

# CSTC | Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2021/2

**Prémurs**

p4-5

**Calcul des  
épaisseurs du verre**

p12-13

**Finitions pour  
menuiseries  
extérieures en bois**  
p24-26

Shutterstock

# Sommaire

2021/2

	Deux mots d'ordre : entrepreneurs et impact !.....	3
	Des prémurs pour structures étanches ? .....	4
	Surchauffe estivale : impact mineur de la nature de l'isolant des toitures à versants.....	6
	Résistance au vent des complexes de toitures plates posés en adhérence.....	8
	Limiter l'impact environnemental des façades avec bardage en bois.....	10
	Calcul des épaisseurs du verre : qu'apporte la version 2020 de la norme NBN S 23-002-2 ?.....	12
	Améliorer la qualité sonore d'un local à l'aide d'un enduit acoustique .....	14
	Transformation de la pierre : obligations relatives à la mise sur le marché.....	16
	Réaliser la couche de nivellement à l'aide d'un mortier EPS.....	18
	Principes de base pour le calcul de la charge thermique.....	20
	Mesures alternatives pour maîtriser la légionelle.....	22
	Des finitions durables pour les menuiseries extérieures en bois.....	24

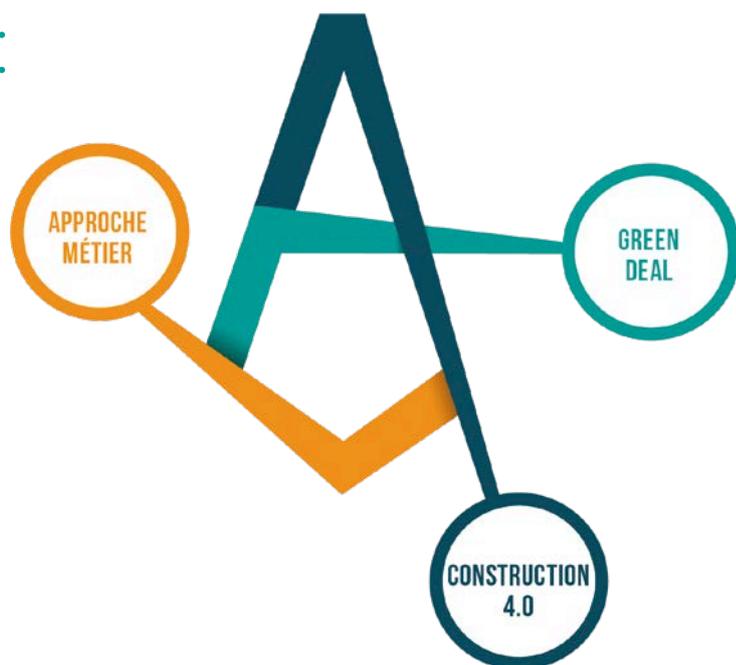
# Deux mots d'ordre : **entrepreneurs** et **impact** !

Le 26 janvier dernier, le CSTC révélait, lors d'un événement virtuel, ses **ambitions pour les cinq années à venir**. Les divers intervenants y ont expliqué en détail l'impact que nous voulons avoir sur le secteur et sur les entreprises en particulier.

Olivier Vandooren, directeur général du CSTC : *'C'est le moment de changer, de travailler différemment et plus efficacement. Cela vaut pour le CSTC, mais aussi pour le secteur ! Ambitions 2025 est un plan ambitieux dont les actions sont entièrement orientées vers l'entrepreneur. Nous voulons que ces actions aient un impact réel sur son travail quotidien. Nous souhaitons aussi préparer l'avenir de notre secteur.'*

Le plan s'articule autour de trois axes, à savoir l'axe Métier, le Green Deal et la Construction 4.0. L'axe **Métier** concerne les besoins actuels des entreprises. Nous voulons privilégier une approche globale intégrant à la fois les différentes exigences techniques (isolation thermique et acoustique, sécurité incendie, ...) applicables aux ouvrages et les aspects liés à la gestion de l'entreprise. Aujourd'hui, un entrepreneur ne peut plus se contenter d'être un bon technicien, il doit en outre être un bon gestionnaire.

Le **Green Deal** constitue un défi majeur pour notre secteur, mais également une opportunité réelle de croissance pour les entreprises, grandes ou petites. En effet, pour atteindre les objectifs fixés par l'Europe, nous devons rénover pas moins de 400 logements... par jour ! Et comme l'isolation thermique des parois incitera souvent les propriétaires à changer les finitions, tous les corps de métier y trouveront leur compte. Le Green Deal,



c'est aussi réduire notre empreinte environnementale, en conservant le plus longtemps possible les ouvrages en place, en (ré)apprenant à réutiliser les matériaux et en recyclant davantage. Comment garantir par exemple la qualité des carrelages récupérés sur d'autres chantiers ? Ce sont des défis auxquels nous voulons apporter des réponses concrètes et validées scientifiquement.

La **Construction 4.0**, de son côté, doit permettre aux patrons et dirigeants d'entreprises d'améliorer leur productivité, en facilitant certaines opérations et en leur libérant du temps pour se concentrer sur leurs tâches d'exécution. Cela peut se faire grâce à des applications très simples, comme un programme d'offre de prix et de suivi des factures qui permet de gagner un temps considérable, ou des techniques de mesure plus efficaces et plus rapides qu'un mètre roulant, comme certains télémètres laser dont le coût est très rapidement rentabilisé (voir [Les Dossiers du CSTC 2021/1.3](#)).

Ensemble, nous nous efforçons d'atteindre une qualité, une compétitivité et une durabilité optimales. Le site Internet [ambitions2025.cstc.be](http://ambitions2025.cstc.be) est entièrement consacré à ce plan d'action.



# Des prémurs pour structures étanches ?

Les prémurs sont particulièrement prisés sur chantier aujourd'hui, puisqu'ils permettent de réduire drastiquement les coûts et la durée de construction. Leur mise en œuvre engendre toutefois des problématiques spécifiques, notamment lorsqu'ils sont utilisés pour la réalisation d'une structure 'étanche'.

*T. Lonfils, dr. ir., chef de projet senior, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC*  
*J.-F. Rondeaux, dr. ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC*

## Avantages et risques relatifs à la mise en œuvre de prémurs

Historiquement, les divers éléments structurels en béton (radier, voile, hourdis, ...) sont coffrés puis coulés sur chantier. Cette technique est encore largement employée, car on ne peut l'éviter dans certains cas. Elle est de plus en plus souvent remplacée par l'**utilisation d'éléments préfabriqués**.

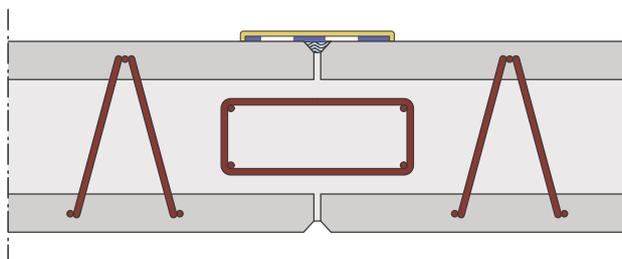
Composés de deux parois minces en béton reliées par des raidisseurs, les prémurs sont préfabriqués en conditions contrôlées en dehors du chantier. Ils sont positionnés, fixés puis remplis de béton frais sur place, afin de former des **parois monolithiques**. Cette technique apporte assurément une plus-value à différents niveaux :

- une meilleure maîtrise de la qualité du produit, du fait d'un environnement et d'un processus de fabrication contrôlés
- un gain de temps sur chantier, grâce à un assemblage facilité
- une réduction et un meilleur respect des délais d'exécution
- une amélioration des conditions de travail et de sécurité.

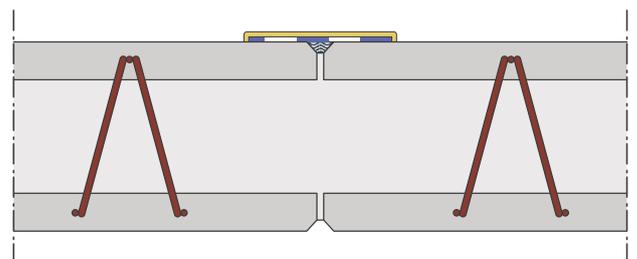
Les avantages indéniables de la préfabrication s'accompagnent cependant de risques liés non seulement au comportement des éléments préfabriqués, mais aussi à leur mise en œuvre (exécution des jonctions, remplissage du béton, ...). Ainsi, en ce qui concerne les ouvrages devant respecter une étanchéité de classe 1 (où un certain débit de fuite est toléré), voire de classe 2 (où aucune fuite n'est acceptée), les détails constructifs visant à obtenir une **étanchéité suffisante au droit de la jonction entre les prémurs** ne font pas encore l'unanimité. Les recommandations relatives aux armatures ou aux joints d'étanchéité (barrières étanches placées entre deux phases de bétonnage) s'avèrent limitées et, de surcroît, parfois contestées. C'est particulièrement le cas des règles spécifiques à l'épaisseur minimale permettant de garantir l'étanchéité.

## Etude prénormative

Dans le cadre de l'étude prénormative WASH II, le CSTC a émis des recommandations basées sur une évaluation



1 | Connexion de deux prémurs par une cage d'armature.



2 | Connexion de deux prémurs sans armature au droit de la jonction.



précise des contraintes internes générées au sein de ces structures. Un modèle numérique avancé a été développé et exploité pour analyser les connexions 'voile-voile' entre les prémurs. Ce modèle peut servir à simuler le **risque de fissuration des structures à la suite du retrait de séchage**.

Grâce à l'analyse numérique, il a été possible d'identifier l'impact des paramètres à l'origine de la fissuration des structures composées de prémurs sur le très long terme. De nombreux paramètres ont été étudiés :

- le taux d'armature de la connexion entre les prémurs
- l'humidité relative extérieure, qui détermine la rapidité et l'importance du retrait de séchage
- le phasage du coulage du béton
- l'adhérence entre les phases de bétonnage entre le prémur et le béton coulé, d'une part, et entre deux phases de bétonnage, d'autre part.

Attardons-nous sur l'impact du **taux d'armature au droit de la connexion entre les prémurs**, laquelle est généralement mise en place pour assurer le chevauchement des armatures en provenance des deux parois. L'impact de deux types de connexions a été évalué au travers de l'analyse numérique :

- celui d'une connexion entre prémurs typiquement utilisée sur chantier, consistant en une cage d'armature composée de cadres de 10 mm de diamètre disposés tous les 150 mm (voir figure 1 à la page précédente)
- celui d'une connexion sans cage d'armature, où la jonction entre deux prémurs est obtenue par la seule continuité du béton coulé (voir figure 2 à la page précédente).

Dans les deux cas, l'étanchéité est assurée par un dispositif externe spécifique.

Les analyses effectuées révèlent que les parois réalisées à l'aide de prémurs ne se comportent en aucun cas comme

des structures monolithiques. En effet, les voiles préfabriqués ne sont pas ou très peu fissurés, alors que le béton coulé *in situ* subit le retrait empêché et donc la fissuration.

Opter pour un taux d'armature élevé permet de contrôler la fissuration entre les prémurs, mais ce choix augmente le niveau de restriction du retrait et, par conséquent, le risque de fissuration du béton coulé sur place (voir figure 3). A l'inverse, en choisissant un taux d'armature plus faible, ce risque diminue pour le béton, mais il augmente au droit de la jonction entre les prémurs.

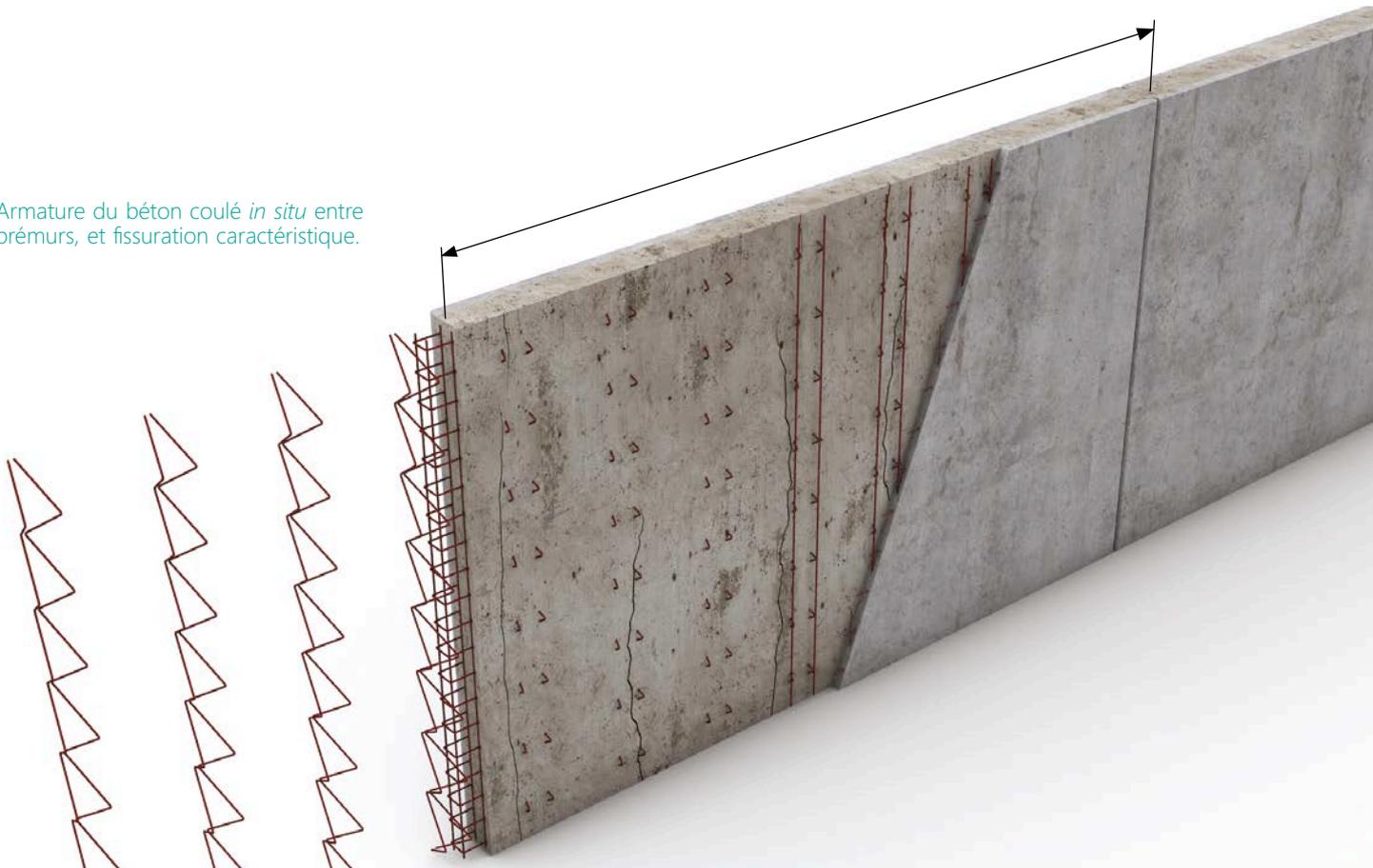
Un autre constat important qui découle de l'analyse numérique effectuée est celui du **risque de fissuration à long terme**. Le retrait de séchage est effectivement un phénomène pouvant prendre plusieurs dizaines d'années avant d'atteindre un équilibre hydrique. Cet aspect doit être pris en considération lors de la conception et la mise en œuvre des murs. La question de la fissuration des voiles en béton fait d'ailleurs actuellement l'objet d'une étude prénormative (Reinforce) menée par le CSTC.

### Conclusion

Si l'on prévoit l'utilisation de prémurs pour l'exécution de structures étanches, il est nécessaire :

- d'assurer la **continuité des armatures** entre les prémurs. Le bureau d'études, par exemple, doit prêter une attention particulière au dimensionnement des armatures de liaison
- de garantir l'**étanchéité au droit des joints verticaux**, tant au niveau de la jonction entre deux prémurs (recouvrement par une bande d'étanchéité bitumineuse, par exemple) qu'à celui des jonctions dans le béton frais (armatures de liaison, telles que des feuillards). ◆

### 3 | Armature du béton coulé *in situ* entre prémurs, et fissuration caractéristique.



# Surchauffe estivale : impact mineur de la nature de l'isolant des toitures à versants

Etant donné l'augmentation en nombre et en intensité des vagues de chaleur observées en Belgique, nous devons essayer de réduire les risques de surchauffe dans les bâtiments. L'une de nos études a révélé que le type d'isolation utilisé dans les toitures à versants avait une influence très faible sur cette surchauffe.

*D. De Bock, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques et consultance', CSTC*  
*N. Heijmans, ir., chef de projet principal, laboratoire 'Caractéristiques énergétiques' et coordinateur PEB, CSTC*

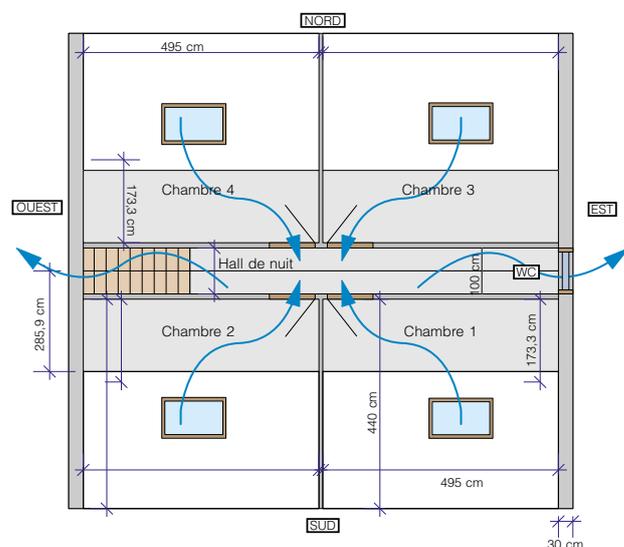
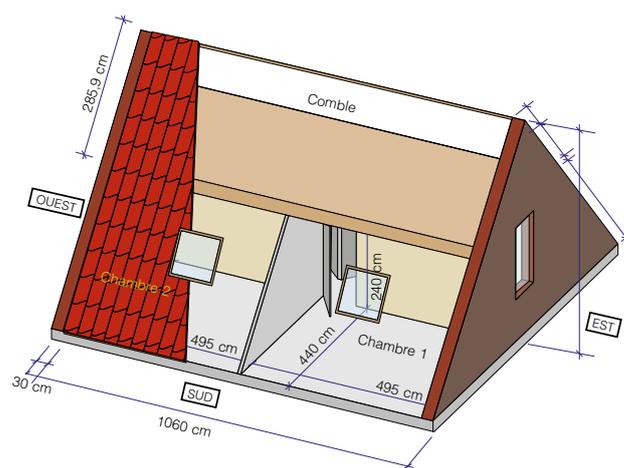
## Contexte

En 2010, le CSTC a procédé à des **simulations numériques de transfert de chaleur**, afin d'évaluer l'impact de la nature de l'isolation thermique sur le risque de surchauffe durant une période de canicule (voir [Les Dossiers du CSTC 2010/3.6](#)). Seuls deux types d'isolants pour toiture avaient été comparés, à savoir : la laine de bois et la laine minérale. A la demande du Comité technique 'Couvertures', le modèle employé à l'époque (voir figure 1) a été réutilisé pour évaluer l'influence des isolants à base de polyisocyanurate (PIR) et d'ouate de cellulose.

## Lutter contre la surchauffe

De manière générale, il est possible de lutter de trois manières contre la surchauffe :

- **en minimisant les apports de chaleur.** Pour ce faire, il convient, par exemple, d'isoler les parois, de limiter l'ensoleillement au travers des fenêtres ou de réduire l'apport d'énergie en provenance des appareils électriques et de l'installation d'eau chaude sanitaire
- **en rafraîchissant les locaux**, notamment par la ventilation nocturne. L'installation d'un système de climatisation est envisageable, mais maîtriser sa consommation nécessite de tenir compte d'autres facteurs. Par ailleurs, la présence d'une climatisation pénalise le certificat PEB du bâtiment
- **en profitant de l'inertie thermique des matériaux se trouvant à l'intérieur du bâtiment.** Plus la masse volumique et la capacité thermique des matériaux sont importantes, plus l'inertie de ces derniers est élevée. Ceci entraîne une réduction de la vitesse et de l'intensité de l'échauffement sous la toiture et favorise une température intérieure plus stable entre le jour et la nuit.



1 | Représentations du logement utilisé comme modèle.

Caractéristiques de matériaux d'isolation couramment utilisés dans les toitures à versants et comparaison avec deux autres matériaux courants.

Matériaux	Conductivité thermique [W/mK]	Densité [kg/m <sup>3</sup> ]	Chaleur spécifique massique [kJ/kgK]	Chaleur spécifique volumique [kJ/m <sup>3</sup> K]
PIR	0,023	30	1,4	42
Cellulose	0,038	50	2	100
Laine de bois (*)	0,038	160	2,1	336
Laine minérale	0,035	25	1,03	25
Béton armé	–	2500	0,79	1997
Carreaux de plâtre	–	950	1,08	1026

(\*) Afin de maximiser l'influence sur l'inertie thermique, l'un des matériaux les plus lourds du marché a été utilisé lors des simulations.

Dans le cas des toitures à versants, il est souvent compliqué de profiter de l'inertie de la structure. En effet, il s'agit généralement d'une charpente en bois, qui est une structure relativement légère. Or, si l'on compare la capacité des matériaux à accumuler de la chaleur par unité de volume (voir dernière colonne du tableau ci-dessus), on remarque que **ce sont les matériaux lourds qui augmentent le plus l'inertie thermique d'une structure**. Il peut donc s'avérer tentant d'accroître celle de la couche isolante elle-même.

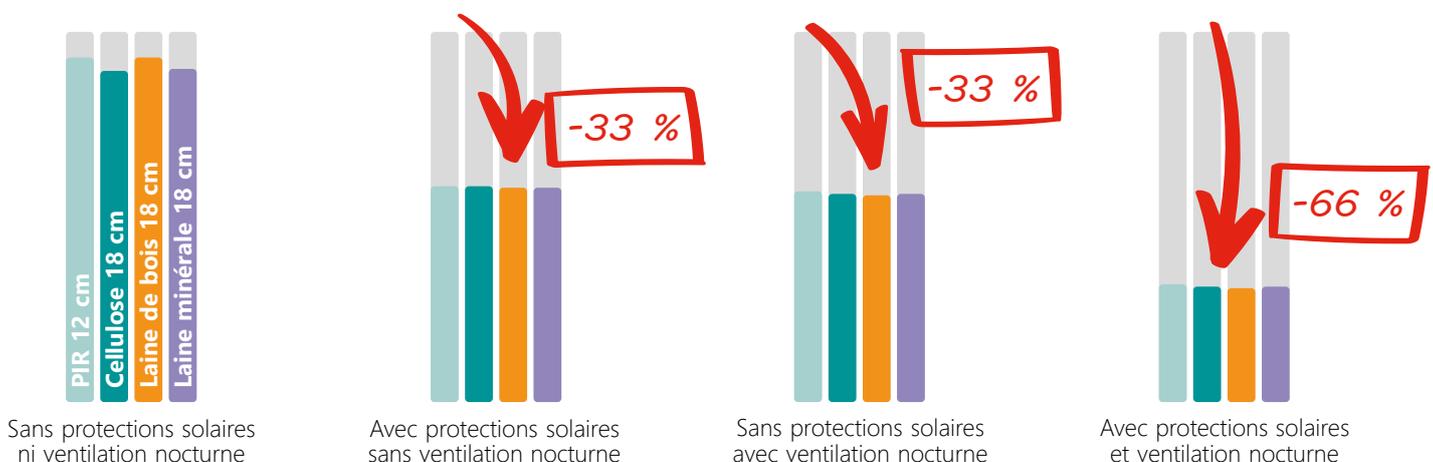
Pour un niveau d'isolation comparable apporté par la couche d'isolation, la différence de masse ou de capacité thermique peut être assez importante. En effet, comme le montre le tableau ci-dessus, les caractéristiques des isolants couramment utilisés dans les toitures à versants sont assez variables.

Pour évaluer l'intensité de la surchauffe dans un bâtiment, tout en tenant compte de sa durée, nous avons utilisé un

**indicateur de surchauffe** exprimé en degrés-heures. Dans la pratique, 1 degré-heure correspond à un dépassement du seuil de température défini de 1 °C pendant 1 heure, mais aussi de 0,5 °C pendant 2 heures ou de 2 °C pendant une demi-heure, par exemple.

Les résultats obtenus pour les autres types d'isolants mènent à la même conclusion que pour l'étude de 2010 : la surchauffe est bien moins influencée par la nature des matériaux d'isolation que par l'**utilisation de protections solaires** à l'extérieur des vitrages ou d'une **ventilation nocturne** (voir schémas ci-dessous). Ces mesures permettent de réduire d'un tiers, voire deux tiers, l'indicateur de surchauffe dans le modèle étudié pour une résistance thermique équivalente. Elles sont donc prioritaires.

Si un inconfort important persiste malgré tout, il est alors possible d'envisager l'installation d'un système de climatisation. Sa consommation sera limitée en raison des mesures passives prises au préalable. ●



2 | Comparaison de l'impact de l'installation de protections solaires ou de la ventilation nocturne sur les indicateurs de surchauffe au-delà de 25 °C.

# Résistance au vent des complexes de toitures plates posés en adhérence

La détermination de la résistance au vent d'un complexe toiture posé en adhérence requiert une approche où chaque couche et interface doivent être examinées sur la base de diverses sources d'information en constante évolution.

*E. Noirfalisse, ir., chef du laboratoire 'Isolation, étanchéité et toitures', CSTC*

## Action du vent sur les toitures plates

L'étude du comportement au vent d'une toiture plate implique, d'une part, de déterminer les charges de vent dans les différentes zones de la toiture et, d'autre part, de choisir un complexe toiture dont la résistance est supérieure ou égale à ces charges.

Le calcul des charges de vent est complexe et plutôt réservé à des spécialistes. Il peut cependant être facilité grâce aux ressources suivantes :

- les tableaux figurant dans la [NIT 239](#) dédiée à la fixation mécanique des isolants et étanchéités sur les tôles d'acier profilées
- les logiciels [CInt](#) (Category Interactive) et [WInt](#) (Wind Interactive)
- [Les Dossiers du CSTC 2016/2.5](#), qui traitent des toitures de forme complexe
- [Les Dossiers du CSTC 2020/4.4](#), qui proposent une approche simplifiée pour éviter le calcul des cas simples.

Le présent article explique comment déterminer la résistance au vent de complexes toitures posés en adhérence. Le lecteur intéressé par les autres techniques de fixation consultera la [NIT 239](#) (fixations mécaniques) ou le [feuillet d'information 2012/2 de l'UBA](#) (systèmes lestés).

## Les complexes toitures posés en adhérence

Un complexe toiture en adhérence est constitué :

- d'un support
- d'une forme de pente éventuelle
- d'un pare-vapeur éventuel
- d'une ou de plusieurs couches d'isolation
- d'une ou de plusieurs membranes d'étanchéité.

Ces couches sont fixées en adhérence totale ou partielle selon diverses techniques (collage, soudage, membrane autoadhésive, ...). La résistance au vent du complexe est assurée par **une adhérence et une cohésion suffisantes** de chacune d'elles, l'arrachement du complexe pouvant notamment se produire par :

- décollement du pare-vapeur, de l'isolation ou de l'étanchéité
- rupture cohésive dans l'isolation ou décollement de son parement (surfaçage)
- rupture cohésive dans la forme de pente (en raison de conditions défavorables durant ou juste après sa réalisation, par exemple; voir [Les Dossiers du CSTC 2014/2.5](#)).

Il faut donc déterminer la résistance au vent de chaque couche du complexe, vérifier leur compatibilité et, enfin, veiller à la qualité de la mise en œuvre des différentes couches, dans la mesure où celle-ci exerce également une influence sur la résistance au vent.

## Où trouver les informations ? Quelles sont les étapes à suivre ?

Pour définir la résistance au vent d'un complexe toiture en adhérence, il convient d'examiner la résistance de chacune de ses couches et interfaces, de l'étanchéité au support.

Il existe des **rapports d'essai** et des **attestations d'aptitude à l'emploi** reprenant une valeur de résistance au vent pour des systèmes dits fermés. Cela signifie que cette valeur est valable uniquement pour la combinaison de produits et techniques de mise en œuvre considérée.

Dans tous les autres cas, plusieurs sources doivent être consultées, afin d'obtenir l'ensemble des informations

nécessaires pour connaître la résistance au vent du complexe :

- les **attestations d'aptitude à l'emploi** des isolants et étanchéités (agrément techniques, ...) indiquent la résistance utile des systèmes (valeurs de calcul basées sur les résultats d'essais auxquels les coefficients de sécurité requis sont appliqués) :
  - l'attestation d'un isolant fournit les résistances relatives au matériau lui-même et à sa pose sur le support, mais ne comporte aucune information concernant celles des couches supérieures
  - l'attestation d'une étanchéité de toiture indique la résistance au vent de la membrane posée sur différents supports selon diverses techniques de pose
- les **rapports d'essai** peuvent également contenir l'information souhaitée si les essais ont été réalisés de façon correcte et complète avec les coefficients de sécurité requis. Ils sont généralement disponibles auprès des fabricants
- en l'absence d'attestation ou de rapport d'essai pour l'étanchéité ou pour le pare-vapeur, les **valeurs de**

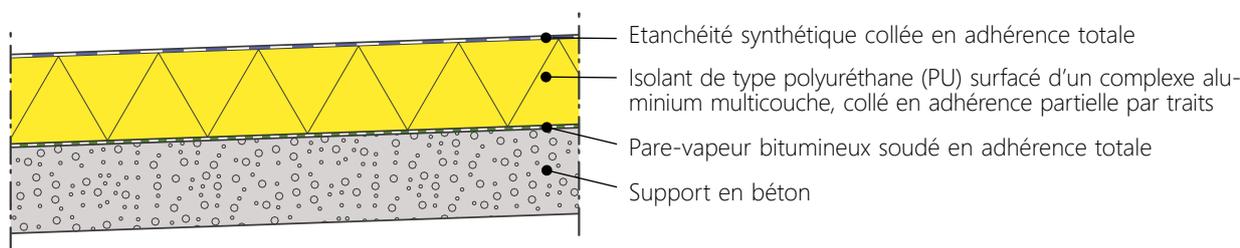
**résistance au vent forfaitaires** (voir la NIT 215, dont la révision paraîtra dans le courant de l'année) peuvent être utilisées, bien qu'elles soient sécuritaires et bien souvent moins favorables que celles reprises dans les documents précités (pour autant qu'ils existent).

Une fois la documentation rassemblée et la valeur de résistance au vent connue pour chacune des couches, la résistance au vent du complexe peut être déterminée, étant donné qu'il s'agit de **la valeur la plus faible**. Si l'on souhaite remplacer l'un des composants par un produit similaire d'une autre marque, par exemple, il faut vérifier que sa résistance est au moins égale à celle du complexe. Si elle est inférieure, la résistance de ce dernier doit alors être revue à la baisse.

Notons enfin que les matériaux et les techniques de fixation sont en constante évolution. Les documentations et attestations d'aptitude à l'emploi connaissent donc des **mises à jour régulières** dont il faut tenir compte. ◆

## Exemple concret

On souhaite déterminer la résistance au vent du complexe de toiture illustré à la figure ci-dessous. Pour chaque élément constitutif, la documentation disponible est reprise dans le tableau ci-après.



Exemples d'informations disponibles concernant les produits utilisés pour le complexe toiture illustré ci-dessus.

Produit	Source d'information	Valeur	Détails
<b>Etanchéité</b>	Attestation d'aptitude à l'emploi	3.300 Pa	Collée en adhérence totale (avec la colle et la consommation prévues) sur un matériau d'isolation de type polyuréthane à parement aluminium multicouche (de toute marque disposant d'une attestation)
<b>Isolant</b>	Attestation d'aptitude à l'emploi	4.000 Pa	Collé en adhérence partielle par traits (avec la colle et la consommation prévues) sur un pare-vapeur bitumineux
<b>Pare-vapeur</b>	Rapport d'essai en laboratoire	3.667 Pa	Soudé en adhérence totale sur un support en béton

La valeur la plus basse s'élève à 3.300 Pa et représente donc la résistance au vent du complexe. Elle inclut les coefficients de sécurité requis.

# Limiter l'impact environnemental des façades avec bardage en bois

Face aux enjeux écologiques actuels, il est important de réduire l'impact environnemental des différents composants de façade. Pour les bardages en bois, il s'agit de sélectionner des essences durables dans le temps, produites localement et avec une géométrie optimisée, de limiter au maximum le nombre de remplacements non indispensables et de procéder à une analyse globale de l'impact relatif à l'isolation et à la structure du bardage.

*E. Douguet, ir.-arch., chercheur, laboratoire 'Performance environnementale', CSTC*

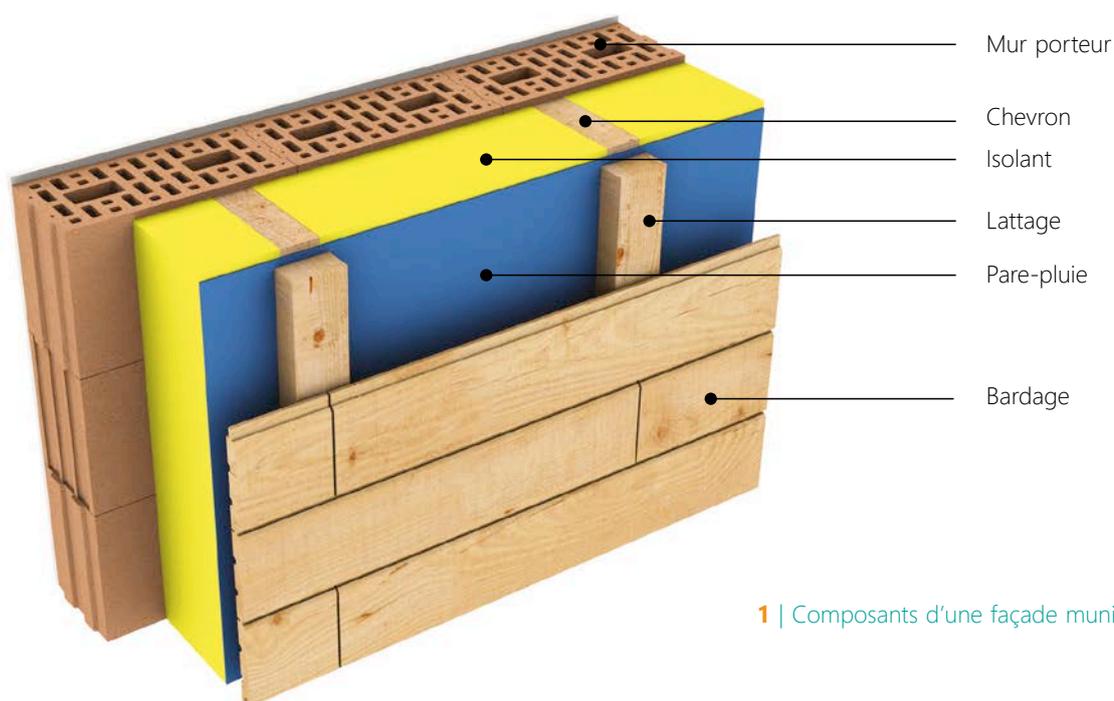
*Article rédigé dans le cadre d'un projet interne du CSTC dédié à l'impact environnemental des façades avec bardage en bois.*

## Analyse du cycle de vie

L'impact environnemental d'un complexe façade peut être étudié en effectuant une **analyse du cycle de vie (ACV)**. Cette méthode prend en compte le cycle de vie complet des divers éléments de la façade, depuis l'extraction et la transformation des matières premières jusqu'au traitement

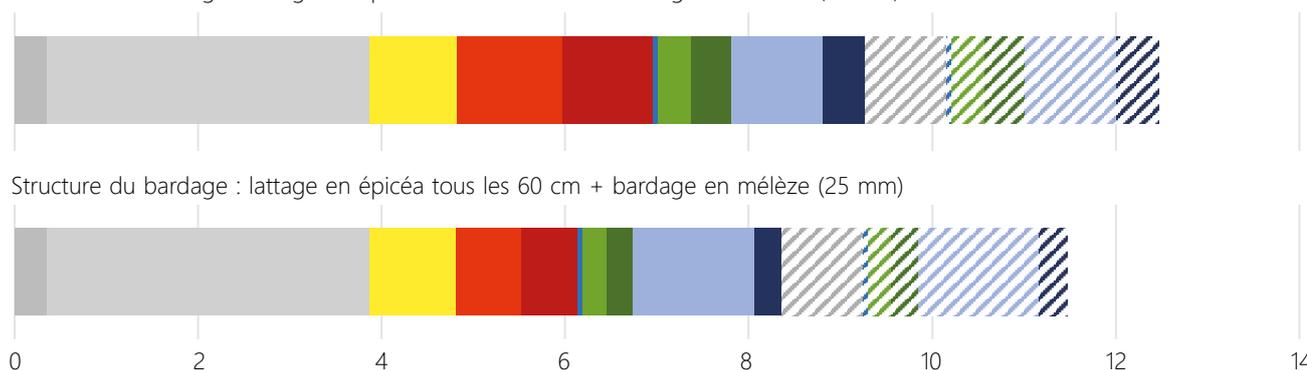
des déchets résultant de la démolition de l'ouvrage en fin de vie, sans oublier le transport et les éventuels remplacements.

Nous avons soumis à cette analyse diverses compositions de façades, telles que celle illustrée à la figure 1. Elles ont été définies conformément aux prescriptions de la **NIT 243** consacrée aux revêtements de façade en bois. Chacune

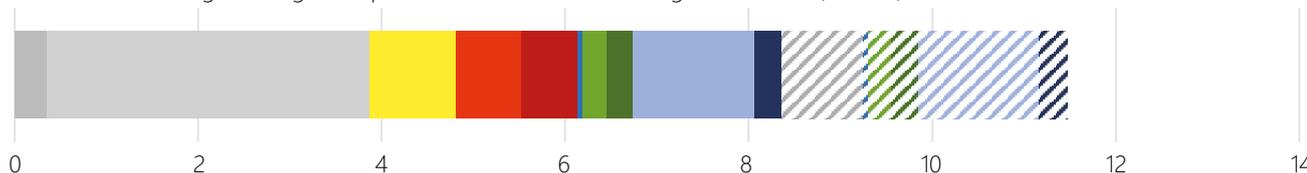


1 | Composants d'une façade munie d'un bardage en bois.

Structure du bardage : lattage en épicéa tous les 40 cm + bardage en mélèze (19 mm)



Structure du bardage : lattage en épicéa tous les 60 cm + bardage en mélèze (25 mm)



- |   |  |
|---|--|
| ■ Finition intérieure : plâtre + peinture                 | ■ Pare-pluie   |
| ■ Mur porteur : briques                                   | ■ Sous-structure du bardage : lattage en mélèze non imprégné |
| ■ Isolant : laine de roche (15 cm, 40 kg/m <sup>3</sup> ) | ■ Fixations métalliques de la sous-structure                 |
| ■ Structure du bardage : chevron en épicéa imprégné       | ■ Bardage : mélèze non imprégné rainuré-languetté            |
| ■ Fixations métalliques de la structure porteuse          | ■ Fixations en acier inoxydable du bardage                   |

2 | Impact environnemental de deux bardages en bois de différentes épaisseurs exprimé en euros selon la méthode MMG 2014 (déc. 2017, v1.05) (les parties hachurées indiquent l'impact environnemental dû aux éventuels remplacements).

représente 1 m<sup>2</sup> de mur extérieur avec une transmission thermique de 0,24 W/m<sup>2</sup>K. La figure 2 ci-dessus illustre l'impact environnemental de deux des multiples compositions étudiées sur une **période d'analyse de 60 ans**. Les résultats sont exprimés en coût environnemental, c'est-à-dire le coût social permettant d'éviter ou de compenser une série de problèmes environnementaux, tels que le changement climatique ou l'appauvrissement de la couche d'ozone (voir aussi [Les Dossiers du CSTC 2018/2.2](#)).

### Mise en œuvre du bardage

La **mise en œuvre** (rainurée-languettée, à claire-voie, ...) et la **géométrie des lattes du bardage** peuvent grandement influencer l'impact environnemental. D'une part, elles modifient la quantité de bois utilisée par m<sup>2</sup> ainsi que le nombre et la taille des fixations à mettre en œuvre. Par exemple, plus les lattes seront épaisses, plus les fixations seront longues. D'autre part, la géométrie des lattes peut avoir un impact sur la structure du bardage. En effet, pour un bardage peu épais réalisé à partir d'un bois moins stable, il s'avère nécessaire de prévoir un élément structurel tous les 40 cm au lieu de tous les 60 cm. Le graphique ci-dessus montre que la réduction de l'impact obtenue en diminuant l'épaisseur du bardage est annulée par l'augmentation du nombre de chevrons.

### L'essence de bois

L'impact environnemental dû à l'extraction, au sciage et au séchage peut varier fortement en fonction du type de bois, notamment selon que ce dernier soit tendre ou dur. Toutefois, il faut également tenir compte de l'impact lié

au traitement de préservation appliqué sur les bois insuffisamment durables. Quant au mode d'acheminement et à la distance à parcourir, les transports par camion sont à limiter au maximum.

Par ailleurs, toutes les essences de bois n'ont pas la même durée de vie. Certaines d'entre elles, telles que l'épicéa, le cèdre ou le mélèze, devront être remplacées au cours de la période d'analyse de 60 ans. Ces **remplacements** (représentés par les hachures dans le graphique) peuvent influencer considérablement l'impact total de l'ouvrage (jusqu'à le doubler dans certains cas). Pour ne donner qu'un exemple, si la sous-structure d'un bardage est moins durable que le bardage lui-même, les deux éléments devront être remplacés simultanément alors que le bardage est encore viable. Il est par conséquent essentiel de choisir des matériaux dont la durabilité permet de limiter au maximum les remplacements.

### Isolation et structure du complexe

La **compatibilité** entre les isolants (laine de roche, PUR, ...) et les structures (vis à distance, chevrons en bois, ...) requiert une attention particulière. Les dimensions de la structure doivent être adaptées à l'épaisseur de l'isolation mise en œuvre. Ainsi, pour deux parois équivalentes sur le plan thermique, la structure à prévoir pour l'isolant avec la valeur  $\lambda$  la plus faible est plus fine que celle pour l'isolant avec la valeur  $\lambda$  la plus élevée. Le même principe vaut pour les fixations, puisque leurs dimensions dépendent de l'épaisseur de la structure.

Il est donc primordial de considérer l'impact environnemental de la composition de façade complète et non de chaque matériau distinct. 

# Calcul des épaisseurs du verre : qu'apporte la version 2020 de la norme NBN S 23-002-2 ?

Depuis 2016, la norme belge NBN S 23-002-2 et ses paramètres de calcul des épaisseurs du verre font référence dans le secteur. La version 2020 apporte son lot d'améliorations, notamment en ce qui concerne les petits et les très grands vitrages.

*E. Dupont, ing., conseiller principal senior, direction 'Normalisation et certification', CSTC*

## Evolution de la norme NBN S 23-002-2

En 2014, la Commission de normalisation belge 'Verre dans la construction' a pris l'initiative de rédiger une norme relative au calcul des épaisseurs de verre. Son contenu était basé sur un projet de norme européenne – l'actuelle norme EN 16612 – traitant principalement du calcul pour les vitrages sur quatre appuis et du calcul de la pression interne dans les cavités des vitrages isolants.

Publiée en 2016, la norme belge NBN S 23-002-2 précisait les **paramètres de calcul** et constituait ainsi un document d'application du projet de norme européenne qui était alors en cours de rédaction. Elle permettait en outre de calculer

des vitrages sur deux ou trois appuis. Le CSTC a participé activement à l'ensemble de ces travaux normatifs et, afin de bénéficier d'une vue complète, il s'est également consacré à des travaux normatifs relatifs aux fenêtres, aux façades légères et aux Eurocodes.

L'expérience acquise et l'avancement des travaux européens dans le domaine des Eurocodes dédiés aux structures en verre ont rendu nécessaire la **révision de la norme NBN S 23-002-2**. La version de 2020 tient compte d'avantage des conditions de fabrication, mais aussi des petits vitrages, où la pression de cavité prédomine, et des très grands vitrages, dont la fréquence de résonance devient très basse et donc problématique.



Composition des vitrages : comparatif entre les versions 2016 et 2020 de la norme NBN S 23-002-2.

Situation	Classe d'exposition selon la norme NBN S 23-002-3	Dimensions	Composition selon la version 2016 (centre et bord de façade)	Composition selon la version 2020 (centre et bord de façade)
A une hauteur de 15 m en ville	Classe 1	3 x 3 m	10/16/10	8/16/8
A une hauteur de 15 m en ville	Classe 1	2,75 x 3,575 m	10/16/10	8/16/8
A une hauteur de 15 m en ville	Classe 1	0,8 x 1,2 m	4/16/4	4/16/4
A une hauteur de 9,75 m en zone rurale	Classe 2	3 x 3 m	10/16/10	8/16/8
A une hauteur de 9,75 m en zone rurale	Classe 2	3,21 x 3,85 m	12/16/12	10/16/8
A une hauteur de 9,75 m en zone rurale	Classe 2	2,75 x 2,75 m	8/16/8/16/8	8/16/5/16/4
A une hauteur de 9,75 m en zone rurale	Classe 2	0,8 x 1,2 m	4/16/4	4/16/4

### Modifications apportées à la norme

La révision de 2020 apporte les améliorations suivantes :

- **la valeur seuil de la fréquence propre** de 5 Hz dans la version 2016 a été fixée à 4 Hz dans la version 2020. Dans la pratique, ceci a pour effet de diminuer d'une épaisseur commerciale les très grands vitrages (c'est-à-dire ceux d'une portée supérieure à 2,8 m). Grâce à l'expérience acquise en Belgique, cette valeur seuil a été proposée et adoptée dans l'Eurocode relatif aux structures en verre
- **le critère de déformation à l'état limite de service** a été revu, afin de permettre une déformation plus importante pour les grands vitrages, tout en conservant la durabilité des scellements souples
- **la combinaison caractéristique du vent**, autrement dit la pression de vent qui se produit une fois tous les 25 ans, a été prise en considération pour le calcul de déformation.

Pour obtenir un calcul plus précis de la pression de cavité, les modifications suivantes ont été apportées :

- **la différence d'altitude** est considérée comme une charge permanente. En l'absence d'équilibrage de pression, cela correspond à la réalité physique et est conforme au projet Eurocode. La pression de cavité comprend donc, d'une part, deux composantes variables, à savoir la différence de pression atmosphérique et la différence de température, et, d'autre part, une composante permanente, qui est la différence d'altitude. Ceci entraîne une augmentation de la pression, laquelle est principalement défavorable aux petits volumes (voir [Les Dossiers du CSTC 2018/2.7](#))

- **la température extérieure en situation anticyclonique hivernale** a été ramenée à -8 °C, ce qui réduit la pression de cavité
- **une température extérieure de 0 °C en situation cyclonique hivernale** a été ajoutée
- **un intervalle de température de scellement** a été introduit.

Le tableau ci-dessus met en évidence les conséquences pratiques des modifications apportées par la révision de 2020.

### Principe de proportionnalité

Bien que les verres et les vitrages isolants soient communément utilisés depuis longtemps, ils demeurent des éléments fragiles dont le comportement mécanique est relativement complexe. Bien qu'il soit toujours possible d'introduire de nouveaux paramètres dans un modèle pour représenter plus fidèlement le comportement de ces éléments, il faut garder à l'esprit le **principe de proportionnalité entre la complexité du calcul et le caractère structural de l'élément calculé**.

Dans une très vaste majorité des cas traités par la norme NBN S 23-002-2, les produits verriers ne sont que des éléments de remplissage qui ne participent ni à la stabilité de l'édifice ni à celle de la façade dans laquelle ils sont mis en œuvre. Ces éléments de remplissage aux dimensions limitées ne tombent donc pas dans le champ d'application des Eurocodes. 



# Améliorer la qualité sonore d'un local à l'aide d'un enduit acoustique

Une réverbération excessive dans un local peut engendrer une ambiance sonore inconfortable et s'avérer stressante et fatigante. Bien que la norme NBN S 01-400-1 ne définisse aucune exigence concernant la qualité sonore des locaux de vie, cet article propose des alternatives aux enduits intérieurs traditionnels avec un aspect esthétique relativement similaire.

*M. Lignian, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques et consultation', CSTC*

*Article rédigé dans le cadre de la Guidance technologique C-Tech subsidiée par la Région de Bruxelles-Capitale (Innoviris).*

La crise sanitaire a rendu le télétravail obligatoire et notre lieu de travail a dû se trouver une place dans notre habitation et notre vie familiale. Le confort acoustique est ainsi devenu un facteur essentiel au quotidien. Or, de manière générale, la qualité sonore d'un local est un aspect très peu abordé durant la phase de conception. Ce n'est donc qu'après l'exécution que l'on constate l'inconfort acoustique de la pièce.

Cette situation peut être évitée en augmentant l'absorption acoustique des parois, afin de **limiter le temps de réverbération du local**. En effet, plus celui-ci est long, plus un phénomène d'écho est perceptible et plus le local semble bruyant.

La **capacité d'absorption acoustique d'un matériau** est évaluée sur la base de son coefficient 'α'. La valeur de 'α' est comprise entre 0 (absorption nulle) et 1 (absorption parfaite). Plus cette valeur est élevée, plus la qualité sonore du local est bonne.

De nombreuses solutions permettent de lutter contre un temps de réverbération excessif. Celle abordée dans cet article consiste à appliquer des **enduits aux performances acoustiques améliorées** à la place des enduits intérieurs traditionnels. Contrairement à ces derniers, qui disposent

d'un pouvoir acoustique absorbant quasi inexistant, les enduits alternatifs (mortiers à base de plâtre ou mortiers bâtards) présentent des capacités d'absorption supérieures en raison de leur microstructure ou de l'adjonction de certains granulats.

Il est à noter que le pouvoir absorbant de ces enduits est en partie influencé par la  **finition de surface** . Par exemple, un aspect lisse sera moins absorbant. Une couche de peinture inadaptée et appliquée sur un enduit de ce type entraînera dès lors la perte des capacités d'absorption acoustique du système. Il est donc essentiel de respecter les recommandations du fabricant.

En fonction du produit, les enduits peuvent être mis en œuvre directement sur le support ou nécessiter la pose préalable d'un panneautage (à base de laine minérale, par exemple). Vous trouverez une liste non exhaustive d'enduits acoustiques dans notre base de données [TechCom](#).

## Absorption/isolation

L'**absorption** est la capacité d'un matériau à plus ou moins absorber l'onde sonore frappant sa surface, tandis que l'**isolation** est sa capacité à plus ou moins atténuer la transmission du bruit au travers de l'élément de séparation. La présence d'un matériau absorbant dans une pièce ne réduit donc en rien le niveau d'isolation acoustique standardisé avec la pièce adjacente.





## Formule de Sabine

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

où :

T : temps de réverbération du local (s)

V : son volume (m<sup>3</sup>)

A : son aire d'absorption équivalente (m<sup>2</sup>).

Il est possible d'estimer le temps de réverbération dans un local à l'aide de la formule de Sabine (voir ci-contre). Celle-ci est basée sur l'aire d'absorption équivalente (A) du local ainsi que sur les caractéristiques géométriques de ce dernier.

Un temps de réverbération de l'ordre de 0,5 seconde dans un salon de dimensions moyennes garantit une ambiance sonore confortable et une bonne intelligibilité de la parole.

### Exigences normatives

Les normes acoustiques belges (voir la page de l'[Antenne Normes 'Acoustique'](#) pour en avoir un aperçu) imposent des exigences relatives :

- au **temps de réverbération nominale (T<sub>nom</sub>)**, c'est-à-dire le temps que met le son pour que son niveau d'intensité diminue de 60 dB après interruption de la source sonore
- à l'**aire d'absorption acoustique (A<sub>w</sub>)**, c'est-à-dire la somme de la contribution de chaque type de surface d'un local, obtenue en multipliant son coefficient d'absorption pondéré (α<sub>w</sub>) par son aire (S).

### Conclusion

Afin de respecter les critères concernant le temps de réverbération et/ou l'absorption pour certains types de locaux définis dans les différentes normes acoustiques, il y a lieu d'appliquer des matériaux de finition absorbants sur une surface suffisamment grande. Ainsi, le phénomène de réverbération peut être réduit si l'on remplace l'enduit traditionnel au niveau du plafond par un enduit aux performances acoustiques améliorées dans les locaux dont on souhaite améliorer la qualité sonore (séjour, salle à manger, ...).

## Exemple concret

Vérifions si le hall d'entrée d'un immeuble à appartements représenté ci-contre répond à la révision de la norme acoustique sur les logements, à savoir le projet de norme prNBN S 01-400-1:2019.

Pour un hall d'entrée, l'aire d'absorption acoustique (A<sub>w</sub>) doit correspondre à au moins 0,3 fois la surface circulaire projetée sur le plan horizontal. Le tableau ci-dessous reprend l'aire d'absorption acoustique du hall, l'évaluation du temps de réverbération de ce dernier et la conformité à la norme.



La formule de Sabine est utilisée pour évaluer le temps de réverbération du local ainsi que la contribution de chaque surface/élément. En considérant, dans la configuration initiale, un revêtement de sol carrelé, un enduit intérieur à base de plâtre pour les murs et le plafond ainsi qu'une entrée principale entièrement vitrée, on obtient un temps de réverbération de l'ordre de 1,5 seconde pour une aire d'absorption acoustique de 7 m<sup>2</sup>. Dans le cas de notre exemple, la norme recommande toutefois une aire de 9 m<sup>2</sup> (0,3 x 30 m<sup>2</sup> de surface au sol). En appliquant au plafond un enduit doté d'un pouvoir absorbant au lieu d'un enduit traditionnel, le temps de réverbération peut descendre jusqu'à environ 0,4 seconde et l'aire d'absorption acoustique du local augmente (32 m<sup>2</sup>). Cette amélioration permet ainsi de respecter l'exigence de la norme NBN S 01-400-1.

Comparaison du temps de réverbération en fonction de l'enduit appliqué.

Type d'enduit	Aire d'absorption acoustique (A <sub>w</sub> )	Temps de réverbération nominale (T <sub>nom</sub> )	Conformité à la norme
<b>Enduit traditionnel</b>	7 m <sup>2</sup>	1,5 sec	Non
<b>Enduit absorbant sur plafond</b>	24 m <sup>2</sup>	0,5 sec	Oui
<b>Enduit absorbant sur panneaux au plafond</b>	32 m <sup>2</sup>	0,4 sec	Oui

# Transformation de la pierre : obligations relatives à la mise sur le marché

Le Règlement 'Produits de construction' (RPC) prévoit que chaque produit mis sur le marché européen doit disposer d'un marquage CE, d'une déclaration de performances (DoP, pour *Declaration of Performance*) et d'un dossier technique. En tant que marbrier ou tailleur de pierre, vous êtes responsable de l'établissement de ces déclarations et de la conformité de vos produits aux performances déclarées.

*D. Nicaise, dr. sc., chef du laboratoire 'Minéralogie et microstructure', CSTC  
S. Piedboeuf, secrétaire générale, Confédération Construction Pierre Naturelle*

## Le marquage CE

Le marbrier (terme que nous utiliserons dans cet article pour désigner à la fois le marbrier et le tailleur de pierre) est-il toujours responsable de l'apposition du marquage CE sur les produits en pierre naturelle ? Tout dépend de la situation à laquelle il est confronté :

- **situation n° 1** : le marbrier achète un bloc à une carrière, le transforme en dalles avec finition flammée pour un sol extérieur et pose lui-même les dalles chez un client. Dans ce cas, le marquage CE ne s'applique pas, puisqu'il n'y a pas eu introduction sur le marché
- **situation n° 2** : le marbrier vend à un tiers les dalles qu'il a fabriquées. Etant donné qu'il y a mise sur le marché, le marquage CE est obligatoire, sauf pour les produits dont l'usage n'est pas couvert par une norme harmonisée (plans de cuisine, seuils, couvre-murs, pierres tombales, ...)
- **situation n° 3** : le marbrier achète les dalles à un four-

nisseur. Ce dernier est responsable de l'apposition du marquage CE. En revanche, si le marbrier-acheteur en modifie l'usage en réalisant un trottoir (voir norme NBN EN 1341) à l'aide de dalles prévues pour un usage interne (voir norme NBN EN 12058), c'est lui qui devient responsable du marquage CE des dalles si leur usage est couvert par une norme harmonisée.

Le marquage CE est apposé sur le produit ou son emballage, mais peut aussi être reproduit sur un document l'accompagnant (bon de livraison, facture, ...)

## La déclaration des performances

De nombreuses normes sont consacrées aux produits en pierre naturelle. Elles se distinguent les unes des autres par la destination des produits (revêtements de façade,

Normes harmonisées relatives aux produits en pierre naturelle.

Norme harmonisée	Titre
NBN EN 1469:2015	Produits en pierre naturelle. Dalles de revêtement mural. Exigences
NBN EN 12057:2004 (*)	Produits en pierre naturelle. Plaquettes modulaires. Exigences
NBN EN 12058:2004 (*)	Produits en pierre naturelle. Dalles de revêtement de sol et d'escalier. Exigences
NBN EN 14527:2006+A1:2010 (*)	Receveurs de douche à usage domestique
NBN EN 14688:2006 (*)	Appareils sanitaires. Lavabos. Exigences fonctionnelles et méthodes d'essai
NBN EN 13310:2015 + A1:2018	Eviers de cuisine. Prescriptions fonctionnelles et méthodes d'essai
NBN EN 1341:2013	Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai
NBN EN 1343:2013	Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai
(*) Il existe une version plus récente de cette norme, mais celle-ci n'ayant pas encore été publiée au Journal officiel de l'Union européenne, c'est la version indiquée ici qui est d'application pour le marquage CE.	

escaliers, lavabos, ...), leurs caractéristiques et les exigences en matière de contrôle de qualité interne (voir NIT 228). Le tableau à la page précédente reprend l'ensemble des normes harmonisées en vigueur.

Toutes les **caractéristiques essentielles associées à l'usage prévu par les normes harmonisées** doivent être énumérées dans la déclaration des performances. Elles sont clairement identifiées dans l'annexe ZA de chacune des normes. La déclaration doit également comporter au moins une des caractéristiques essentielles du produit de construction qui sont pertinentes pour l'usage prévu (voir [Les Dossiers du CSTC 2015/3.11](#)).

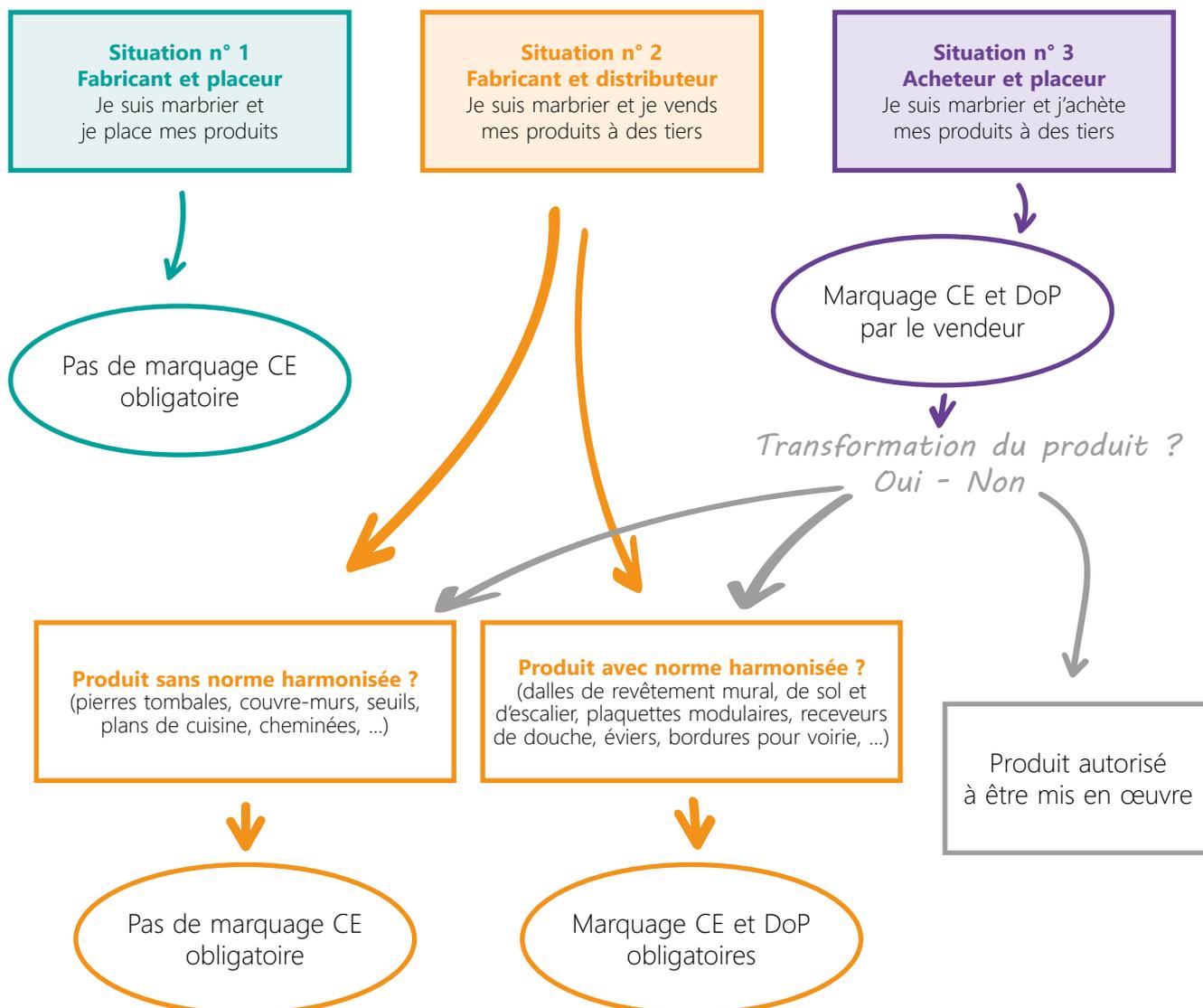
### Le dossier technique

Le marbrier qui introduit sur le marché des produits en pierre naturelle doit aussi disposer d'un dossier technique en cohérence avec la déclaration des performances. Son contenu est fonction de la nature du produit et doit permettre de

démontrer que celui-ci est **conforme d'un point de vue technique aux normes harmonisées ou aux exigences essentielles issues du Règlement (UE) n° 305/2011**. Le dossier technique comporte, entre autres :

- le nom de l'entreprise
- des informations relatives au produit : nom, marque déposée, marque commerciale enregistrée, adresse de contact figurant sur le produit ou sur les documents d'accompagnement
- les instructions et informations concernant la sécurité et l'installation
- un descriptif de la procédure d'évaluation de la conformité qui a été suivie (informations disponibles sur le site Internet de l'Union européenne).
- les rapports d'essai
- une analyse de risques.

La Confédération Construction Pierre Naturelle, avec le soutien du CSTC, a décidé d'aider et d'accompagner ses membres dans l'ensemble des procédures décrites dans cet article. Un plan qualité sera également mis à la disposition de ses membres. 





# Réaliser la couche de nivellement à l'aide d'un mortier EPS

Il est impossible d'imaginer les complexes planchers actuels sans couche de nivellement. Celle-ci peut notamment être réalisée à l'aide d'un mortier à base de billes de polystyrène. Cet article traite du cadre normatif et de certains aspects liés à la mise en œuvre de ce type de matériau.

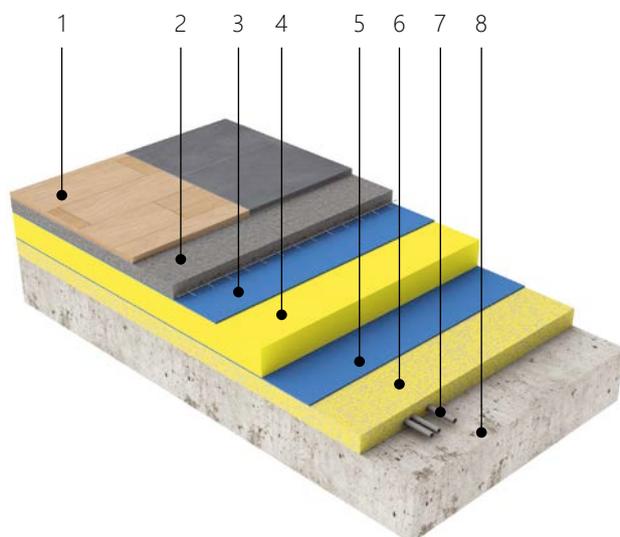
*T. Vangheel, ir., conseillère principale senior, division 'Communication et formation', CSTC*

## Fonctionnalités de la couche de nivellement

Dans les complexes planchers actuels, la couche de nivellement ou sous-couche se trouve entre le plancher porteur et la chape (voir figure 1). Elle a notamment pour but de corriger les **irrégularités** du sol dues à la présence de tuyaux, par exemple. La face supérieure de la couche doit être suffisamment plane pour offrir le meilleur support possible aux panneaux d'isolation qui viennent généralement la recouvrir (voir figure 1A). Cette planéité est également nécessaire pour éviter les **variations d'épaisseur** excessives lorsque

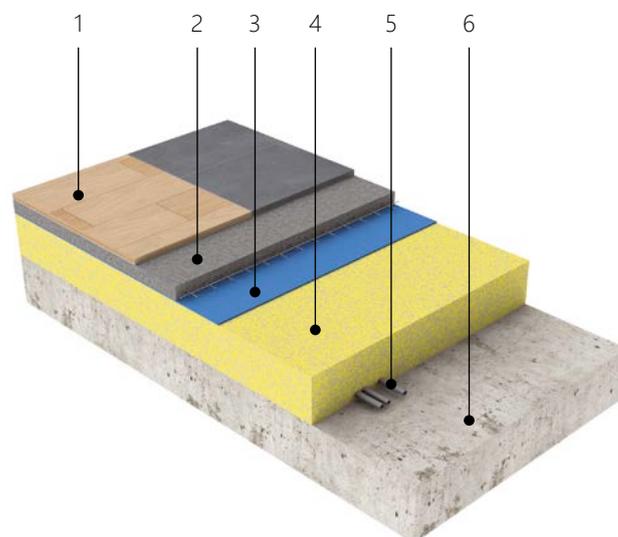
la chape est mise en œuvre directement sur la couche de nivellement (voir figure 1B).

Les performances mécaniques de ce type de couche sont habituellement inférieures à celles de la chape. Il n'est donc pas approprié d'y appliquer directement le revêtement de sol. Toutefois, cela ne signifie pas pour autant que ses performances mécaniques n'ont pas d'importance : comme la couche de nivellement se trouve au sein même du complexe plancher, elle doit présenter une résistance à la compression suffisante pour éviter, ou du moins limiter, sa déformation.



### A. Complexe avec panneaux d'isolation

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Revêtement           | 5. Membrane PE      |
| 2. Chape armée          | 6. Mortier EPS      |
| 3. Membrane PE          | 7. Tuyaux           |
| 4. Panneaux d'isolation | 8. Plancher porteur |



### B. Complexe sans panneaux d'isolation

- |                |                     |
|----------------|---------------------|
| 1. Revêtement  | 4. Mortier EPS      |
| 2. Chape armée | 5. Tuyaux           |
| 3. Membrane PE | 6. Plancher porteur |

1 | Localisation de la couche de nivellement dans un complexe plancher.

## Réaliser la couche de nivellement à l'aide d'un mortier EPS

La couche de nivellement peut être réalisée à l'aide de béton cellulaire, de béton maigre ou de mortier. Bien souvent, on y ajoute aussi des granulats traditionnels ou légers. Les **granulats EPS** (ou PSE) sont un produit de remplissage léger fréquemment utilisé dans ce contexte. Ces granulats, recyclés ou non (non recyclés, ils sont aussi appelés perles), sont mélangés à de l'eau, du ciment, des adjuvants et éventuellement du sable.

Les mortiers enrichis de granulats EPS ont connu une évolution remarquable ces dernières années. Les fabricants sont en effet parvenus à en améliorer la **valeur d'isolation thermique** sans devoir réduire de manière importante leur résistance à la compression et leur masse volumique. On doit cette amélioration à de nombreuses innovations, telles que l'optimisation des perles (forme, surface, ...) et l'ajout de graphite (comme enrobage des granulats EPS ou comme adjuvant).

Sur le marché belge, on trouve actuellement des mortiers EPS présentant des résistances à la compression allant de 0,1 à plus de 3,0 N/mm<sup>2</sup>.

### Normes relatives aux produits

Deux normes de produit traitent des mortiers EPS, à savoir les normes NBN EN 16025-1 (exigences relatives aux mortiers EPS secs prémélangés en usine) et NBN EN 16025-2 (fabrication et vérifications à effectuer par l'entrepreneur).

Le Journal officiel de la Commission européenne ne faisant pas référence à l'heure actuelle à la norme NBN EN 16025-1, le marquage CE de ces produits n'est pas encore obligatoire.

### Les mortiers EPS certifiés ATG

En Belgique, il existe des mortiers EPS certifiés par un agrément technique (ATG) spécifiant les informations suivantes :

- la composition du mortier
- un tableau reprenant les caractéristiques de ce dernier (masse volumique, résistance à la compression, valeur  $\lambda$ , ...)
- des instructions de mise en œuvre à respecter scrupuleusement pour atteindre les caractéristiques indiquées dans le tableau
- l'application prévue (toitures, sols, ...)
- la certification et les contrôles *ad hoc*.

### La base de données des produits PEB

Pour plus d'informations concernant les mortiers EPS, nous renvoyons à la **base de données des produits PEB établie par les Régions**. Celle-ci comporte en effet des informations relatives aux matériaux d'isolation, nécessaires dans le cadre d'une déclaration PEB. L'accent y est mis sur les performances thermiques des isolants (valeur  $\lambda$ ).



## 2 | Mise en œuvre d'une couche de nivellement à l'aide de mortier EPS.

Attention : si la teneur en ciment utilisée sur le chantier est différente de celle utilisée pour les essais réalisés dans le cadre de la déclaration PEB, les propriétés des matériaux seront différentes également.

### Points de vigilance lors de la mise en œuvre

La **valeur  $\lambda$**  des mortiers EPS varie entre 0,04 et 0,12 W/mK selon l'application prévue dans les sols ou les toitures plates. Elle peut donc être nettement supérieure à la valeur  $\lambda$  des panneaux d'isolation et des isolants projetés. Cela implique que les mortiers doivent parfois être appliqués en épaisseur plus importante (trois fois supérieure, voire plus, par rapport au PUR projeté) pour obtenir une **résistance thermique** similaire. Or, cela n'est pas toujours possible, notamment dans le cas de travaux de rénovation.

Les mortiers EPS sont à appliquer sur un support sec, porteur et – si nécessaire – recouvert d'un primaire.

En l'absence d'accord spécifique, les tolérances sur le niveau et la planéité de la couche de nivellement réalisée à l'aide d'un mortier EPS correspondent aux tolérances (normales) sur un plancher porteur selon la **NIT 189**. Les irrégularités locales de la couche de nivellement sont, quant à elles, à éviter.

En ce qui concerne le temps de séchage, il est bon de rappeler que celui-ci est plus long pour les couches de nivellement épaisses.

Pour éviter que l'humidité ne migre de la couche de nivellement vers les panneaux d'isolation qui la recouvrent, il convient de placer une membrane en polyéthylène entre la couche et les panneaux (voir figure 1A). Une membrane doit également être placée entre la couche de nivellement et la chape (voir figure 1B).

Généralement, en raison de sa cohésion de surface insuffisante, une couche de nivellement en mortier EPS ne peut être directement pourvue d'un revêtement. Une chape traditionnelle doit donc être prévue. ◆

# Principes de base pour le calcul de la charge thermique

La charge thermique d'une installation de chauffage doit être correctement calculée si l'on souhaite que celle-ci soit performante. L'installateur doit informer le maître d'ouvrage des performances qu'il peut attendre de son installation et tous deux doivent établir de commun accord une liste de principes de base.

*P. Van den Bossche, ing., chef de projet principal, division 'Installations intelligentes et solutions durables', CSTC  
B. Poncelet, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Techniques de l'eau', CSTC*

Le calcul de la charge thermique d'un bâtiment ou calcul des déperditions calorifiques constitue une étape indispensable dans le **dimensionnement d'une installation de chauffage** (voir aussi [Les Dossiers du CSTC 2020/2.10](#)). Si la puissance du générateur de chaleur (chaudière, pompe à chaleur,...) et du système d'émission (radiateurs, convecteurs, chauffage par le sol,...) doit être suffisamment importante pour garantir le confort, une installation trop puissante nécessite cependant un investissement supplémentaire et peut se révéler moins performante. Le présent article traite exclusivement des installations de chauffage destinées aux **logements individuels**.

Bien que la norme NBN EN 12831-1:2017 et son annexe nationale belge NBN EN 12831-1 ANB:2020 définissent la méthode de calcul de la charge thermique, elles laissent au concepteur un certain nombre de choix susceptibles d'influencer considérablement le résultat final. On conseille donc à l'installateur de convenir au préalable de certains points avec le maître d'ouvrage.

## 1 Accords passés avec le client

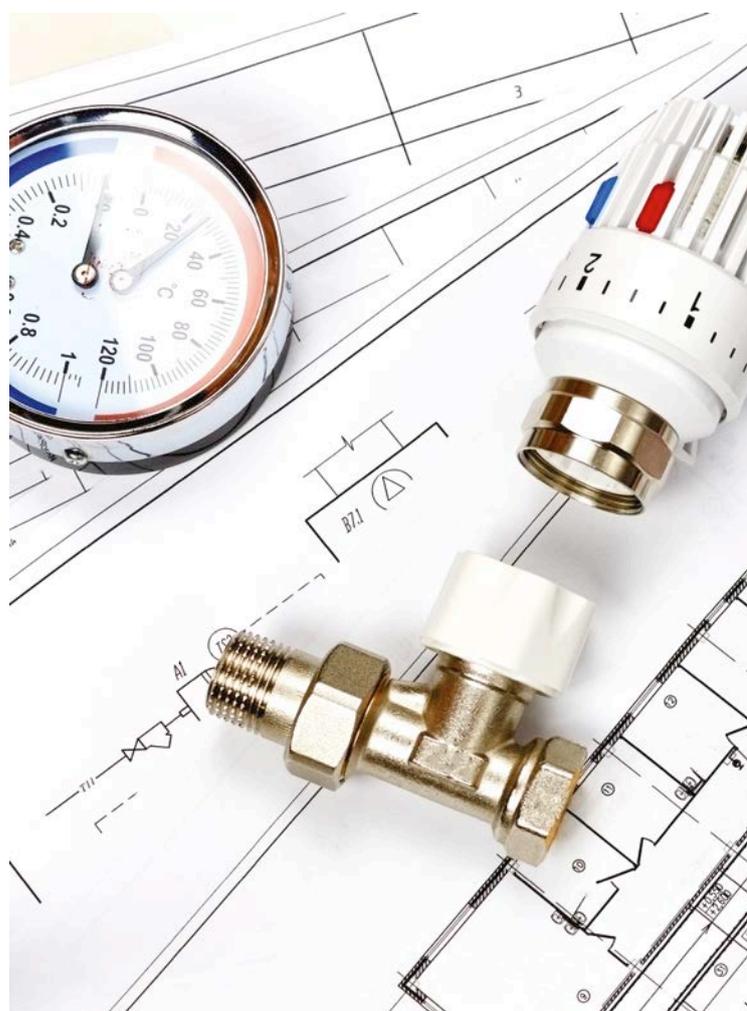
Le client doit être conscient que la charge thermique est basée sur **un certain nombre de principes** et que le confort souhaité ne peut pas toujours être garanti lorsque l'on s'en écarte. Plus tard, en cas de plaintes relatives au confort, l'installateur se référera à ces principes pour vérifier le bien-fondé des plaintes.

### 1.1 Températures dans les espaces de vie

Le calcul de la charge thermique repose sur l'hypothèse que les **températures de confort** sont atteintes simultanément dans toutes les pièces (20 °C dans le living, 24 °C

dans la salle de bain et 18 °C dans les chambres à coucher, par exemple).

Si certains espaces, tels que les chambres, ne sont pas chauffés, le générateur de chaleur sera certainement bien



dimensionné pour produire la chaleur requise, mais il est probable que les systèmes d'émission de certains locaux ne le soient plus assez.

Pour donner un exemple, si les radiateurs de la salle de bain ont été calculés en supposant qu'une température de 18 °C régnerait dans les chambres à coucher adjacentes, alors que celle-ci ne s'élève en réalité qu'à 15 °C, il se peut que la température de 24 °C souhaitée dans la salle de bain ne puisse être maintenue.

### 1.2 Etanchéité à l'air

L'enveloppe du bâtiment n'est jamais parfaitement étanche à l'air. Cela provoque des **infiltrations d'air froid**, qu'il faut alors chauffer. Par conséquent, il est conseillé de mesurer l'étanchéité à l'air (essai de pressurisation, par exemple) pour déterminer la valeur de calcul la plus correcte. S'il n'est pas possible d'effectuer des mesures (notamment dans le cas d'une nouvelle construction), il existe deux solutions :

- soit utiliser les valeurs par défaut de la norme NBN EN 12831-1:2017 ( $n_{50} = 6/h$ ). Bien que celles-ci soient plus ou moins réalistes pour les logements individuels récents, il est probable qu'elles le soient nettement moins pour les logements plus anciens (deux fois plus élevées, voire plus)
- soit réaliser le calcul en se basant sur un niveau d'ambition bien défini ( $v_{50} = 2 \text{ (m}^3/h)/\text{m}^2$ , par exemple), pour lequel le maître d'ouvrage ou son représentant doit se porter garant par écrit.

### 1.3 Puissance supplémentaire de préchauffage

Lorsque les locaux sont chauffés par intermittence, il peut s'avérer nécessaire de prévoir une puissance supplémentaire de préchauffage pour que les températures de confort soient atteintes suffisamment rapidement après une baisse temporaire de la température.

Pour ne pas trop surdimensionner le générateur de chaleur des bâtiments résidentiels, la norme NBN EN 12831-1:2017 recommande de ne pas tenir compte de cette puissance supplémentaire de préchauffage. Cela demande toutefois l'installation d'un **système de régulation** permettant d'éviter les coupures de chauffe pendant les périodes les plus froides. En outre, les occupants doivent bien comprendre que, sans cette puissance supplémentaire de préchauffage, il est impossible de chauffer rapidement toutes les pièces en même temps.

En ce qui concerne les systèmes de chauffage par le sol classiques, qui réagissent assez lentement aux modifications de la demande de chaleur, il est également déconseillé de tenir compte de la puissance supplémentaire de préchauffage. Par contre, dans les salles de bain et les chambres ou bureaux équipés de radiateurs ou de convecteurs, il peut effectivement être utile de prévoir une telle puissance de préchauffage (500-1000 W dans la salle de bain, 50-100 W/m<sup>2</sup> dans les chambres utilisées aussi comme bureaux), puisque ces locaux ont souvent une fréquentation très variable.

Afin d'éviter toutes discussions ultérieures, nous recommandons vivement à l'installateur d'**expliquer clairement, en annexe de son devis**, les hypothèses de calcul et leurs conséquences éventuelles sur le confort, en particuliers si elles s'écartent des valeurs par défaut de la norme.

## 2 Le calcul proprement dit

Dans la pratique, la charge thermique n'est **pas toujours calculée par l'installateur même**. En effet, il peut confier la tâche à un tiers (bureau d'études, fournisseur des matériaux, ...). Il importe donc de communiquer tous les principes susmentionnés à la personne chargée du calcul.

L'installateur doit en outre stipuler les informations dont il a besoin, c'est-à-dire au minimum :

- la puissance du générateur de chaleur
- la puissance du système d'émission par local (en cas de chauffage par le sol, il faut aussi mentionner l'émission vers le bas).

De plus, selon la situation, il peut s'avérer utile qu'il dispose des informations suivantes :

- le calcul détaillé pour chaque espace (surfaces, valeurs U, débits de ventilation, ...)
- un dimensionnement du chauffage par le sol (plan de pose, longueur des boucles, débits à régler par boucle, pertes de pression, ...) et l'éventuelle insuffisance de puissance à compenser par un émetteur de chaleur supplémentaire
- le régime de température de la ligne de chauffe proposée. 





# Mesures alternatives pour maîtriser la légionelle

La nécessité de réduire la consommation énergétique de nos bâtiments remet de plus en plus en cause les températures élevées de l'eau chaude sanitaire (ECS), nécessaires pour prévenir le développement des légionelles. Des mesures alternatives peuvent être envisagées, mais sous des conditions strictes.

*B. Bleys, ir., chef du laboratoire 'Techniques de l'eau', CSTC*

*K. Dinne, ing., chef du laboratoire 'Microbiologie et microparticules', CSTC*

## Mesures alternatives pour maîtriser la légionelle

La **mesure standard** permettant de maîtriser le développement des légionelles est basée sur le contrôle de la température au sein des installations sanitaires. L'eau froide doit rester froide ( $< 25\text{ °C}$ ) et l'eau chaude rester chaude ( $> 55\text{ °C}$ ) (voir aussi les [Les Dossiers du CSTC 2017/2.12](#)).

Outre cette disposition, d'**autres mesures** peuvent être adoptées. On en distingue deux grands types :

- la désinfection chimique continue
- les mesures de maîtrise physiques.

La **désinfection chimique continue** consiste à ajouter en permanence à l'eau une quantité autorisée :

- de dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ), produit sur place par la réaction entre le chlorite de sodium ( $\text{NaClO}_2$ ) et l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ).
- d'ions de cuivre et d'argent, générés sur place par électrolyse (à l'aide d'électrodes de cuivre et d'argent que l'on plonge dans l'eau à traiter)
- d'hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ). Ce composé est produit sur place par l'ajout de saumure (c'est-à-dire une solution saline ( $\text{NaCl}$ )) à de l'eau potable entièrement adoucie et soumise à une électrolyse
- de peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) stabilisé avec de l'argent et livré prêt à l'emploi.

Les **mesures de maîtrise physiques** comprennent notamment le traitement par lumière UV-C ainsi que la micro- et l'ultrafiltration. Ces deux dernières peuvent être envisagées à différents endroits de l'installation :

- après le compteur d'eau
- dans un *by-pass* connecté à la conduite de circulation d'ECS

- au niveau des points de puisage (pommeaux de douche équipés d'un filtre, par exemple).



## Situation dans les diverses Régions

A l'heure actuelle, seule la **Flandre** dispose d'une législation étendue en matière de légionellose. Il s'agit plus précisément du **Veteranenbesluit** de 2007 ainsi que des **Best Beschikbare Technieken** (BBT), un document publié en 2017 qui reprend les meilleures techniques disponibles pour maîtriser la légionelle dans les nouvelles installations sanitaires (voir la **Monographie du CSTC n° 31**, uniquement en néerlandais). La législation prévoit la reconnaissance des techniques alternatives par le ministre compétent. Sept systèmes ont déjà été reconnus et mis sur le marché. Chacun a fait l'objet d'un arrêté ministériel après une période d'essai et l'obtention d'un avis positif du Conseil supérieur de la santé. Le dispositif et les conditions d'utilisation (concentrations maximales, incompatibilité avec certains matériaux de tuyauterie, ...) y sont brièvement décrits. Seule l'installation d'un tel système permet de déroger à la mesure de maîtrise standard liée au respect des températures de l'eau. Toutefois, d'après la définition des techniques alternatives figurant dans le *Veteranenbesluit*, la désinfection chimique continue est la seule technique autorisée. Il n'est donc pas possible de faire reconnaître les mesures de maîtrise physiques pour le moment.

A **Bruxelles** et en **Wallonie**, il n'existe encore **aucune procédure de reconnaissance** comparable à celle en vigueur en Flandre. Dans ces Régions, il est conseillé de n'installer que des systèmes ayant été testés. Quoi qu'il en soit, elles devront adapter leur législation, puisque la légionelle figure dans la nouvelle directive européenne relative à l'eau potable (directive (UE) 2020/2184) publiée début 2021.

## A quelle température produire l'ECS en cas d'utilisation de techniques alternatives ?

Selon la législation flamande, l'utilisation d'une installation fonctionnant à une température inférieure à celle imposée par la mesure de maîtrise standard est autorisée, pour autant que la technique alternative envisagée soit reconnue. Néanmoins, cette installation doit être capable de produire continuellement de l'ECS à 60 °C. Dans le cadre d'une désinfection chimique, la température de l'ECS devra même pouvoir atteindre 70 °C aux différents points de puisage. A l'origine, ces techniques alternatives étaient exclusivement destinées aux installations existantes qui présentent des défauts de conception difficiles à résoudre. De nos jours, elles sont de plus en plus fréquemment utilisées pour les nouvelles installations également.

## Points de vigilance

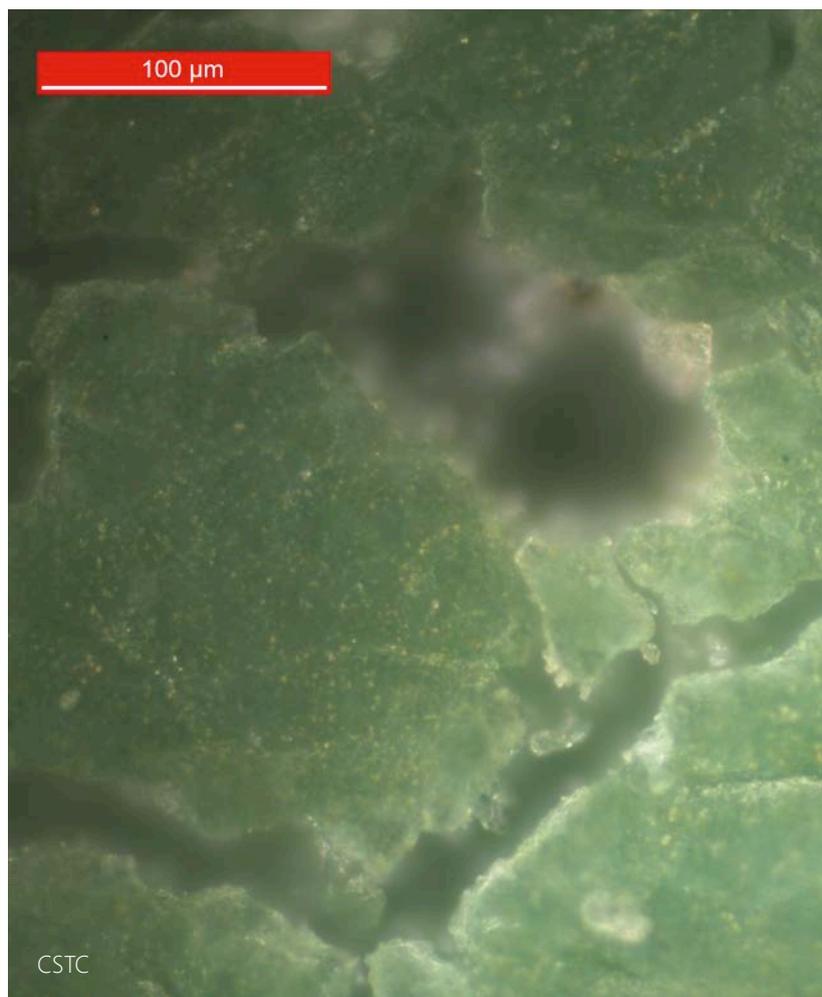
Les techniques alternatives sont encore trop souvent considérées comme des solutions globales permettant de prévenir le développement des légionelles. Il reste malgré tout extrêmement important de **concevoir**, de **placer** et d'**utiliser correctement l'installation**. Il faut notamment renouveler chaque semaine l'eau présente dans les conduites en la faisant couler régulièrement, éviter les bras morts (le désinfectant ne peut atteindre les conduites dans lesquelles

l'eau ne circule pas), empêcher le réchauffement de l'eau froide, ... Toutes ces exigences sont à respecter scrupuleusement si l'on souhaite maîtriser un éventuel développement de légionelles.

En cas de désinfection chimique continue, il est aussi très important de veiller aux concentrations des composants et de vérifier régulièrement le traitement. Les résultats doivent être minutieusement consignés dans un **registre**. Il faut en outre que le personnel responsable de l'installation en connaisse le fonctionnement et les réglages.

Enfin, il convient de respecter les **conditions d'utilisation** indiquées dans l'arrêté ministériel et de demander au fabricant si le produit actif est **compatible** avec le matériau de la tuyauterie. En effet, nous avons déjà pu constater plusieurs cas de dégradation de conduites synthétiques ainsi qu'une augmentation de la corrosion dans des conduites métalliques. Ces cas étaient probablement dus à des concentrations trop élevées en agents désinfectants. ◆

Fissures dans la paroi interne d'un tube en polypropylène dues à un traitement au ClO<sub>2</sub>.





# Des finitions durables pour les menuiseries extérieures en bois

De nombreux paramètres peuvent influencer la durabilité d'une finition pour bois. Selon une étude prénormative, sa compatibilité avec le support doit être vérifiée en priorité. La teinte de la finition, son épaisseur initiale et la perte d'épaisseur au fil du temps auront, quant à elles, un impact considérable sur les délais d'entretien.

*E. Cailleux, dr., chef adjoint du laboratoire 'Chimie du bâtiment', CSTC*



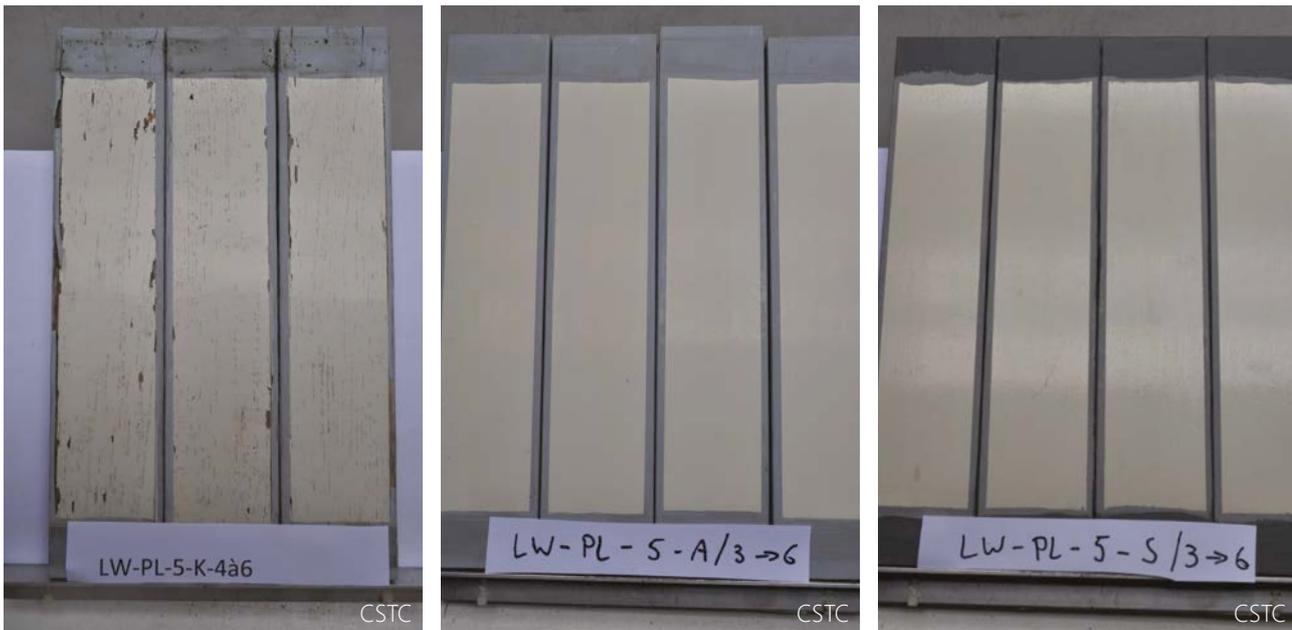
Choisir une finition durable sur un support en bois n'est pas aussi simple qu'il y paraît. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte. Il s'agit entre autres :

- de l'essence de bois
- de la composition de la peinture
- du type d'élément à protéger.

La série de normes NBN EN 927 a permis des avancées significatives concernant la classification des performances des finitions pour bois et leur adaptation à l'application visée (voir [Les Dossiers du CSTC 2018/4.8](#)). Elle intègre des **classes d'environnement** et certaines recommandations relatives à l'influence de divers paramètres, notamment vis-à-vis de la durabilité de la finition.

Afin de compléter ces données, une étude prénormative a été menée au CSTC et au centre WOOD.BE. Plus d'une vingtaine de finitions, telles que des peintures et des lasures, ont été appliquées sur différentes essences de bois et soumises à un vieillissement extérieur (\*). Après un peu plus de deux ans, des changements significatifs sont observables et il est possible de tirer quelques premières conclusions concernant l'évolution des finitions dans le temps. Les évolutions relatives à la perméabilité à l'eau et à l'aspect ont déjà fait l'objet d'un précédent article (voir [Les Dossiers du CSTC 2020/4.8](#)).

(\*) Il s'agissait de finitions destinées à être appliquées sur site par le peintre. Celles appliquées en atelier n'ont pas été considérées. Les liants consistaient principalement en des résines alkydes et acryliques ainsi qu'en des mélanges alkyde-acrylique, PU-alkyde ou PU-acrylique.



Chêne

Afzélia

Sapelli

1 | Après un vieillissement de deux ans, la finition sur chêne s'est dégradée plus rapidement que sur d'autres supports en bois.

### Influence du bois

L'essence de bois et sa compatibilité avec la finition sont d'une grande importance. Certains bois contiennent des antioxydants qui empêchent le séchage et le durcissement des résines alkydes ou des huiles. D'autres libèrent des **tanins** ou produisent des **exsudations de résine**. Ces diverses pathologies et les solutions envisageables sont décrites dans la [NIT 249](#) et dans [Les Dossiers du CSTC 2006/4.11](#).

Les résultats de l'étude prénormative montrent que l'essence de bois peut également avoir une influence considérable sur la durabilité de la finition. Ainsi, pour quatre des peintures testées, des dégradations plus rapides ont été notées sur le chêne, alors que les mêmes systèmes se sont bien comportés sur l'afzélia et le sapelli (voir figure 1). Les causes de ces **différences de durabilité** ne sont pas encore totalement identifiées. En effet, les finitions concernées ne présentaient aucune caractéristique particulière ayant pu annoncer un risque de dégradation prématurée, et leurs performances se situaient dans la moyenne de celles mesurées pour les autres systèmes.

Il ressort des observations que les caractéristiques actuellement renseignées dans les fiches techniques ne permettent pas d'anticiper les risques de dégradation. Par ailleurs, il faut signaler que ces différences de comportement sont apparues au-delà du temps d'exposition d'un an prévu par la série de normes NBN EN 927.

Afin de s'assurer de l'adéquation d'un système de finition pour un type de bois, le fabricant devrait vérifier au préalable leur compatibilité sur une période de vieillissement suffisamment longue (supérieure à un an).

### Influence de la couleur/teinte de la finition

La teinte d'une finition peut aussi avoir une influence sur sa durabilité.

Les teintes sombres s'échauffent de façon plus importante en raison d'une plus grande absorption du rayonnement solaire. Elles sont dès lors plus sujettes à des **dégradations liées à la dilatation thermique du bois ou à la présence d'humidité** dans celui-ci (cloquage).

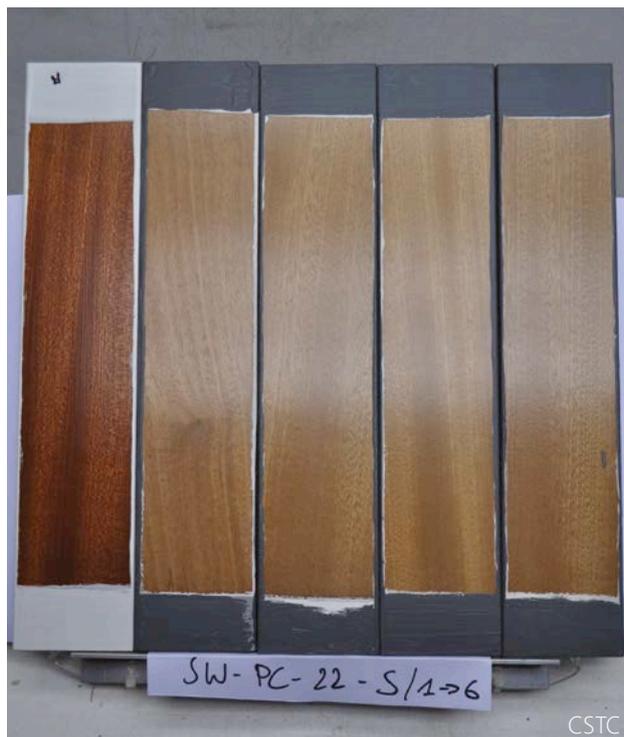
Les résultats de l'étude indiquent également que les lasures de teinte claire entraînent plus fréquemment des variations d'aspect. Celles-ci semblent surtout liées à des évolutions du bois (voir figure 2 à la page suivante). En outre, les teintes naturelles protègent moins le bois des dégradations liées au rayonnement solaire. Celles-ci sont susceptibles de produire une photodégradation du bois qui s'accompagne d'un **décollement de la finition** et d'un **développement de moisissures** (bleuissement), créant alors des zones plus sombres (voir figure 3 à la page suivante).

Pour les lasures, les teintes intermédiaires peuvent être considérées comme les plus durables.

### Variation d'épaisseur et exposition

L'épaisseur des finitions a été mesurée régulièrement tout au long de la période de vieillissement de deux ans. Si une certaine dispersion peut être observée, on constate néanmoins que :

- les pertes d'épaisseur sont relativement linéaires dans le temps



2 | Changement d'aspect essentiellement lié à une évolution du bois. Dans le cas présent, une lasure de teinte chêne clair a été appliquée sur du sapelli. L'éprouvette de gauche correspond à la référence sans vieillissement.



3 | Photodégradation du bois associée à un développement de moisissures laissant apparaître des zones sombres.

- pour une même finition, elles sont le plus souvent indépendantes de l'essence de bois et de la teinte de la finition.

Les différences les plus importantes ont été observées entre les peintures en phase solvant et celles en phase aqueuse, ces dernières présentant généralement des vitesses d'érosion plus faibles. Une telle distinction n'a pas été constatée dans le cas des lasures.

Le tableau ci-dessous livre des estimations relatives aux **pertes d'épaisseur annuelles** déduites à partir des résultats de l'étude. Ces valeurs ne s'appliquent qu'à des expositions sévères (zone ou élément non abrité, orienté au sud-ouest et exposé à l'horizontale ou jusqu'à 45°, par exemple). Si l'on combine ces données avec les épaisseurs initiales appliquées, il est possible d'obtenir une première estimation de durabilité des finitions. En considérant une lasure de 75 µm d'épaisseur et une perte d'épaisseur de

15 µm/an, on peut déduire que près de 40 % de la finition aura disparu après deux ans. En cas d'exposition moins sévère (zone verticale, abritée ou avec une exposition au nord, par exemple), la vitesse d'érosion est bien évidemment diminuée.

Les résultats de l'étude montrent également que la **nécessité d'un entretien** apparaît bien avant la disparition complète de la finition. Pour les lasures qui se sont dégradées le plus rapidement, le seuil peut être estimé à environ 40 µm.

Des analyses complémentaires seront menées prochainement, afin d'estimer des seuils pour les autres finitions et établir, à terme, des classes de durabilité pour les finitions extérieures. Dans tous les cas, il convient de bien respecter les épaisseurs prescrites lors de l'application. Il faut également éviter les arêtes vives, pour lesquelles les épaisseurs de peinture sont difficiles à respecter. ◆

Estimation des vitesses de perte d'épaisseur de différentes finitions (résultats issus de l'étude prénormative).

Type de finition	Épaisseur sèche initiale	Estimation de la perte d'épaisseur (µm/an) pour une exposition sévère
Peinture en phase solvant	De 90 à 150 µm	De 10 à 15 µm/an
Peinture en phase aqueuse		De 8 à 12 µm/an
Lasure	De 70 à 120 µm	De 10 à 15 µm/an

# Publications du CSTC



## Notes d'information technique



**N° 275** Ouvrages particuliers en verre. Partie 3 : applications non structurales (cloisons intérieures en verre).



**N° 244** Les ouvrages de raccord des toitures plates : principes généraux (remplace la NIT 191). Edition février 2021.

## Monographie

**N° 36** Les ambitions 2025 du CSTC.

## Infofiches

- N° 87** Fissuration et décollement d'une chape adhérente.
- N° 92** Jeu excessif entre une porte Rf et une dalle en béton.
- N° 93** Isolation insuffisante aux bruits de choc entre appartements.
- N° 94** Nuisances sonores après avoir remplacé le revêtement de sol.
- N° 96** Décollement de peinture sur volets extérieurs en bois décapés chimiquement par bain de trempage.

## Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
  - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
  - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be))
- sous forme imprimée.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h00) ou contactez-nous par e-mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be)).

## Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, veuillez contacter T. Vangheel par téléphone (02/716.42.11) ou par e-mail ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).
- Lien utile : [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique 'Agenda').

Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Olivier Vandooren, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

Révision linguistique J. D'Heygere et A. Volant  
Traduction : J. D'Heygere  
Mise en page : J. D'Heygere  
Illustrations : R. Hermans et Q. van Grieken  
Photographies CSTC : M. Sohie et al.



## Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 95.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 55 ans le centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

### Recherche et innovation

L'introduction de techniques innovantes est vitale pour la survie d'une industrie. Orientées par les professionnels de la construction, entrepreneurs ou experts siégeant au sein des Comités techniques, les activités de recherche sont menées en parfaite symbiose avec les besoins quotidiens du secteur.

Avec l'aide de diverses instances officielles, le CSTC soutient l'innovation au sein des entreprises, en les conseillant dans des domaines en adéquation avec les enjeux actuels.

### Développement, normalisation, certification et agrégation

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAAtc), le Centre est idéalement placé pour identifier les besoins futurs des divers corps de métier et les y préparer au mieux.

### Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

Pour mettre le fruit de ses travaux au service de toutes les entreprises du secteur, le CSTC utilise largement l'outil électronique. Son site Internet adapté à la diversité des besoins des professionnels contient les ouvrages publiés par le Centre ainsi que plus de 1.000 normes relatives au secteur.

La formation et l'assistance technique personnalisée contribuent au devoir d'information. Aux côtés de quelque 750 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 18.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

### Siège social

Rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles  
tél. 02/502 66 90  
fax 02/502 81 80  
e-mail : info@bbri.be  
site Internet : www.cstc.be

### Bureaux

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
tél. 02/716 42 11  
fax 02/725 32 12

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

### Station expérimentale

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
tél. 02/655 77 11  
fax 02/653 07 29

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

### Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Bruxelles  
tél. 02/233 81 00