

Édition  
Enveloppe



---

sept-oct  
2022

P08. Circularité des toitures à versants

P12. Constructions CLT

P18. Changement climatique en Belgique

# Sommaire

## CSTC-Contact septembre-octobre 2022

---



**04**

Souffle le vent sur les échafaudages...



**18**

Changement climatique :  
quels sont les impacts en Belgique ?



**06**

Rabattement des eaux souterraines  
lors de projets de construction



**20**

BIMio : le BIM à la portée de tous



**08**

Les toitures à versants :  
réutilisation des matériaux



**22**

La planification *lean* selon l'approche 7-5



**10**

Les toitures vertes :  
quel est leur réel impact ?



**24**

FAQ



**12**

Constructions CLT :  
des points essentiels à ne pas négliger



**25**

Focus



**14**

De nouveaux critères acoustiques  
pour les vitrages



**26**

Facilitez-vous le chantier !



**16**

Rénovation acoustique : des doublages aux  
solutions complètes de type 'boîte dans la boîte'



**27**

Salons et événements

---

# S'adapter aux changements climatiques



Les changements climatiques sont devenus une évidence pour la majorité des habitants de notre planète. Nos régions n'y échappent pas puisque, après une année 2021 marquée par des inondations sans précédent, nous avons dû faire face cette année à une **période de sécheresse** qui a conduit de nombreuses communes à restreindre l'utilisation de l'eau de ville. Il est grand temps d'agir sur le long terme, notamment en procédant à une isolation de masse du bâti existant. Mais cela ne suffira pas ! Le sixième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prédit des changements climatiques qui vont nous contraindre à **adapter nos bâtiments et notre mode de vie**. L'article en page 18 fait le point sur le sujet.

**Les toitures vertes permettent de limiter les risques de surchauffe et jouent parfois un rôle de tampon en cas de pluies d'orage.**

L'adaptation des bâtiments sera d'autant plus nécessaire dans les villes, où les températures sont susceptibles d'augmenter de 2 à 3 °C de plus qu'à la campagne. Dans ce contexte, on parle souvent des contributions que pourraient apporter les **toitures vertes**. En effet, celles-ci permettent non seulement de limiter les risques de surchauffe, mais elles peuvent aussi jouer, dans certains cas, un rôle de tampon lors de pluies d'orage. L'article de la page 10 vous en apprendra davantage.

Pour diminuer l'impact environnemental des activités de construction, il faudra optimiser nos chantiers. Nous avons

ainsi constaté que le **rabattement des nappes phréatiques** génère des pertes d'eau considérables, alors qu'il existe des solutions pour les limiter (voir p. 6). Réduire de manière drastique l'empreinte de nos activités passera aussi par **une plus grande circularité des matériaux**. Les couvertures

**Il est nécessaire de savoir quels matériaux de couverture récupérer et comment garantir leur qualité.**

de toiture présentent l'avantage d'être facilement démontables, mais il est nécessaire de déterminer quels matériaux peuvent être récupérés et comment garantir leur qualité. Ces deux sujets sont abordés en page 8.

Nous n'avons certainement pas fait le tour du sujet ! Tous les métiers seront concernés et devront adapter leurs méthodes de travail de manière plus ou moins importante aux changements climatiques. Le CSTC s'est engagé depuis de nombreuses années **à accompagner et à soutenir les entreprises** tout au long de ce processus de transformation.

Edwige Noirfalisse,  
ingénieur-animateur des Comités techniques  
'Étanchéité' et 'Couvertures'



# Souffle le vent sur les échafaudages...

Les filets de sécurité verticaux fixés aux échafaudages sur pieds constituent une protection appropriée contre le risque de chute. Lorsqu'il s'avère également nécessaire de protéger les passants des nuisances générées par les travaux (poussière, bruit, ...), ces filets peuvent être remplacés par des bâches (semi-)étanches. Or, ces dernières ont un impact important sur la prise au vent des échafaudages et, par conséquent, sur les efforts que les ancrages doivent reprendre.

J.-F. Rondeaux, dr. ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

Comme le rappelle la dernière version du [Code de bonnes pratiques relatif à l'utilisation et au montage d'échafaudages \(Constructiv, mars 2022\)](#), il est primordial de s'assurer que ceux-ci sont pourvus de **points d'ancrage** en nombre suffisant et que ces derniers sont uniformément répartis.

Lorsque la configuration de l'échafaudage diffère de celle prévue par son fabricant, on établira une note de calcul tenant compte des effets du vent sur cette configuration particulière. Ces effets sont définis par les normes NBN EN 1991-1-4 ('Eurocode vent') et NBN EN 12811-1, dont quelques principes sont rappelés dans les lignes qui suivent.

Les efforts générés par le vent sur les constructions sont proportionnels à la vitesse du vent. Celle-ci génère, à la surface de l'échafaudage, **des pressions ou des dépressions** qui dépendent notamment de la hauteur du bâtiment, de son emplacement géographique, de son environnement, ... Par exemple, un immeuble élevé situé en front de mer est sou-

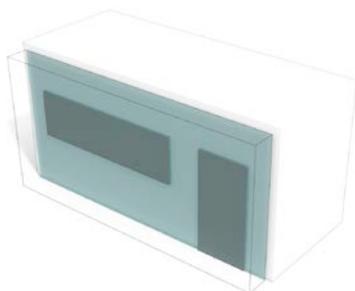
mis à des vents plus importants qu'une maison de hauteur plus restreinte dans un contexte urbanisé ou forestier (1).

Ces pressions et dépressions varient également en fonction de la **position de l'échafaudage par rapport au bâtiment**. Ainsi, l'échafaudage sera protégé par la façade à laquelle il est fixé, et ce d'autant plus si celle-ci présente peu d'ouvertures. La figure 1 illustre l'atténuation des effets du vent lorsqu'il souffle directement sur un échafaudage non bâché couvrant toute la façade.

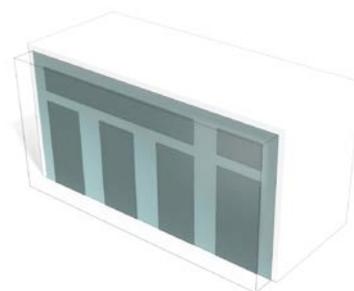
Les effets du vent spécifiques aux échafaudages sont exprimés sous la forme d'un coefficient dont la valeur est définie dans la norme NBN EN 12811-1. Malheureusement, cette dernière ne tient pas compte (ou très peu) d'un certain nombre de configurations telles que les échafaudages bâchés ou de coin, pour lesquels les effets du vent peuvent être sous-estimés. Ce constat, confirmé par les nombreuses questions soulevées dans la pratique, a mené le CSTC à



**Ouvertures : 0 %**  
**Atténuation : 75 %**



**Ouvertures : 30 %**  
**Atténuation : 50 %**



**Ouvertures : 90 %**  
**Atténuation : 0 %**

**1** Atténuation des effets du vent sur un échafaudage non bâché (ou muni d'un filet poreux) en fonction du pourcentage d'ouvertures présentes dans la façade (selon la norme NBN EN 12811-1).

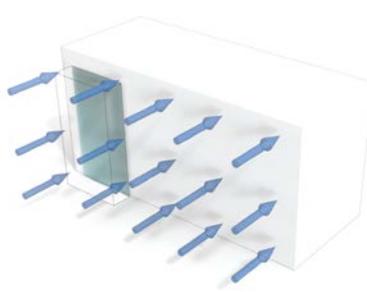
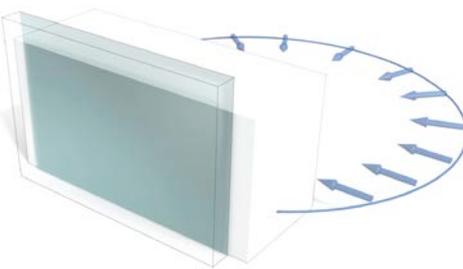
(1) L'outil [Wind Interactive](#) que le CSTC a développé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Eurocodes structuraux' permet de calculer aisément les efforts du vent sur les bâtiments rectangulaires. Il peut être téléchargé gratuitement sur notre site Internet.

entreprendre deux études prénormatives <sup>(2)</sup> dont l'objectif est de mieux caractériser les charges du vent sur des échafaudages ayant une configuration particulière.

Le tableau ci-dessous décrit quelques situations concrètes présentant un risque par rapport aux situations envisagées

dans la norme NBN EN 12811-1 et fournit des suggestions permettant d'y remédier. De manière générale, et par mesure de précaution, il est recommandé d'enlever temporairement la protection en cas de vent dont la vitesse est supérieure à 64,4 km/h (vitesse correspondant à ce que l'on appelle le vent de travail). ◆

**A** Illustration de quelques situations présentant un risque pour la stabilité d'un échafaudage fixé à une façade, explication du phénomène observé et suggestions permettant d'y remédier.

Vent direct induisant des pressions	
Situation à risque	Explication
<p><b>Échafaudage bâché localisé sur une portion réduite de la façade</b></p> 	<p>Cet échafaudage est trois fois plus sollicité lorsqu'il est placé à proximité des coins de la façade que lorsqu'il est placé au milieu de celle-ci.</p> <p style="text-align: center;"><b>Suggestions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Attirer l'attention du bureau d'études sur cette configuration.</li> <li>• Utiliser un treillis à mailles fines plutôt qu'une bâche.</li> </ul>
Vent indirect générant des effets tourbillonnaires et des zones de dépression	
Situation à risque	Explication
<p><b>Échafaudage bâché plus large que la façade</b></p> 	<p>Cet échafaudage subit une dépression considérable qui a tendance à le 'plaquer' davantage contre le bâtiment, ce qui peut induire des efforts environ 50 % plus importants dans les éléments composant la structure.</p> <p style="text-align: center;"><b>Suggestion</b></p> <p>Munir l'échafaudage de filets ou de treillis présentant une certaine porosité à l'air. La réduction de sollicitation est de l'ordre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 % pour un filet très poreux</li> <li>• 30 % pour un treillis à mailles fines (10 % de porosité déclarée).</li> </ul>
Situation à risque	Explication
<p><b>Échafaudage bâché plus élevé que la façade</b></p> 	<p>Cet échafaudage subit des effets de soulèvement et d'arrachement, en particulier lorsque le vent incident agit latéralement.</p> <p style="text-align: center;"><b>Suggestions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlever les protections (filets, treillis ou bâches) de l'échafaudage lorsque celui-ci n'est pas utilisé.</li> <li>• Assurer une bonne fixation au sol des montants de l'échafaudage.</li> <li>• Renforcer les ancrages dans la façade.</li> </ul>

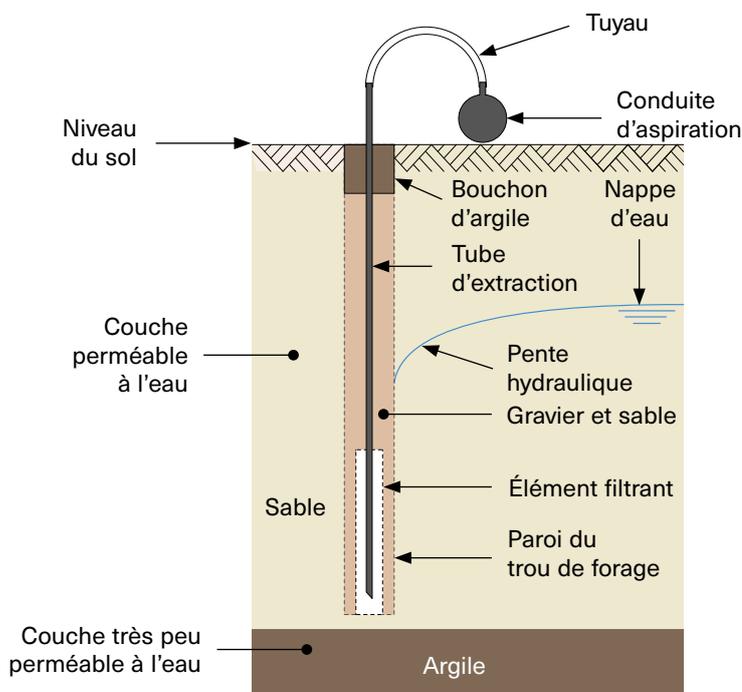
<sup>(2)</sup> Études prénormatives Stepwise I et II subsidiées par le SPF Économie.

# Rabatement des eaux souterraines lors de projets de construction

Depuis quelques années, la sécheresse est devenue un réel problème d'actualité en Belgique et ailleurs. La consommation d'eau élevée due à la forte densité de population et la présence importante de surfaces bétonnées aggravent encore la situation. Cette sécheresse se manifeste notamment par une diminution du niveau des nappes d'eau souterraines. Or, ces eaux sont souvent extraites pour pouvoir réaliser certains projets de construction. Heureusement, il existe des solutions concrètes visant à diminuer l'impact des pompages.

N. Denies, dr. ir., chef de projet principal, laboratoire 'Géotechnique et monitoring', CSTC  
N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC  
B. Bleys, ir., chef du laboratoire 'Techniques de l'eau', CSTC  
G. Goossens, conseillère en environnement, Embuild Vlaanderen (ex-VCB)

D'après le projet HERBRONNEN récemment mené par Vlaanderen Circulair, quelque **60 millions de mètres cubes d'eau** sont pompés chaque année en Flandre pour des projets de construction nécessitant le rabattement des eaux souterraines. Ce chiffre est basé sur les demandes d'autorisation de pompage adressées par les entreprises de construction en Flandre en 2020.



**1** Rabattement par pointes filtrantes sous vide reliées à une pompe.

Le rabattement est nécessaire pour de nombreux travaux réalisés en sous-sol, de la construction de parkings souterrains, de caves et de cages d'ascenseur à l'installation de piscines et de dispositifs de stockage des eaux de pluie, en passant par la réalisation de routes, de tunnels, d'égouts, de canalisations et de travaux hydrauliques.

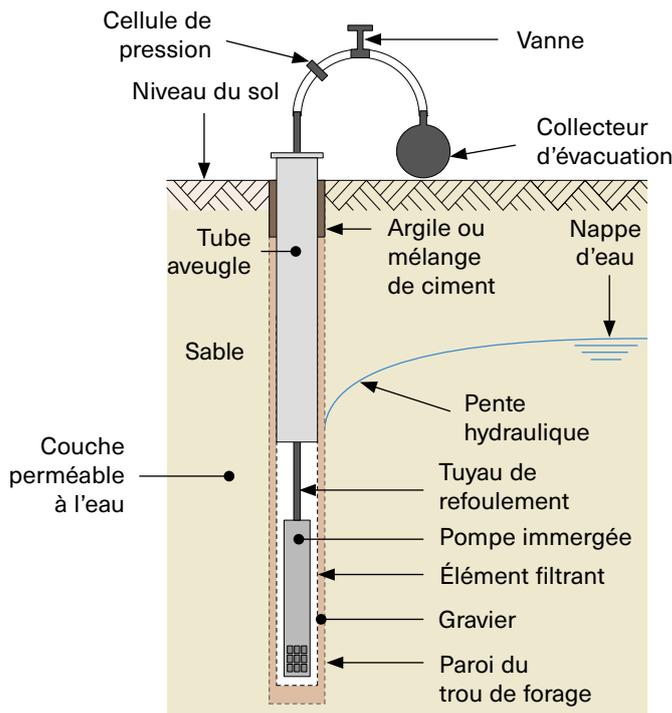
À l'heure actuelle, une grande partie des eaux pompées sont rejetées dans les égouts. Toutefois, cette pratique a des répercussions sur le niveau des nappes d'eau et va à l'encontre des réglementations régionales, qui exigent que l'on respecte scrupuleusement la **procédure** suivante :

1. limitation du débit de pompage grâce au contrôle du niveau de rabattement ainsi qu'à la réinjection et à l'infiltration dans le sol de l'eau pompée
2. utilisation de l'eau pompée
3. déversement dans les eaux de surface
4. déversement dans les égouts.

## Techniques de rabattement

Les techniques les plus fréquemment utilisées pour rabattre les eaux souterraines dans le cadre d'un projet de construction sont les suivantes :

- **le rabattement au moyen de pointes filtrantes** : ces dernières sont placées dans le sol et reliées à un tube d'extraction, lui-même relié à une pompe. Deux techniques sont à distinguer :
  - le rabattement par pointes filtrantes sous vide (voir figure 1) est réalisé à l'aide de pointes filtrantes d'une longueur maximale d'environ 8 m dont l'extrémité est pourvue d'un élément filtrant de 0,25 à 3 m de long. On veillera toujours à combler l'espace entre la pointe filtrante et les parois du trou de forage (au moyen de



## 2 Rabattement par puits de pompage gravitaires : la pompe est placée dans le trou de forage.

sable ou de gravier calibré filtrant et d'un bouchon d'argile, selon les circonstances), afin de maintenir le vide au niveau de l'élément filtrant. Cette technique peut être appliquée dans les sols sableux homogènes et bien perméables ou lorsque la nappe d'eau doit être rabattue jusqu'à une couche d'argile. Dans la plupart des cas, elle permet d'abaisser le niveau de la nappe jusqu'à maximum 3,5 m sous le niveau de la pompe

- **le rabattement par filtres gravitaires** se fait à l'aide de pointes filtrantes d'une longueur typique de 10 m équipées d'un élément filtrant pouvant atteindre 8 m. Le tube d'extraction se trouvant en permanence dans l'eau, l'air ne peut y pénétrer. Les filtres gravitaires sont adaptés à toutes les situations, mais ils s'avèrent particulièrement intéressants dans les sols hétérogènes stratifiés. L'espace entre la pointe filtrante et les parois du trou de forage est rempli de sable de drainage. Cette technique permet d'abaisser le niveau de la nappe d'eau jusqu'à environ 4,5 m sous le niveau de la pompe
- **le rabattement par puits de pompage** : ces puits permettent de rabattre la nappe sans limitation de niveau. La pompe est installée directement dans le trou de forage, sous le niveau de la nappe. Elle est généralement placée dans un conduit en PVC dont la partie inférieure est munie de fentes sur une certaine hauteur. Cette partie est ensuite remplie de gravier calibré filtrant. Deux techniques sont à distinguer :
  - **les puits de pompage gravitaires** (voir figure 2) sont plus efficaces dans les sols sableux homogènes. Les éléments filtrants (c'est-à-dire la partie du conduit en PVC munie de fentes) sont ici habituellement plus longs
  - **les puits de pompage sous vide** sont en revanche plus efficaces dans les sols moins perméables et/ou si

le rabattement doit être réalisé jusqu'à proximité d'une couche d'argile. Des éléments filtrants plus courts sont placés dans le puits avant d'y déverser du gravier et de fermer le puits au moyen d'un bouchon d'argile. Une pompe à vide crée alors une dépression dans le puits, ce qui entraîne l'augmentation du rendement de celui-ci.

La technique de rabattement doit être choisie en fonction du sol, des eaux souterraines, de l'environnement immédiat du chantier, de la hauteur de rabattement et des caractéristiques du projet.

## Techniques de contrôle du rabattement

### Minimiser le débit de pompage des eaux souterraines

Cette solution consiste à utiliser un **système de pompage avancé** dans lequel l'activation (automatique) des pompes est basée sur le monitoring permanent du niveau de la nappe.

Il est également possible de **rendre la fouille 'étanche' à l'eau**, ce qui empêche considérablement les eaux souterraines environnantes de s'y introduire. Pour ce faire, on installe des parois verticales (rideaux de palplanches, parois de pieux sécants ou parois en *soil mix*, par exemple) autour de la fouille jusqu'à atteindre une couche naturelle très peu perméable (couche d'argile, par exemple). Cette dernière fait alors office de barrière d'étanchéité à l'eau horizontale. La présence d'une telle couche n'étant pas toujours garantie, la fouille peut être étanchéifiée en appliquant d'autres techniques telles que la mise en œuvre d'une barrière à l'eau horizontale par injection de silicate de sodium, par *jet grouting* ou par réalisation sous eau d'une dalle en béton.

### Remise à niveau des eaux souterraines par réinjection et infiltration

La technique de **réinjection** consiste à réinjecter les eaux pompées dans le sol, en profondeur et à une certaine distance de la fouille et des bâtiments. En cas d'**infiltration de surface**, les eaux de rabattement retournent dans le sol par l'intermédiaire de bassins de décantation, de canaux d'infiltration ou de puits.

### Utilisation des eaux souterraines non réinjectées/infiltrées

Ceci est particulièrement intéressant dans les domaines de l'agriculture et de l'horticulture, notamment pour l'irrigation des parcs et des espaces verts (voir le [Dossier du CSTC 2021/4.9](#)). ◆



# Les toitures à versants : réutilisation des matériaux

L'année dernière, nous avons de nouveau pu constater que nos stocks de matériaux n'étaient pas illimités. De nombreux entrepreneurs ont été confrontés à des augmentations de prix sans précédent, à de longs délais de livraison ou à des pénuries de matériaux. Adopter une économie plus circulaire, basée sur la remise en circulation des matériaux usagés, peut aider à surmonter ces obstacles, mais aussi à gérer la production de déchets et à réduire l'impact environnemental du secteur de la construction.

A. Vergauwen, dr. ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Solutions durables et circulaires', CSTC

## Qu'est-ce que la construction circulaire ?

La construction circulaire repose sur trois piliers :

- **la remise et le maintien en circulation des matériaux**, en s'engageant à réutiliser et à recycler des matériaux récupérés lors de travaux de démolition et de rénovation
- **la construction ou la transformation orientée vers le changement** : concevoir des bâtiments facilement adaptables et choisir des méthodes de construction facilitant leur démantèlement
- **le développement d'une nouvelle méthode de travail** permettant cette circularité sur les plans économique, technologique et juridique par l'adaptation des plans d'entreprise, des types d'appels d'offres, des cadres de qualité, des passeports matériaux, ...

- 1 Tuiles récupérées et évacuées dans un conteneur distinct.

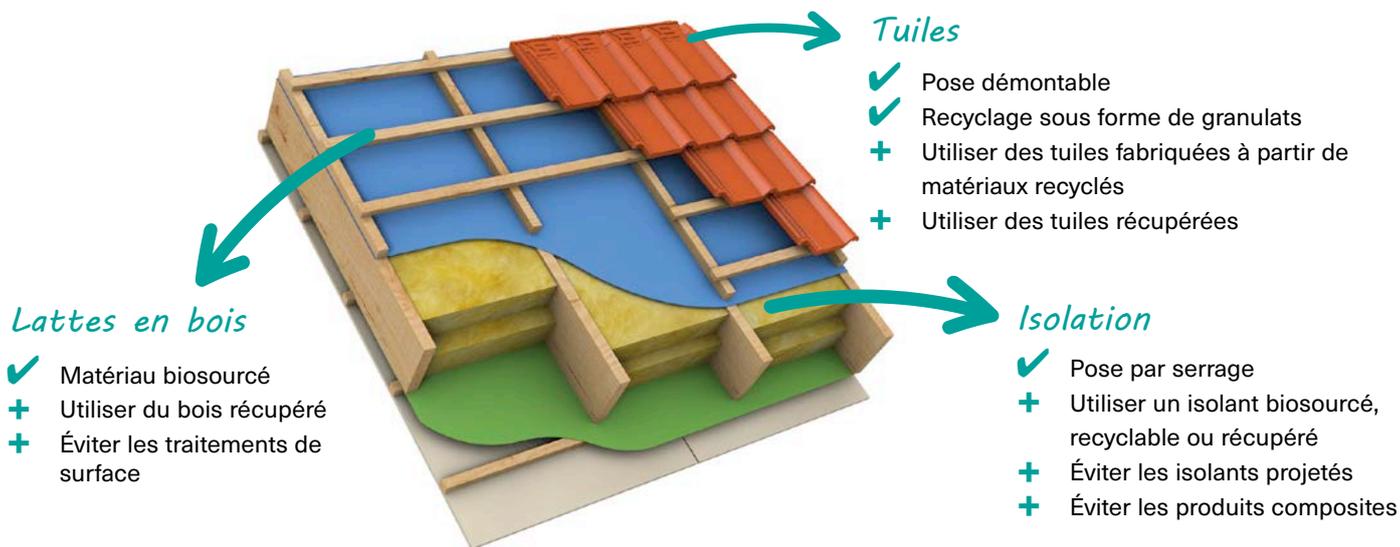


## Démolition d'une ancienne toiture : quels matériaux recycler et de quelle façon ?

Lorsque l'on rénove une toiture, il faut d'abord démonter la couverture et parfois également la charpente. Les anciennes toitures sont généralement constituées de matériaux théoriquement faciles à démonter et à trier. Ainsi, on peut évacuer les tuiles avec les matériaux pierreux, lesquels pourront être broyés en granulats recyclés et réutilisés dans les sous-fondations (voir figure 1). Le bois peut être évacué via un autre circuit et recyclé en panneaux de particules, par exemple. Ce recyclage est préférable à l'incinération, car il prolonge la durée de vie du matériau et n'émet pas de CO<sub>2</sub>. D'autres matériaux sont beaucoup plus difficiles à recycler (sous-toiture, isolant, ...) et sont donc très souvent mis en décharge ou incinérés.

Dans la pratique, il arrive toutefois que l'on se heurte à des **difficultés pratiques et logistiques**. Par exemple, la quantité de matériaux non pierreux récupérés lors de la démolition d'une toiture est habituellement trop faible que pour prévoir des conteneurs ou des *bigbags* distincts. Il arrive également que l'on ne dispose pas de l'espace nécessaire sur le chantier pour assurer ce type de collecte. Par conséquent, les matériaux sont évacués sans être triés. Une solution consiste à laisser des *bigbags* ou des conteneurs chez l'entrepreneur, afin d'y trier les déchets issus de différents chantiers. Il est également possible de rechercher des dépôts locaux tels qu'il en existe au sein d'associations, d'écoles d'art ou d'ateliers créatifs.

Si les matériaux récupérés peuvent **être réutilisés dans leur état actuel**, c'est encore mieux. Le concept de circularité est alors pleinement observé. Dans la pratique, cette réutilisation entraîne néanmoins de nombreux défis techniques. Si l'on prend l'exemple des tuiles, leur résistance au gel est souvent un point délicat. En effet, les tuiles étaient autrefois posées de manière à être bien ventilées et subissaient peu de chocs



**! Vérifier les performances techniques en cas de réutilisation**  
**! Les performances techniques peuvent différer selon la composition de la toiture**

**2** Aperçu des points forts en matière de circularité (✓), de ceux pouvant être améliorés (+) et de ceux auxquels il convient de prêter une attention particulière (!).

thermiques. De nos jours, les toitures étant mieux isolées et plus étanches, la résistance au gel des tuiles récupérées n'est pas toujours suffisante. En raison de leurs performances potentiellement moins élevées, ces tuiles pourraient imposer de nouvelles contraintes aux autres éléments de la toiture (sous-structure, par exemple) ainsi que des mesures supplémentaires. Le CSTC mène des recherches pratiques, afin de tenter de répondre à ces défis techniques.

pense notamment aux isolants projetés ou aux matériaux composites, dont les éléments (plaque de plâtre + matériau isolant) sont assemblés par collage et donc difficiles à séparer. On préférera les matériaux d'isolation recyclables et/ou ayant un faible impact environnemental. Il peut toutefois s'avérer difficile de séparer les matériaux, dans la mesure où les exigences en matière d'étanchéité à l'air imposent l'utilisation de rubans adhésifs et de colles. Des solutions visant à concilier ces deux principes sont à l'étude.

## Quelles possibilités la toiture à versants offre-t-elle en matière de circularité ?

Une approche circulaire implique que l'on veille particulièrement :

- au **choix des matériaux** : s'agit-il de matériaux récupérés, recyclables, fabriqués à partir de recyclats, ... ?
- à leur **composition** : est-il possible de séparer les matériaux pour permettre leur recyclage ?
- à leur **mode de fixation** : les matériaux peuvent-ils être aisément démontés si l'on souhaite les remplacer, les réparer ou les réutiliser ?

La composition actuelle des toitures à versants satisfait déjà à de nombreuses exigences en matière de circularité. Par exemple, comme les tuiles sont démontables, elles peuvent être remplacées localement et recyclées. Le bois, dont est habituellement constituée la charpente, est lui aussi réutilisable ou valorisable. Enfin, puisque les panneaux d'isolation sont fixés mécaniquement ou posés par serrage, il est possible de les récupérer pour les réutiliser ou les recycler.

Il est préférable d'éviter les techniques d'isolation qui compliquent la réutilisation ou le recyclage des matériaux. On

La figure 2 montre dans quelle mesure la composition d'une toiture à versants est circulaire, comment cette circularité peut être améliorée et quels sont les points d'attention.

## Un passeport pour les tuiles ?

Les **passeports 'matériaux'** visent à faciliter la réutilisation des matériaux de construction. En rassemblant les informations techniques pertinentes concernant un produit de construction et en les tenant à jour tout au long de son cycle de vie, il sera plus facile d'évaluer si le produit peut être réutilisé ou recyclé pour une application donnée. Cette solution pourrait ensuite être appliquée à l'ensemble du bâtiment dans le cadre d'un **passeport 'bâtiment'**. ◆

La transition vers une économie circulaire fait partie des Ambitions 2025 du CSTC (voir [Monographie 36](#)). Par le biais de projets tels que FCRBE, Digital Deconstruction et Proeftuin Circulaire Bouwen, le CSTC souhaite apporter aux entrepreneurs les connaissances et les outils dont ils ont besoin.



# Les toitures vertes : quel est leur réel impact ?

Dans une certaine mesure et dans certaines configurations, les toitures vertes peuvent contribuer au confort d'été dans les bâtiments et servir de tampon en cas de pluies importantes. Cependant, elles ne peuvent ni remplacer la couche d'isolation thermique ni permettre d'éviter des inondations telles que celles que nous avons connues en juillet 2021.

E. Noirfalisse, ir., coordinatrice sectorielle des Comités techniques et cheffe de projet principale, laboratoire 'Isolation, étanchéité et toitures', CSTC  
N. Heijmans, ir., chef de projet principal et coordinateur PEB, laboratoire 'Caractéristiques énergétiques', CSTC  
F. Dobbels, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Isolation, étanchéité et toitures', CSTC

## Impact thermique

On lit encore souvent que les toitures vertes intensives offrent des avantages thermiques considérables, que ce soit en périodes froides ou chaudes. Qu'en est-il réellement ?

Des études et simulations réalisées dans des climats similaires à celui de notre pays ont mis en évidence les éléments suivants :

- **l'augmentation de l'isolation thermique apportée par la mise en œuvre d'une toiture verte est limitée** par rapport aux niveaux d'isolation atteints actuellement. Elle peut correspondre à l'isolation apportée par une couche de polyuréthane de 1 à 2 cm d'épaisseur, par exemple. En revanche, cette contribution n'est pas prise en compte dans les calculs actuels de la PEB et il n'est pas possible de se passer d'une couche d'isolation thermique ou d'en diminuer l'épaisseur requise

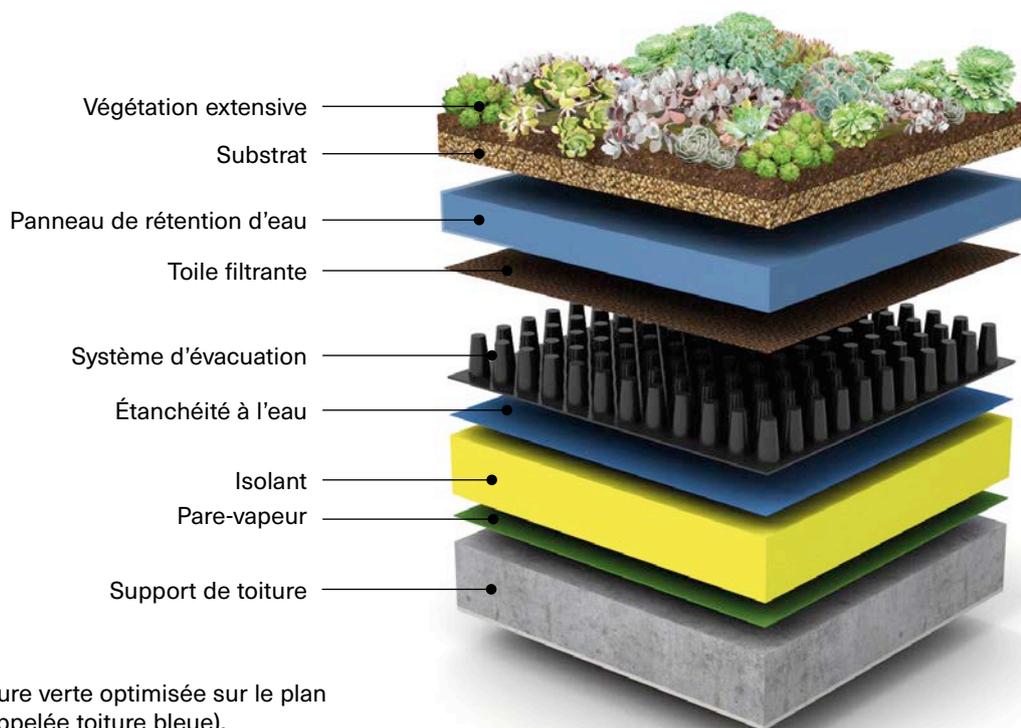
- **durant les périodes chaudes, la température maximale peut parfois diminuer de 1 à 2 °C dans les locaux situés juste sous la toiture.** Les toitures vertes intensives peuvent donc améliorer le confort d'été. Il faut toutefois noter que la présence d'une lucarne non munie d'un pare-soleil pourrait supprimer une part importante de ce gain.

Par ailleurs, on observe **une atténuation des températures extrêmes au niveau de la membrane d'étanchéité.** Ces températures peuvent diminuer de 40 à 50 °C en été et augmenter de 5 à 10 °C en hiver. Ceci peut avoir un effet positif sur la durabilité de la membrane, pour autant qu'elle soit adaptée à cette utilisation.

Un autre avantage potentiel des toitures vertes est **la modification de la température autour du bâtiment**, ce qui contribue à **réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain.** Certaines mesures et simulations effectuées au-dessus et/ou



Shutterstock



1 Exemple de toiture verte optimisée sur le plan hydrologique (appelée toiture bleue).

à proximité d'une toiture verte indiquent des baisses de température pouvant atteindre 3 °C. Le refroidissement de l'environnement immédiat du bâtiment pourrait engendrer un cercle vertueux, puisque la réduction du besoin de refroidir le bâtiment entraîne une diminution de la production de chaleur à l'extérieur de celui-ci... L'impact peut être élevé pour les climats chauds et secs, mais plus limité pour nos climats actuels.

## Impact hydrologique

Dans une certaine mesure, les toitures vertes peuvent **faire office de réservoirs-tampons** pour les eaux pluviales (rétention et évacuation différée) (voir le [Dossier du CSTC 2006/3.2](#)). En effet, certaines compositions de toitures vertes permettent de retenir 30 à 70 litres d'eau par mètre carré. Si l'on compare cela à une pluie d'orage de 15 à 20 litres d'eau par mètre carré, une toiture verte pourrait réduire le risque de surcharge des systèmes d'égouttage et donc d'inondations. Ceci reste cependant théorique.

Pour être efficaces, les toitures vertes doivent **présenter une capacité de rétention suffisante**. Les toitures vertes intensives n'offrent pas forcément une capacité de rétention plus importante. Il existe également des toitures vertes extensives avec une forte capacité de rétention d'eau (voir figure ci-dessus).

**L'emplacement de la toiture verte par rapport à son environnement et au réseau d'égouts** est déterminant pour l'impact au niveau de la ville. Les toitures vertes offrent

surtout de la valeur ajoutée dans le centre-ville (environnement très bâti), où :

- les eaux pluviales s'écoulent directement dans le système d'égouts
- il n'y a pas de système d'égouts séparé
- il n'y a pas d'espace pour les citernes d'eau de pluie et/ou les installations d'infiltration.

Il faut aussi tenir compte du fait que la capacité de rétention de la toiture verte sera atteinte à un moment donné (saturation). L'**eau de pluie excédentaire** s'écoulera alors directement vers les égouts. Dans ce cas, il faudra attendre que l'eau retenue soit évacuée pour que la toiture retrouve une capacité de réservoir-tampon. Des études ont mis en évidence que l'évacuation de l'eau d'une toiture verte saturée pouvait durer plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Des systèmes présents sur le marché réduisent ce processus à quelques heures pour certaines couches. Il existe même des toitures vertes connectées, ce qui permet d'optimiser leur gestion de l'eau.

L'impact des toitures vertes étant très limité en cas de fortes pluies successives, on ne peut certainement pas tabler sur ce type de toitures pour réduire les effets d'épisodes pluvieux tels que ceux que nous avons connus en juillet 2021. En effet, au cours de cette période, quelque 150 litres d'eau par mètre carré ont été mesurés en moins de 24 heures !

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet Ecocities subsidié par le FWO (Fonds de la recherche scientifique en Flandre), et de l'Antenne Normes 'Eau et toitures' subsidiée par le SPF Economie.



# Constructions CLT : des points essentiels à ne pas négliger

Construire au moyen de panneaux CLT permet d'atteindre des performances élevées en matière d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau. Leur mise en œuvre nécessite néanmoins une attention particulière et une bonne maîtrise des détails, notamment au droit des pieds de parois.

B. Michaux, ir., chef de la division 'Matériaux, toitures et performance environnementale', CSTC

Les panneaux en bois lamellé-croisé, dits CLT pour *cross laminated timber*, sont fréquemment utilisés pour la construction d'habitations individuelles ou collectives en bois. Ils sont constitués de **trois à onze couches de lamelles de bois** d'au moins 17 millimètres d'épaisseur juxtaposées et collées entre elles. Les couches, également appelées 'plis', se croisent suivant un angle variant de 45° à 90° et sont, elles aussi, collées les unes aux autres.

Les parois extérieures d'une construction réalisée à l'aide de panneaux CLT doivent intégrer d'autres matériaux, afin de garantir l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau.

## Étanchéité à l'air

Les lamelles de bois peuvent se fissurer à la suite de variations d'humidité, et ce particulièrement lorsque l'humidité relative de l'air ambiant est inférieure à 35 %. Ces **fissurations** sont intrinsèques au bois et à ses variations dimensionnelles. Elles apparaissent dans le sens des fibres et principalement sur la face visible des panneaux. La formation des fissures dépend avant tout du taux d'humidité initial des panneaux et de leur exposition à l'humidité durant la phase de chantier.

Les fissures ne traversent pas tout le panneau et n'ont pas d'impact significatif sur sa résistance mécanique ou sa rigidité. Cependant, les **panneaux constitués de trois plis** subissent une perte significative de l'étanchéité à l'air après plusieurs cycles saisonniers. De récents essais menés par le CSTC ont révélé que, malgré leur étanchéité à l'air suffisante au départ, ces panneaux perdaient leur étanchéité après 50 cycles de variation d'humidité, soit 20 à 25 ans. Alors que le débit de fuite avec de tels panneaux varie initialement entre 0,04 et 0,08 m<sup>3</sup>/h par mètre carré, celui-ci peut en effet atteindre 0,2 m<sup>3</sup>/h par mètre carré après 50 cycles (pour des panneaux d'une épaisseur totale < 85 mm).

Les **panneaux de cinq plis** conservent quant à eux une étanchéité suffisante après ces cycles de variation d'humidité. Le débit de fuite est inférieur à 0,05 m<sup>3</sup>/h par mètre carré et reste inférieur à 0,1 m<sup>3</sup>/h par mètre carré après 50 cycles (limite considérée pour qu'une construction soit décrite comme disposant de hautes performances énergétiques).

L'application d'une **étanchéité à l'air complémentaire** n'est pas indispensable pour les panneaux de cinq plis, mais s'avère nécessaire :

- pour les panneaux de trois plis collés
- pour tous les panneaux contre-cloués (quel que soit le nombre de plis)
- au niveau des assemblages.

Cette étanchéité peut être placée à l'extérieur des panneaux CLT, pour autant qu'une couche d'isolation thermique



Shutterstock

d'épaisseur suffisante soit placée sur la face extérieure des panneaux (la règle de base veut que la résistance thermique de l'isolation équivaille aux 2/3 de celle de toute la paroi).

## Étanchéité à la vapeur d'eau

Dans des conditions sèches, le facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau  $\mu$  varie entre 50 et 350. Toutefois, dans des conditions humides, ce facteur doit au minimum être divisé par six, avec un **facteur  $\mu$  dès lors compris entre 18 et 50**.

Chaque étude du comportement hygrothermique des parois munies de panneaux CLT devra donc bien s'appuyer sur les valeurs déclarées par le fabricant ou sur les valeurs sécuritaires par défaut indiquées dans le paragraphe précédent. Il pourra être nécessaire de mettre en œuvre un écran pare-vapeur supplémentaire en fonction de la valeur choisie.

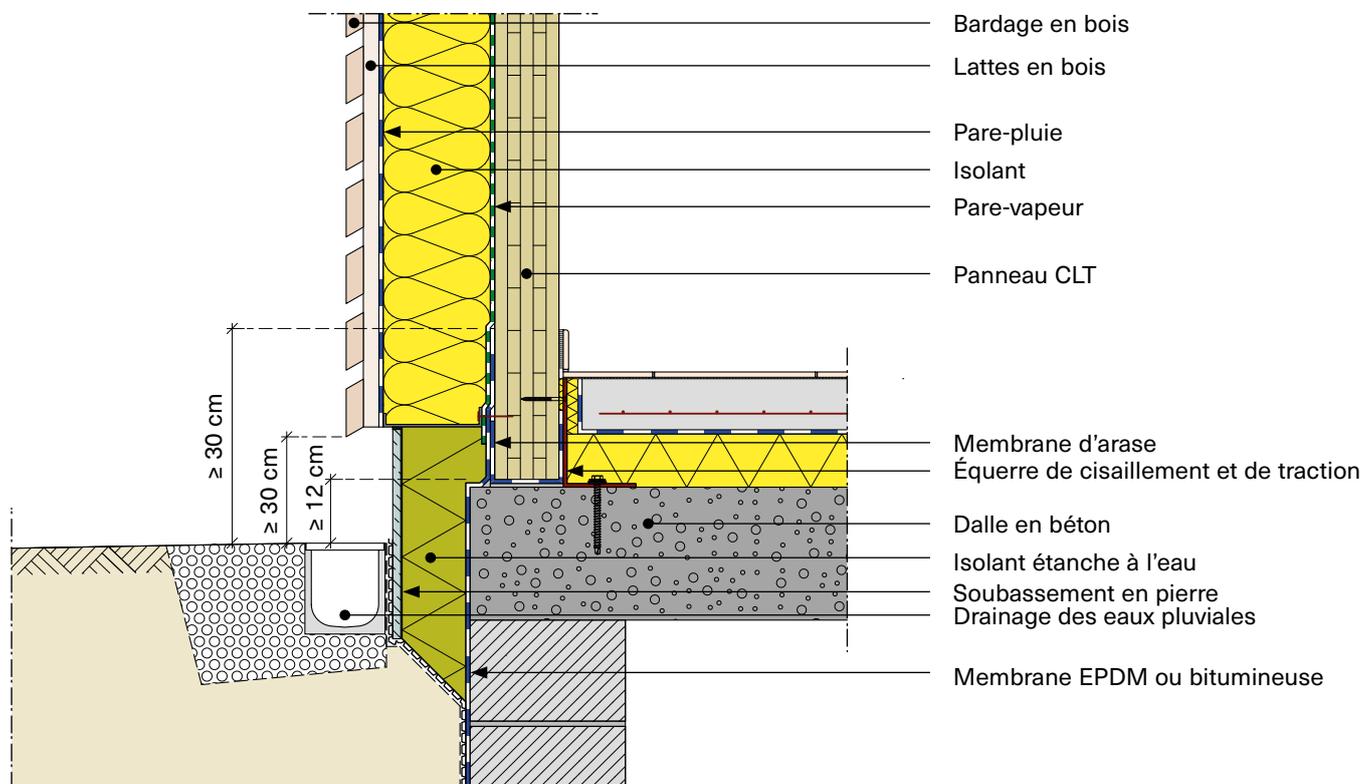
## Pieds de parois

Pour transmettre les efforts, les panneaux CLT doivent être **fixés dans le radier ou dans la semelle de fondation**. Il n'est

pas indispensable de prévoir une lisse basse. Néanmoins, lorsque des isolants rigides tels que le béton cellulaire, les blocs silico-calcaires ou le verre cellulaire sont placés sous les panneaux, une lisse est nécessaire pour caler les panneaux et éviter de poinçonner les isolants. Il existe des lisses de section L ou T permettant une liaison plus aisée avec les panneaux.

Par défaut, on positionnera **la lisse basse ou la partie basse des panneaux CLT** à minimum 20 cm au-dessus du sol extérieur fini. Ce niveau de sécurité peut être réduit, sans toutefois être inférieur à 12 cm (voir figure ci-dessous), si l'on veille à ce que :

- une étanchéité continue de la paroi soit assurée au moyen d'une membrane EPDM ou bitumineuse jusqu'à une hauteur de 30 cm. La membrane et les joints doivent être collés et soudés au-dessus du niveau extérieur
- la membrane d'arase soit recouverte par la membrane extérieure. Elle doit remonter sur 10 cm sur la face intérieure des panneaux
- les panneaux CLT soient fixés par l'intérieur au moyen de fixations de qualité Fe/Zn 25c au minimum (selon les exigences de la norme NBN EN 1995-1-1)
- le positionnement des grilles de drainage délimite le sol extérieur fini
- le drainage de la fondation soit relié à une évacuation
- le système de drainage soit entretenu. ◆



- 1 Positionnement du panneau CLT respectant un niveau de sécurité réduit ( $\geq 12$  cm par rapport au niveau du sol extérieur fini).



# De nouveaux critères acoustiques pour les vitrages

L'isolation acoustique d'une façade est largement déterminée par le choix des menuiseries extérieures et, plus particulièrement, des vitrages. Depuis 2008, la norme belge NBN S-01-400-1 fixe des critères acoustiques pour les bâtiments résidentiels, notamment en ce qui concerne l'isolation acoustique des façades. Une révision de cette norme a été publiée en juillet 2022.

D. Wuyts, ir.-arch., cheffe du laboratoire 'Acoustique', CSTC

## Pans de façade

Comme dans la version de 2008, les critères de la nouvelle édition de la norme NBN S 01-400-1 concernent l'**isolation acoustique globale** des pans de façade au droit du living, de la salle à manger, de la cuisine, du bureau et des chambres à coucher. L'isolation acoustique  $D_{Atr}$ , normalisée et adaptée au bruit du trafic, peut être mesurée *in situ*.

La **valeur  $D_{Atr}$  minimale requise** pour le pan de façade dépend du niveau sonore à l'extérieur : plus l'exposition au bruit est élevée, plus l'isolation acoustique requise est importante. Dès lors, il convient de déterminer un niveau sonore représentatif pour chaque pan de façade du bâtiment résidentiel. Il est préférable de prendre les mesures sur place. Il est également possible d'estimer approximativement le niveau sonore sur la base de quatre classes

de bruit extérieur mentionnées dans la norme avec, à titre indicatif, les niveaux sonores correspondants mesurés en journée ( $L_{A,day}$ ) :

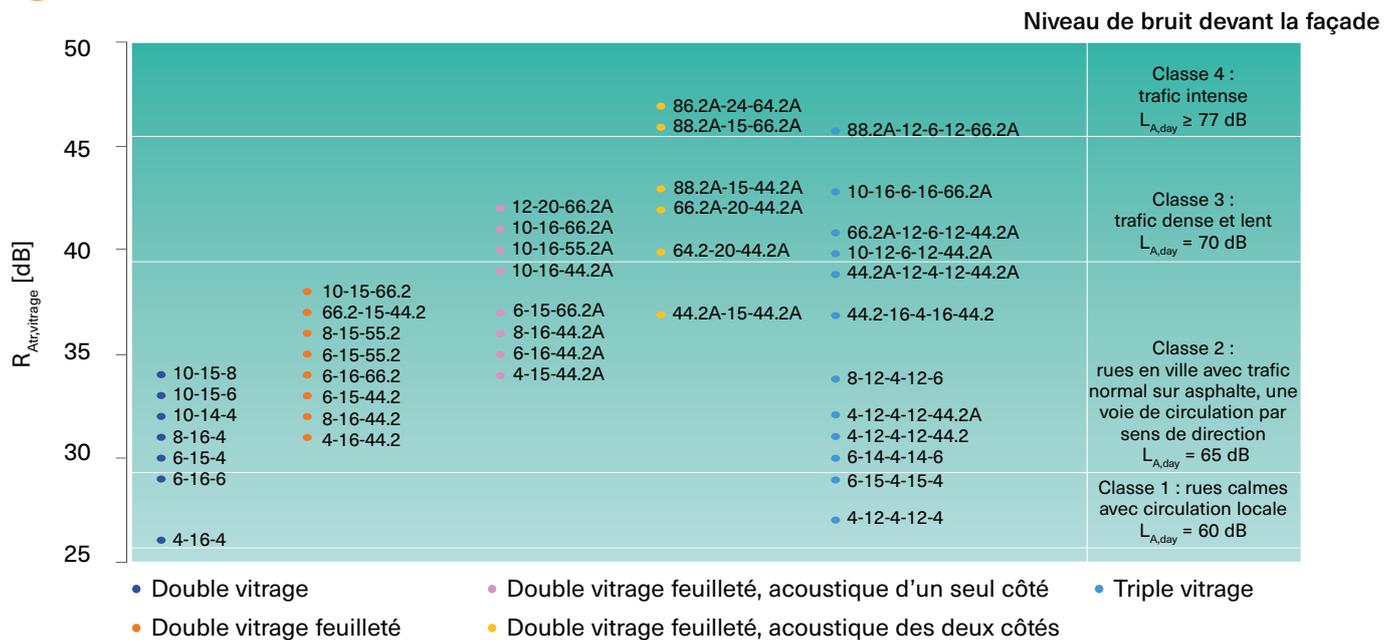
- classe 1 (rues calmes avec circulation locale) : 60 dB
- classe 2 (rues en ville avec trafic normal sur asphalte, une voie de circulation par sens de direction) : 65 dB
- classe 3 (trafic dense et lent) : 70 dB
- classe 4 (trafic intense) : au moins 77 dB.

La norme prévoit **deux niveaux d'exigence** pour l'isolation acoustique des façades : une exigence minimale (classe C) et une exigence supérieure (identique pour les classes A et B). Elles sont comparables au confort acoustique normal et supérieur de la norme 2008. Pour la classe C, on vise un niveau sonore intérieur de maximum **34 dB** (30 dB pour les classes A et B). Si le niveau sonore extérieur est de 70 dB, par exemple, la valeur  $D_{Atr}$  sera donc d'au moins 36 dB



Shutterstock

1 Compositions de verre appropriées en fonction de la classe de bruit extérieur pour une situation moyenne (\*).



(70 dB - 34 dB). Dans les chambres à coucher, une exigence supplémentaire est d'application : le niveau sonore durant la nuit ne peut pas dépasser **28 dB** (25 dB pour les classes A et B). Lorsque le niveau sonore extérieur de nuit diminue peu ou pas du tout par rapport à celui mesuré en journée, cette exigence aura un impact sur le choix des vitrages.

Sous certaines conditions bien définies, la norme permet d'évaluer *in situ* l'isolation acoustique de la façade par un simple contrôle du niveau sonore intérieur. En outre, la norme prévoit des exigences supplémentaires pour des situations spécifiques telles que les galeries et les escaliers extérieurs ou pour les chambres à coucher exposées aux passages fréquents de véhicules bruyants durant la nuit (trafic ferroviaire, aérien ou routier).

### Éléments de façade faibles

L'exigence imposée à la superficie totale de la façade ( $D_{Atr}$ ) figure fréquemment dans les cahiers des charges. Il ne faut toutefois pas la confondre avec celle relative aux **éléments de façade présentant des affaiblissements sur le plan acoustique**, tels que les menuiseries extérieures. Cette exigence est exprimée par le paramètre  $R_{Atr}$ , à savoir l'indice d'affaiblissement acoustique adapté au bruit du trafic, pondéré et

déterminé en laboratoire. Il se peut donc que la valeur  $R_{Atr}$  du vitrage dépasse l'exigence  $D_{Atr}$  et ce en particulier lorsque le pourcentage de surfaces vitrées d'un bâtiment est élevé et que ce dernier est constitué de locaux de petite taille.

L'élément affichant la valeur  $R_{Atr}$  la plus faible, qui correspond souvent à la menuiserie extérieure, détermine l'isolation acoustique réalisable de la façade. **Choisir correctement la composition du verre** est donc très important, en particulier lorsqu'il s'agit de grandes baies vitrées. En fonction de la composition du verre, la valeur  $R_{Atr}$  du vitrage variera entre environ 26 dB pour un double vitrage classique et 47 dB pour un double vitrage feuilleté acoustique lourd. Le graphique ci-dessus montre un certain nombre de compositions de verre courantes, avec leur valeur  $R_{Atr}$  attendue, et la classe de bruit extérieur dans laquelle elles devraient s'inscrire selon les nouveaux critères de la norme (classe C), dans une situation moyenne sans grilles de ventilation.

Un **outil de calcul en ligne** sera bientôt disponible dans la rubrique CSTC-Tools de notre site Internet. Il vous aidera à choisir le vitrage adéquat en fonction des exigences relatives à l'isolation acoustique de la façade. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Acoustique' subsidiée par le SPF Economie et de la Guidance technologique C-Tech subsidiée par la Région de Bruxelles-Capitale (Innoviris).

(\*) À savoir une chambre munie de fenêtres sur un seul pan de façade et sans grilles d'aération, un pourcentage de surfaces vitrées ne dépassant pas 50 % (vitrages individuels limités à 3,6 m<sup>2</sup>, dans un châssis fixe ou ouvrant) et une profondeur du local d'au moins 4 m. Il peut également s'agir de chambres à coucher si le bruit extérieur nocturne diminue d'au moins 6 dB. Pour les vitrages plus lourds ( $R_{Atr} > 36$  dB), nous avons considéré des profils de fenêtre renforcés qui affaiblissent l'isolation acoustique de la fenêtre de 3 dB au maximum.

# Rénovation acoustique : des doublages aux solutions complètes de type 'boîte dans la boîte'

Lorsqu'il est question de rénovation acoustique, on pense souvent aux cloisons de doublage. À juste titre, car l'isolation acoustique peut effectivement être optimisée de manière efficace par une combinaison réfléchie de plusieurs de ces cloisons.

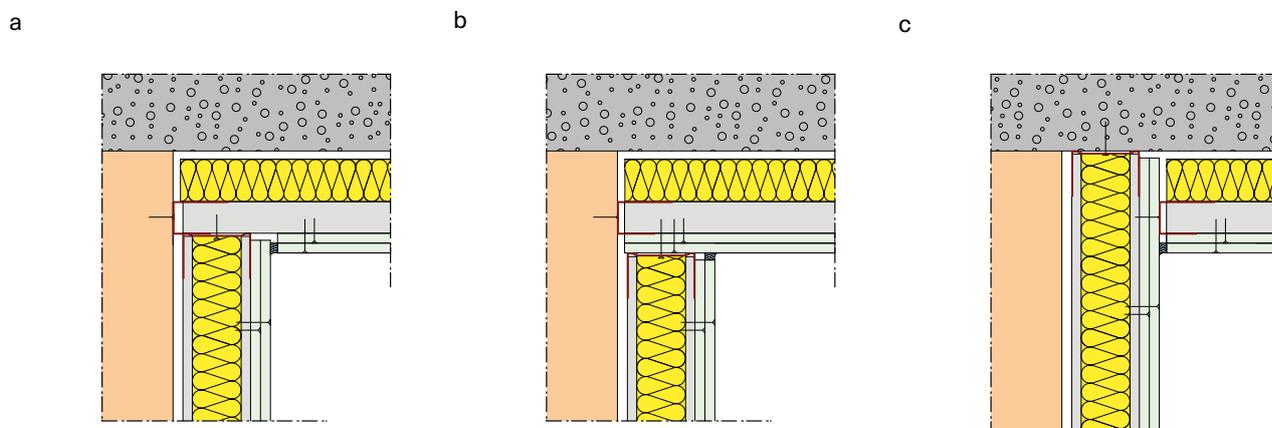
D. Wuyts, ir.-arch., cheffe du laboratoire 'Acoustique', CSTC  
L. De Geetere, dr. ir., chef de la division 'Acoustique, façades et menuiserie', CSTC

## Transmission directe et latérale du bruit

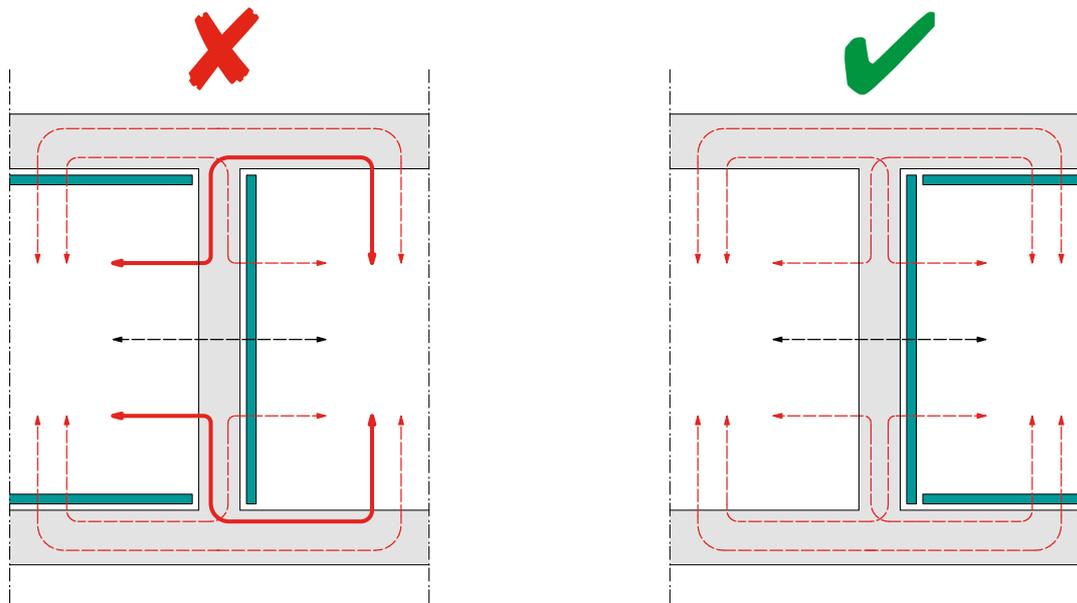
Pour améliorer l'isolation aux bruits aériens entre deux locaux ou appartements adjacents, la solution la plus indiquée consiste à poser une **cloison de doublage**, que l'on appelle aussi plus simplement un 'doublage'. En ce qui concerne le plancher entre deux appartements distincts, on prévoira la réalisation d'un **plafond suspendu** et/ou d'une **chape flottante (sèche)**. S'il s'agit d'un plancher léger (structure bois), il sera souvent nécessaire de combiner un système de plancher flottant à un plafond suspendu pour obtenir une isolation satisfaisante aux bruits aériens et aux bruits de choc. Toutefois, l'amélioration de l'isolation acoustique observée dans la réalité s'avère généralement plus faible que celle annoncée dans les fiches techniques des doublages. La transmission latérale du bruit via les éléments de construction reliés à la paroi est souvent en cause. Dès lors, on obtiendra parfois un résultat optimal en appliquant des doublages contre ces éléments également.

## Cloisons de doublage

Les doublages acoustiques reposent tous sur le même principe de conception, qui consiste à **poser une paroi la plus lourde possible et à la désolidariser le mieux possible** de la paroi de base à isoler (voir le [Dossier du CSTC 2013/4.14](#)). Elle peut être constituée de matériaux pierreux (blocs ou chape liée au ciment, par exemple) ou de plaques. Dans un contexte de rénovation, le choix portera généralement vers les plaques. Ces dernières sont alors soit appliquées contre la paroi en intercalant une couche de matériau le plus souple possible (chape flottante sèche ou doublage collé, par exemple), soit désolidarisées de la structure de base au moyen d'une structure portante (plafond suspendu ou doublage sur ossature, par exemple). Si l'on opte pour la seconde solution, on veillera à ce que la coulisse soit la plus large possible et à ce qu'elle soit, autant que faire se peut, remplie d'un matériau poreux souple (laine minérale, par exemple). Il faut éviter tout contact rigide entre les cloisons

**1**

L'approche simultanée (a) et l'approche phasée (b, c) apportent une amélioration acoustique similaire.



2 L'approche de la 'boîte dans la boîte' (à droite) améliore de manière plus efficace l'isolation acoustique entre les deux locaux.

de doublage et les éléments de construction. Dès lors, il est recommandé de parachever les bords des cloisons à l'aide de bandes périphériques souples combinées à des joints d'étanchéité souples.

### Une approche phasée

Lors d'une rénovation acoustique, il n'est pas nécessaire de doubler toutes les parois latérales. Par exemple, dans le cas d'une façade massive comportant de grandes baies, la transmission latérale du bruit entre les locaux intérieurs sera très limitée. Une approche phasée pourrait dès lors être adoptée en doublant d'abord la paroi de base (mur ou plancher) et en décidant ensuite des éléments de construction latéraux qu'il faudrait éventuellement encore doubler.

La manière dont les cloisons de doublage sont reliées entre elles est déterminée par l'ordre de montage choisi. En principe, cela n'a aucune influence sur l'amélioration acoustique, pour autant que la mise en œuvre des raccords soit effectuée avec les précautions nécessaires (voir figure 1 à la page précédente).

### Une approche optimale

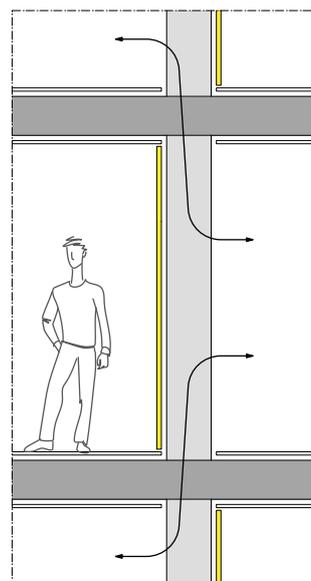
Pour améliorer l'isolation acoustique entre deux appartements de la manière la plus efficace possible, il est préférable d'appliquer les doublages du même côté de la paroi (voir figure 2). Lorsque les murs, le plancher et le plafond d'un même local sont pourvus de doublages, on crée ce que l'on appelle une **solution 'boîte dans la boîte'** : la 'boîte intérieure' découplée assure l'isolation acoustique presque totale du local par rapport à son environnement.

On obtient la meilleure protection acoustique en appliquant cette solution à tous les locaux. Par contre, lorsque les

nuisances sonores ne proviennent que d'un seul local, isoler uniquement ce 'local source' s'avère généralement suffisant et permet de régler le problème de transmission du bruit vers tous les locaux environnants en intervenant dans un local seulement.

Lors d'une rénovation complète, comme lors du réaménagement intégral d'un immeuble à l'état de gros œuvre, il est souvent possible d'éviter de devoir recourir complètement à la solution 'boîte dans la boîte' **en réfléchissant bien à la façon de poser les doublages** (voir figure 3). ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre de la Guidance technologique C-Tech subsidiée par la Région de Bruxelles-Capitale (Innoviris).



3 Pose en alternance des cloisons de doublage : seules les voies de transmission latérales entre appartements non contigus ne sont pas isolées.



# Changement climatique : quels sont les impacts en Belgique ?

Selon les choix que l'humanité fera, le climat se réchauffera de 2 à 5 °C d'ici la fin du siècle. Au-delà de cette augmentation moyenne à l'échelle du globe, quels sont les impacts attendus en Belgique et en quoi le secteur de la construction est-il concerné ?

N. Heijmans, ir., chef de projet principal, laboratoire 'Caractéristiques énergétiques', et coordinateur PEB, CSTC  
J. Deltour, ir., cheffe de projet senior, laboratoire 'Caractéristiques énergétiques', CSTC

## Précision concernant les modèles climatiques

Les changements climatiques à venir sont estimés à l'aide de modèles. Ces derniers permettent de **décrire les tendances climatiques normales auxquelles on peut s'attendre sur un territoire assez grand**. Par 'normales', on comprendra 'moyennées sur des périodes de 20 ou 30 ans'. Il ne faut donc pas comparer ces tendances à une année particulière, puisque le climat varie de manière naturelle d'une année à l'autre.

En outre, les modèles ne sont **pas faits pour prédire les événements extrêmes**, surtout s'ils sont très localisés et/ou limités dans le temps. Nous y reviendrons par la suite.

Le futur n'étant pas écrit, le climat de demain dépendra des **choix que l'humanité fera pour limiter les émissions de gaz à effet de serre**. Ces choix étant inconnus, des projections sont établies pour différents scénarios de concentration de gaz à effet de serre, du plus optimiste au plus pessimiste.

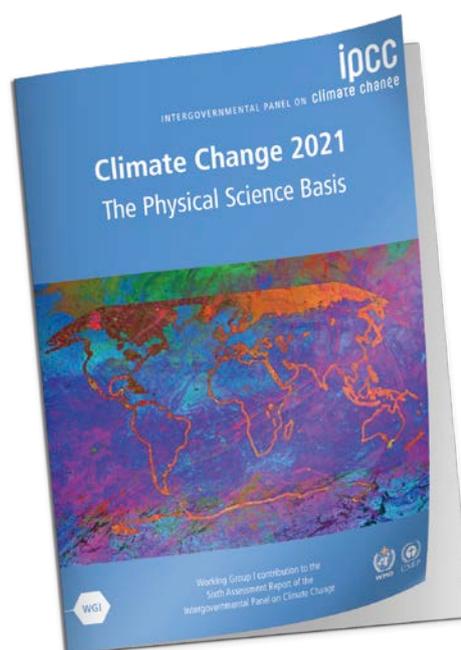
Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) analyse des milliers d'études scientifiques et les résume dans de volumineux **rapports d'évaluation**. Le plus récent est le **sixième rapport** (2021/2022), dont la couverture est représentée ci-contre, mais la plupart des études disponibles se basent sur les scénarios décrits dans le **cinquième rapport** (2013/2014).

## Quelle température demain en Belgique ?

Selon le scénario pessimiste (émissions élevées), la température annuelle moyenne en Belgique à la fin du siècle sera **environ 3 °C plus élevée qu'elle ne l'est actuellement**. À l'intérieur des bâtiments, c'est surtout le confort estival qui deviendra difficile à atteindre. Le nombre de **vagues de**

**chaleur** sera multiplié par deux à moyen terme (2040-2070). Comme les modèles ont plus de difficultés à prédire les événements extrêmes, la situation pourrait s'avérer plus grave encore. À titre d'exemple, les étés 2018 et 2019 ont présenté des vagues de chaleur que les modèles ne prévoyaient qu'à l'horizon 2040-2070. De plus, les canicules sont plus marquées dans les villes, en raison des **îlots de chaleur urbains**.

L'augmentation des températures aura un impact sur la **conception énergétique des bâtiments**. En effet, les besoins de chauffage diminueront, ceux de refroidisse-



**1** Dernier rapport du GIEC relatif au changement climatique (sixième édition, 2021/2022).

## Concevoir un bâtiment confortable dans le futur

Dans le cadre de C-Tech, le CSTC a interrogé quelques bureaux d'études sur la manière dont ils abordent la thématique de l'**adaptation au changement climatique**. La problématique la plus importante est sans conteste le confort estival.

Les bureaux d'études ont exprimé la difficulté d'obtenir des fichiers 'prêts à l'emploi' pour réaliser des simulations dynamiques avec des climats du futur. En effet, bien que de nombreux modèles soient accessibles en libre accès, leur format de fichier n'est pas applicable aux besoins du secteur de la construction.

Afin de combler ce manque crucial, le CSTC a créé un **set de données prêtes à être utilisées** pour les simulations dynamiques, disponibles sur demande. N'hésitez pas à demander de plus amples informations en nous contactant à l'adresse suivante : [c-tech.brussels@bbri.be](mailto:c-tech.brussels@bbri.be).

ment augmenteront et il sera plus difficile de maintenir le confort estival. Nous observerons dès lors une **évolution dans le choix des techniques** (systèmes et conception architecturale), mais aussi des règles de dimensionnement. Pourra-t-on encore maintenir un confort estival avec uniquement des mesures passives (protections solaires, ventilation nocturne, accès à la masse thermique) ? Bien que l'on ne connaisse pas encore la réponse à cette question, on sait déjà que les protections solaires s'avéreront de plus en plus indispensables, que les bâtiments soient climatisés ou non.

### Pleuvra-t-il plus ou moins demain ?

Les modèles climatiques prédisent des pluies jusqu'à **20 % plus abondantes en hiver**. Durant l'été, les pluies se feront plus rares. Cette diminution ne sera peut-être pas très forte, mais les périodes de sécheresse devraient être plus fréquentes et plus longues. Les pluies d'orage pourraient également devenir plus intenses.

Rappelons qu'il ne faut pas comparer les résultats d'une année particulière (comme 2021, troisième année la plus pluvieuse depuis 1991) avec les tendances normales précitées, établies sur 20 ans. Rappelons aussi ce qu'il en est des événements extrêmes : aucun modèle n'a prévu des précipitations aussi fortes que celles qui ont frappé la Belgique en juillet 2021.

À l'avenir, les **citernes d'eau de pluie** devront-elles être plus grandes pour faire face à ces périodes plus sèches ? C'est en tout cas ce qui ressort d'un **tableau disponible sur le site Internet de la ville d'Anvers**, que vous pouvez découvrir en scannant le code QR ci-contre (site uniquement en néerlandais). Ce tableau permet de déterminer la capacité recommandée pour une citerne en fonction de la surface de toiture raccordée et de la consommation d'eau quotidienne.



Par ailleurs, les **inondations fluviales et pluviales** deviendront plus fréquentes et s'étendront à des zones jusqu'ici

épargnées. En scannant le code QR ci-contre, vous découvrirez une carte mise à disposition par la Région flamande pour son territoire. Cette **carte permet de visualiser les zones potentiellement concernées par ce type d'inondations**. Des solutions pour protéger les bâtiments deviendront nécessaires dans ces zones (voir [CSTC-Contact 2021/5](#)).



Enfin, l'alternance de périodes de sécheresse et de pluies abondantes risque de multiplier les problèmes de **retrait et de gonflement des sols plastiques** (de type argile), engendrant potentiellement des problèmes de stabilité des fondations (voir le [Dossier du CSTC 2021/5.10](#)).

### Quid du vent ?

Le vent 'normal' devrait diminuer quelque peu, sans que la tendance soit très marquée. Cependant, pour le secteur de la construction, ce sont surtout les **tempêtes** qui requièrent une attention particulière. Même si les modèles climatiques ne peuvent prédire des événements aussi localisés et limités dans le temps que la tornade de Beauraing en juin 2021, certains modèles suggèrent une **augmentation des vents violents**. Les données manquent toutefois pour déterminer s'il faut revoir certaines règles de conception des Eurocodes.

### Lutte et adaptation

Le changement climatique implique que nous menions deux types d'actions. Il nous faut ainsi :

- agir pour le **limiter autant que possible**
- adopter des mesures d'adaptation pour **en atténuer les effets négatifs**. Quelles mesures faut-il prendre dans nos bâtiments ? Certes, le sujet est vaste, mais le CSTC y travaille dans le cadre de divers projets de recherche. 

Cet article a été rédigé dans le cadre de C-Tech subsidié par Innoviris.



# BIMio : le BIM à la portée de tous

Bien que l'on entende de plus en plus parler du BIM, ce sont surtout les grandes entreprises qui ont franchi le cap jusqu'à présent. Les plus petites structures ont effectivement parfois du mal à y voir de l'intérêt ou ne savent pas toujours précisément ce qui se cache derrière ces trois lettres. Le CSTC a développé BIMio pour faciliter leur transition vers le numérique.

G. Zarmati, ir., conseiller principal senior, division 'Construction digitale', CSTC

Le BIM (*Building Information Modeling*) est une nouvelle manière d'aborder un projet de construction. Selon cette approche, l'entrepreneur ne travaille plus avec des plans en 2D mais avec des **maquettes numériques en 3D**, dont les informations sont moins sujettes à interprétation. En cliquant sur un mur, par exemple, il peut obtenir des renseignements concernant les différentes couches qui le composent, mais aussi sur la marque et l'épaisseur de la brique de parement, sur l'isolant, sur la couleur de la peinture intérieure, ... En quelques clics supplémentaires, il peut aussi exporter des informations concernant la superficie des surfaces à peindre ou les volumes de béton à couler sur place, par exemple.

L'utilisation de modèles BIM facilite donc énormément la vie de l'entrepreneur dans toute la **phase de remise de prix**. Les quantités de matériaux à prévoir pour le projet sont déterminées de manière beaucoup plus précise et bien plus rapidement qu'auparavant. Il est donc important que tous les partenaires puissent lire facilement ces modèles BIM, même s'ils ne sont pas encore familiarisés avec la modélisation.

Pour cette raison, le CSTC a développé BIMio, un *viewer* BIM gratuit et facile à utiliser. Vous le trouverez à l'adresse suivante : [bimio.cstc.be](http://bimio.cstc.be). Il est prêt à l'emploi et ne nécessite aucune installation.

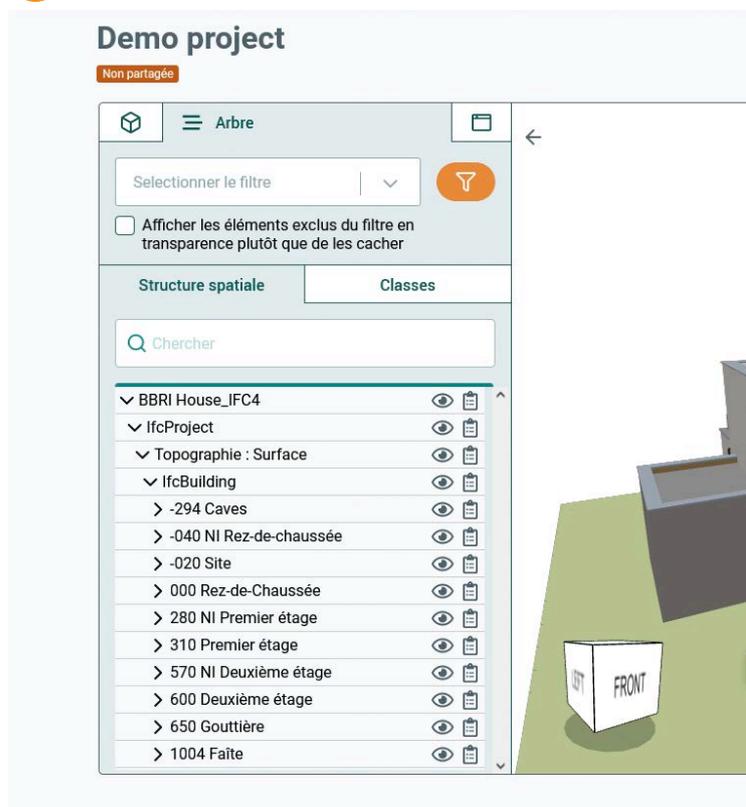
Outre la simple visualisation d'un modèle, BIMio propose des fonctionnalités spécialement conçues pour les entrepreneurs telles que la possibilité d'accéder aux publications du CSTC grâce à des liens, d'appliquer des filtres, de coloriser des objets, d'exporter des informations ou de partager des vues.

L'objectif de BIMio est double :

- **faire découvrir au plus grand nombre ce qu'est le BIM.**  
Un modèle BIM est d'ailleurs directement accessible en guise d'exemple

- **faciliter et soutenir la coopération** entre les entrepreneurs ou les parties déjà familiarisées avec le BIM (que l'on appelle 'BIMeurs') et les sous-traitants ou entrepreneurs ayant peu, voire aucune expérience en la matière.

## 1 Aperçu de l'interface de BIMio.



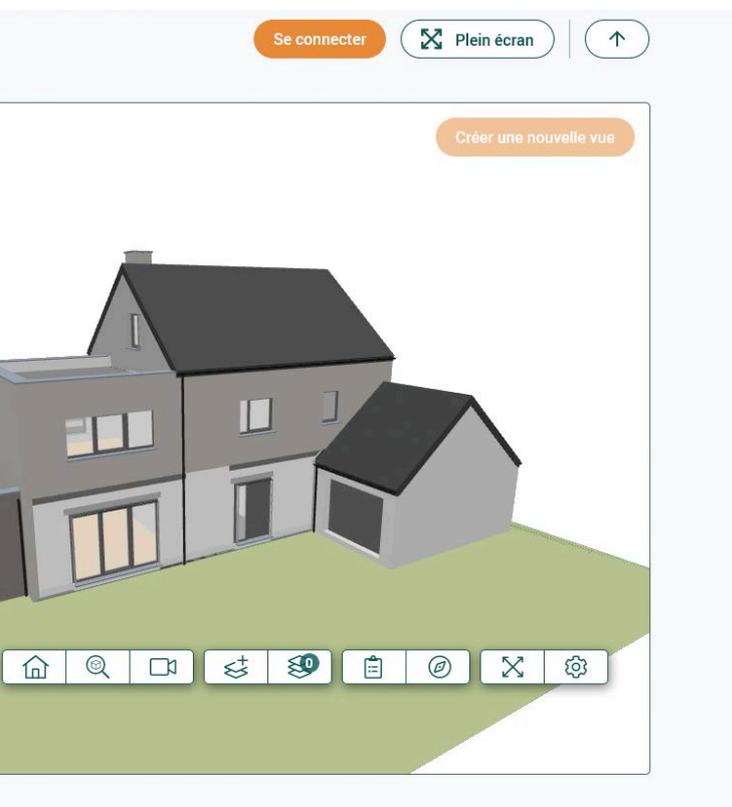
Il existe différents logiciels de modélisation qui permettent de créer des modèles BIM et de gérer toute l'information attachée à ceux-ci. Parmi les plus connus, citons entre autres Revit, Archicad, Allplan ou encore Vectorworks. Toutefois, le coût de ces logiciels s'avère souvent prohibitif et peut s'élever à plusieurs milliers d'euros par an.

Tous ces logiciels de modélisation donnent cependant la possibilité d'exporter les modèles BIM au format IFC. Ce type de fichier est fait pour l'échange d'informations, il peut être lu par n'importe quel *viewer* ou logiciel BIM, mais n'est pas fait pour être édité. À cet égard, il est comparable au format PDF. Les *viewers* BIM (généralement gratuits) ne servent donc pas à modéliser ou à modifier des modèles BIM, mais bien, comme leur nom l'indique, à visualiser, examiner, voire exporter les informations qu'ils contiennent.

## Fonctionnalités de BIMio

### Consulter les propriétés

Un modèle BIM contient plus d'informations qu'il n'y paraît et notamment les propriétés de chaque élément de construction : nom, marque, numéro de référence,



## Découvrez BIMio sans plus attendre !

Grâce à BIMio, pensé pour les non-BIMeurs, **le CSTC ambitionne d'abaisser les barrières à l'accès au BIM.**

Essayez-le dès à présent en vous rendant sur [bimio.cstc.be](http://bimio.cstc.be) ou en scannant le code QR ci-joint ! Comme indiqué dans l'article, ce *viewer* gratuit ne nécessite aucune installation et peut donc être utilisé directement.



description, lien vers un catalogue en ligne ou toute autre information ajoutée par le modeleur. Il est également possible de récupérer en quelques clics la hauteur, la largeur, la surface et le périmètre d'une fenêtre, par exemple. Toutes ces informations sont nécessaires pour établir un devis ou mener une étude.

### Utiliser des filtres

BIMio permet d'afficher, de masquer et même de colorer chaque élément de construction présent dans le modèle. Vous ne voulez voir que les fenêtres ? Pas de problème ! L'une d'elles en particulier ? Facile aussi. Vous souhaitez afficher les murs porteurs en rouge et les cloisons en bleu ? Quelques clics de plus et voilà ! En outre, les filtres peuvent être créés non seulement pour chaque type d'objet (fenêtre, mur, porte, dalle, ...), mais aussi pour leurs propriétés, qu'elles soient standard ou spécifiques au projet.

Le CSTC développe actuellement une **série de filtres de base** à l'aide desquels les entrepreneurs pourront récupérer rapidement les informations relatives à leur corps de métier.

### Exporter des informations

Être en mesure d'explorer un modèle BIM est important, mais il est encore plus important pour les entrepreneurs de pouvoir en extraire des informations. BIMio permet d'exporter aux **formats .xls et .xlsx (Excel)** les propriétés et les quantités de chaque élément figurant dans un modèle.

### Enregistrer et partager des vues

Il arrive fréquemment que l'on ait besoin de discuter avec les autres intervenants d'une partie du modèle ou de retrouver facilement une vue avec un filtre particulier. BIMio donne la possibilité à un entrepreneur général de sauvegarder une vue spécifique des techniques spéciales, par exemple, et de la partager avec le sous-traitant concerné. De même, un sous-traitant peut créer une vue particulière d'un point qui lui semble complexe ou problématique et l'échanger avec le chef de projet pour en discuter. ◆



# La planification *lean* selon l'approche 7-5

Le *lean* est souvent associé à la planification *lean*, l'une des techniques les plus populaires auprès des entreprises de construction qui se lancent dans le *lean*. Mais qu'implique-t-elle vraiment ?

B. Coemans, conseiller principal senior, division 'Gestion et qualité', CSTC

## Travailler ensemble : sur chantier et au bureau !

Les entreprises de construction ont recours à la planification *lean* principalement durant la phase d'exécution. Ce type de planification est toutefois **possible dès le moment où des personnes travaillent ensemble**, y compris au bureau.

Lorsqu'un entrepreneur doit travailler à la suite d'un autre, il est important que les deux parties aient **convenu de certains points au préalable**. Ainsi, chacun doit respecter le timing et les exigences qui ont été fixés. Par exemple, les travaux de maçonnerie intérieure doivent être réalisés dans les délais impartis et en veillant aux tolérances établies, afin que le plafonneur puisse réaliser un travail de qualité et prévoir les ressources adéquates (main-d'œuvre, matériel, ...). Ce n'est qu'en procédant de la sorte que l'on peut **planifier et exécuter de manière sûre** les étapes ultérieures.



1 Des post-it colorés sur de grandes feuilles de papier : la face visible de la planification *lean*.

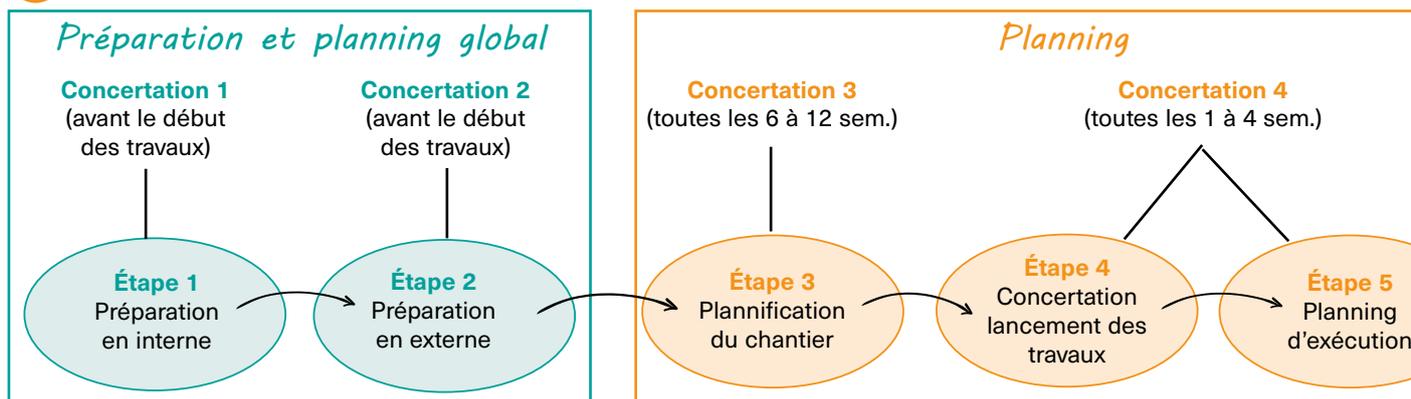
## Établir ensemble le planning

Lorsqu'il est question de *lean*, on pense souvent spontanément à ces post-it de couleur que l'on colle sur de grandes feuilles de papier couvrant les murs (voir figure 1). On parle dès lors également de 'planification post-it'. La véritable force de cette technique réside cependant dans l'**interaction sociale** entre les partenaires d'un projet de construction lorsque ceux-ci établissent ensemble le planning (contrairement à l'approche classique, avec

un entrepreneur général qui impose un planning aux partenaires).

La présence d'un modérateur ou d'un coach compétent est essentielle au bon déroulement de la planification *lean*. En effet, le principal objectif de ce type de planification est de renforcer l'engagement des différents partenaires, de manière à améliorer leur collaboration. D'après de nombreux entrepreneurs, elle leur permet de réduire de 20 à 30 % la durée de la phase de chantier, de fournir un travail de meilleure qualité et de commettre moins d'erreurs.

2 La planification *lean* selon l'approche 7-5.



## L'approche 7-5

Diverses approches permettent de mettre au point une planification *lean*. Après en avoir examiné quelques-unes, le CSTC en a conclu que l'approche 7-5 était la plus efficace. Celle-ci compte **sept étapes** et **cinq moments de concertation** (voir figure 2).

### Préparation et planning global (*should do*)

#### 1. Concertation 1 (bien avant le début des travaux)

##### • Étape 1 : préparation en interne

L'entrepreneur général constitue son équipe en interne (chef de projet, chef de chantier, planificateur, calculateur, ...) et prépare le projet (étapes de la construction, zonage, phasage, flux pièce-à-pièce (\*), ...). C'est à ce moment qu'est établi un planning global définissant les étapes importantes.

#### 2. Concertation 2 (bien avant le début des travaux)

##### • Étape 2 : préparation en externe

Les partenaires de la construction (l'entrepreneur général, les sous-traitants et, si possible, le bureau d'études, le concepteur, le maître d'ouvrage, ...) se rencontrent, passent en revue le planning préparé en interne, conviennent de certains points et apportent les adaptations nécessaires.

### Planning

#### 3. Concertation 3 (toutes les 6 à 12 semaines)

##### • Étape 3 : planification du chantier (*should do*)

Les *last planners*, littéralement les 'derniers planificateurs', planifient les diverses étapes de la phase de chantier. En effet, ceux-ci sont proches du terrain et ont les connaissances et l'expérience nécessaires pour estimer la durée des travaux, voire les réaliser eux-mêmes (il s'agira, de préférence, des chefs d'équipe). Leur principal objectif est d'établir l'ordre général des interventions. C'est ici que l'on applique, pour la première fois, la planification post-it. Pour ce faire, on utilise de grandes feuilles de papier sur lesquelles on colle les

post-it de la droite vers la gauche (planification à flux tiré ou travaux orientés 'demande'). On planifie donc 'à rebours', depuis la date de fin prévue du projet, afin de veiller à ce que chaque tâche démarre au bon moment. Ceci nécessite des processus stables et fiables.

#### 4. Concertation 4 (toutes les 1 à 4 semaines)

##### • Étape 4 : concertation relative au lancement effectif des travaux (*can do*)

L'objectif est de s'assurer que les conditions essentielles à la réalisation des travaux (autorizations, commandes, capacités, matériel, ...) sont remplies pour, en général, les 4 à 8 semaines à venir. Pour ce faire, on utilisera généralement des *check-lists*.

##### • Étape 5 : planification d'exécution ou de production (*will do*)

C'est ici que l'on vérifie les interactions entre les intervenants et que l'on convient des travaux à réaliser ensuite, sur la base de ce qui a été promis. Cela implique :

- qu'il faut veiller à respecter ses engagements
- qu'il ne faut rien promettre qu'on ne puisse réaliser.

On utilise de nouveau les post-it pour cette étape qui peut être effectuée en même temps que la celle relative au lancement effectif des travaux (étape 4).

### Gestion et amélioration continue

#### 5. Concertation 5 (tous les jours)

##### • Étape 6 : état des lieux quotidien ou *daily stand* (*doing & done*)

Tous les jours (le matin, en général), les chefs d'équipe se réunissent un quart d'heure pour contrôler l'avancement des travaux et s'assurer que tout le monde effectue ce qu'on attend de lui. Trois questions importantes seront posées :

- hier : est-ce que tout a pu être exécuté comme prévu ?
- aujourd'hui : peut-on achever tout ce qui est au planning ?
- demain : serons-nous en mesure de réaliser ce qui est prévu ?

##### • Étape 7 : mesurer, apprendre et s'améliorer en continu

Cette étape est continue et distincte des moments de concertation. Cependant, elle est étroitement liée à l'état des lieux quotidien (étape 6). Elle permet de détecter, en regardant en arrière, les obstacles du ou des jours précédents. Il est alors possible d'apporter des améliorations qui favoriseront le bon déroulement de la phase suivante. ◆

(\*) Le principe du flux pièce-à-pièce consiste à diviser un projet de grande ampleur (immeuble d'appartements, par exemple) en petits projets (appartements individuels). Lorsque débutent les travaux dans un appartement, le but est de les achever le plus rapidement possible pour ne pas interrompre le flux.

Si vous souhaitez plus d'informations concernant la planification *lean* et ce qu'elle peut apporter à votre entreprise, contactez la division 'Gestion et qualité' du CSTC via [gebe@bbri.be](mailto:gebe@bbri.be).

### Gestion et amélioration continue

#### Concertation 5 (tous les jours)

Étape 6  
État des lieux  
quotidien

Étape 7  
Mesurer, apprendre  
et s'améliorer  
en continu

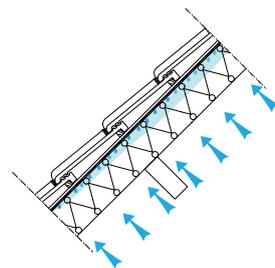


# FAQ

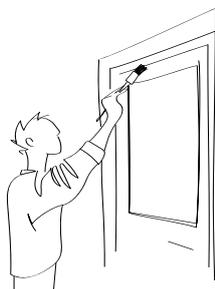
Découvrez ici les trois questions-réponses les plus consultées sur le thème de l'enveloppe.

Comment éviter la **condensation interne** dans une toiture à versants ?

Pour prévenir ce phénomène, il faut associer une sous-toiture perméable à la vapeur à un pare-vapeur permettant de garantir une barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur performante. On déconseille, par ailleurs, de prévoir une lame d'air entre la couche d'isolation thermique et la sous-toiture.



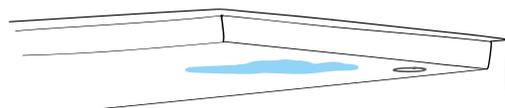
Des menuiseries extérieures sans finition peuvent-elles être conseillées ?



Non. Ce choix est déconseillé, car il ne permet pas de garantir le maintien des performances initiales des menuiseries telles que l'étanchéité à l'eau ou à l'air.

Peut-on tolérer de **légères stagnations d'eau** sur une toiture plate ?

Oui. Malgré le fait que le concepteur doit prendre les mesures nécessaires pour que la pente permette une évacuation correcte de l'eau, il est impossible d'empêcher complètement que l'eau ne stagne sur une toiture plate. Une légère stagnation d'eau ne constitue dès lors pas une raison suffisante pour refuser les travaux.



Pour en savoir plus et découvrir des **FAQ** similaires relatives à votre activité.



# Focus

## sur la crise énergétique et l'augmentation des prix

### Aider les particuliers à faire face à la crise énergétique

La crise énergétique et l'augmentation des prix des énergies nous frappent tous. En tant qu'entrepreneur, vous serez certainement interrogés par des **clients soucieux de diminuer leur facture énergétique**.

Le [Dossier du CSTC 2022/5.12](#) fait le point sur ce qui est directement envisageable et qui aura un impact positif à court terme.

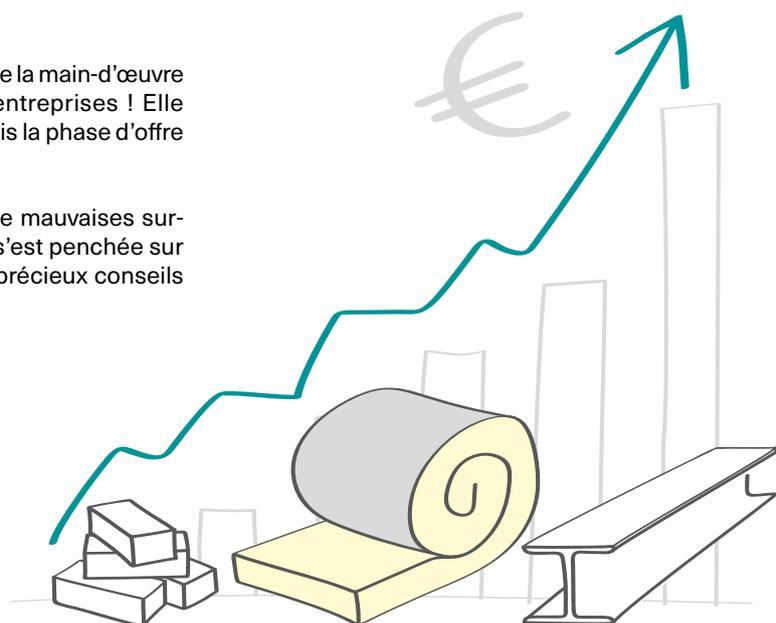


Shutterstock

### Augmentation des prix : une problématique quotidienne

L'augmentation des prix des matériaux et de la main-d'œuvre n'est pas sans conséquence pour les entreprises ! Elle influence la majorité des processus, depuis la phase d'offre de prix jusqu'à la fin du chantier.

Afin que vous et vos clients n'ayez pas de mauvaises surprises, notre division 'Gestion et qualité' s'est penchée sur cette problématique et fournit quelques précieux conseils dans le [Dossier du CSTC 2022/3.9](#).





# Facilitez-vous le chantier !

Voici quelques outils qui vous aideront à gérer votre entreprise.

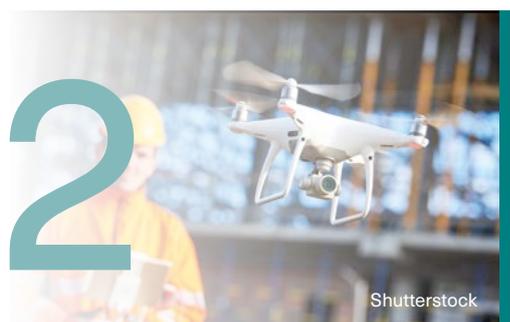


## Des systèmes performants pour la prise de mesures

La prise de mesure est une étape incontournable. En phase d'offre ou d'exécution, il est important de pouvoir estimer les quantités de matériaux nécessaires. Pour ce faire, il existe aujourd'hui bien d'autres alternatives au mètre roulant ! Les outils numériques ont l'avantage d'être précis et, surtout, d'enregistrer automatiquement les mesures effectuées pour un contrôle ultérieur. Pratique lorsque l'on a oublié de noter une mesure !

Voici deux exemples de technologies pouvant être utilisées en toute confiance par les entreprises :

- le distomètre (semi-)automatique (illustré ci-contre)
- les smartphones et tablettes.



## Les drones, une technologie de plus en plus accessible

L'utilisation des drones pour inspecter des toitures ou des ouvrages difficilement accessibles a souvent été freinée par leur coût et par la réglementation. Aujourd'hui, cette technologie devient de plus en plus accessible, puisque l'on trouve sur le marché des appareils performants pour 300 € à 400 € !

Découvrez toutes les possibilités offertes par les drones sur le site de Digital Construction.



## Déterminer facilement les actions du vent grâce à WInt

Calculer les actions du vent est souvent une nécessité pour de nombreuses entreprises consacrant leurs activités à l'enveloppe du bâtiment. Qu'il s'agisse, par exemple, de déterminer les fixations mécaniques des membranes d'étanchéité ou des tuiles, il est nécessaire d'effectuer un calcul, ce qui n'est pas toujours simple... Heureusement, l'application WInt vous facilite la tâche !

Découvrez WInt gratuitement sur notre site Internet !



Découvrez l'ensemble de nos outils numériques en scannant ce code QR.



# Salons et événements



## Découvrez l'avenir de la construction à Batibouw 2023 !

Vous avez hâte de voir l'avenir de la construction de vos propres yeux ? Alors, ne manquez pas de visiter Batibouw du 14 au 19 mars 2023. Le salon reprend en effet ses habitudes et sera de nouveau organisé à la sortie de l'hiver !

Le CSTC sera présent à la journée professionnelle du 17 mars. Venez **poser toutes vos questions techniques** aux ingénieurs du CSTC. À bientôt !

Retrouvez toutes les informations relatives utiles  
en vous rendant sur [www.batibouw.com](http://www.batibouw.com)  
ou en scannant le code QR ci-contre.



### Siège social

Rue du Lombard 42 • B-1000 Bruxelles  
tél. 02/502 66 90 • fax 02/502 81 80  
e-mail : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
[www.cstc.be](http://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

### Colophon

Le CSTC-Contact est une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947.

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

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

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

Révision linguistique : M. Brixhe, J. D'Heygere et A. Volant

Traduction : J. D'Heygere

Mise en page : J. Beauclercq et J. D'Heygere

Illustrations : G. Depret, R. Hermans et Q. van Grieken

Photos du CSTC : D. Rousseau, M. Sohie et al.

# Un CSTC-Contact encore plus intéressant pour vous !

Comme annoncé dans notre précédente édition, le CSTC-Contact a fait peau neuve et propose une nouvelle approche. Vous recevrez désormais les éditions dédiées à l'enveloppe du bâtiment. Il existe néanmoins deux autres éditions du magazine.



## Édition 'Finitions'

Publiée en **juin** et en **décembre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- parqueteurs et carreleurs
- peintres et poseurs de revêtements souples
- entreprises de pierre naturelle
- plafonneurs et enduiseurs

Les entreprises générales et les menuisiers recevront cette édition également.

## Édition 'Installations techniques'

Publiée en **août**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises de chauffage, de climatisation et de ventilation
- sanitaristes

Les entreprises générales recevront cette édition également.



## Édition 'Enveloppe'

Publiée en **avril** et en **octobre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises générales
- menuisiers et vitriers
- entreprises de gros œuvre
- entreprises d'étanchéité et de couverture de toiture



Vous souhaitez recevoir d'autres éditions ? Rien de plus simple. Il vous suffit de compléter le formulaire en ligne via ce code QR.

Ce code QR vous permet également de vous inscrire à notre newsletter.

