isolation intérieure ultérieure (ou en aucun cas une isolation extérieure) peut être envisagée pour une rénovation planifiée, liée à l'énergie ou à la transformation de la façade. Outre les questions abordées dans l'exemple A concernant le tissu du bâtiment et l'hygiène résidentielle, le changement possible du climat intérieur (et du bilan énergétique) provoqué par cette intervention est toujours intéressant. La question concrète est de savoir comment le "comportement de stockage" du mur change en conséquence.

Le "temps de refroidissement" [3], bien connu dans les milieux de la physique du bâtiment, permet d'effectuer des comparaisons relatives et montre l'effet de l'inertie thermique de la section transversale totale pour les conditions hivernales et estivales.

comme l'expriment les conditions climatiques estivales. Cependant, le comportement d'inertie ainsi enregistré diffère de la capacité de stockage payante (contre l'excès de chaleur du rayonnement solaire côté pièce, l'occupation et les sources de chaleur internes des appareils, etc.), grâce à laquelle les gains de chaleur utilisables sont pris en compte dans le bilan énergétique. Ici aussi, le calcul est basé sur le modèle de la "profondeur de pénétration périodique" pour une amplitude de 24 heures (côté pièce). Toutefois, compte tenu du faible effet de stockage de l'isolation intérieure, l'effort de calcul complexe nécessaire pour différencier les gains de chaleur utilisables semble (trop) coûteux.

Afin de considérer suffisamment la capacité de stockage de la pièce comme un indicateur comparatif de l'excès de chaleur en été ou en hiver, on peut tout aussi bien - en toute sécurité - utiliser directement le "chiffre de stockage de chaleur" (statique) [3], qui se produit de toute façon lors de la détermination du "temps de refroidissement" informatif.

La comparaison pratique de l'exemple B avec l'utilisation des couches de matériaux définies au début (ici sans plâtre) donne les résultats suivants selon le **tableau 3** :

Stockage payant [kJ/m ² K]		Coefficient de stockage de la chaleur (WSP) [kJ/m ² K] 2)	Temps de refroidissement (z) [h]
Isolation interne [mm].	Béton exposé d = 180 mm 1)		
+ 0	173 (173)	137 (137)	11.2 (11.2)
+ 20	139 (173)	14.2 (272)	11.3 (60.1)
+150	30.8 (173)	13.8 (340)	15.5 (382)
+200	23.2 (173)	12.7 (345)	18.7 (507)
+250	18.6 (173)	12.6 (348)	22.8 (633)

1) Capacité de stockage créditée, réduite par l'influence normative Rsi

2) Coefficient de stockage de la chaleur (WSP) en considération du Rsi (valeurs entre parenthèses avec isolation extérieure alternative)

Tableau 3 : Valeurs caractéristiques relatives au climat intérieur pour l'accumulation de couches comme dans l'exemple A (mais ici sans plâtre)

Le "désavantage" climatique intérieur de l'isolation intérieure par rapport à l'isolation extérieure s'exprime à la fois par le rapport de stockage de chaleur ou la valeur de stockage créditée, ainsi que par un temps de refroidissement très court (z) (comparaison : valeurs entre parenthèses pour l'isolation extérieure !) La capacité de stockage côté salle augmente avec l'augmentation L'isolation interne a tendance à diminuer et l'inertie thermique de la section totale n'augmente que de manière insignifiante.

Un sujet particulier en ce qui concerne le climat intérieur - les conditions est la question de "Compensation de l'humidité" par des matériaux isolants capables de sorption. On espère que ces matériaux se fixeront l'excès d'humidité à eux-mêmes lorsque l'humidité de l'air est trop élevée et qu'ils le stockeront donc temporairement (Question : Comment le matériau d'isolation sait-il quelle humidité est souhaitée dans la pièce ?) De même, on espère un "renversement" au moment opportun, dans lequel l'humidité précédemment fournie par l'air ou par la pluie battante, etc. de l'extérieur est est rejeté "dosé" dans l'air ambiant (question : pour le "drainage" de la section transversale, ou pour l'humidification de l'air souhaitée ?)

Ce qui ne peut être négligé dans le mode d'action (opportun ?) est en tout cas le fait que la plus grande porosité ouverte possible de la surface et de la section transversale est requise. Cela implique à son tour un matériau dit ouvert à la diffusion, qui génère en principe des quantités excessives de condensat et devrait donc être doté d'un pare-vapeur séparé du côté de la pièce (qui couvre toutefois la capacité de sorption !). Pour éviter ce dilemme, il faudrait également utiliser un pare-vapeur "respirable", tel qu'il est annoncé sur le marché. Cela promet la plus grande perméabilité à la vapeur d'eau possible dans un environnement humide (pour assécher l'eau), et le plus grand effet de barrière possible à l'état sec (contre la migration de la vapeur d'eau). Cependant, comme le comportement de sorption du matériau d'isolation est également susceptible d'influencer le degré d'humidité et la diffusion de ce pare-vapeur lui-même, cela conduit presque inévitablement à un "court-circuit lié à la diffusion".

Comme les conditions climatiques intérieures ont toujours tendance à être relativement mauvaises lorsqu'une isolation intérieure est absolument nécessaire (exception : dans certains cas, si la pièce n'est chauffée que temporairement), il est encore plus conseillé de garder au moins la substance de construction mentionnée dans l'exemple A "sous contrôle" en utilisant un matériau d'isolation aussi étanche à la diffusion que possible.

3.3 Exemple C : Conversion / extension du sous-sol en espace de vie

Enfin, un troisième exemple est utilisé pour illustrer le sujet : "Quels avantages énergétiques l'isolation intérieure doit-elle apporter ? On constate un certain décalage entre les exigences normatives des autorités et leur effet (souvent) inefficace. Une différenciation est également faite ici en ce qui concerne l'épaisseur de l'isolation en fonction du tissu de construction existant et de l'intégration au sol.

Commençons par la deuxième considération comparative. Supposons qu'une pièce de la cave à aménager pour un usage résidentiel soit encastrée à environ 3 mètres dans le sol. Avant d'aborder le dimensionnement à motivation énergétique de l'épaisseur d'isolation du mur du sous-sol (contre le sol), c'est-à-dire une isolation intérieure classique, il est conseillé de clarifier ce point au préalable :

Le mur de la cave actuelle est-il sec ? et si oui, est-ce parce qu'il se trouve dans un sol sec ou qu'il dispose d'un système de drainage fonctionnel ? Ou bien parce qu'un échange permanent d'humidité au sens de "sorption autorégulée" a lieu contre la pièce (ventilée ?) de la cave ?

Si, par contre, le mur de la cave existante est durablement humide, il doit d'abord être mis à l'état sec en permanence par des mesures de drainage ou d'étanchéité appropriées (également contre l'humidité ascendante !). Une fois cette condition atteinte, on peut (aussi) dimensionner énergétiquement une isolation interne qui bloque le plus possible la diffusion. Pour de plus amples informations, voir ci-dessous.

Si, en revanche, on peut supposer que le mur de la cave maintenant sec est dû à un échange d'humidité fonctionnel avec la pièce du sous-sol, il faut s'assurer que cela sera encore possible avec une isolation interne. Dans ce cas, une conception aussi ouverte que possible à la diffusion est effectivement recommandée, mais elle doit être assurée en même temps, que le mur de la cave actuelle ne soit pas refroidi par une épaisseur d'isolation trop importante jusqu'à la précipitation de la condensation (en fonction de l'utilisation de la pièce / du climat ambiant). Ainsi : Exécution ouverte à la diffusion dans une épaisseur aussi faible que possible, qui doit être dimensionnée simplement à partir de la demande de liberté de moulage et de condensation.

La question de l'épaisseur d'isolation (également) appropriée sur le plan énergétique ou exigée par la norme peut être discutée dans les cas où soit il n'y a certainement pas d'humidité du côté de la terre, soit celle-ci a été évitée de façon permanente par des mesures d'étanchéité ou d'autres mesures de construction. Cependant, la réglementation énergétique doit être remise en question (surtout dans le cas de rénovations et de conversions) :

En Suisse, par exemple, des institutions de pointe dans le domaine de l'énergie structurelle exigent qu'à l'avenir, les murs en contact avec le sol ayant une connexion au sol de plus de 2 m aient une valeur U unique de 0,15 W/m²K comme valeur cible pour les nouveaux bâtiments, et une valeur maximale de 0,20 W/m²K doit être respecté lors des conversions et des modifications. Il en va de même selon les règlements types des cantons. Des objectifs de l'ordre de 0,10 à 0,15 W/m²K selon les pays et un "label de construction" ne devraient pas tarder à devenir une directive publique.

Il faut se demander où doit mener ce zèle exubérant de normalisation dans le domaine de l'énergie structurelle. Si l'on considère non seulement les économies d'énergie de chauffage

de faible valeur (anergie), qui augmentent (seulement de manière dégressive) avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation, mais aussi la demande linéairement croissante de travaux de qualité et d'efficacité énergétique, la consommation énergétique du bâtiment augmente également.

L'énergie de processus (exergie) pour la production des matériaux d'isolation, un optimum énergétique - écologique est trouvé en ce qui concerne la valeur U et l'épaisseur de l'isolation, qui est souvent déjà clairement "dépassée" par de telles valeurs cibles extrêmes.

L'exemple pratique C1 :

Un mur de sous-sol en béton (encore) non isolé $d = 250$ mm (avec les valeurs caractéristiques selon l'exemple A) est enfoncé de 3,0 m dans le sol. Selon les méthodes de calcul conventionnelles, pour maintenir une valeur U requise de $0,20$ W/m²K, il faut une

une épaisseur d'isolation ($\lambda = 0,040$ W/mK) d'environ 190 mm d'isolation interne est nécessaire, car la gradation habituelle en fonction de la profondeur d'intégration pour les valeurs U individuelles indique que l'implication du sol est déjà prise en compte dans la spécification.

Si, en revanche, on détermine d'abord la valeur U_0 existante (carcasse + implication individuelle du sol, toujours sans couche d'isolation), on obtient dans l'exemple une valeur $U_0 \sim 0,84$ W/m²K. Pour maintenir la valeur cible correspondant à $0,20$ W/m²K, une épaisseur d'isolation de seulement 150 mm environ est nécessaire. Qu'est-ce qui s'applique maintenant ?

D'une manière ou d'une autre : si l'épaisseur d'isolation de la paroi en question est mesurée en fonction de son optimum énergétique et écologique selon [4], au lieu d'une "valeur fixe" normative de $0,20$ W/m²K, par exemple, les résultats peuvent être très différents.

En outre, l'exemple pratique C2 avec les variables d'influence

suivantes : Horizon de planification $n = 75$ ans ; $U_0 \sim 0,84$ W/m²K

Durée de vie utile du mur ou remplacement après chaque $m = 25$ ans

Teneur en énergie grise (énergie de processus) Isolation 3000 MJ/m³ (coûts d'élimination inclus), $\lambda \sim 0,040$ W/mK

"Intérêt" isolation énergétique 2,5%, chauffage anergétique 0,0%

variable : degrés-jours de chauffage 3000 K-j, 4000 K-j, 5000 K-j

Selon le **tableau 4**, les résultats suivants sont obtenus :

Degrés-jours de chauffage e [Kd]	U_{opt} [W/m ² K]	dopt. [mm]	Δd^* [mm]	rA2 de Δd^{**} [années]
3000	0.252	111	39	16.5
4000	0.221	133	17	19.0
5000	0.200	152	- 2	∞

*) "Excès" se réfère au dopt, si $U_{soll} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ de "RErdreich + dWD = 150 mm

**) S'applique uniquement si l'"intérêt" sur l'énergie de processus de haute qualité est également fixé à 0% ; sinon les dépenses de Δd ne peuvent jamais être "remboursées" énergétiquement

Tableau 4 : Épaisseur d'isolation éco-optimale, par exemple C2, en fonction des degrés-jours de chauffage. Temps de récupération relatif [rA2] de l'excédent - épaisseur Δd , basé sur le dopage. [5], [6]

Outre le fait que, surtout dans le cas de rénovations et de transformations, l'isolation intérieure (supplémentaire) doit souvent être limitée par des facteurs physiques ou autres, l'exemple C2 montre qu'il existe également certaines "limites raisonnables" à l'épaisseur de l'isolation énergétique. Dans tous les cas, la valeur d'isolation optimale (valeur U ou épaisseur d'isolation) est déterminée à partir d'une vue d'ensemble énergéto-écologique des conditions de situation les plus diverses. Une correspondance avec les valeurs cibles actuellement (?) valables du législateur est purement fortuite et déterminée par les conditions climatiques dominantes (degrés-jours de chauffage). En ce qui concerne l'isolation intérieure, les "règlements normatifs sur les couvertures" doivent toujours être remis en question en premier lieu quant à leur faisabilité individuelle.

4. CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cas des rénovations, en particulier, l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation intérieure tend à augmenter le risque de dommages à la section transversale globale du mur extérieur. L'isolation intérieure doit donc être planifiée selon la devise : "Autant que nécessaire, aussi peu que possible". Normalement, des matériaux d'isolation résistant à la diffusion (verre mousse à l'avance) sont préférés à cette fin. Sinon, des pare-vapeur élaborés, placés côté pièce, en complément d'une isolation "ouverte à la diffusion" sont généralement inévitables.

Les pare-vapeur "respirables" doivent être utilisés avec prudence, en particulier dans les extensions et les transformations de caves.

Le "autant que nécessaire" est principalement déterminé par la prétention à la moisissure - liberté ou hygiène résidentielle. Si, selon un calcul individuel, cette demande est également satisfaite avec une valeur supérieure à la valeur limite normalisée, il faut permettre de lui donner la préférence dans l'intérêt de la substance du bâtiment.

Pour la vérification basée sur la diffusion, la méthode conventionnelle selon Glaser (comme alternative aux "calculs de sorption selon WUFI®", par exemple) est toujours adaptée au praticien - à condition que la "méthode de Glaser" signifie un calcul utilisant les fréquences climatiques réelles (intérieures et extérieures) en fonction de l'utilisation et de l'emplacement, et non le laps de temps climatique inutilisable (légende Tableau 1).

En ce qui concerne les effets de la température extérieure, il faut dire qu'avec les fluctuations et les extrêmes de température (non souhaités), qui ont un effet pratiquement non amorti sur l'élément porteur du mur (béton apparent, construction à ossature métallique ou similaire) dans le cas d'une isolation intérieure, il y a un net désavantage par rapport à l'isolation extérieure (alternative ?) ou à l'isolation du noyau.

Conformément à l'attente générale, l'isolation intérieure a également un effet notable sur le climat intérieur par rapport à la surface intérieure non couverte. Néanmoins, cette influence n'empêche pas nécessairement le planificateur d'utiliser l'isolation intérieure a priori "à l'avance".

En outre, il faut relativiser l'influence des matériaux isolants dits à sorption et stabilisateurs de climat (dont on a dit qu'ils étaient particulièrement favorables). L'absorption et le stockage intermédiaire de l'humidité excessive (?) de l'air ambiant en été, ou le don de l'humidité de stockage à l'air ambiant excessivement sec (?) en hiver devraient d'abord être montrés dans un modèle et "dans le système réel" et avec une approche de calcul pratique qui en découle. Pour l'instant, on peut se demander si la péréquation espérée intervient toujours au bon moment dans la "bonne direction".

En particulier dans le cas de rénovations ayant un objectif énergétique distinct, un conflit d'intérêts est évident à deux égards. Soit l'épaisseur de l'isolation doit être limitée dans de nombreux cas pour des raisons de physique du bâtiment (contre l'humidité transversale dans le cas d'une solution délibérément ouverte à la diffusion / mur de sous-sol humide), soit l'exigence normative de la "valeur U unique" n'est plus en rapport raisonnable avec la

L'efficacité. Ce dernier peut être vérifié au cas par cas en fonction de l'objectif écologique : "énergie de processus des matériaux isolants plus demande de chauffage cumulée sur l'horizon de planification = minimale". Les outils de calcul correspondants [4], [5] sont disponibles gratuitement en dehors du corps de normes.

[1] Weder + Bangerter AG : Condensation et déshydratation en fonction du climat - fréquence cumulée. URL : <http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p17/> [État : 26.08.2009]

[2] Logiciel IBP : WUFI®. URL : <http://www.wufi.de/> [Version : 26.08.2009]

[3] Ni l'un ni l'autre + Bangerter AG : Coefficient de refroidissement et valeur de stockage de la chaleur (etc.). URL : <http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p20/> [État : 26.08.2009]

[4] IG Oeko - Priority® : Pour des épaisseurs d'isolation raisonnables sur les bâtiments. URL : <http://www.oekopriority.ch/> [État : 26.08.2009]

[5] IG Oeko - Priority® : Pour des épaisseurs d'isolation raisonnables sur les bâtiments. URL : [http://www.oekopriority.com/front_content.php?idcat=5/Amortisation des couches d'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.zip](http://www.oekopriority.com/front_content.php?idcat=5/Amortisation%20des%20couches%20d'isolation%20thermique%20de%20l'enveloppe%20du%20b%C3%A2timent.zip) [État : 26.08.2009]

[6] Ni l'un ni l'autre + Bangerter AG : Considérations concernant la période de remboursement. URL : http://www.baudaten.com/frame_wundertuete.html Considérations onpdf [Statut : 26.08.2009]



Le médecin peut enterrer ses erreurs,
l'architecte ne peut que conseiller de cultiver des
champignons... (librement d'après Gropius)