

### Spécification du béton

p4-6



### Efflorescences sur les maçonneries

p14-15

### Vases d'expansion sanitaires

p22-25

# Sommaire

2019/6

	Faites-vous un film avec le CSTC .....	3
	Comment spécifier un béton suivant les normes NBN EN 206 et NBN B 15-001 ? .....	4
	Qualité de l'air intérieur : réduire l'impact des matériaux de finition.....	7
	Rives de toitures sarking : gare aux fuites ! .....	10
	Peut-on réaliser des toitures à rétention d'eau sans pente ? .....	12
	Efflorescences sur les maçonneries en briques : origine et traitement.....	14
	Pierre naturelle et traitement de l'eau de piscine : un tout indissociable .....	16
	Vers des planchers plus minces .....	20
	Boilers : avec ou sans vase d'expansion sanitaire ? .....	22
	Pleins feux.....	26

# Faites-vous un film avec le CSTC

Certains d'entre vous s'en souviennent certainement : fin 2015, les collaborateurs du CSTC ont sillonné la Belgique pour **venir à votre rencontre**. Vous étiez près de 10.000 à participer à l'une de nos 30 soirées cinéma. Ce fut l'occasion de vous présenter, dans une atmosphère conviviale, une partie des services que nous mettons à la disposition de nos membres entrepreneurs. L'agent secret le plus connu au monde nous reviendra bientôt pour une nouvelle aventure. Avec le soutien de nos partenaires, nous avons donc décidé de remettre le couvert.

Ces soirées seront pour nous l'occasion de vous prouver que l'avenir du secteur passe par les **nouvelles technologies**. Celles-ci permettent en effet de construire des prototypes uniques selon des procédés industriels. Or, la réalisation d'ouvrages uniques est précisément ce que nous faisons tous les jours sur chantier. Les solutions qu'offrent ces technologies aident également à améliorer l'organisation des entreprises et la collaboration entre les acteurs, ce qui réduit fortement le coût des malfaçons, tout en fournissant au client un produit de meilleure qualité dans des délais plus courts. Et ne croyez pas que ces avancées sont réservées aux grandes entreprises. Il existe aujourd'hui des **solutions adaptées à chaque métier**. Laissez-nous vous en convaincre !

Tenez donc bien votre boîte aux lettres à l'œil : chaque entreprise de construction affiliée au CSTC recevra au printemps prochain **une invitation pour deux personnes** et pourra s'inscrire à l'une des soirées de son choix. Ne manquez pas cette occasion unique d'en savoir plus sur votre centre de recherche. Nous passerons à coup sûr dans votre région.



# Comment spécifier un béton suivant les normes NBN EN 206 et NBN B 15-001 ?

En juillet 2018, le Bureau de normalisation a publié une nouvelle version de la norme belge NBN B 15-001, complément indissociable de la norme européenne NBN EN 206 portant sur la spécification, les performances, la production et la conformité des bétons. Cet article présente les prescriptions en vigueur pour la spécification des bétons.

*V. Dieryck, ir., chef de projet senior, division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC*

*V. Pollet, ir., coordinatrice de la direction 'Recherche et développement', CSTC*

*C. Ployaert, ir., Concrete Technology Engineer, Inter-Beton, et membre de la commission 'Béton' pour FEDBETON*

Les normes NBN B 15-001 et NBN EN 206 sont à la base de la certification BENOR des bétons et de leur spécification. Il est essentiel que l'entrepreneur et le prescripteur en connaissent les détails, afin de pouvoir spécifier correctement un béton lors de la commande. Les changements principaux apportés par ces deux normes ont été présentés dans [Les Dossiers du CSTC 2015/4.2](#), [2016/3.4](#) et, plus récemment, [2019/4.1](#).

Il est possible de spécifier le béton de deux manières :

- selon une **composition définie** : cette méthode exige une connaissance de la technologie du béton ainsi que des caractéristiques des matériaux disponibles
- à l'aide de **propriétés spécifiées**, sous forme d'exigences performancielles attendues : cette méthode est la seule permettant de prescrire un béton porteur de la marque BENOR.

Lorsqu'on souhaite commander un béton selon cette seconde méthode, il y a lieu de mentionner les éléments suivants sur le bon de commande (voir tableau à la page suivante) :

- une **donnée de base générale** qui stipule que le béton doit être conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 et NBN B 15-001:2018
- certaines **autres données de base** :
  - la classe de résistance (A)
  - le domaine d'utilisation (B1)
  - les classes d'environnement (B2) auquel le béton sera soumis. Il est également possible de spécifier les classes d'exposition pertinentes, mais la préférence est donnée à la spécification des classes d'environnement
  - la classe de consistance (C)
  - la dimension nominale maximale des granulats (D)



Béton conforme aux normes NBN EN 206 et NBN B 15-001																			
Donnée de base A : choisir la classe de résistance C $f_{ck, cyl}/f_{ck, cub}$ <sup>(1)(2)</sup>																			
Classe	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50											
	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115											
Donnée de base B1 : choisir le domaine d'utilisation																			
BNA	Béton non armé (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 1,00$ %)																		
BA	Béton armé (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 0,40$ %)																		
BP	Béton précontraint (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 0,20$ %)																		
Donnée de base B2 : choisir la classe d'environnement																			
Classe	Description				BNA Classe de résistance min.	BA/BP Classe de résistance min.													
Environnement non agressif																			
E0	(béton de propreté)				C12/15	-													
Environnement intérieur sec																			
E1	(parois intérieures des habitations et bureaux)				C12/15	C16/20													
Environnement intérieur humide ou extérieur																			
EE1	Pas de gel (fondations sous le niveau de gel, ...)				C12/15	C20/25													
EE2	Gel, mais pas de contact avec la pluie (vide sanitaire, passage couvert dans un bâtiment, ...)				C25/30	C25/30													
EE3	Gel et contact avec la pluie (murs extérieurs ou surfaces extérieures horizontales en contact avec la pluie, ...)				C30/37 C20/25 <sup>(3)</sup>	C30/37 C25/30 <sup>(3)</sup>													
EE4	Gel et sels de déverglaçage (éléments d'infrastructure routière, sol des parkings soumis au gel, ...)				C35/45 C25/30 <sup>(3)</sup>	C35/45 C30/37 <sup>(3)</sup>													
Environnement marin																			
ES1	Contact avec air marin (jusqu'à 3 km de la côte) ou eau saumâtre – sans gel (fondations sous le niveau de gel exposées à de l'eau saumâtre, ...)				C20/25	C30/37													
ES2	Contact avec air marin (jusqu'à 3 km de la côte) ou eau saumâtre – avec gel (murs extérieurs ou surfaces extérieures horizontales en contact avec la pluie en zone côtière, ...)				C30/37 C20/25 <sup>(3)</sup>	C30/37 C25/30 <sup>(3)</sup>													
ES3	Contact avec eau de mer – éléments immergés				C25/30	C35/45													
ES4	Contact avec eau de mer – éléments exposés aux marées et éclaboussures (murs de quai, ...)				C35/45 C25/30 <sup>(3)</sup>	C35/45 C30/37 <sup>(3)</sup>													
Environnement chimiquement agressif (toujours en combinaison avec l'une des classes d'environnement mentionnées ci-dessus)																			
EA1	Faible agressivité chimique				C25/30	C25/30													
EA2	Moyenne agressivité chimique				C30/37	C30/37													
EA3	Forte agressivité chimique				C35/45	C35/45													
Donnée de base C : choisir la classe de consistance																			
Classe	S1		S2		S3		S4		S5										
Affaissement au cône d'Abrams ( <i>slump</i> ) [mm]	10 à 40		50 à 90		100 à 150		160 à 210		$\geq 220$										
Donnée de base D : choisir la dimension maximale des granulats [mm]																			
6		8		10		11		12		14		16		20		22		32	
Données complémentaires E																			
Mesures contre la réaction alcali-silice (RAS) : niveau de prévention (PREV)																			
PREV1	Eléments de construction pour lesquels les effets de la RAS sont très limités (bétons non armés, bétons revêtus d'un coating)																		
PREV2 (par défaut)	Eléments de construction pour lesquels les effets de la RAS sont peu acceptables (bétons de structure, ...)																		
PREV3	Eléments de construction pour lesquels les effets de la RAS ne sont pas acceptables (travaux d'infrastructure, ...)																		
Autres types de données : béton pompé ou non, teneur en air du béton frais de maximum 3,0 % pour sols talochés ou lissés, absorption d'eau par immersion (WAI), type de ciment (ciment à haute résistance aux sulfates suivant la norme NBN B 12-108, ...), teneur en ciment supérieure à celle prévue dans la classe d'environnement concernée, béton avec air entraîné, classe de teneur en chlorures inférieure à celle d'application, ...																			

(1)  $f_{ck, cyl}$  = résistance à la compression sur cylindre [N/mm<sup>2</sup>] (cylindre de 300 mm de hauteur et 150 mm de diamètre)

$f_{ck, cub}$  = résistance à la compression sur cube [N/mm<sup>2</sup>] (cube de 150 mm de côté)

(2) Tenir compte de la classe d'environnement pour le choix de la classe de résistance.

(3) Béton avec air entraîné.



- quelques **données complémentaires éventuelles** (E), mais tout aussi essentielles pour certaines applications, telles que :
  - le niveau de prévention de la réaction alcali-silice (PREV)
  - la pompabilité du béton
  - une teneur limitée en air, en cas de sols lissés ou talochés
  - la classe d'absorption d'eau par immersion (WAI)
  - le type de ciment (ciment à haute résistance aux sulfates selon la norme NBN B 12-108, par exemple)
  - l'utilisation d'un entraîneur d'air
  - la classe de teneur en chlorures, si celle-ci est plus stricte que celle prévue pour le domaine d'utilisation dans le contexte belge.

Pour aider l'entrepreneur et le prescripteur à spécifier un béton selon ces deux normes, le CSTC, la FEGC, la Confé-

dération Construction et l'asbl BENOR ont rédigé un document indiquant comment spécifier un béton traditionnel de manière détaillée (voir 'Spécifier les bétons suivant les normes NBN EN 206 et NBN B 15-001' sur la page de l'[Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats'](#)). La spécification des bétons autoplaçants et des bétons pour parois moulées y est également expliquée. En effet, ceux-ci nécessitent une spécification *ad hoc*, sur la base de classes de consistance et de données complémentaires particulières.

Les tableaux ci-dessous présentent quelques exemples de spécifications. 

*Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' subsidiée par le SPF Economie.*

### Exemple 1 | Spécification du béton d'un voile extérieur devant être pompé.

Béton conforme aux normes NBN EN 206 et NBN B 15-001					
Donnée de base A : classe de résistance	Donnée de base B1 : domaine d'utilisation	Donnée de base B2 : classe d'environnement	Donnée de base C : classe de consistance	Donnée de base D : dimension maximale	Donnée complémentaire E
C30/37	BA	EE3	S4 (éventuellement 190 mm au cône d'Abrams)	20 mm	Pompe 42 m

### Exemple 2 | Spécification du béton d'une dalle de sol lissée à l'hélicoptère avec incorporation d'une couche d'usure.

Béton conforme aux normes NBN EN 206 et NBN B 15-001						
Donnée de base A : classe de résistance	Donnée de base B1 : domaine d'utilisation	Donnée de base B2 : classe d'environnement	Donnée de base C : classe de consistance	Donnée de base D : dimension maximale	Donnée complémentaire E selon la NIT 267	Donnée de base complémentaire E
C25/30	BA	EE1	S5 (éventuellement 220 mm au cône d'Abrams)	20 mm (éventuellement 16 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_{min}</math> 180 L/m<sup>3</sup></li> <li>• <math>C_{min}</math> 320 kg/m<sup>3</sup></li> <li>• <math>A_{max}</math> 3 %</li> <li>• Squelette inerte selon le § 4.3.6.3</li> </ul>	Pompe 42 m

### Exemple 3 | Spécification du béton d'un ouvrage en contact avec des agents agressifs (teneur en sulfates de l'ordre de 2.000 mg/L dans le liquide en contact avec le béton) (\*).

Béton conforme aux normes NBN EN 206 et NBN B 15-001					
Donnée de base A : classe de résistance	Donnée de base B1 : domaine d'utilisation	Donnée de base B2 : classe d'environnement	Donnée de base C : classe de consistance	Donnée de base D : dimension maximale	Donnée complémentaire E
C30/37	BA	EE3 + EA2	S4 (éventuellement 190 mm au cône d'Abrams)	20 mm calcaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciment CEM III/B 42,5</li> <li>• N-LH/SR LA</li> <li>• WAI (0,50)</li> <li>• PREV3/AR2</li> <li>• Pompe 32 m</li> </ul>

(\*) Une absorption d'eau par immersion limitée est nécessaire. De plus, il s'agit d'éléments de construction pour lesquels les effets de la réaction alcali-silice ne sont pas acceptables, car la réparation ou le remplacement d'éléments détériorés aurait un impact économique substantiel.

# Qualité de l'air intérieur : réduire l'impact des matériaux de finition

Susceptible d'engendrer de l'inconfort et divers problèmes de santé, la qualité de l'air intérieur doit être prise en compte dès la phase de conception du bâtiment, notamment lors du choix des matériaux. Si certains d'entre eux préservent plus que d'autres la qualité de l'air intérieur, mieux vaut savoir lesquels.

*P. Steenhoudt, ir., chef adjoint de la division 'Chimie, microbiologie et microstructure', CSTC*  
*T. Haerinck, dr., chef de projet, laboratoire 'Chimie du bâtiment', CSTC*

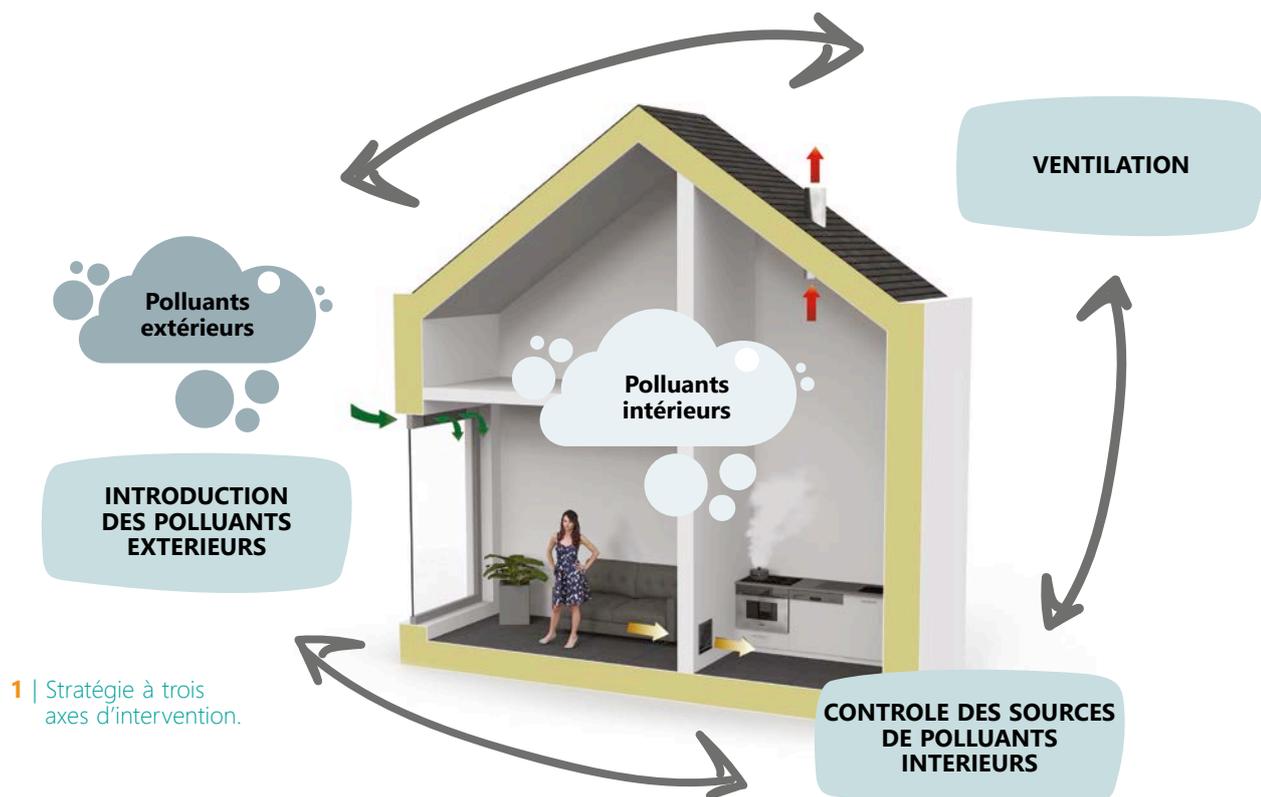
## Un critère à ne pas négliger

La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments affecte la santé des occupants et leur bien-être. Elle peut être à l'origine de cancers, de maladies chroniques ou encore de troubles de la concentration. Il est donc nécessaire de prendre en compte la qualité de l'air intérieur dès le début du projet de construction ou de rénovation. Ainsi, le choix des matériaux se fera en considérant leur impact potentiel sur la santé.

## Comment garantir la qualité de l'air dans les bâtiments ?

Une bonne qualité de l'air intérieur peut être obtenue par l'application d'une stratégie globale basée sur **trois axes spécifiques** (voir figure 1), à savoir :

- le contrôle des sources de polluants intérieurs
- la ventilation des bâtiments
- la pénétration des polluants extérieurs.



1 | Stratégie à trois axes d'intervention.



## Les composés organiques volatils (COV) sont bien souvent les polluants les plus présents dans l'air intérieur.

Les deux derniers axes ayant été développés dans la [NIT 258](#), le présent article traite uniquement des sources de polluants intérieurs.

Certains de ces polluants sont inévitables, car ils résultent de la présence des occupants (**bioeffluents**) et de leurs activités.

En revanche, d'autres polluants, à savoir les **microorganismes** (moisissures) et les produits de leur métabolisme (spores et toxines), apparaissent dans le bâtiment à la suite d'une mauvaise gestion de l'humidité due, par exemple, à des défauts de construction (ponts thermiques) et/ou à une ventilation inappropriée. Ces polluants ne sont pas présents dans un bâtiment bien conçu et bien utilisé.

Enfin, l'air intérieur contient de multiples **polluants émis par les produits et matériaux présents**, dont les matériaux de construction et, plus spécifiquement, les matériaux de finition intérieure. Il est possible de réduire leur concentration dans l'air en choisissant, dès la conception du bâtiment, des matériaux émettant peu de composés polluants.

### Des matériaux de finition intérieure sources de polluants intérieurs

Certains matériaux de finition intérieure tels que des revêtements pour sols, murs et plafonds peuvent émettre des **composés organiques volatils (COV)** dans l'air, alors que d'autres, d'origine purement inorganique n'en émettent pas (céramique, verre, métaux, briques de terre cuite, ...).

Par composés organiques volatils, on entend des molécules organiques ayant une tendance spontanée à passer à l'état gazeux à température ambiante et à se libérer des matériaux (de construction). Ces molécules (formaldéhyde, toluène, phénol, ...) peuvent se propager plus ou moins loin de leur lieu d'émission.

Les COV sont bien souvent les polluants les plus présents dans l'air intérieur.

Comme l'indiquent [Les Dossiers du CSTC 2011/3.9](#), il n'y a pas de corrélation systématique entre la teneur en COV des matériaux et leur émission dans l'air. Ce sont deux notions à ne pas confondre : ce n'est pas la teneur en COV, mais bien l'émission de ces composés qui détermine leur impact sur la qualité de l'air intérieur. Ainsi, des matériaux dont la teneur en COV est faible peuvent être à l'origine d'émissions importantes.

### Une méthode standardisée et des valeurs seuils

Certains composés émis par les matériaux sont nocifs, voire toxiques pour l'être humain. Par conséquent, on ne peut les trouver qu'en très faibles concentrations dans l'air intérieur. C'est pourquoi il a été jugé essentiel de développer une méthode standardisée d'évaluation des émissions de COV pendant la phase d'utilisation du bâtiment.

Depuis la fin 2017, la norme NBN EN 16516 spécifie un protocole de prélèvement, d'identification et de quantification des émissions de COV par les matériaux de construction dans des conditions standard contrôlées. Le résultat obtenu pour chaque type de COV émis est exprimé en concentration massique dans l'air d'une pièce de référence ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Pour les COV considérés comme dangereux pour l'homme, des valeurs seuils spécifiques (souvent appelées valeurs LCI pour *Lowest Concentration of Interest*) ont été fixées sur la base de données toxicologiques. En dessous de ces valeurs, aucune nuisance n'est à craindre pour la santé, et ce même sur le long terme.

Ces valeurs sont aujourd'hui prises en considération par la plupart des réglementations nationales et labels volontaires.

## Qualité de l'air intérieur



Vous trouverez plus d'informations concernant les trois axes de cette stratégie pluridisciplinaire en consultant [les pages consacrées à l'Antenne Normes 'Qualité de l'air intérieur'](#) sur le site Internet du CSTC.

Cette Antenne Normes subsidiée par le SPF Economie a pour objectif d'informer le secteur de la construction au sujet de la normalisation et de la réglementation relative à la qualité de l'air intérieur dans le cadre de la conception, de la réalisation et de la rénovation des bâtiments. Ces pages vous tiendront informés des évolutions et progressions en la matière.



2 | A gauche, le label obligatoire appliqué sur les produits vendus en France.  
A droite, le label volontaire Ecode EC 1<sup>PLUS</sup> figurant sur certains produits de pose et de finition de revêtements de sol.

Par ailleurs, il a été jugé prudent d'appliquer un principe de précaution en limitant également les COV totaux (COVT), autrement dit la somme des COV émis. Aucun lien n'a toutefois encore été établi entre les COV totaux et un quelconque impact sur la santé.

### Des réglementations et des labels

Ainsi, l'arrêté royal du 8 mai 2014 impose des **valeurs seuils pour plus de 170 COV** à tous les revêtements de sol mis sur le marché, à leurs moyens de fixation (colle) et à leurs produits de finition (peinture, vernis, imprégnation, hydrofuge, ...). En ce qui concerne les produits en contact direct avec l'air intérieur, mais ne relevant pas de l'arrêté royal (revêtements pour murs et plafonds, par exemple), il est possible de se référer à d'autres réglementations ou labels attestant d'un faible taux d'émission.

Chez nos voisins français, l'étiquetage est obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour tous les produits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que pour les produits utilisés pour leur mise en œuvre (voir figure 2). L'étiquette apposée sur ces produits indique leur niveau d'émission en polluants volatils au moyen d'une classe allant de A+ (très faible) à C (élevé). Les critères pour cet étiquetage s'avèrent cependant assez sommaires, puisqu'ils ne ciblent que dix COV considérés

comme dangereux, complétés par les COV totaux. Parmi ces dix composés, on retrouve le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le styrène et le xylène.

Il existe également des labels volontaires beaucoup plus exigeants qui attestent d'un très faible taux d'émission (\*), notamment :

- le label allemand **GUT**, pour les revêtements de sol textiles
- les labels **Natureplus** ou **Blue Angel**, pour divers matériaux de construction
- le label **Ecode EC 1<sup>PLUS</sup>**, attribué aux matériaux de pose et de finition des revêtements de sol (voir figure 2).

La qualité de l'air intérieur se joue donc dès la conception du bâtiment et, si elle a longtemps été le parent pauvre des exigences de la construction, elle est aujourd'hui au cœur des préoccupations. C'est pourquoi la Commission européenne s'attelle actuellement à établir une classification des matériaux sur la base de leurs émissions de composés organiques volatils. Cette classification apparaîtra prochainement dans les normes 'produits' et les réglementations. Voilà donc une affaire à suivre de près. ◆

*Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Qualité de l'air intérieur' subsidiée par le SPF Economie.*

(\*) Pour plus d'informations concernant ces différents labels, le lecteur intéressé consultera la page de l'Antenne Normes 'Qualité de l'air intérieur' sur notre site Internet.

# Rives de toitures sarking : gare aux fuites !

Isoler les toitures en pente par l'extérieur permet d'améliorer significativement les performances énergétiques d'un bâtiment. Cette amélioration sera d'autant plus importante si les détails de raccord, dont les rives, sont conçus et réalisés avec soin. Il convient notamment d'accorder une attention toute particulière à l'étanchéité à l'air de la toiture.

*D. De Bock, ing., conseiller, division 'Avis techniques et consultancy', CSTC*

Dans le cadre de l'amélioration énergétique des bâtiments existants, il n'est pas rare d'envisager d'isoler les toitures en pente par l'extérieur. Ce principe d'isolation est celui des toitures dites sarking. Parmi leurs nombreux avantages, on compte notamment la possibilité d'isoler la toiture sans devoir modifier le parachèvement intérieur.

Leur mise en œuvre est détaillée dans la [NIT 251](#) (§ 5.5.3.1). Le présent article traite plus spécifiquement de la réalisation de rives performantes pour ce type de toitures.

## Etanchéité à l'air

Comme le mentionne la [NIT 255](#), 10 à 15 % de la consommation énergétique d'un immeuble sert à pallier les pertes de chaleur dues à des fuites d'air. Gérer l'étanchéité à l'air d'un détail n'a donc pas pour seul but d'empêcher un phénomène de condensation interne.

Les éléments qui assurent l'étanchéité à l'air de la toiture et de la façade sont :

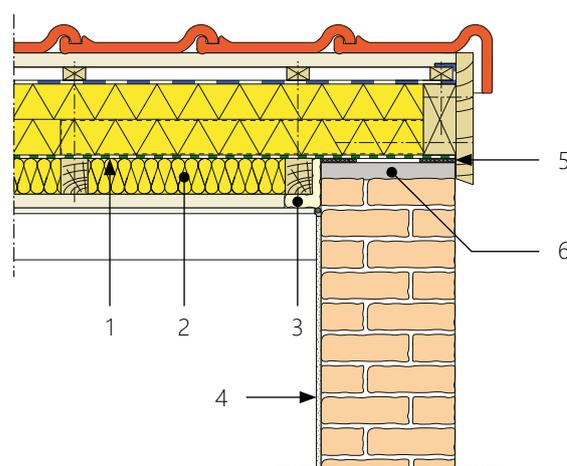
- le pare-vapeur de la toiture (voir figure 1, n° 1)
- l'enduit appliqué sur la face intérieure du pignon (voir figure 1, n° 4).

La difficulté principale consiste à réaliser une jonction correcte entre ces éléments. Pour limiter le plus possible les fuites, il convient de prêter tout particulièrement attention à la jonction entre le pare-vapeur et la tête de mur. Différentes dispositions permettent d'assurer l'étanchéité de la jonction, notamment :

- l'utilisation d'une bande d'étanchéité comprimée (dans le cas d'un isolant rigide) (voir figure 1, n° 5)
- le collage du pare-vapeur sur la tête de mur
- le marouflage d'une pièce de raccord spécifique dans

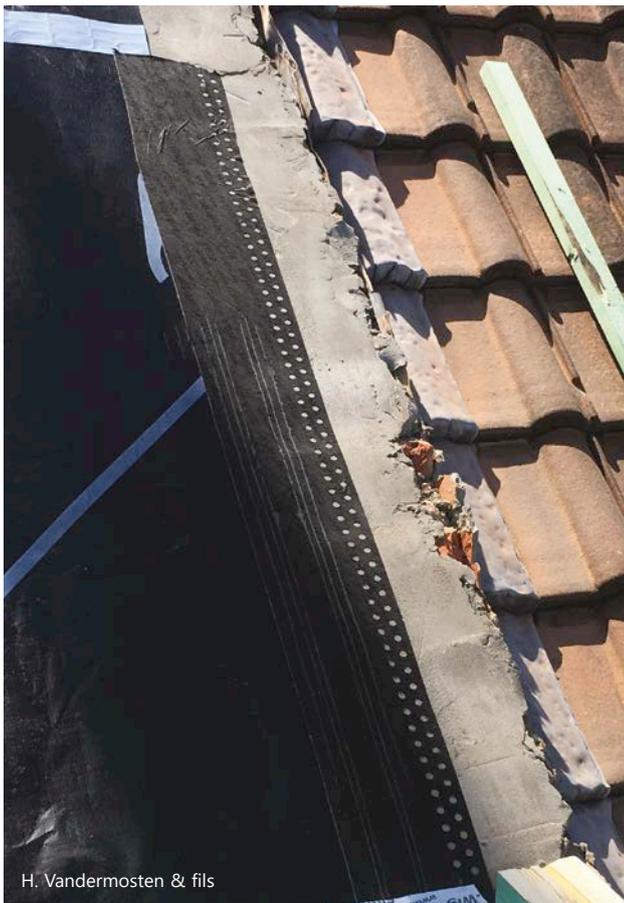
une couche de mortier appliquée sur la tête de mur (voir figure 2 à la page suivante).

Dans tous les cas, il est à signaler qu'il est préférable de rectifier la tête de mur à l'aide de mortier et que des exigences particulières en matière d'étanchéité à l'air du bâtiment (maison passive, par exemple) imposeront une étude spécifique du détail.



- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Pare-vapeur                | 4. Enduit intérieur             |
| 2. Isolant existant ou ajouté | 5. Bande d'étanchéité comprimée |
| 3. Mousse isolante éventuelle | 6. Couche de mortier            |

**1** | **Détail d'une rive de toiture sarking conçu en prévision de l'isolation par l'intérieur du mur pignon.**



2 | Bande de raccord à maroufler dans une couche de mortier appliquée sur la tête de mur.

### Risque de condensation interne

Si la toiture est déjà pourvue d'isolant entre les éléments de sa charpente, les problèmes de condensation peuvent être évités en veillant, comme le préconise la [NIT 251](#), à ce que la couche d'isolation mise en œuvre au-dessus du pare-vapeur montre une résistance thermique au moins 1,5 fois supérieure à celle de l'isolant présent au droit de la charpente.

Dans la pratique, si l'isolant de la charpente est constitué de laine minérale et qu'un système sarking constitué de PIR (polyisocyanurate) est posé par-dessus, il faudra que la couche de PIR ait une épaisseur au moins égale à celle de la couche de laine minérale.

### Stabilité de la rive

Outre les aspects précités, il importe également d'assurer la fixation de la rive. L'une des techniques recommandées consiste à réaliser une échelle de rive (voir figure 3, n° 5)

formée d'éléments en bois fixés sur au moins deux chevrons. L'espace de quelques dizaines de centimètres entre les différents éléments de l'échelle est comblé par de l'isolant thermique. Cette façon de faire permet d'éviter de fixer le chevron de rive dans la brique de parement d'un mur creux et d'obtenir un dépassant de toiture important.

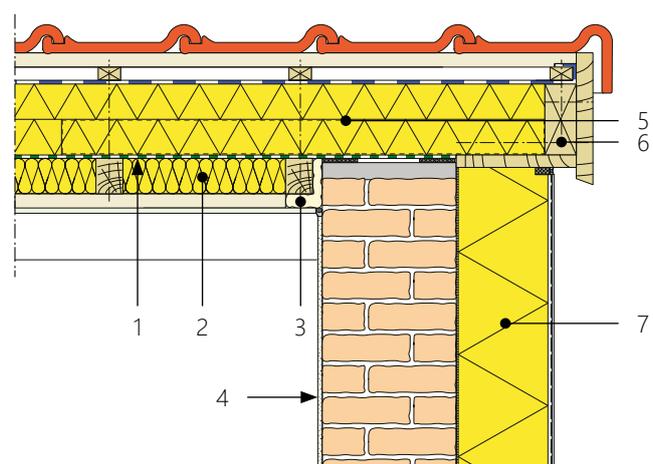
### Possibilité d'isolation ultérieure de la façade

Afin de disposer à terme d'un bâtiment performant du point de vue énergétique, il est préférable de mettre en œuvre la toiture sarking en prévoyant une éventuelle isolation ultérieure de la façade.

En cas d'isolation par l'extérieur, à l'aide d'un ETICS, par exemple, il est primordial de prévoir un dépassant de toiture suffisamment large que pour pouvoir appliquer l'isolant et le système d'enduit et prévoir quelques centimètres pour la réalisation et l'entretien du joint souple assurant la jonction entre l'enduit et la rive de toiture.

En revanche, si l'on envisage d'isoler la façade par l'intérieur, il faut avoir conscience qu'un démontage de la finition du plafond pourrait s'avérer nécessaire pour garantir une jonction parfaite des barrières d'étanchéité à l'air et à la vapeur. 

*Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Détails constructifs (Smart Connect)' subsidiée par le SPF Economie.*



- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1. Pare-vapeur                | 4. Enduit intérieur                |
| 2. Isolant existant ou ajouté | 5. Echelle de rive (en pointillés) |
| 3. Mousse isolante éventuelle | 6. Chevron de rive                 |
|                               | 7. ETICS                           |

3 | Détail d'une rive de toiture sarking conçue de manière à pouvoir isoler la façade par l'extérieur (ETICS).

# Peut-on réaliser des toitures à rétention d'eau sans pente ?

Les toitures à rétention d'eau sont des toitures plates sur lesquelles l'eau de pluie est temporairement stockée en vue de délester les égouts. Cette eau va finir par s'évaporer, s'évacuer lentement et/ou être réutilisée (dans le cas d'une toiture verte, par exemple). Découvrez dans cet article les conditions à remplir afin que ces toitures puissent être réalisées sans pente.

*E. Mahieu, ing., chef de la division 'Avis techniques et consultancy', CSTC*

## Utilité de la pente minimale d'une toiture plate

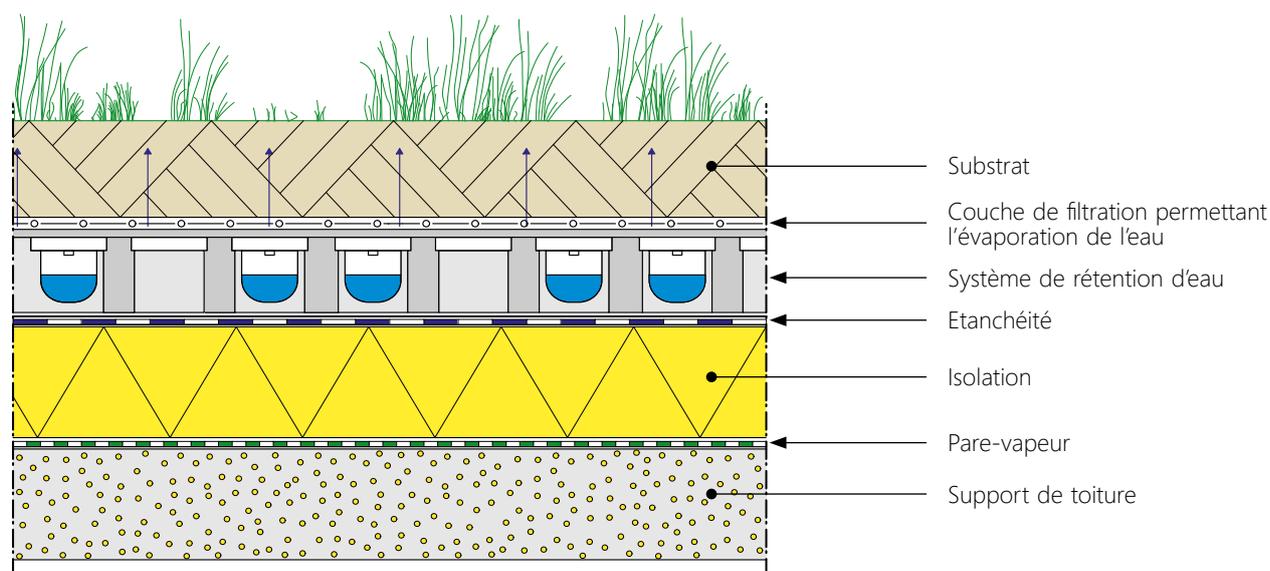
Pour éviter autant que possible les stagnations d'eau, la [NIT 215](#), qui fait actuellement l'objet d'une révision, recommande la mise en œuvre d'une pente d'au moins 2 % en tout point. En effet, lorsque les stagnations sont importantes sur une toiture plate, elles peuvent entraîner certaines conséquences. On peut notamment relever :

- un poids supplémentaire
- des désagréments d'ordre esthétique et fonctionnel
- une détérioration de la couche superficielle ou des raccords de la membrane d'étanchéité. Ce risque est dû à l'assèchement des dépôts présents dans l'eau

stagnante et au retrait qui l'accompagne, retrait qui peut, à son tour, engendrer des tensions au sein de l'étanchéité (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/4.7](#)). Ce phénomène est également appelé *mud curling* (ou faïençage des boues).

L'article susmentionné propose un certain nombre de mesures visant à accroître la durabilité des matériaux d'étanchéité aux endroits où de telles stagnations d'eau sont à prévoir.

Une pente minimale a donc bel et bien son utilité et ne peut être supprimée sans prendre de mesures spécifiques.



1 | Représentation schématique de la structure d'une toiture verte à rétention d'eau.

## Dans quels cas spécifiques peut-on envisager de ne pas prévoir de pente ?

Réaliser une toiture à rétention d'eau sans pente est envisageable uniquement si les deux conditions suivantes sont réunies :

- **la toiture est conçue pour stocker temporairement l'eau et l'absence de pente permet le bon fonctionnement du système de rétention d'eau** (il peut parfois s'avérer nécessaire de répartir l'eau stockée uniformément sur la surface de la toiture de manière à disposer de la même quantité d'eau en tout point pour hydrater la toiture verte située au-dessus, par exemple)
- **l'étanchéité de toiture est protégée par une autre couche** (l'eau stockée ne peut pas être visible).

On ne peut réaliser sans pente une toiture plate dans laquelle la rétention d'eau ne consiste qu'à ralentir l'évacuation des eaux. Une toiture verte qui ne serait pas spécialement conçue pour stocker l'eau ne peut pas non plus être construite sans pente. Il en va de même pour les toitures inversées, qui ne peuvent en aucun cas être utilisées pour la rétention d'eau.

## Conséquences du choix d'une toiture sans pente

Puisqu'en l'absence de pente, l'eau ne s'écoule que lentement vers les évacuations, des stagnations sont possibles. Ceci peut avoir un impact sur la durée d'exécution des travaux d'étanchéité, car la préparation du support prend généralement plus de temps. A titre d'exemple, le séchage du plancher de toiture, qui doit permettre la bonne adhérence du pare-vapeur, requiert plus de travail.

Le plancher porteur et les matériaux constitutifs de la toiture à rétention d'eau (isolation thermique, par exemple) doivent être capables de supporter le poids supplémentaire lié au stockage de l'eau et doivent pouvoir résister à une charge prolongée. De plus, une évacuation de secours doit être prévue pour éviter toute surcharge.

Etant donné les quantités considérables d'eau susceptibles de s'infiltrer dans le complexe toiture en cas de déficiences du système de rétention d'eau, il convient de prendre des précautions additionnelles pour empêcher la propagation des fuites éventuelles. Il est ainsi nécessaire de compartimenter la toiture, c'est-à-dire de diviser l'isolation en zones de 100 à 200 m<sup>2</sup> en reliant le pare-vapeur à l'étanchéité de la toiture (voir [Les Dossiers du CSTC 2019/2.3](#)). Ces zones compartimentées doivent être clairement représentées sur les plans *as-built* et le pare-vapeur doit adhérer au support sur toute sa surface.

## Exigences supplémentaires concernant l'étanchéité de la toiture

Il faut s'assurer que l'étanchéité de la toiture puisse être immergée en quasi-permanence et qu'elle puisse résister aux forces mécaniques plus importantes dues, par exemple, au gel et au phénomène de *mud curling* mentionné ci-avant.

Il convient en outre de prendre en considération les points suivants :

- l'étanchéité d'une toiture à rétention d'eau doit répondre aux mêmes exigences minimales que celle d'une toiture verte (voir tableau 6 de la [NIT 229](#))
- l'étanchéité doit pouvoir résister aux racines et au développement de micro-organismes, qui peuvent être dommageables pour certaines membranes en PVC
- les étanchéités bitumineuses ne peuvent être appliquées qu'en deux couches, la couche supérieure étant entièrement collée à la couche inférieure
- l'épaisseur effective des membranes en PVC doit être d'au moins 1,5 mm
- pour les étanchéités en EPDM renforcées et non renforcées, l'épaisseur minimale est respectivement de 1,1 et 1,5 mm
- la technique d'exécution des joints de recouvrement sera choisie en tenant compte du fait que ceux-ci seront souvent immergés (opter pour des joints soudés, par exemple).
- le bâtiment doit être conçu en évitant les détails délicats et difficiles à réaliser.

Une fois les travaux d'étanchéité achevés, un contrôle approfondi de l'étanchéité à l'eau doit être effectué. Il peut s'agir d'une inspection des joints de raccordement et des détails, éventuellement complétée par d'autres techniques de détection, telles que des mesures de l'humidité ou l'utilisation d'un procédé de courant à impulsion inductif (voir § 4.5.5 de la [NIT 253](#) et [Les Dossiers du CSTC 2016/4.6](#)). 

## 2 | Toiture à rétention d'eau en cours de réalisation.





# Efflorescences sur les maçonneries en briques : origine et traitement

La surface d'une maçonnerie en briques peut parfois être déparée par des efflorescences. Ces dépôts de cristaux – généralement blanchâtres – sont le plus souvent observés peu de temps après la mise en œuvre, mais ils peuvent également apparaître des mois, voire des années plus tard. D'où proviennent ces dépôts et comment y remédier ?

*P. Steenhoudt, ir., chef adjoint de la division 'Chimie, microbiologie et microstructure', CSTC*  
*I. Dirckx, ir., chef adjoint du laboratoire 'Matériaux de construction', CSTC*

## Origine des efflorescences

Des efflorescences apparaissent sur une maçonnerie en briques lorsque les trois conditions suivantes sont réunies :

- les matériaux utilisés contiennent des **sels solubles**. Ces derniers peuvent être naturellement présents ou résulter de réactions chimiques entre les matériaux et leur environnement ou entre les matériaux eux-mêmes
- les matériaux sont exposés longtemps à une **quantité d'eau suffisante** que pour permettre aux sels de se dissoudre
- la **microporosité de la brique** est telle que l'eau et les sels ont la possibilité de migrer.

Bien que les efflorescences départent généralement la maçonnerie sur une courte durée, ces dépôts peuvent parfois réapparaître et, dans certains cas, avoir un impact persistant sur l'aspect visuel du bâtiment. La surface des briques peut en outre subir des dégradations dues à des crypto-efflorescences, c'est-à-dire à la cristallisation des sels sous la surface de la brique, ce qui peut provoquer un écaillage.

Le tableau à la page suivante fournit un aperçu des principales efflorescences observables dans notre pays, leurs caractéristiques, quelques mesures préventives et certains traitements potentiels.

Une identification précise des efflorescences observées peut aider à en identifier l'origine et à déterminer le traitement le plus approprié.

## Mesures de prévention générales

Il convient avant tout de souligner qu'aucune solution ne permet d'éviter à coup sûr l'apparition des efflores-

cences. Ce risque peut toutefois être réduit grâce à un choix réfléchi des matériaux et des détails architecturaux ainsi qu'à une mise en œuvre soignée. Néanmoins, leur apparition dépend aussi grandement du comportement réel de la maçonnerie.

Lors du **choix des matériaux**, la préférence doit être donnée aux briques bénéficiant d'une certification BENOR, car leur sensibilité aux efflorescences primaires a été évaluée. Concernant le mortier, il est préférable d'opter pour un ciment Portland *low alkali* ou un ciment contenant du laitier de haut fourneau et/ou des cendres volantes. Des mortiers-colles pourraient également être utilisés dans ce contexte. Les mortiers contenant des adjuvants peuvent, quant à eux, être plus sensibles aux efflorescences secondaires. Lors de la fabrication du mortier, il faut en outre veiller à ce que le sable et l'eau ne soient pas pollués.

L'eau jouant un rôle crucial dans la formation des efflorescences, **tout contact avec celle-ci – quelle qu'en soit la source – est à limiter autant que possible**. Les travaux de maçonnerie sont dès lors à éviter par temps de pluie et les mesures nécessaires sont à prendre pour protéger des précipitations une maçonnerie fraîchement réalisée. Lorsque des précipitations sont attendues, la maçonnerie doit être systématiquement recouverte à la fin de la journée, en tenant compte de l'influence du vent. Un panneau placé suffisamment en porte-à-faux peut être utilisé, pourvu qu'il ne soit pas constitué de bois ou de tout autre matériau susceptible de laisser des traces.

Les efflorescences secondaires, plus tardives que les primaires, apparaissent principalement sur les maçonneries exposées à la pluie et au soleil. Par conséquent, lors de la conception et de la mise en œuvre, il faut penser à protéger au mieux la façade des intempéries et en particulier de

l'humidité (en prévoyant de grands dépassants de toiture, des couvre-murs et des évacuations – temporaires – de l'eau de pluie).

### Traitement général

Si elles sont exposées à la pluie, les efflorescences primaires **disparaissent bien souvent d'elles-mêmes**.

Il est toutefois également possible de les éliminer en les **brossant à sec** à l'aide d'une brosse dure non métallique et, si besoin est, en procédant à un **nettoyage hydropneumatique** (qui consiste à projeter simultanément de l'air comprimé, des granulats et de l'eau à basse pression) ou à un nettoyage à l'**eau à haute pression**. Il faut cependant veiller à ne pas endommager les briques et les matériaux adjacents. C'est pourquoi il est déconseillé d'effectuer

un sablage (projection de granulats et d'eau sous haute pression).

Si les efflorescences persistent, un traitement chimique peut être envisagé. En cas de libération de chaux, il convient plutôt d'appliquer une solution acide. Concernant les efflorescences secondaires, il peut s'avérer nécessaire de recourir, dans un premier temps, à un traitement à base d'une solution alcaline et, dans un second temps, à une solution acide.

Enfin, il est à signaler qu'il faut toujours **s'informer** auprès du fabricant de briques quant à la technique de nettoyage. Il est par ailleurs recommandé d'effectuer un essai sur une zone discrète de la maçonnerie pour évaluer non seulement l'efficacité du traitement, mais également son impact sur les briques et les autres matériaux éventuels. Avant le nettoyage, il y a lieu de protéger les matériaux environnants, comme la pierre naturelle, afin de ne pas les endommager. 

Les principales efflorescences en Belgique.

Dénomination (source potentielle)	Caractéristiques	Mesures préventives	Traitement	Illustration
<b>Efflorescences primaires</b> <b>(briques, mortier ou une réaction entre les deux)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apparition précoce</li> <li>Bonne solubilité dans l'eau</li> <li>Non récurrentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protéger la maçonnerie fraîche de l'eau</li> <li>Opter pour des briques dotées d'une certification BENOR</li> <li>Choisir des mortiers avec du ciment portland <i>low alkali</i>, du laitier de haut fourneau et/ou des cendres volantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Attendre qu'elles disparaissent peu à peu d'elles-mêmes</li> <li>Brosser à sec, puis éventuellement rincer à l'eau claire</li> </ul>	
<b>Libération de chaux ou de portlandite</b> <b>(mortier)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucune solubilité dans l'eau</li> <li>Présence de points blancs sur le mortier et de traînées blanchâtres sur les briques</li> </ul>	Protéger la maçonnerie 'fraîche' de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brosser à sec</li> <li>Appliquer un traitement chimique</li> </ul>	
<b>Efflorescences secondaires</b> <b>(mortier, briques)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apparition tardive</li> <li>Aucune solubilité dans l'eau</li> <li>Formation d'une fine couche blanchâtre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protéger la maçonnerie contre les intempéries (grands dépassants de toiture, par exemple)</li> <li>Choisir des mortiers contenant le moins d'additifs possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brosser à sec et rincer à l'eau chaude sous haute pression (80 °C)</li> <li>Appliquer un traitement chimique</li> </ul>	



# Pierre naturelle et traitement de l'eau de piscine : un tout indissociable

Le nombre de piscines privées installées en Belgique ne cesse de croître, notamment en raison des étés particulièrement chauds que nous connaissons ces dernières années. Le choix des matériaux se porte de plus en plus sur la pierre naturelle pour sa durabilité et son esthétique. Il est toutefois utile de choisir celle-ci en fonction du traitement de l'eau prévu, et ce principalement dans les zones successivement submergées puis séchées.

*D. Nicaise, dr. sc., chef du laboratoire 'Minéralogie et microstructure', CSTC*

## 1 Le choix du matériau

La gamme de pierres naturelles est vaste tant par ses couleurs que par la nature des matériaux : calcaire, granit, quartzite, marbre, schiste ou encore gneiss (voir classification de la [NIT 228](#)). Elle a l'avantage d'être disponible sous des textures et des formats divers.

La pierre choisie doit être conforme aux exigences liées à son application. Ainsi, il faut que sa résistance au gel convienne à la zone d'emploi et que son épaisseur soit adaptée au format des carreaux, surtout si ceux-ci sont placés sur plots.

Il est en outre recommandé d'opter pour des finitions antidérapantes aux endroits qui risquent d'être humides.





**1 et 2** | Exemples de pierres calcaires altérées par une eau trop douce, éventuellement en raison d'un dérèglement du traitement de l'eau.

Il est également conseillé d'éviter les couleurs très foncées dans un environnement extérieur dans la mesure où elles absorbent davantage la chaleur. La pierre peut alors très facilement atteindre des températures comprises entre 50 et 60 °C. C'est notamment le cas de certains schistes et basaltes.

Enfin, il convient évidemment de bannir les pierres connues pour leur sensibilité à l'humidité, comme l'Azul Cascais ou la Cenia ou au tachage, comme la pierre de Valanges.

## 2 L'eau de piscine

La qualité de l'eau de la piscine est essentielle. Equilibrée, c'est-à-dire ni incrustante ni agressive, elle optimise

l'efficacité de son traitement et la consommation des produits. Le sujet a été largement traité dans [Les Dossiers du CSTC 2016/3.9](#).

Une eau agressive (trop douce) détériore non seulement les joints de mortier, mais aussi les pierres carbonatées, à savoir les calcaires et les marbres (voir figures 1 et 2). Il est donc impératif de contrôler régulièrement les paramètres qui régissent l'équilibre de l'eau.

## 3 Les systèmes de traitement de l'eau

**L'oxydation et la désinfection** sont deux processus qui se produisent simultanément. L'oxydation décompose la plupart des contaminants dissous, tandis que la désinfection

### A | Synthèse des systèmes de traitement de l'eau existants.

Oxydation et désinfection	
Avec adjonction de produits chimiques	Sans adjonction de produits chimiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chlore</b></li> <li>• <b>Electrolyse saline</b></li> <li>• <b>Eau de mer</b></li> <li>• <b>Ionisation cuivre-argent</b></li> <li>• Peroxyde d'hydrogène (seul ou en ajout)</li> <li>• Oxydation anodique</li> <li>• Dioxyde de chlore</li> <li>• Composés chlorés organiques (chloro-isocyanurates)</li> <li>• Polyhexaméthylène biguanide (PHMB)</li> <li>• Brome</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozone</li> <li>• UV</li> </ul>
Augmentation du pouvoir tampon	
Bicarbonate de sodium	
Neutralisation de l'excès de chlore	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfite de sodium</li> <li>• Thiosulfate de sodium</li> </ul>	

tue les micro-organismes (pathogènes) et amène ainsi le nombre de germes à un niveau acceptable.

Il existe essentiellement deux types de traitement de l'eau, à savoir **les systèmes avec et les systèmes sans adjonction de produits chimiques**. Le tableau A à la page précédente synthétise les différents systèmes disponibles sur le marché.

Il convient de choisir la technique en fonction de ses avantages et inconvénients eu égard :

- à l'emplacement de la piscine (intérieur ou extérieur)
- aux équipements souhaités (chauffage, par exemple).

En principe, les traitements sans adjonction de produits chimiques n'interagissent pas avec la pierre naturelle. La suite de cet article est dès lors consacrée aux systèmes avec adjonction des produits les plus largement utilisés ou dont les restrictions sont importantes face à certaines pierres.

### 3.1 Le chlore

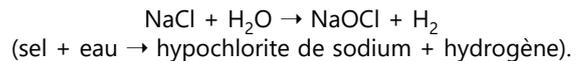
Le chlore est l'oxydant et le désinfectant le plus couramment utilisé. La désinfection s'effectue généralement avec du chlore ajouté sous forme solide ou liquide (NaClO ou Ca(ClO)<sub>2</sub>) et, dans une moindre mesure, sous forme de chlore gazeux (Cl<sub>2</sub>). Globalement, ce type de traitement est compatible avec tout type de pierre, sauf lorsque l'eau est agressive (plus particulièrement les pierres calcaires et les marbres).

Le traitement s'applique fréquemment en ajoutant des composés à base de sulfite ou de thiosulfate de sodium, afin de réguler la concentration en chlore (voir tableau A). En cas d'excès, du gypse est susceptible de se former, de générer

une eau trouble et de produire un éventuel dépôt sur ou dans la pierre (voir figure 3). Lorsque ce dépôt apparaît au sein de la pierre, celle-ci peut finir par s'écailler. De plus, en présence d'un hydrofuge, ce phénomène est susceptible de s'accroître et de provoquer un délitement. Ce type d'adjonction est déconseillé dans tous les cas.

### 3.2 Electrolyse saline

Lors de l'électrolyse saline, une réaction électrochimique a lieu afin d'obtenir du chlore à partir du sel ajouté par un électrolyseur :



Tout le sel n'est pas converti en hypochlorite, ce qui fait qu'une partie de la solution saline se retrouve dans la piscine. En principe, la concentration en sel est dix fois moindre que celle de l'eau de mer. Toutefois, un excès de sel peut très vite générer des recristallisations de ce sel dans la pierre et provoquer un écaillage (voir figure 4 à la page suivante). Ceci est également vrai pour les piscines simplement remplies à l'eau de mer. Dans ce cas, il est vivement conseillé de choisir une pierre naturelle non capillaire (< 35 g.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1/2</sup>) et non poreuse (< 12 % vol.) (particulièrement en piscine couverte).

### 3.3 Ionisation cuivre-argent

Le processus d'ionisation cuivre-argent consiste à appliquer un courant électrique sur des barres de cuivre et d'argent dans le but de créer des ions à partir de chacun de ces éléments. Les ions argent servent de désinfectant, mais



3 | Formation de gypse à la surface ou au sein de la pierre en fonction de sa porosité et/ou d'un éventuel traitement hydrofuge.



4 | Pierre capillaire désagrégée par la formation de sel (NaCl).

il est toujours nécessaire de recourir à un désinfectant supplémentaire, comme le chlore (en quantité réduite de 80 %). Les ions cuivre servent de floculants, c'est-à-dire qu'ils rassemblent les matières en suspension et forment des flocons que les filtres peuvent facilement arrêter.

Le pH influence fortement la présence de cuivre et d'argent. Il est donc primordial de le contrôler au cours du temps pour éviter les dépôts de sels de cuivre que l'on observe principalement sur les pierres rugueuses, les granits ou les gneiss (pierres silico-alumineuses). ◆

**B** | Choix du traitement de l'eau de piscine en fonction du type de pierre.

Type de pierre	Traitement de l'eau (avec adjonction)		
	Chlore	Electrolyse saline/ eau de mer <sup>(3)</sup>	Ionisation cuivre-argent <sup>(4)</sup>
<b>Pierre sédimentaire</b>			
Pierre calcaire non marbrière <sup>(1)(5)</sup> (< 2.500 kg/m <sup>3</sup> )	! <sup>(7)(8)</sup>	✗	✓
Pierre marbrière <sup>(1)(2)</sup> (compacte : > 2.500 kg/m <sup>3</sup> )	! <sup>(8)</sup>	! <sup>(3)</sup>	✓
Grès	✓	! <sup>(3)</sup>	! <sup>(4)</sup>
Schiste/shale/ardoise <sup>(2)</sup>	✓	! <sup>(3)</sup>	✓
<b>Pierre métamorphique</b>			
Quartzite	✓	✓	! <sup>(4)</sup>
Marbre <sup>(1)(6)</sup>	! <sup>(8)</sup>	! <sup>(3)</sup>	✓
Gneiss	✓	✓	✗
<b>Pierre magmatique</b>			
Granit	✓	! <sup>(3)</sup>	✗
Basalte <sup>(2)</sup>	✓	✓	✓
<p>✗ : déconseillé</p> <p>! : précautions à prendre</p> <p>✓ : pas de restriction</p>	<p><sup>(1)</sup> Pierre parfois gélive : pas en extérieur</p> <p><sup>(2)</sup> Pierre souvent très foncee : pas en extérieur</p> <p><sup>(3)</sup> Pierre non capillaire/non poreuse</p>	<p><sup>(4)</sup> Pierre avec finition peu rugueuse</p> <p><sup>(5)</sup> Pierre sensible au tachage de type II</p> <p><sup>(6)</sup> Pierre sensible au tachage de type I</p>	<p><sup>(7)</sup> Très sensible à la formation de gypse si adjonction de sulfite ou de thiosulfate de sodium</p> <p><sup>(8)</sup> Sensible à une eau agressive (trop douce)</p>



# Vers des planchers plus minces

Les exigences de plus en plus strictes en matière de performances énergétiques ont entraîné une augmentation de l'épaisseur des planchers. Alors que, pour un nouveau bâtiment, cette augmentation peut être prise en compte dès la phase de conception, des mesures spécifiques doivent parfois être prises lors de travaux de rénovation. Diverses méthodes permettent toutefois de limiter l'épaisseur du plancher.

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

*J. Van den Bossche, ing., conseiller principal senior, division 'Avis techniques et consultancy', CSTC*

## Pourquoi les planchers deviennent-ils de plus en plus épais ?

L'intégration dans le plancher d'un nombre croissant de **conduites de chauffage**, de **conduits de ventilation** et de **câbles destinés aux installations techniques** entraîne une augmentation de l'épaisseur du plancher (voir photo à la page suivante). Dans la pratique, il n'est pas rare d'être confronté à des chapes atteignant 15 cm d'épaisseur et dépassant ainsi de loin les recommandations du CSTC concernant les épaisseurs minimales reprises dans le tableau ci-dessous. D'un point de vue technique, de telles épaisseurs ne sont absolument pas nécessaires. Pis encore : elles sont à l'origine de nombreux obstacles pratiques. Ainsi, les travaux doivent être effectués en plusieurs couches, le mortier de chape est plus difficile à compacter et les temps de séchage sont plus longs. Pour cette raison, le CSTC recommande d'intégrer les conduits de ventilation et les

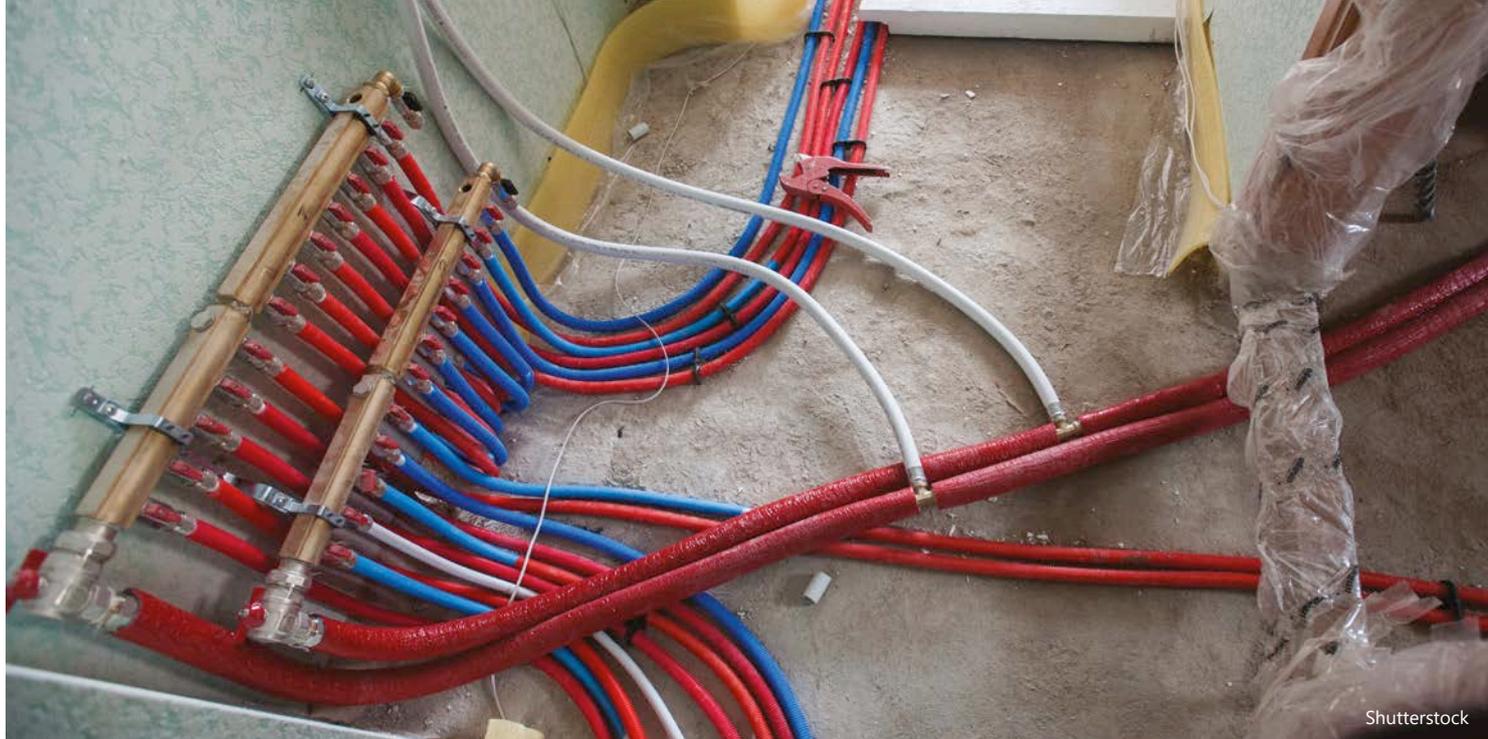
câbles des installations techniques dans une couche de nivellement distincte, de façon à ne pas accroître inutilement l'épaisseur de la chape.

D'autres raisons peuvent encore être évoquées pour expliquer l'augmentation constante de l'épaisseur des planchers.

Alors qu'autrefois, seul quelques planchers étaient pourvus d'une couche d'isolation, presque la totalité des sols actuels sont isolés, et ce pour des **raisons d'ordre thermique**. Comme les exigences en matière de performance énergétique sont devenues plus strictes au fil des ans et qu'elles sont susceptibles de le devenir davantage dans le futur, l'épaisseur des isolants augmente également. Il est à signaler que cette épaisseur varie en fonction de l'emplacement du plancher : ainsi, un plancher situé directement au niveau du sol devra être encore plus isolé qu'un plancher séparant deux habitations.

Valeurs indicatives de l'épaisseur minimale de différentes couches d'un plancher.

Type de couche	Valeurs indicatives de l'épaisseur de la couche
<b>Chape traditionnelle appliquée à la main</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 30 mm (chape adhérente) à 50 mm (chape flottante)</li><li>• en cas de chauffage par le sol : 50 mm au-dessus des conduites</li></ul>
<b>Chape améliorée (résistance mécanique plus élevée)</b>	15 mm (chape adhérente) à 30 mm (chape flottante)
<b>Chape sèche (panneaux en plâtre renforcé de fibres, en bois, en ciment, ...)</b>	20 à 35 mm dans le cas d'un support à surface plane
<b>Panneau de construction à carreler (voir également Les Dossiers du CSTC 2018/2.9)</b>	20 à 80 mm (nécessaire pour limiter les charges)
<b>Système innovant de chauffage par le sol</b>	20 à 40 mm (nécessaire pour limiter les charges dans le cas d'un système sans chape)



Shutterstock

Le nombre de conduites, de conduits et de câbles à intégrer dans le plancher augmente l'épaisseur de la chape.

Les **performances acoustiques** des planchers font, elles aussi, l'objet de plus en plus d'attention. Pour garantir ces performances, il peut s'avérer nécessaire de mettre en œuvre un plancher flottant pouvant contenir des matériaux d'isolation acoustique spécifiques, ce qui a évidemment aussi une incidence sur l'épaisseur du plancher, même si celle-ci est habituellement plus limitée.

### Comment réduire l'épaisseur des planchers ?

L'épaisseur totale d'un plancher peut être réduite en jouant sur ses différentes couches constitutives, à savoir :

- l'isolation
- la chape
- les techniques spéciales, telles que le chauffage par le sol.

Une solution consiste à opter pour des **isolants thermiques plus efficaces**. Ces matériaux étant caractérisés par une conductivité thermique moindre (valeur  $\lambda$ ), il faut moins d'isolant pour répondre aux exigences de performance énergétique fixées.

Divers **matériaux superisolants** sont déjà disponibles sur le marché. Toutefois, en raison de leur prix nettement plus élevé, ils sont généralement utilisés que lorsque des épaisseurs d'isolation importantes pourraient entraîner des problèmes de conception et/ou de mise en œuvre. Si l'on opte pour l'utilisation de ces matériaux, il est quasi indispensable d'intégrer les conduites, les conduits et les câbles éventuels dans une couche de nivellement.

Il est également possible d'optimiser l'**épaisseur de la chape**. Par exemple, les chapes épaisses (plus de 10 cm) ne sont généralement mises en œuvre que dans le but d'atteindre le niveau du sol fini. Dans ce cas, la chape joue en quelque sorte le rôle de couche de nivellement. Il

serait dès lors préférable de prévoir une véritable couche de nivellement à partir d'un béton maigre ou d'un mortier isolant. Recourir à une couche de nivellement isolante présente l'avantage de pouvoir limiter à la fois l'épaisseur de la couche isolante et celle de la chape appliquée par-dessus.

Une autre solution serait d'opter pour une **chape constituée d'un matériau plus performant**. Ainsi, la résistance élevée en compression et en flexion d'une chape fluide à base de sulfate de calcium (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/4.10](#)) permet de réaliser des chapes plus minces que les chapes traditionnelles réalisées à la main. Les chapes fluides à base de ciment, dont la résistance mécanique est similaire à celle des chapes fluides à base de sulfate de calcium, connaissent également un véritable essor. Pour déterminer l'épaisseur des chapes fluides, il faut notamment tenir compte de :

- la compressibilité de l'isolant présent sous la chape
- la résistance en compression et en flexion du mortier de chape
- la conception de la chape (adhérente, non adhérente ou flottante)
- l'application prévue de la chape (résidentielle ou autre)
- la présence éventuelle d'un chauffage par le sol.

Un **système de chape sèche** peut aussi être mis en œuvre. Un panneau en plâtre renforcé de fibres, en ciment ou en bois est alors placé sur une couche de nivellement ou sur une surface plane. Les conduites, les conduits et les câbles éventuels peuvent être dissimulés sous ce panneau.

Une dernière possibilité consiste à choisir un **système innovant de chauffage par le sol** (voir [Les Dossiers du CSTC 2016/2.10](#)). Ces systèmes doivent être exécutés à l'aide de mortiers de chape améliorés et sont plus minces que les planchers classiques avec une chape traditionnelle. Il existe en outre des systèmes de chauffage par le sol ne nécessitant pas chape. ◆

# Boilers : avec ou sans vase d'expansion sanitaire ?

Quand on opte pour une production d'eau chaude sanitaire avec accumulation, on intègre souvent un vase d'expansion dans l'installation. Bien qu'il s'agisse d'une pratique courante en Belgique, elle n'est pas obligatoire pour autant. En quoi ce vase peut-il s'avérer utile et quel est son impact potentiel sur la qualité hygiénique de l'eau ?

*V. Jadinon, ing., conseiller principal senior, division 'Avis techniques et consultancy', CSTC*

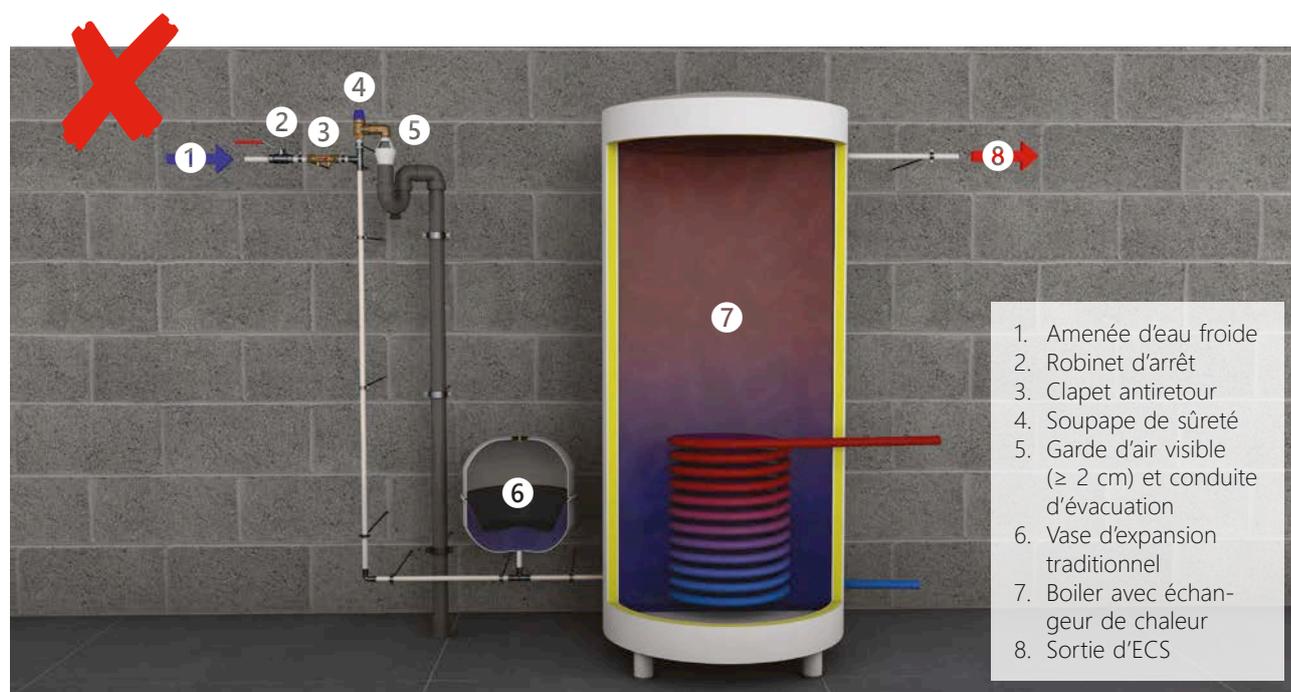
## Une eau qui chauffe se dilate

En présence d'une réserve d'eau chaude sanitaire (ECS), il faut tenir compte de la dilatation de l'eau engendrée par son réchauffement. A titre d'exemple, un volume d'eau de 100 litres augmente de 1,7 litre lorsque sa température est amenée de 10 à 60 °C. Si cette dilatation ne peut pas se faire librement, elle se traduit par une augmentation de la pression de l'eau dans l'installation avec, à la clé, le risque d'endommager cette dernière. Il convient dès

lors de prévoir des dispositifs permettant d'absorber la dilatation de l'eau.

## Dispositifs visant à maintenir une pression acceptable dans l'installation

La **soupape de sûreté** (voir figures 1 à 4, n° 4) est conçue pour évacuer automatiquement de petites quantités d'eau de façon à éviter de dépasser une pression de sécurité



1 | Installation avec un vase d'expansion traditionnel posé sur la conduite d'amenée d'eau froide (option non recommandée).

## Contrôle de l'installation

En principe, une inspection semestrielle permet de **réduire le risque de pertes d'eau anormales** au niveau de la soupape de sûreté (voir NBN EN 806-5). Notons par ailleurs que les éventuels écoulements d'eau au niveau de la soupape doivent être visibles (voir NBN EN 806-2 et les figures 1 à 4).

En présence d'un vase d'expansion, le contrôle consiste notamment à mesurer annuellement la **pression de gonflage** de ce dernier. Cette opération est nécessaire, étant donné que la pression dans le vase peut diminuer au fil du temps en raison de la diffusion progressive du gaz au travers de la membrane. Le contrôle du vase d'expansion ne se limite donc pas à sonder celui-ci à l'aide d'un objet métallique !

prédéterminée au sein de l'installation. Les soupapes destinées aux installations sanitaires sont généralement tarées en usine à une valeur de 6 ou 7 bar. La soupape se pose sur l'arrivée d'eau froide du boiler et est placée en aval du clapet antiretour (n° 3). Notons que les groupes de sécurité combinent les deux organes ainsi que le robinet d'arrêt (n° 2).

En l'absence d'autres dispositifs destinés à limiter les hausses de pression au sein du boiler, la dilatation de l'eau peut engendrer de petites pertes d'eau au niveau de la soupape de sûreté. Avec le temps, il arrive que celle-ci ne se referme plus complètement sous l'effet de dépôts de tartre. Cette situation peut dès lors engendrer un écoulement d'eau continu au niveau de la soupape.

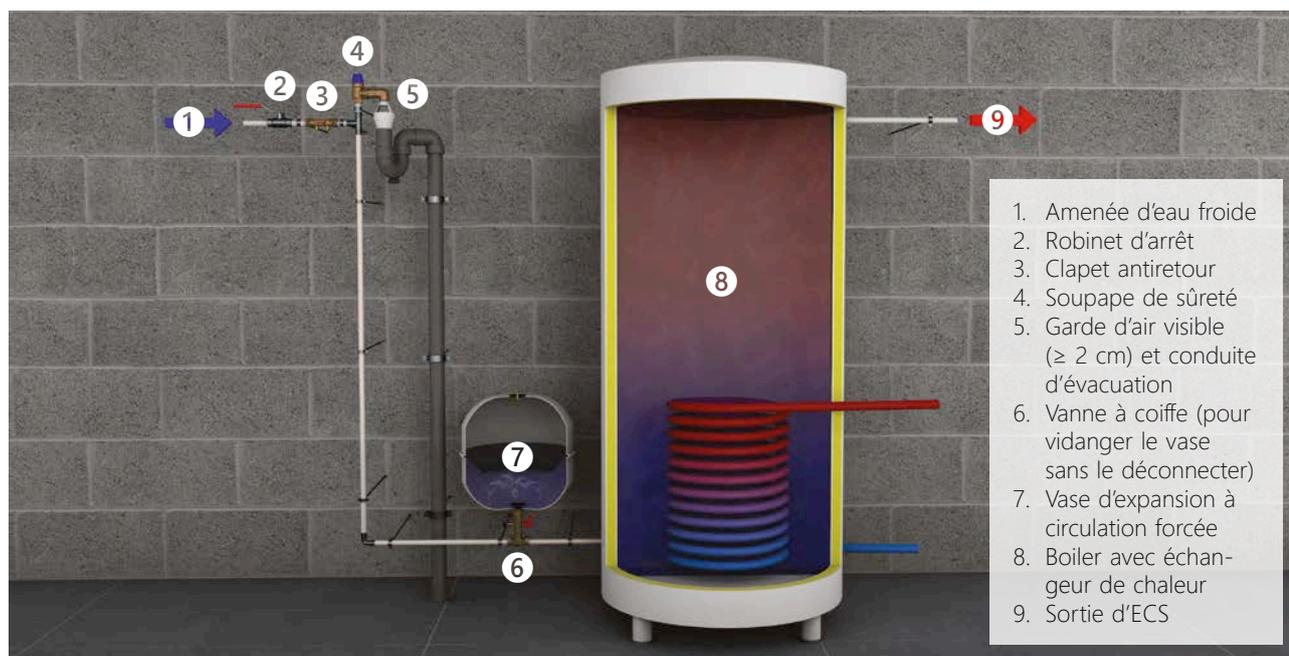
Pour éviter les pertes d'eau occasionnelles, voire continues, au niveau de la soupape de sûreté, il est possible de prévoir un **vase d'expansion** pour absorber la dilatation de l'eau. En

principe, si celui-ci est correctement dimensionné et entretenu (voir ci-dessus), la soupape de sûreté ne s'ouvre qu'en cas de problème (surchauffe anormale, vase défectueux, ...).

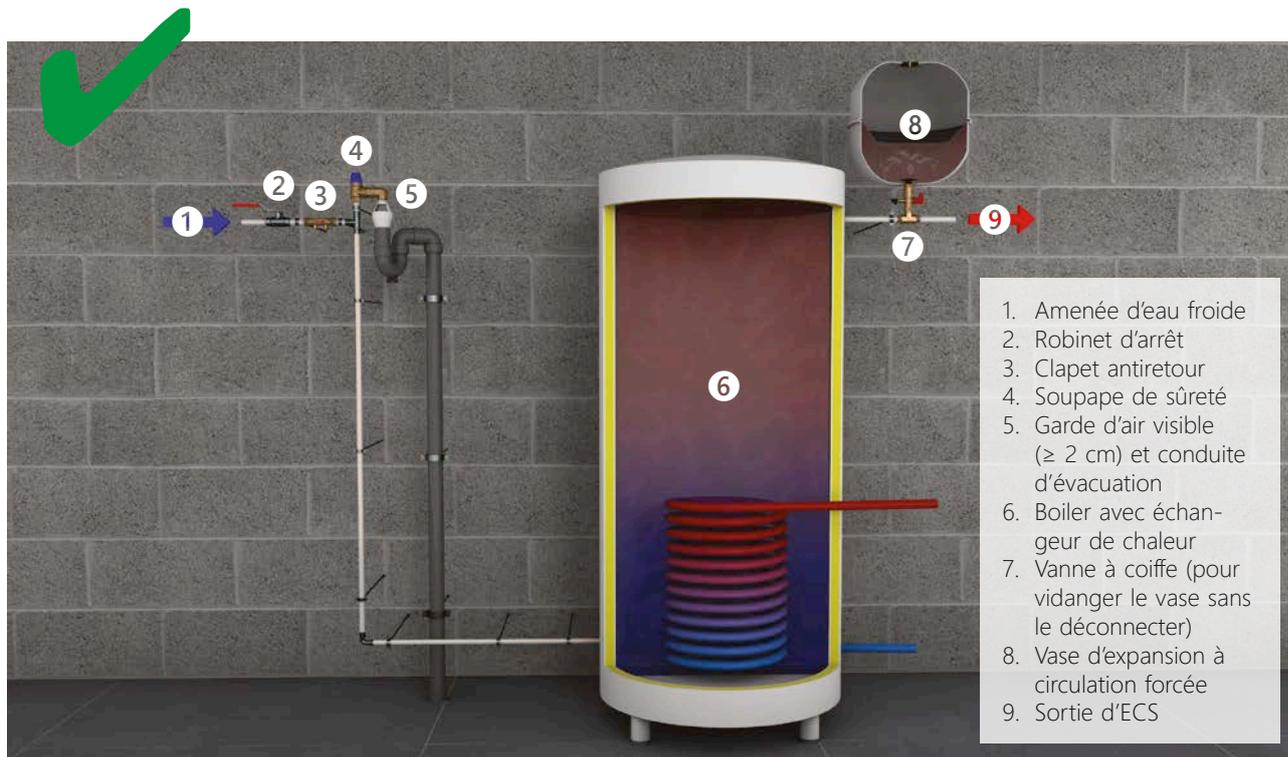
### Impact potentiel du vase sur la qualité hygiénique de l'eau

La qualité de l'eau sanitaire est susceptible de s'altérer lorsque celle-ci stagne dans un espace confiné à une température comprise entre 25 et 50 °C. Ces conditions s'avèrent en effet propices au **développement de légionelles** (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/2.12](#)).

Un vase d'expansion 'traditionnel' posé sur la conduite d'amenée d'eau froide du boiler (voir figure 1 à la page précédente) peut être alimenté par de l'eau chaude en provenance de la partie inférieure du boiler et/ou atteindre des températures critiques dues au milieu environnant (une chaufferie où la



2 | Installation avec un vase d'expansion à circulation forcée posé sur la conduite d'amenée d'eau froide.



3 | Installation avec un vase d'expansion à circulation forcée posé sur la conduite de départ d'eau chaude (option à privilégier).

température peut dépasser les 30 °C, par exemple). L'eau dans ce type de vase n'étant quasiment pas renouvelée, les conditions sont réunies pour voir proliférer la bactérie appelée *legionella pneumophila* (voir [Infofiche 38.16](#)).

Si l'on opte pour la pose d'un vase d'expansion, il y a lieu de privilégier un **vase à circulation forcée**. De l'eau

y circule à chaque fois qu'elle passe dans la conduite reliée au vase, ce qui réduit le risque de stagnation d'eau prolongée.

En Flandre, les installations sanitaires font l'objet d'une réglementation spécifique pour certains types de bâtiments publics (voir encadré ci-dessous).

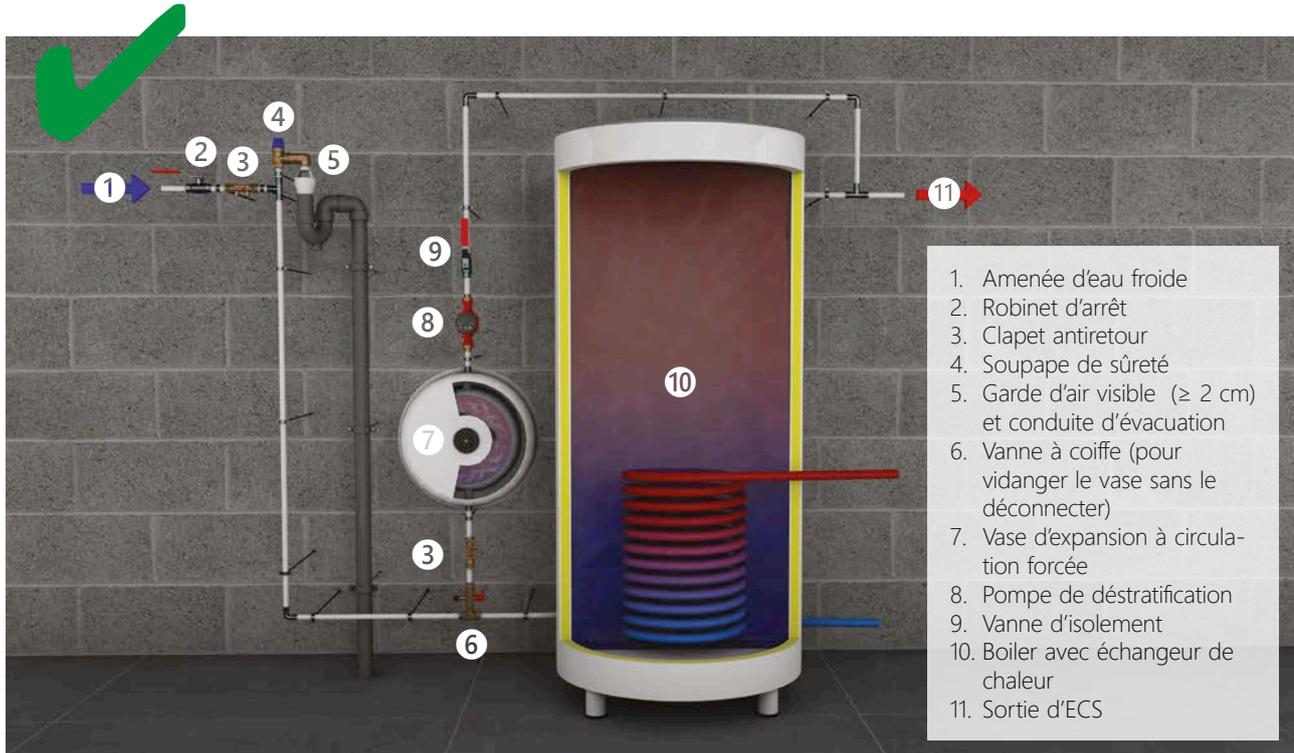
## Prévention de la légionelle

A ce jour, ni la **Wallonie** ni la **Région de Bruxelles-Capitale** ne disposent d'une réglementation destinée à réduire le risque de développement des légionelles dans les installations sanitaires des bâtiments publics. Ces deux Régions sont toutefois soumises à une réglementation spécifique aux piscines publiques.

La **Flandre**, en revanche, dispose de l'arrêté 'Legionella' du 9 février 2007 (Moniteur belge du 4 mai 2007). Les 'BBT' (*Best Beschikbare Technieken*, c'est-à-dire les 'meilleures techniques disponibles') auxquels se réfère cette réglementation ont pour objectif de traduire cette matière en règles spécifiques pour la conception et l'utilisation des nouvelles installations sanitaires de bâtiments à 'haut risque' (résidences pour personnes âgées, hôpitaux, ...) et à 'risque modéré' (bâtiments publics dotés d'une installation d'ECS collective, tels que les complexes sportifs avec douches).

Les BBT stipulent que l'utilisation d'un vase d'expansion sanitaire permet de réduire les pertes d'eau liées à la dilatation de celle-ci. Ces vases doivent alors être placés sur la conduite de départ d'eau chaude et doivent être traversés par la totalité du débit consommé. Le document 'FAQ' qui accompagne les BBT précise en outre qu'il est possible de placer le vase d'expansion sur l'éventuelle boucle de déstratification servant à porter périodiquement (\*) le volume total de la réserve d'eau chaude à une température minimale de 60 °C via un circulateur (pompe de déstratification).

(\*) D'après les BBT, le volume total de la réserve d'ECS doit être porté à 60 °C durant au moins une heure, et ce respectivement une fois par jour ou une fois par semaine selon qu'il s'agit d'un bâtiment à 'haut risque' ou à 'risque modéré'.



1. Amenée d'eau froide
2. Robinet d'arrêt
3. Clapet antiretour
4. Soupape de sûreté
5. Garde d'air visible ( $\geq 2$  cm) et conduite d'évacuation
6. Vanne à coiffe (pour vidanger le vase sans le déconnecter)
7. Vase d'expansion à circulation forcée
8. Pompe de déstratification
9. Vanne d'isolement
10. Boîtier avec échangeur de chaleur
11. Sortie d'ECS

4 | Installation avec un vase d'expansion à circulation forcée posé sur la boucle de déstratification (option à privilégier).

### En amont ou en aval du boiler ?

Dans la majorité des installations comprenant un vase d'expansion à circulation forcée, celui-ci est placé entre le clapet antiretour et le boiler (sur la conduite d'amenée d'eau froide; voir figure 2 à la page précédente).

Cependant, pour réduire encore l'impact potentiel d'un vase d'expansion sur la qualité hygiénique de l'eau sanitaire, on privilégie à présent sa pose en aval du boiler (sur la conduite de départ d'eau chaude; voir figure 3 à la page précédente) ou sur l'éventuelle boucle de déstratification (voir figure 4 et encadré ci-dessous). Ceci implique que la membrane du vase doit être apte à résister à des températures élevées.

En effet, selon pratiquement toutes les recommandations destinées à limiter la présence de légionelles, l'eau chaude devrait être chauffée et distribuée à une température minimale de 60 °C (voir [Infocarte 38.7](#)). En cas de circuit de

### Outil de calcul



Le CSTC a mis au point un [outil](#) permettant de calculer le volume nécessaire du vase d'expansion, de sélectionner le modèle adéquat et de déterminer la pression de gonflage qui garantit le bon fonctionnement du vase.

distribution bouclée, tel que dans la plupart des installations de production d'eau chaude centralisée de plus grande taille, il faudrait également veiller à ce que la température ne soit en aucun point inférieure à 55 °C (voir [Infocarte 38.10](#)). Notons à ce sujet que les vases d'expansion conformes à la norme produit NBN EN 13831 sont conçus pour résister à une température de 70 °C. ◆

### Stratification ?

La stratification correspond à la **formation de couches d'eau caractérisées par des températures différentes** (l'eau chaude plus légère forme des couches au-dessus de l'eau froide plus lourde).

Au sein d'un boiler à stratification, on favorise précisément ce phénomène naturel (en disposant l'entrée d'eau froide en partie basse et la sortie d'eau chaude en partie haute du boiler), et ce pour augmenter les quantités d'eau chaude pouvant être puisées à une température plus élevée. La **pompe de déstratification** a pour objectif de casser périodiquement cette stratification, afin de limiter le risque de développement de légionelles dans la partie inférieure du boiler.

# Pleins feux

## Votre avis a de l'importance !

Afin d'adapter au mieux nos publications et nos services à votre demande, nous souhaitons vous demander de remplir le formulaire d'enquête sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be). Cela ne devrait vous prendre que quelques minutes.

Toutes les informations transmises resteront évidemment confidentielles.



## Nouvelle norme pour la vérification des systèmes de ventilation des logements



La norme NBN EN 14134 spécifie les opérations à effectuer et les méthodes de mesure permettant de vérifier l'aptitude à l'emploi des systèmes de ventilation installés dans les logements. Elle a été révisée en 2019, afin d'être plus détaillée et mieux adaptée aux procédures de vérification actuelles. La norme peut être appliquée pour la mise en service de nouveaux systèmes et l'essai de performance de systèmes existants. Elle permet de choisir entre des méthodes d'essai simples, lorsqu'elles suffisent, et des mesures plus complexes, lorsqu'elles sont nécessaires.

L'annexe de la norme comporte un modèle de liste reprenant les vérifications à effectuer.

Cette norme est disponible gratuitement pour nos membres sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be) et peut également être achetée via le NBN.

# Cours d'hiver du CSTC



## Chaufferies et cheminées

**Ce cours se déroulera sur deux soirées à :**

<b>Gembloux</b> (IFAPME) :	mardis 4 et 11 février 2020
<b>Verviers</b> (IFAPME) :	mercredis 4 et 11 mars 2020
<b>Bruxelles</b> (ECAM) :	mardis 10 et 17 mars 2020
<b>Charleroi</b> (IFAPME) :	jeudis 19 et 26 mars 2020



## Structures en béton et géotechnique

**Ce cours se déroulera sur deux soirées à :**

<b>Mons</b> (IFAPME) :	mardis 21 et 28 janvier 2020
<b>Grâce-Hollogne</b> (ConstruForm) :	lundis 10 et 17 février 2020
<b>Perwez</b> (IFAPME) :	mercredis 12 et 19 février 2020
<b>Bruxelles</b> (ECAM) :	lundis 23 et 30 mars 2020

**Inscrivez-vous sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique 'Agenda').**

## 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 et sur clé USB.

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)



## 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