



Edition spéciale : Inondations

Great Pics - Ben Heine / Shutterstock

Priorité au séchage des bâtiments détrempés !

Notre pays et la Région wallonne en particulier ont été durement touchés par les inondations du mois de juillet. Outre les pertes humaines très lourdes, on dénombre pas moins de 30.000 bâtiments partiellement ou totalement sinistrés. Heureusement, un formidable élan de solidarité s'est manifesté à travers tout le pays et, malgré les périodes de congé, les entreprises de construction y ont participé massivement. Elles étaient toutefois confrontées à des problèmes peu courants et nous avons ressenti très rapidement la **nécessité de répondre collectivement aux nombreuses questions** qu'enregistraient les ingénieurs de la division Avis techniques et consultance. Aujourd'hui encore, plus d'une question sur trois qui nous parvient du côté francophone est en lien direct avec les inondations.

Ce fait nous a incités à créer un dossier spécial 'Inondations' sur notre site Internet (**Dossier spécial : Après le désastre des inondations, place à l'action**). Cette édition spéciale de votre magazine CSTC-Contact vient compléter les informations déjà publiées. Nous avons bien évidemment abordé en priorité les thèmes les plus urgents liés aux interventions de première nécessité (voir **Les Dossiers du CSTC 2021/4.11**), mais les besoins ont évolué et les questions qui se posent dans l'immédiat concernent **l'attitude à adopter vis-à-vis des ouvrages humidifiés** et les **moyens à mettre en œuvre pour favoriser leur assèchement**. Vous trouverez en pages 4 à 11 ce qu'il convient de faire pour les **structures en bois**, les **structures en maçonnerie** et les **revêtements de sol**.

Pour ce qui est de **l'assèchement des ouvrages**, les climats intérieur et extérieur jouent évidem-

ment un rôle essentiel. Un climat chaud et sec tend à accélérer le séchage. Il est certain que le climat très humide que nous avons connu durant la quasi-totalité de l'été n'a pas joué en faveur d'un assèchement rapide par l'extérieur. Les mois qui vont suivre seront encore moins favorables à cet égard. Il faut donc tabler sur le climat intérieur. Mais comment procéder?

Il faut **ventiler et chauffer les locaux en permanence**, afin d'y maintenir une température de 20-22 °C et un taux d'humidité relative aussi bas que possible. Par exemple, de l'air à 20 °C et 50 % d'humidité relative peut emmagasiner trois fois plus d'humidité que de l'air à 16 °C et 80 % d'HR.

Si chauffer ne demande pas d'explication, il n'en va pas de même de la **ventilation**. Une ventilation trop intensive se révélera non seulement très énergivore, mais elle risque en outre de refroidir l'air intérieur et donc les parois si la puissance de chauffage disponible n'est pas suffisante. Une ventilation trop faible ne permettra pas, quant à elle, d'évacuer l'air intérieur humide. Il faut donc trouver un compromis. Si nous disposons de données pour ventiler efficacement les logements dans des conditions normales, il en va tout autrement lorsqu'une charge importante d'humidité est présente. Grâce à une ventilation par des ouvertures permanentes de dimensions raisonnables (par exemple, 5 à 10 cm²/m² de surface au sol), positionnées dans des façades opposées et/ou à des hauteurs différentes, il devrait être possible de renouveler régulièrement l'air intérieur sans le refroidir de manière excessive. Dans tous les cas, il faut éviter d'envoyer de l'air chaud dans des locaux peu ou pas chauffés.

Une alternative à la ventilation est l'installation de **déshumidificateurs d'air** suffisamment performants et idéalement reliés au système d'évacuation d'eau. En cas d'utilisation de ce type d'appareil, une ventilation normale des locaux est suffisante.

Nous souhaitons aussi avoir une **vision à plus long terme**. Doit-on adapter nos standards constructifs ? Comment protéger les constructions d'inondations futures ? Autant de questions importantes qui sont abordées dans les articles des **pages 12 à 26**.

Enfin, nous travaillons en concertation avec le secteur, afin de faire face à la pénurie d'experts. Au moment de mettre cette édition sous presse, des centaines d'habitations n'ont pas encore été expertisées, ce qui retarde bien évidemment les travaux de rénovation et accroît considérablement le risque de dégradations importantes, voire irréversibles, de certains biens. Nous espérons pouvoir proposer rapidement des **check-lists** pour aider les entreprises à réaliser certains travaux urgents. C'est le cas notamment de la remise en route des installations de chauffage, qui sont certes essentielles pour l'habitabilité et le confort des logements, mais qui sont aussi nécessaires au maintien d'un climat intérieur propice à l'assèchement des ouvrages.

Le travail est encore colossal et s'échelonne sur plusieurs années. Notre secteur a un rôle majeur à jouer dans ce domaine et le CSTC souhaite collaborer avec tous les acteurs concernés afin de **faciliter la reconstruction** et de faire de cette épreuve une opportunité pour **définir et bâtir des villes plus sûres et plus durables**.

Quelles interventions post-inondation sur une structure en bois ?

Les inondations des dernières semaines ont eu de lourds impacts dans notre pays. Afin d'assurer la pérennité des bâtiments et de préserver la santé de leurs occupants, il convient d'assécher au plus vite les structures et, au besoin, de remplacer les isolants. Cette étape est cruciale dans le cas d'une structure en bois.

B. Michaux, ir, chef de la division 'Matériaux, toitures et performance environnementale', CSTC
S. Charron, ir, chef du laboratoire 'Matériaux de construction', CSTC

Les inondations engendrent de multiples dégâts dans une maison et ce, à différents niveaux. On prêtera une attention particulière aux conséquences indirectes liées à l'**absorption d'eau par les éléments constructifs**, en particulier dans le cas d'une structure en bois.

Au cours d'une inondation, l'eau va principalement s'accumuler dans les parties basses de la maison (cave, rez-de-chaussée), mais elle peut également se propager sur quelques dizaines de centimètres dans les parties supérieures par **capillarité**.

Le principal problème ne tient pas tant au fait que la structure en bois soit humide, mais bien qu'elle le reste pendant une

longue période (**risque de dégradation biologique**). Les isolants de la paroi peuvent également subir des dégradations ou un tassement, et retenir une grande quantité d'humidité (voir notre photo en page 5). Les mesures explicitées ci-après doivent être prises assez rapidement dans les semaines suivant le sinistre pour éviter toutes dégradations ultérieures irréversibles. Il convient également d'avertir préalablement l'assureur et de documenter par des photos les interventions envisagées.

Trois étapes fondamentales doivent être considérées :

- diminuer la charge d'humidité
- ouvrir les parois pour évaluer les dégradations ainsi que la nature de l'intervention
- remettre la structure en état.



Comment réduire la charge d'humidité ?

Pour évacuer l'humidité d'une structure en bois, on peut avoir recours aux techniques suivantes :

- **drainage et pompage de l'eau**, y compris dans le vide ventilé, la cave, les espaces techniques, ...
- **aération naturelle intensive et remise en fonctionnement des dispositifs de ventilation**
- **évacuation des éléments qui ont accumulé de l'humidité** et qui y sont sensibles (revêtements, ...).

L'évacuation de l'humidité des matériaux peut prendre plusieurs semaines, voire plusieurs mois, en fonction de la porosité des matériaux et du système de ventilation présent. Selon la taille et la géométrie des locaux, il peut s'avérer nécessaire de **faire usage de ventilateurs mécaniques complémentaires ou d'un déshumidificateur**. L'air doit circuler dans toute l'habitation, y compris dans les zones qui n'ont pas été inondées.

On peut également accélérer l'évaporation de l'humidité en **augmentant la température intérieure du bâtiment**. La mise en route du chauffage peut ainsi être envisagée, si les conditions de sécurité le permettent. Il convient toutefois de ne pas chauffer exagérément ni trop rapidement, au risque d'occasionner des fissures dans les éléments constructifs.

La ventilation est, elle aussi, indispensable pour éviter tout risque sanitaire. En effet, la présence d'une humidité élevée au sein d'une habitation est propice au développement de moisissures et autres microorganismes, pouvant engendrer des problèmes de santé pour les occupants (asthme, allergie, ...). Au cas où des moisissures sont présentes, il convient de porter un équipement adapté (masque, gants, ...) lors des travaux d'assainissement (voir à ce sujet [Les Dossiers du CSTC 2015/2.9](#)).

Ouverture des parois – Evaluation des dégradations et de la nature de l'intervention

L'ouverture des parois doit permettre le séchage de celles-ci et l'évaluation des dégradations. Les mesures suivantes devront être envisagées :

- si l'ouverture se fait par l'intérieur, **la membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau devra être démontée**; si elle se fait par l'extérieur, il faudra procéder à l'enlèvement du pare-pluie
- **l'isolant humidifié doit presque systématiquement être éliminé**. On accordera une attention particulière aux isolants capillaires (fibre de bois, cellulose, ...), qui peuvent absorber l'humidité et subir un tassement très important. Ces matériaux ne pourront donc pas être récupérés. Certains autres isolants peuvent être réutilisés à condition qu'ils conservent leurs caractéristiques après séchage (densité, cohésion, ...)
- **les finitions intérieures sensibles à l'humidité qui ont été inondées doivent être démontées jusqu'à une hauteur de 30 cm au-dessus de la limite atteinte par l'eau**. Les matériaux humides de type carton, gypse, ... peuvent être le siège de moisissures et de champignons. La présence d'eau peut également dégrader leurs propriétés mécaniques
- les panneaux de contreventement intérieurs ou extérieurs peuvent avoir perdu leurs performances mécaniques. Il est à noter qu'un panneau présentant un gonflement doit toujours être éliminé. Quant aux **panneaux dégradés, ils devront tous être démontés sur une hauteur de 30 cm au-dessus de la limite atteinte par l'eau**. Si le panneau contreventant semble fortement détérioré, un remplacement progressif devra être envisagé, afin de ne pas fragiliser mécaniquement la structure
- **une structure portante à ossature en bois ou en CLT doit rester aérée jusqu'au séchage des éléments** (humidité du bois < 20 %). Il est difficile de déterminer





Coutures de liaison mécanique pouvant être réalisées entre des fragments de panneaux découpés.

avec précision la durée d'assèchement, car elle dépend de nombreux paramètres (ventilation, taux d'humidité du bois, essence, section et surface exposée de l'élément, ...). Cependant, à titre d'information, nous pouvons avancer un délai approximatif de 8 semaines pour des chevrons de 55 x 75 cm et de 6 semaines pour des éléments de 38 x 184 cm si ces derniers sont ventilés

- si le **parement extérieur est constitué de matériaux sensibles à l'eau (ETICS sur fibre de bois, par exemple), l'ensemble du parement (enduit, isolant, ...) qui a été mis sous eau doit être démonté et évacué**. Dans ce cas, des mesures de protection contre les intempéries devront être mises en place, tout en veillant à ne pas entraver la ventilation et le séchage des éléments.

L'ensemble des interventions mentionnées ci-dessus sont également applicables aux planchers en bois partiellement ou totalement inondés. Durant la période d'assèchement, il est recommandé **d'étaçonner les planchers pour limiter leurs déformations ou leur flambement**. Cette mesure ne pourra toutefois être envisagée que si la résistance mécanique des poutres est suffisante et que la descente des charges est assurée. Cela ne devrait pas poser de problème avec des éléments en bois massif, mais les éléments reconstitués peuvent contenir des matériaux peu ou pas résistants à l'humidité.

Remise en état de la structure

Certains débits hydrauliques peuvent provoquer des efforts horizontaux importants entraînant des déformations ou le déplacement des parois. Il est donc important de **vérifier**

les ancrages ainsi que la planéité et la verticalité des parois.

Les parois constitutives d'une ossature en bois peuvent être refermées lorsque le taux d'humidité à cœur de l'élément est inférieur à 20 % (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/1.4](#)).

Exception faite des systèmes de type A3, les produits de préservation du bois qui ont été mis sous eau subissent un lessivage des agents actifs. A défaut de garantie de la part du fabricant, nous recommandons de **réaliser un traitement préventif ad hoc par badigeonnage ou par aspersion** sur l'ensemble des éléments de structure qui ont été inondés.

Les panneaux doivent être remplacés par des éléments de performances similaires. Si les panneaux de contreventement ont été découpés, la résistance d'ensemble doit être rétablie en réalisant des **'coutures' de liaison mécanique entre les parties de panneaux** (voir figure ci-dessus).

Les écrans d'étanchéité (pare-pluie, étanchéité à l'air, pare-vapeur) sont repositionnés afin d'assurer la continuité avec les éléments restés en place. Si le pare-pluie en pied de paroi rejoint le drainage extérieur de la fondation, il est nécessaire de **vérifier si ce drainage n'a pas été obturé par les boues de l'inondation**.

Les revêtements de sol extérieur et de façade en bois ne devront être remplacés qu'en cas de déformation ou de détérioration de leurs caractéristiques mécaniques. On ne pourra toutefois s'en assurer qu'une fois que les revêtements auront retrouvé leur humidité d'équilibre (17 + 2 % pour les bardages et les terrasses en bois). ◆

Assèchement des maçonneries après inondations

L'humidité est de toute évidence l'une des principales causes de dégradation des constructions. C'est pourquoi les bâtiments ont traditionnellement été conçus en vue de rencontrer le moins de problèmes possible dus à ce fléau. Malheureusement, même dans ce cas, il existe peu de défenses contre les événements naturels exceptionnels tels que les inondations. Une fois que l'humidité a pénétré dans les bâtiments, il importe de l'éliminer le plus rapidement possible et de se prémunir contre les dégâts pouvant survenir à long terme.

Y. Vanhellemont, ir., chef adjoint du laboratoire 'Rénovation et patrimoine', CSTC

L'humidité provoque des dégâts de manières les plus diverses : elle affecte presque immédiatement les enduits intérieurs, favorise la formation de moisissures et a un impact négatif sur le climat intérieur. A plus long terme, elle occasionne des dommages matériels de toutes sortes (corrosion, pourrissement du bois, dégâts dus à la cristallisation des sels ou aux sels hygroscopiques et cycles de gel/dégel) pouvant entraîner de graves problèmes de

sécurité et de stabilité. Par conséquent, un **séchage rapide** est absolument nécessaire pour maîtriser les dégâts (voir encadré à la page suivante).

Très souvent, l'eau est chargée de **polluants divers**. En effet, elle contient naturellement du sel (souvent en provenance du sol), mais les eaux de crues peuvent également véhiculer des substances telles que du mazout ou être mélangées avec



Shutterstock

aux eaux usées. De telles substances peuvent être absorbées par des matériaux poreux et les dégrader encore davantage et/ou donner lieu à un climat intérieur malsain à court et à long terme, ce qui représente un risque considérable pour la santé des occupants.

Pour plus d'informations sur l'humidité dans les bâtiments, consultez la [Note d'information technique 252](#).

Contrôle

Avant de procéder à l'assainissement d'un bâtiment inondé, il y a lieu de contrôler l'étendue et la gravité des dégâts. Les parties du bâtiment situées au-dessus du niveau de l'eau doivent, elles aussi, être inspectées (pour une check-list de préintervention, voir [Les Dossiers du CSTC 2021/4.11](#)). On prêtera une attention particulière aux hors-plomb, aux déformations et aux fissures, les problèmes de stabilité constituant un risque réel après inondation. Il convient en outre de vérifier minutieusement les cavités cachées (mur creux, vide sanitaire, espace derrière les parois de doublage, ...), qui peuvent contenir longtemps l'humidité et provoquer des dommages à long terme. Les matériaux organiques et l'isolation thermique constituent un point sensible dans de tels espaces. Une endoscopie permet de se faire une idée plus précise de l'état de l'isolation thermique dans un mur creux. Les éléments en bois encastrés dans des maçonneries humides devront également faire l'objet d'un soin attentif (voir [l'article publié en page 4](#)).

Assèchement et temps de séchage

L'évacuation de l'humidité excédentaire contenue dans les matériaux dépend principalement des aspects suivants :

- **l'évacuation de la vapeur d'eau présente dans l'air.** Si l'évacuation est inexistante (ou insuffisante), le processus d'assèchement sera considérablement retardé. Une ventilation adéquate et/ou l'utilisation d'un déshumidificateur sont donc indispensables (voir l'encadré ci-dessous)
- **la présence de finitions.** En effet, elles peuvent ralentir

considérablement l'évaporation, voire l'entraver complètement. Les enduits, cimentages, certains types de papier peint, certaines peintures, ... peuvent avoir un effet très important sur la vitesse de séchage du mur. Il y a donc lieu d'éliminer les matériaux mouillés jusqu'à une trentaine de centimètres au-dessus du niveau atteint par l'eau. Dans certains cas, il est justifié de conserver certains revêtements muraux (plus particulièrement quand ils ont une valeur historicoculturelle), à condition qu'ils ne soient pas directement affectés par l'humidité. Les finitions en plâtre ou en matériaux organiques, par exemple, doivent généralement être considérées comme perdues. Il est souvent possible de conserver certains carrelages muraux décoratifs ou revêtements en pierre naturelle qui ont été posés directement avec un mortier à base de ciment ou de chaux, ou des enduits muraux décoratifs à base de ciment (bien qu'ils puissent présenter une décoloration, par exemple). Conserver les finitions peut toutefois réduire sensiblement la vitesse de séchage du mur

- **les isolants extérieurs ou les isolants placés dans les murs creux.** Selon leur type, ils peuvent résister à l'humidité et recouvrer après séchage leurs propriétés thermiques d'origine. Vu la nature très variée des isolants utilisés et de leur technique de mise en œuvre, il est difficile d'établir une liste des matériaux à éliminer. Pour déterminer la nécessité d'une intervention sur les isolants extérieurs, nous recommandons d'effectuer un ou plusieurs sondages
- **les isolants intérieurs.** Ils devront le plus souvent être éliminés pour faciliter l'assèchement des murs (voir ci-après). Certains matériaux peuvent être réutilisés après séchage. C'est généralement le cas des panneaux synthétiques de type polyuréthane, polystyrène extrudé ou expansé, ...

Le temps de séchage final dépend de nombreux paramètres, mais un temps de séchage 'moyen' pour un mur en briques de terre cuite de 30 cm d'épaisseur sans finition, qu'on laisse sécher des deux côtés dans de bonnes conditions (aération naturelle et température de 20 °C environ), s'échelonne souvent sur **plusieurs mois, voire un an dans certains cas**. Ce délai augmente sensiblement si les murs sont plus épais

Pour un séchage rapide

Le séchage dépend de plusieurs paramètres comme la présence de matériaux de finition, les caractéristiques des matériaux, ... et le climat qui règne de part et d'autre de la paroi. Si nous n'avons pas d'influence sur le climat extérieur, le **maintien d'un climat intérieur propice à l'assèchement** est primordial. Cela peut se faire par une ventilation permanente des locaux et, en périodes froides, par un chauffage suffisant (18 à 22 °C). Le recours à d'autres techniques (canons à chaleur ou déshumidificateurs) peut accroître la vitesse de séchage. Les **déshumidificateurs d'air** sont particulièrement utiles pendant la phase initiale de séchage (premières semaines) et permettent de garder les portes et fenêtres fermées durant le processus. Idéalement, ces déshumidificateurs seront reliés au système d'évacuation des eaux, ce qui permet d'éviter des débordements.

Chauffer le bâtiment (à l'aide d'un canon à chaleur, par exemple) accélère sensiblement le séchage. Dans ce dernier cas, il importe de ne pas oublier la ventilation. En effet, sans évacuation de la vapeur d'eau qui s'échappe des matériaux et s'accumule dans l'air, le chauffage du bâtiment ne sert à rien.



ou si le séchage est entravé par des couches de finition ou des conditions défavorables. Des simulations numériques réalisées au moyen du logiciel Delphin montrent que le temps de séchage peut être multiplié par trois en présence de finitions comme des peintures. Ce temps de séchage sera encore accentué si on maintient un éventuel isolant sur la face intérieure de la maçonnerie.

Traitement

L'assèchement du bâtiment ne permet généralement pas de résoudre tous les problèmes. On peut s'attendre à d'importants dégâts dus aux sels durant le séchage des murs, ainsi qu'à une augmentation de la quantité des sels hygroscopiques. En outre, il y a lieu de tenir compte de la présence d'autres matières, comme la contamination due au mazout et aux eaux d'égout (voir ci-avant).

En général, il n'est **pratiquement pas possible d'éliminer rapidement ces substances des murs**. Pour enlever les taches d'huile superficielles, il existe des produits de nettoyage spécifiques (voir liste sur [notre site Internet](#), rubrique 'Produits de construction'). Leur efficacité dépend du type de support et de la pénétration du liquide dans le support. Toutefois, on est souvent contraint de laisser les polluants dans les murs. Dans ce cas, il convient de choisir des revêtements muraux qui séparent physiquement l'espace

intérieur des murs eux-mêmes, pour que ces substances n'influencent pas la qualité de l'air. Pour ce faire, on peut :

- **utiliser des membranes gauffrées avec un enduit intérieur classique** : une solution adéquate tant pour les problèmes liés à la présence de sels que pour la contamination due au mazout, par exemple. La membrane forme un écran imperméable entre le mur souillé et l'espace intérieur qui est ainsi protégé
- **mettre en œuvre une paroi de doublage** (en plaques de plâtre, par exemple).

Dans ces deux cas, il ne faut pas perdre de vue que le revêtement mural doit être complètement étanche à l'air, afin d'empêcher les polluants de contaminer l'air intérieur. Il faut aussi éviter d'appliquer ces doublages ou ces membranes gauffrées sur des supports trop humides. Tout confinement de l'humidité peut induire des remontées capillaires jusqu'à des hauteurs dépassant celle d'un étage ! L'application d'un nouveau parachèvement directement sur la paroi ne devrait s'envisager que lorsque le mur est suffisamment sec, c'est-à-dire lorsque la teneur en humidité de la maçonnerie est inférieure à 3 %. Cette mesure est effectuée à l'aide d'un échantillon de mortier (prélevé à environ 10 cm de profondeur) testé au moyen d'une bombe à carbure. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet de recherche 'IN2EuroBuild' financé par la Région wallonne.

Impact de l'humidité sur les revêtements de sol

Les ingénieurs de la division 'Avis techniques et consultance' sont régulièrement interrogés, ces dernières semaines, à propos de complexes planchers inondés. Si certaines finitions telles que les revêtements carrelés mis en œuvre sur des chapes à base de ciment peuvent le plus souvent être conservées, d'autres comme les parquets risquent fort de subir des dégâts dans les semaines ou mois à venir.

G. De Raed, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques et consultance', CSTC



Lorsqu'un revêtement de sol est immergé pendant plusieurs heures, il est courant que des désordres apparaissent rapidement après la phase de nettoyage (tachage, décollement du support, gonflement du matériau, ...). Il est également possible que des dégâts se produisent à plus long terme et ne soient pas directement décelables. La prudence est donc de mise selon la nature du revêtement de sol.

Structure portante

Pour ce qui concerne les structures portantes en bois (de type gîtages), nous renvoyons le lecteur à [l'article à la page 4](#), qui détaille les travaux conseillés pour limiter les risques de dégradations du bois (développement de champignons, par exemple). Le présent article se limitera donc principalement aux revêtements de sol placés sur des chapes (complexes planchers sans bois) reposant elles-mêmes sur une structure lourde comme des hourdis en béton.

Support du revêtement

Une **chape à base de ciment** se comporte généralement bien en présence d'humidité. Il convient toutefois de rester attentif aux désordres éventuels qui pourraient apparaître au niveau de certaines canalisations ou de certains accessoires métalliques noyés dans la chape (sols chauffants, par exemple).

A l'inverse, les **chapes à base d'anhydrite** sont sujettes à des dégradations importantes lorsqu'elles restent humides trop longtemps. Pour éviter de tels désordres, on considère que la pose de tout type de revêtement de sol devrait être évitée si le taux d'humidité, mesuré au moyen d'une bombe à carbure, dépasse 1 %. En présence d'une chape à base d'anhydrite fortement humidifiée, il est donc conseillé d'ôter tout revêtement, afin d'accélérer l'assèchement.

La **pose d'une nouvelle finition** nécessitera, quant à elle, un taux d'humidité encore plus faible. La **Note d'information technique 237** stipule que le taux d'humidité en masse d'une chape à base de sulfate de calcium ne peut dépasser 0,6 % si elle est recouverte d'un parquet et 0,5 % s'il s'agit d'un revêtement de sol étanche à la vapeur tel qu'un carrelage ou un revêtement de sol souple. La **Note d'information technique 241** propose même un taux d'humidité maximal de 0,3 % pour les chapes à base de sulfate de calcium pourvues d'un système de chauffage par le sol.

Si après le séchage de la chape, un doute subsiste quant à ses caractéristiques mécaniques, il est conseillé de réaliser un essai de poinçonnement dynamique (*screed tester*, voir le § 4.3.4 de la **NIT 189**).

En présence d'une **chape isolante** ou d'une **couche d'isolation thermique sous la chape**, nous recommandons de vérifier le taux d'humidité de ces matériaux, ceux-ci pouvant emmagasiner de grandes quantités d'humidité. Si c'est le cas, il sera souvent nécessaire de les éliminer, afin d'accélérer l'application d'un nouveau complexe chape/revêtement de sol.

Revêtement de sol

Lorsqu'on est en présence d'un **matériau 'peu sensible' à l'humidité**, tel qu'un revêtement de sol carrelé posé sur une chape à base de ciment, les risques de dégradations futures restent limités. Dans la très grande majorité des cas, le remplacement du revêtement de sol ne nous semble pas indispensable, puisque seules quelques efflorescences au droit des joints entre carreaux devraient être visibles lors du séchage de l'eau emprisonnée dans la chape.

Pour l'ensemble des autres revêtements de sol, tels que les parquets, les sols stratifiés, les revêtements souples (linoléum, PVC, ...), les pierres naturelles sensibles au tache ou à l'humidité et même les revêtements résineux (à base de résines époxydes ou polyuréthanes), nous estimons que les travaux à prévoir devront être réalisés avec toutes les précautions nécessaires.

Dès que de **l'eau est restée piégée dans une chape** (même à base de ciment) munie de l'un des revêtements de sol précités, un remplacement de celui-ci s'avère presque tou-

jours indispensable, en tout cas dans les zones humidifiées. Bien qu'il ne s'agisse pas de leur fonction première, les revêtements de sol souples comme le linoléum ainsi que les revêtements résineux peuvent constituer une couche étanche. L'humidification du support peut donc être limitée, du moins en partie courante. Il faut néanmoins tenir compte du fait que des infiltrations peuvent se produire au droit de certains joints ou en périphérie du revêtement. Un **contrôle au moyen d'une bombe à carbure** permet de déterminer les zones trop humides. Les valeurs seuils du tableau ci-dessous constituent selon nous une base fiable pour évaluer la quantité d'humidité.

Bien que les désordres n'apparaissent pas toujours immédiatement, l'expérience nous montre que, dans les zones où la chape est trop humide, il est indispensable d'opter pour une des solutions suivantes :

- **remplacement de la finition dégradée par un revêtement 'peu sensible'** tel qu'un carrelage. Dans un tel cas de figure, le taux d'humidité de la chape importe peu et il n'est pas nécessaire d'attendre le séchage complet de cette dernière
- **remplacement de la finition par un autre revêtement de sol sensible à l'humidité** (de type linoléum ou parquet, par exemple). Dans ce cas, le séchage de la chape est indispensable et il sera alors souvent nécessaire de patienter plusieurs mois avant de pouvoir placer la nouvelle finition
- **remplacement du revêtement de sol ainsi que de la chape** (et éventuellement de la chape isolante). Cette solution, plus lourde d'un point de vue technique, permet bien souvent d'accélérer la remise en état du bâtiment.

Contrôle du taux d'humidité de la chape en cas de remplacement du revêtement

Lorsqu'on remplace le revêtement de sol par un matériau dit sensible, il est indispensable de procéder à un contrôle du taux d'humidité de la chape servant de support. Pour ce faire, nous recommandons d'opter pour une mesure à la bombe à carbure. Le descriptif complet de la méthodologie est repris au § 2.2.3.4 de la **Note d'information technique 272**. Nous indiquons dans le tableau ci-dessous les valeurs maximales recommandées pour les chapes à base de ciment destinées à recevoir un revêtement de sol. ◆

Taux d'humidité maximal d'une chape à base de ciment destinée à recevoir un revêtement de sol.

Type de revêtement	Document de référence	Valeur maximale admise sans chauffage par le sol	Valeur maximale admise avec chauffage par le sol
Parquet	NIT 272	2,5 %	1,8 %
PVC, caoutchouc, linoléum avec couche en PU	NIT 241	2,0 %	1,8 %
Linoléum sans couche en PU, liège	NIT 241	2,5 %	1,8 %
Revêtement résineux (époxyde ou polyuréthane)	NIT 277	4,0 %	2,5 %

Comment protéger au mieux les bâtiments existants contre les inondations ?

D'une manière générale, on s'attend à ce que les changements climatiques entraînent une augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations dans les prochaines années. Il est donc devenu essentiel de construire et de rénover les bâtiments situés en zone inondable de façon à ce qu'ils résistent aux inondations.

P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., chef de projet principal, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

1 Risque d'inondations et probabilité d'inondations

Afin de pouvoir choisir les mesures de protection les plus appropriées pour les bâtiments existants, il importe de connaître le risque d'inondations et la probabilité d'inondations.

Le **risque d'inondations** est lié à l'environnement et à la cause des inondations. Celles-ci peuvent en effet avoir plusieurs origines :

- des cours d'eau qui débordent
- des eaux de surface qui ne sont pas ou pas suffisamment drainées lors d'averses abondantes et/ou prolongées
- des égouts qui ne sont plus capables d'évacuer l'eau en suffisance, ce qui provoque un refoulement de l'eau et l'inondation des rues.

Pour bien estimer le risque d'inondations, on se posera notamment les questions suivantes :

- d'où proviennent les eaux de la crue ?
- quels sont les niveaux d'eau attendus ?
- un fort écoulement lié à d'importantes dénivellations ou au relief du terrain est-il attendu ?
- quelle est la durée attendue des inondations ?

La **probabilité d'inondations** dépend, quant à elle, directement des caractéristiques et de l'état du bâtiment. Il est donc essentiel d'examiner l'habitation en détail, en s'attardant entre autres sur les aspects suivants :

- quelle est la hauteur du sol fini ?
- y a-t-il une cave ?
- quelle est la typologie de l'habitation (maçonnerie avec

- ou sans coulisse ou ossature en bois) ?
- combien d'ouvertures compte la façade et quelle est leur taille ?
- quel est l'état de la façade ?
- y a-t-il des fissures dans la façade ?
- la façade comporte-t-elle des ouvertures d'aération ou des ouvertures pour impétrants ?

2 Bâtiments résilients aux inondations

On pense souvent que le concept de 'résilience aux inondations' se limite au fait d'empêcher complètement l'infiltration de l'eau dans le bâtiment en installant une barrière de protection à une certaine distance du bâtiment ou au niveau de la façade. Le concept est toutefois plus large que cela. Si le niveau d'eau est élevé (plus de 0,6 à 0,9 m) et/ou l'écoulement intense, il peut en effet s'avérer très dangereux de bloquer l'eau au niveau de l'enveloppe du bâtiment. Dans ces cas, la rupture d'une barrière de protection contre les eaux peut créer une vague d'eau si puissante qu'elle pourrait avoir des conséquences fatales pour les personnes se trouvant derrière. Par ailleurs, lorsque l'eau est retenue au niveau de la façade, un déséquilibre se crée entre les forces s'exerçant à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation, ce qui peut entraîner une défaillance structurale de la façade en cas de niveau d'eau élevé et/ou d'écoulement intense. De plus, les hauteurs d'eau prévues ne sont que des estimations statistiques. Dans des circonstances exceptionnelles, la hauteur d'eau pourrait donc être encore plus élevée.

Pour rendre une habitation résiliente aux inondations, il est donc préférable d'adopter une double stratégie, à savoir,



1. Fermeture temporaire des ouvertures de ventilation
2. Colmatage des fissures de la façade
3. Obturation temporaire des joints verticaux ouverts
4. Application d'une couche de protection sur la partie inférieure ou sur l'ensemble de la façade
5. Barrière de protection amovible ou porte étanche à l'eau
6. Barrière de protection amovible ou automatique à l'entrée de la rampe d'accès

1 | Mesures visant à empêcher l'infiltration de l'eau dans l'habitation (*dry floodproofing*).

d'une part, **empêcher le passage de l'eau tant que le niveau ne dépasse pas un certain seuil** (c'est ce que l'on appelle la *flood resistance approach* ou *dry floodproofing*) (voir figure 1) et, d'autre part, **laisser l'eau pénétrer dans le bâtiment lorsque le niveau passe au-delà de ce seuil** (c'est ce qu'on appelle la *flood resilience approach* ou *wet floodproofing*) (voir figure 2 à la page suivante). La seconde solution consiste à prendre des mesures permettant de limiter fortement, voire d'empêcher les dégâts des eaux, de faciliter le nettoyage ainsi que d'accélérer le séchage, la réparation et la remise en service de l'habitation après l'inondation.

Si l'on s'attend à un niveau d'eau élevé et/ou à un écoulement intense, la stabilité du bâtiment sous cette charge doit être évaluée par un bureau d'études. Si nécessaire, un renforcement de la structure de base doit être prévu.

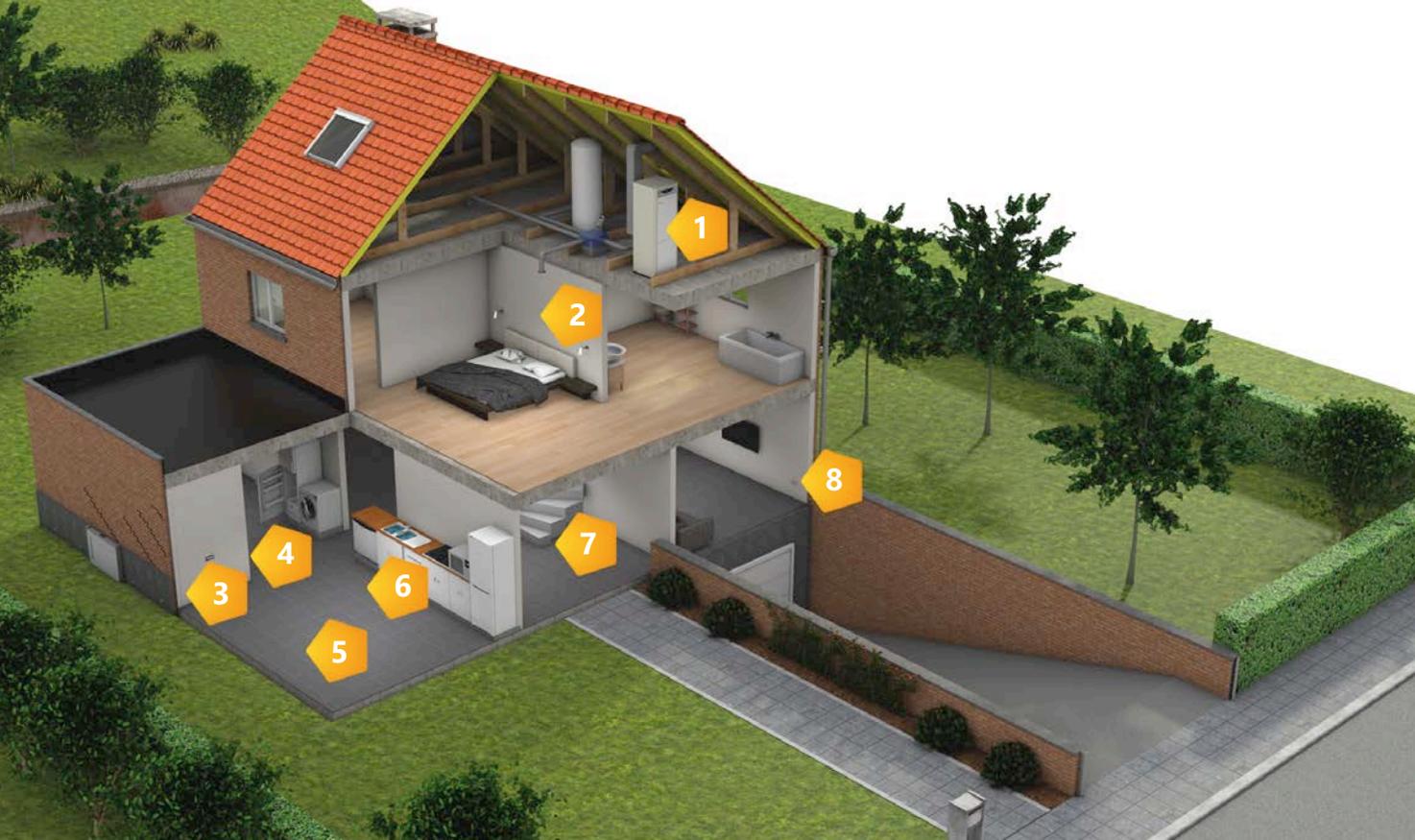
3 Blocage de l'eau au niveau de la limite de la parcelle ou de la façade

Afin d'éviter que l'eau ne s'écoule dans l'habitation, on peut choisir de retenir l'eau au niveau de la façade et/ou au

niveau de la limite de la parcelle. Dans le cas des maisons à bel étage, dans lesquelles le garage et/ou une partie de l'espace de vie se trouvent partiellement en sous-sol, il est préférable de placer la barrière de protection à une certaine distance du bâtiment. Cette solution est en effet plus sûre, puisque la hauteur d'eau à retenir s'avère beaucoup moins importante à cet endroit.

Pour ce qui est des maisons individuelles, il est déconseillé d'installer d'office une barrière de protection contre les eaux au niveau de la limite de la parcelle, car cette solution empêche l'eau de pénétrer dans de grandes zones (inhabitables), ce qui sollicite davantage les bâtiments voisins. Dans le cas où les conséquences d'une infiltration d'eau seraient trop dommageables (maison à ossature en bois, par exemple; voir [l'article publié en page 4](#)) ou si l'installation d'une barrière de protection au niveau de l'enveloppe du bâtiment s'avère impossible, cette option peut tout de même être envisagée en dernier recours.

Lors d'une inondation, on veillera particulièrement à la stabilité des barrières de protection situées en limite de parcelle (mur de jardin ou terre-plein, par exemple). On prévoira aussi, dans l'idéal, une installation de pompage



1. Boiler et autres installations techniques placés dans les étages supérieurs
2. Circuits électriques séparés pour le rez-de-chaussée et les autres étages
3. Prises électriques rehaussées au rez-de-chaussée
4. Appareils électriques surélevés
5. Revêtement de sol résistant à l'eau (carrelage, par exemple)
6. Eléments de cuisine en matériaux résistants à l'eau, avec éléments inférieurs surélevés
7. Marches inférieures de l'escalier en béton
8. Revêtement intérieur des murs résistant à l'eau

2 | Mesures visant à limiter les dégâts causés par le passage de l'eau dans le bâtiment (*wet floodproofing*).

derrière la barrière afin d'assurer une protection supplémentaire contre l'excédent d'eau qui s'infiltré à travers la structure et dans le sol.

4 Types de barrières de protection contre les eaux

4.1 Batardeaux

Les éléments les plus connus pour la protection des grandes ouvertures (baies de portes et de fenêtres, portes de garage, portails d'accès situés dans la clôture du jardin et/ou entrées de rampes d'accès) sont les batardeaux. En général, ceux-ci doivent être mis en place avant l'inondation dans un cadre fixe, qui doit être positionné soit devant, soit dans l'ouverture. Les cadres sont donc présents et visibles en permanence. Les batardeaux se composent d'une ou de plusieurs parties.

On trouve également sur le marché divers types de **batardeaux innovants** (voir l'article en page 17) équipés d'un système mécanique spécifique qui leur permet de se dilater

et de sceller ainsi les baies en assurant un bon raccord avec le sol et la maçonnerie. L'avantage est qu'ils ne nécessitent pas de cadres fixes visibles en permanence.

Les batardeaux se déclinent en une large gamme de matériaux, de couleurs et de systèmes de fixation ou de serrage (à clipser ou à visser, par exemple). Le poids des composants ainsi que la facilité et le temps d'installation diffèrent toutefois fortement d'un système à l'autre. Quel que soit le type de batardeau choisi, des fuites sont toujours possibles. Le débit de fuite dépend néanmoins grandement du produit et de sa bonne installation par l'utilisateur. Certains systèmes utilisent en partie la pression hydrostatique exercée par l'eau du côté extérieur du batardeau pour assurer une meilleure étanchéité. Cela implique toutefois que les fuites seront plus importantes lorsque le niveau d'eau est faible (hauteur d'eau de quelques centimètres), mais qu'elles seront aussi moindres en cas de hauteur d'eau élevée. Pour le bon fonctionnement du système, il est bien entendu primordial d'installer correctement le cadre, en respectant les indications du fabricant et en veillant à la bonne étanchéité du raccord entre le cadre et le support (maçonnerie, par exemple). Afin de garantir le fonctionnement optimal des



3 | Barrière de protection utilisant un système de flotteur.

atardeaux à long terme, il est essentiel d'entretenir et de remplacer régulièrement les joints en caoutchouc, mais aussi de stocker lesatardeaux dans un endroit approprié et sûr en vue d'éviter toute dégradation du dispositif et de son système d'étanchéité.

4.2 Barrières de protection passives ou automatisées

Le principal désavantage desatardeaux est qu'ils doivent être montés avant l'inondation pour protéger l'habitation. En vue de remédier à ce problème, certains fabricants ont mis au point des barrières complètement automatisées utilisant un **système de flotteur** ou un **système mécanique/pneumatique**. Le système de flotteur consiste à stocker la barrière dans une structure souterraine. Cela permet un passage sans obstacle lorsqu'il n'y a pas d'inondations. En cas de crue, un réservoir souterrain se remplit d'eau via une rigole située devant la barrière, et cette dernière remonte ainsi à mesure que le niveau de l'eau s'élève pour venir fermer l'ouverture (voir figure 3). Les systèmes mécaniques/pneumatiques utilisent également une barrière dissimulée dans le sol en l'absence d'inondations. En cas de crue, les capteurs activent automatiquement le mécanisme de déploiement, et la barrière vient obturer l'ouverture (voir figure 4 à la page suivante). Ces systèmes occupent néanmoins un grand espace sous le sol ou autour de l'ouverture. Ils ne conviennent dès lors pas toujours pour un usage au niveau de la façade des bâtiments existants (mais ils peuvent en revanche être placés à une certaine distance

de la façade ou dans la rampe d'accès d'un garage). Les barrières doivent être entretenues et nettoyées une fois par an afin de garantir leur bon fonctionnement.

4.3 Portes, fenêtres et portails anti-inondations

On trouve en outre sur le marché européen un large éventail de portes, fenêtres et portails anti-inondations dans toutes sortes de couleurs, de matériaux et de finitions. Ces dispositifs présentent un aspect très similaire à celui des portes, fenêtres et portails traditionnels, mais ils diffèrent d'un point de vue technique puisque leur fermeture mécanique permet d'assurer l'étanchéité à l'eau entre l'élément et le cadre. Les occupants ne doivent donc entreprendre aucune action spécifique : il suffit de verrouiller la porte ou la fenêtre pour activer la protection.

Les portes anti-inondations disponibles dans le commerce peuvent généralement résister à au moins 60 cm d'eau. Certains portails anti-inondations sont capables de supporter des hauteurs d'eau plus importantes encore. Des fuites sont néanmoins toujours possibles, mais en quantité limitée. En vue d'assurer l'étanchéité à l'eau au bas de la porte, la plupart des portes anti-inondations sont aussi équipées d'un cadre sur leur côté inférieur. L'inconvénient de ces systèmes est qu'ils créent un seuil de plusieurs centimètres dans le passage, ce qui rend l'accès difficile pour les personnes à mobilité réduite. Face à ce problème, certains fabricants ont développé un système d'étanchéité innovant sans seuil intégré.

Ce type de systèmes constitue donc la solution idéale pour les occupants qui sont (souvent) absents et/ou qui sont incapables physiquement de déployer les barrières à la main. Afin de garantir une bonne protection contre les inondations, il est essentiel de placer la barrière conformément aux instructions du fabricant et de l'entretenir une fois par an. Notons toutefois que l'accès aux bâtiments équipés de ces systèmes sera entravé en cas d'inondations.

5 Protection de la façade

En plus d'obturer les grandes ouvertures en façade, on veillera à **rendre la façade elle-même résiliente aux inondations**. Si l'eau stagne pendant un long moment contre la façade (l'eau ne s'évacue généralement pas avant plusieurs heures, voire plusieurs jours en cas de crue), d'importantes quantités d'eau peuvent en effet s'infiltrer au travers des fissures, des interstices et autres petites ouvertures présentes dans la façade. C'est pourquoi on commencera par réparer les dégâts à la maçonnerie avec soin (voir [l'article publié en page 7](#)). Les ouvertures entourant les câbles, les conduites, les tuyaux et autres percements de la façade doivent aussi être obturées au moyen de mortier et/ou de silicone. Après les travaux de réparation, on recouvrira idéalement, en tout ou en partie, la façade d'une couche de protection supplémentaire pour colmater les fissures (qui ne sont plus actives).

En cas d'inondations, les joints verticaux ouverts, les ouvertures d'aération et les blocs présentant des ouvertures (blocs d'aération, par exemple) doivent également être scellés. À cet effet, on trouve sur le marché international divers **bandes et couvercles de protection contre les inondations**, qui

doivent être appliqués manuellement par l'occupant avant la crue. Ces dispositifs doivent néanmoins être retirés après l'inondation, afin que les éléments puissent à nouveau remplir leurs fonctions.

Divers **produits innovants** sont aussi disponibles sur le marché international, comme des joints verticaux ouverts équipés d'un clapet antiretour ou des blocs perforés spéciaux en terre cuite dotés de flotteurs qui remontent pour obturer les ouvertures en cas d'inondation. Ces systèmes ont l'avantage d'être actionnés automatiquement. Ils nécessitent, eux aussi, un entretien et un contrôle annuels pour garantir un fonctionnement optimal.

6 Absence de cadre normatif

Bien qu'une large gamme de produits de protection contre les inondations soit disponible, les performances (efficacité, débits de fuite et stabilité notamment) des produits commercialisés en Belgique n'ont pas encore été évaluées à grande échelle. Il n'existe ainsi toujours pas de cadre normatif aux niveaux belge et européen pour les essais sur ce type de produits. À l'échelle européenne, le CSTC a toutefois participé à la mise au point d'essais applicables pour les agréments techniques et pour l'évaluation de l'étanchéité à l'eau des menuiseries et des produits destinés à rendre les bâtiments plus résistants aux inondations. Dans ce cadre, les essais développés au Royaume-Uni et en Allemagne ont pu être améliorés. En attendant que l'aptitude à l'emploi de ces essais soit validée par un organisme indépendant, il est recommandé de bien s'informer des résultats d'essais auprès du fabricant. ◆

4 | Barrière de protection mécanique/pneumatique.



Innovations en matière de protection contre les inondations

Ecrans de protection, portes et fenêtres étanches à l'eau, digues mobiles ou non, ... les dispositifs de protection d'une habitation contre les inondations sont nombreux, comme l'indique l'article publié en page 12. Les plus sceptiques objecteront cependant le peu d'innovations à relever dans ce domaine. Les recherches parmi les bases de données de brevets témoignent néanmoins de la grande inventivité qui se cache dans des solutions en apparence peu récentes ainsi que d'un certain nombre de systèmes surprenants.

J. Jacobs, ing., conseiller principal, direction 'Normalisation et certification', CSTC

Ce qui frappe d'emblée, lors d'une recherche parmi les brevets, c'est le volume de **demandes** enregistrées reprenant le terme *flood* (inondations) : on en dénombre plus de 280.000. La plupart de ces brevets concernent des protections de plages, de berges et de cours d'eau. La recherche par mots-clés uniquement génère une liste interminable de demandes de brevet pas toujours pertinentes. Dans ce cas, nous relevons l'utilisation du verbe *flood* (immerger) dans de nombreux brevets, alors que ceux-ci n'ont rien à voir avec les inondations.

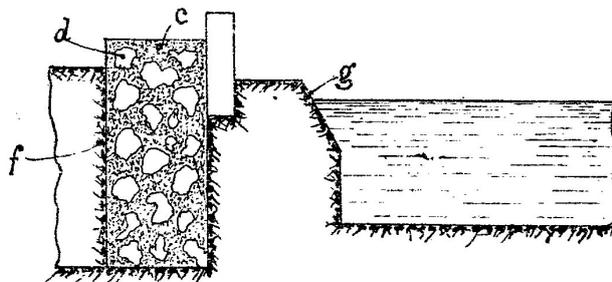
A | Nombre de demandes de brevet relatives à un système de protection contre les inondations dans quelques pays.

Pays	Nombre de demandes de brevet
Luxembourg	21
Belgique	46
Pays-Bas	61
Inde	144
France	164
Canada	197
Royaume-Uni	199
Allemagne	254
Europe	338
Corée du Sud	444
États-Unis	544
Japon	705
Chine	2.372

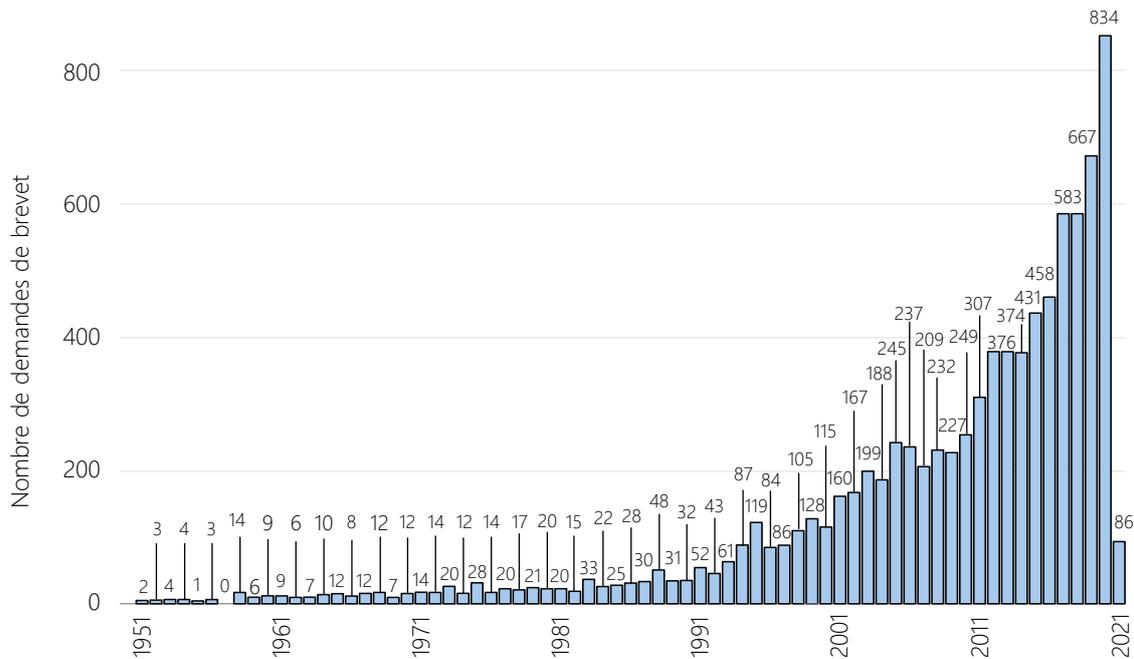
Si l'on saisit le terme de recherche '**flood protection**' en se limitant à la classe de brevets E04 (constructions fixes), les résultats sont ramenés à 8.830 textes de brevet (voir également tableau A).

La figure 2 à la page suivante fait clairement apparaître l'augmentation croissante au fil des ans du nombre de demandes de brevet ayant trait à une **protection des bâtiments contre les inondations**. Jusqu'en 1958, il ne s'agissait encore que de cinq demandes de brevet maximum par an, tandis qu'en 2020, ce nombre a été porté à 834.

Les **premiers brevets** que l'on retrouve dans cette série datent des années 1890 et concernent des barrières (*flood fences*) pouvant être utilisées pour contenir l'écoulement des eaux dans les ruisseaux. Le tout premier brevet évoquant explicitement la protection contre les inondations est le brevet **FR669920** de Jules-Ernest Varin : 'Procédé de construction de murailles étanches contre l'inondation des eaux et l'infiltration des fluides de toute nature' (voir figure 1).



1 | Illustration du brevet FR669920 qui évoque pour la première fois une protection étanche à l'eau contre les inondations.

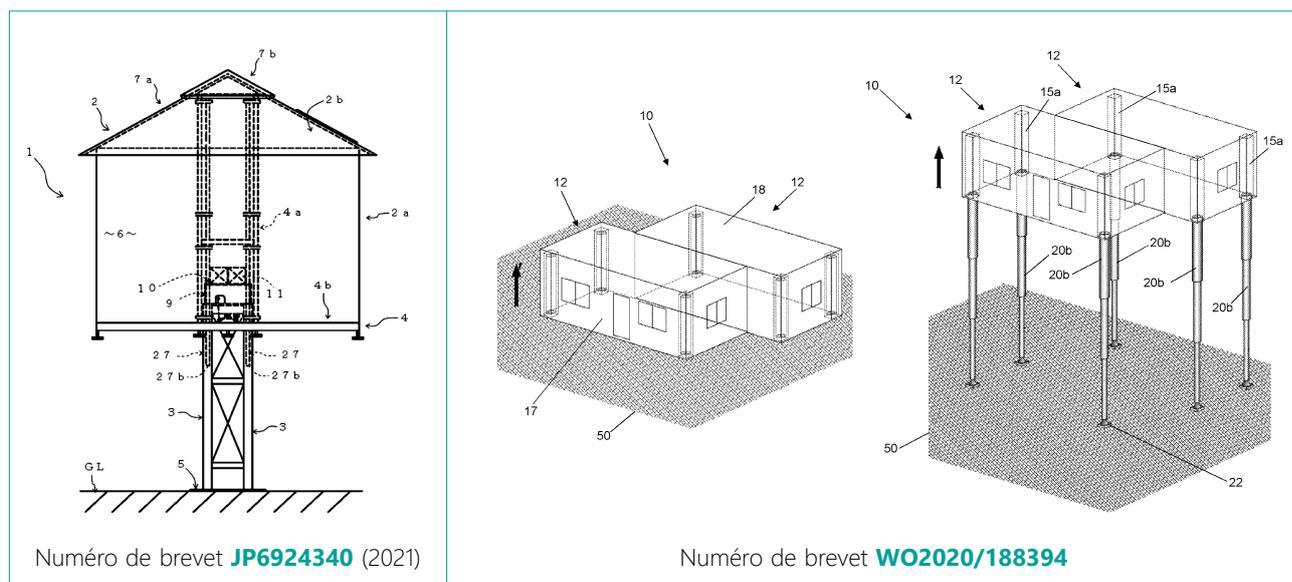


2 | Evolution du nombre de demandes de brevet ayant trait à la protection des bâtiments contre les inondations.

Ce qui nous intéresse cependant, ce sont les **demandes de brevet introduites récemment**. Celles-ci livrent un aperçu des dernières évolutions sur le plan de la protection contre les crues. Le tableau B (p. 19 à 21) reprend un certain nombre d'exemples de demandes récentes de brevet.

Toutes les solutions ne sont pas aussi évidentes (voir la figure 3 ci-dessous); certaines inventions semblent par contre très simples. Pour connaître leur caractère innovant, il convient d'étudier la demande de brevet proprement dite et d'examiner si cette dernière a bel et bien donné lieu à un dépôt de brevet (voir la figure 4, p. 21).

Les produits qui ont été adaptés en vue de conférer une protection supplémentaire contre les inondations ne sont pas toujours faciles à trouver sur le marché. Un entrepreneur a souvent tendance à améliorer lui-même un produit existant. L'OCBC, la **Cellule Brevets de la construction** du CSTC, peut aider l'inventeur à vérifier dans les bases de données de brevets si la solution qu'il a développée a déjà été brevetée. En effet, de nombreux brevets peuvent être utilisés gratuitement par tout un chacun. Cela ne signifie pas pour autant qu'il ne faut pas veiller à ne pas copier involontairement un brevet existant... car des amendes sont bien sûr à la clé ! Toute personne qui élabore une nouvelle solution et la commercialise est en effet supposée savoir si celle-ci fait déjà l'objet d'un brevet. ◆

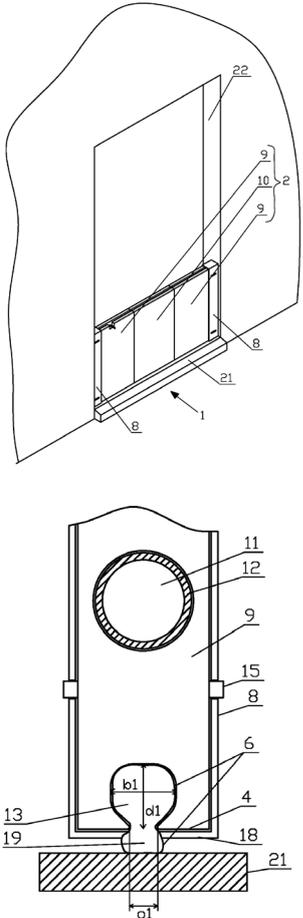
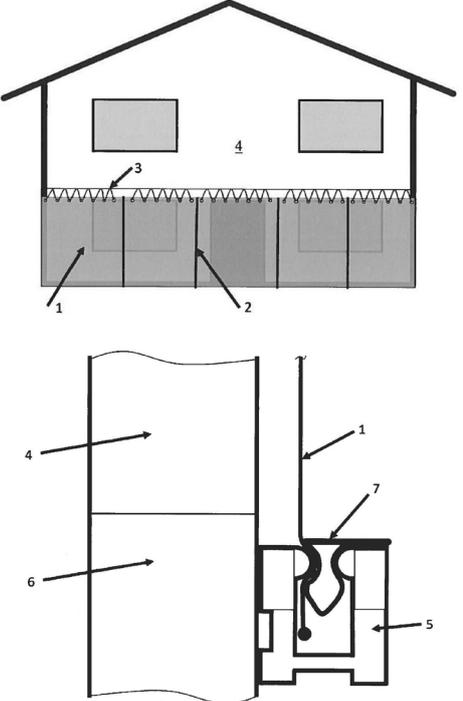


3 | Exemples de solutions complexes en matière de protection contre les inondations.

B | Exemples de demandes récentes de brevet.

Numéro de brevet	Description	Illustration du brevet
WO2020/234471	Appareil intégré dans le sol devant une baie de porte et qui, en cas de crue, se hisse contre la façade, protégeant la baie contre l'eau.	
EP3596287	Variante permettant de protéger un ouvrage entier contre les inondations, recourant à une membrane reliée à un flotteur. Lorsque le niveau d'eau monte, le flotteur remonte vers le bâtiment et le long de la façade.	

B | Exemples de demandes récentes de brevet (suite).

Numéro de brevet	Description	Illustration du brevet
<p>EP3425153</p>	<p>De très nombreuses protections contre les inondations se présentent sous la forme de panneaux. Leur étanchéité à l'eau peut être améliorée notamment à l'aide d'un bord gonflable.</p>	 <p>The illustration for EP3425153 consists of two technical drawings. The top drawing is a perspective view of a flood protection panel (1) being installed against a wall (22). The panel has a bottom edge with a inflatable seal (8) and a locking mechanism (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21). The bottom drawing is a detailed cross-section of the inflatable seal (8) and its connection to the panel (1). It shows a circular inflatable element (11) with a central opening (12) and a surrounding frame (9). The seal is mounted on a base (21) and is connected to a locking mechanism (15, 16, 17, 18, 19, 20). The seal is shown in a deflated state (b1) and an inflated state (o1).</p>
<p>DE202021101912</p>	<p>Système de protection étanche à l'eau constitué d'une bande de fixation montée devant le bâtiment et d'éléments pouvant faire l'objet d'un assemblage étanche, chacun d'eux pouvant être raccordé à la bande de fixation.</p>	 <p>The illustration for DE202021101912 consists of two technical drawings. The top drawing is a perspective view of a building (4) with a flood protection system (1, 2, 3) installed in front of it. The system includes a fixation band (1) and elements (2, 3) that can be assembled together. The bottom drawing is a detailed cross-section of the assembly mechanism. It shows a fixation band (1) with a locking mechanism (7) and a seal (5). The seal is shown in a deflated state (b1) and an inflated state (o1). The seal is connected to a locking mechanism (7) and a base (5). The seal is shown in a deflated state (b1) and an inflated state (o1).</p>

B | Exemples de demandes récentes de brevet (suite et fin).

Numéro de brevet	Description	Illustration du brevet
EP2315880	Barrière hydrofuge à fermeture automatique composée d'un élément de retenue d'eau mobile et flottant qui, en cas de crue, est poussé vers le haut.	

<p>Numéro de brevet WO2002/40817 (2000)</p>	<p>Numéro de brevet US20190017315 (2018)</p>
--	---

4 | Brevets en apparence simples, mais dont il convient d'examiner la validité et le contenu de la demande.

OCBC

L'OCBC, la **Cellule Brevets de la construction** du CSTC, est un service qui informe les PME du secteur sur la propriété intellectuelle. Les entreprises de construction peuvent s'y adresser pour toute question en matière d'innovation et de droits de propriété intellectuelle (brevets, marques, modèles, droits d'auteur, ...). Intéressé.e ? Contactez-nous à l'adresse ocbc@bbri.be.



Stocker une plus grande quantité d'eau de pluie et la laisser s'infiltrer dans le sol pour éviter les inondations

Après les inondations qui ont frappé notre pays en juillet, il est clair que nous serons dorénavant confrontés non seulement à des périodes sèches plus longues, mais aussi à des périodes de précipitations plus intenses. Ces deux situations extrêmes étant en outre amenées à se produire plus fréquemment, leur impact peut être réduit en stockant l'eau de pluie et en la laissant s'infiltrer dans le sol.

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

L. Vos, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Techniques de l'eau', CSTC

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

A quel point les précipitations ont-elles été extrêmes en juillet et août 2021 ?

Les précipitations intenses qui se sont abattues sur notre pays en juillet ont provoqué des inondations exceptionnelles. L'IRM a ainsi relevé des quantités de précipitations extrêmes jusqu'à 271 mm en 48 heures à Jalhay, ce qui correspond à une période de retour de plus de 100 ans ⁽¹⁾. La figure 1 montre les quantités de précipitations mesurées entre le 14 et le 15 juillet.

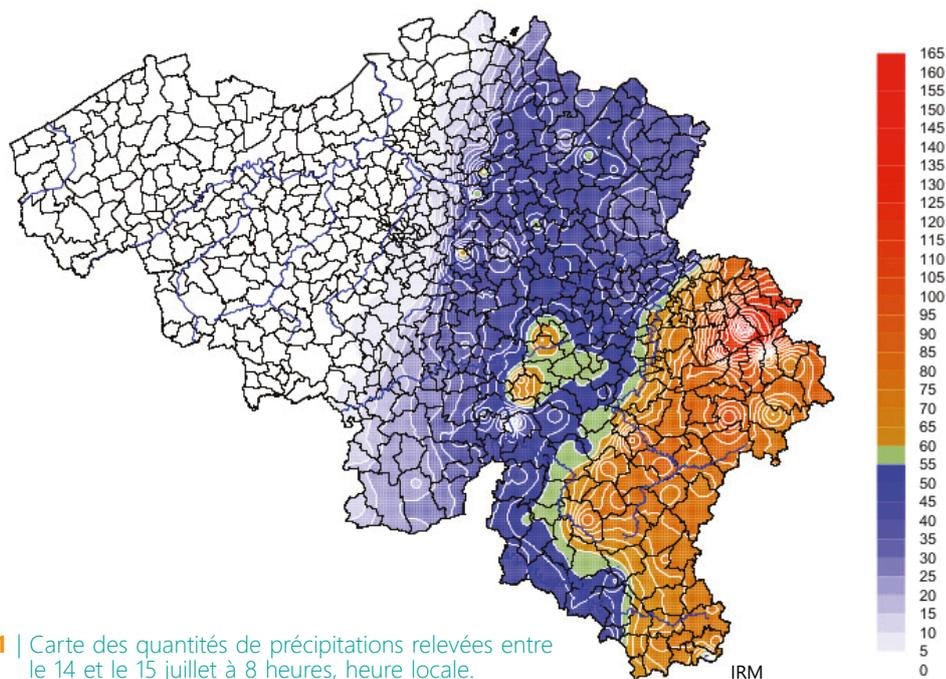
On voit sur cette carte que, à la mi-juillet en Wallonie, il est tombé plus de 100 litres d'eau de pluie au mètre carré en 24 heures. Alors que, normalement, de telles précipitations n'ont lieu qu'une fois tous les 100 ans, le changement climatique pourrait réduire cette période de retour à 20 ans, voire 10 ans dans le pire des cas si nous ne limitons pas nos émissions de CO₂.

En Flandre, la quantité de précipitations au cours de la même période a été moins exceptionnelle. On y a relevé localement un peu plus de 50 mm en 24 heures.

⁽¹⁾ Pour plus d'informations, rendez-vous sur <https://www.meteo.be/fr/infos/actualite/ce-que-lon-sait-sur-les-pluies-exceptionnelles-des-14-et-15-juillet-2021>.

Le déluge local qu'a connu Dinant fin juillet, avec 50 à 60 litres de précipitations au mètre carré en une heure, était extrême également, avec une période de retour de plus de 100 ans. En outre, les conséquences de ce désastre ont été aggravées par le fait que le sol était encore saturé par l'épisode de pluie précédent.

De même, si l'on considère l'été 2021 dans son intégralité, on constate que la quantité totale de précipitations a été exceptionnelle. Le record de l'été le plus humide jamais



1 | Carte des quantités de précipitations relevées entre le 14 et le 15 juillet à 8 heures, heure locale.

enregistré à Uccle depuis le début des relevés en 1833 a même été battu, avec plus de 410 mm de précipitations.

Une étude récente de la *World Weather Attribution Initiative* ⁽²⁾ révèle que, en raison du changement climatique, la quantité maximale de précipitations quotidiennes pendant l'été en Europe occidentale a augmenté d'environ **3 à 19 %** par rapport à l'ère préindustrielle. Le taux de précipitations sur deux jours a connu une augmentation similaire. Il ressort d'une étude réalisée selon cinq modèles climatiques que le réchauffement climatique actuel accroît l'apparition de tels phénomènes d'un facteur compris entre 1,2 et 9. Cela signifie que la probabilité que des précipitations extrêmes surviennent en Europe occidentale a augmenté de **20 à 800 %**.

Types d'inondations

On distingue trois types d'inondations :

- **les inondations pluviales.** Dans ce cas, en raison de précipitations intenses localisées, l'eau de pluie n'a pas la possibilité de pénétrer dans le sol, ce qui provoque des



Emmanuel Burton

2 | Inondations pluviales à Mellery.

- écoulements temporaires. Les inondations pluviales ont lieu principalement lors des gros orages d'été. Ce fut le cas cet été à Dinant, par exemple, où il est tombé en une heure quelque 50 à 60 litres d'eau au mètre carré. La photo ci-dessous a été prise lors d'inondations pluviales à Mellery
- **les inondations fluviales.** Elles se produisent lorsqu'un bassin hydrographique subit de fortes pluies et que le cours d'eau sort de son lit, comme ce fut le cas à Pepinster. Ces inondations surviennent normalement surtout en hiver. C'est la première fois que notre pays est confronté à ce type de précipitations extrêmes en été
- **les inondations côtières.** Celles-ci sont dues à une élévation du niveau de la mer.

Conséquences de précipitations de plus en plus extrêmes

Les principales conséquences de cette augmentation des précipitations sont, d'une part, un **élargissement de la zone inondable totale** et donc du nombre de bâtiments touchés par les inondations et, d'autre part, une **hausse de la hauteur maximale d'inondation** des bâtiments se trouvant actuellement dans les zones inondables. Patrick Willems, professeur d'hydrologie à la KU Leuven, estime que le pourcentage de 'bâtiments dangereusement inondables' (c'est-à-dire dont la hauteur d'inondation est supérieure à 70 cm, entraînant ainsi de lourdes conséquences économiques et sanitaires) pourrait passer de 2,6 % à **7 % du parc immobilier total** en raison du changement climatique.

Les cartes détaillées des risques d'inondations montrent que de nombreuses zones densément habitées sont situées dans des zones inondables ⁽³⁾.

Stocker l'eau de pluie et la laisser s'infiltrer dans le sol

Bien qu'il soit impossible d'éviter complètement les inondations dues à des précipitations extrêmes, la fréquence et l'impact des inondations pluviales et fluviales peuvent être réduits en stockant l'eau localement et en la laissant s'infiltrer dans le sol et/ou en ralentissant son évacuation. Il s'agit du troisième axe du *trias aquatica* (voir [Les Dossiers du CSTC 2021/4.9](#)). Ces mesures sont donc similaires à celles indiquées en cas de sécheresse.

Dans les **zones rurales**, il convient, si possible, de créer davantage de zones pour le stockage temporaire des eaux de ruissellement (dans des bandes d'herbe, des espaces d'infiltration temporaire, des fossés, des prairies ou des réserves naturelles et dans des bassins de rétention). Cela permet de soulager quelque temps les rivières. En Flandre, un autre point important figurant dans le *Blue Deal* consiste à donner plus d'espace aux rivières et à les laisser à nou-

⁽²⁾ Pour plus d'informations, rendez-vous sur <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>.

⁽³⁾ Le site <http://geoapps.wallonie.be/Cigale/Public/#CTX=ALEA> indique sur une carte les zones inondables en Wallonie.

veau former des méandres. Cela n'est pas toujours possible dans les vallées étroites que l'on retrouve en Wallonie, ce qui complique la prévention des inondations lors de précipitations extrêmes.

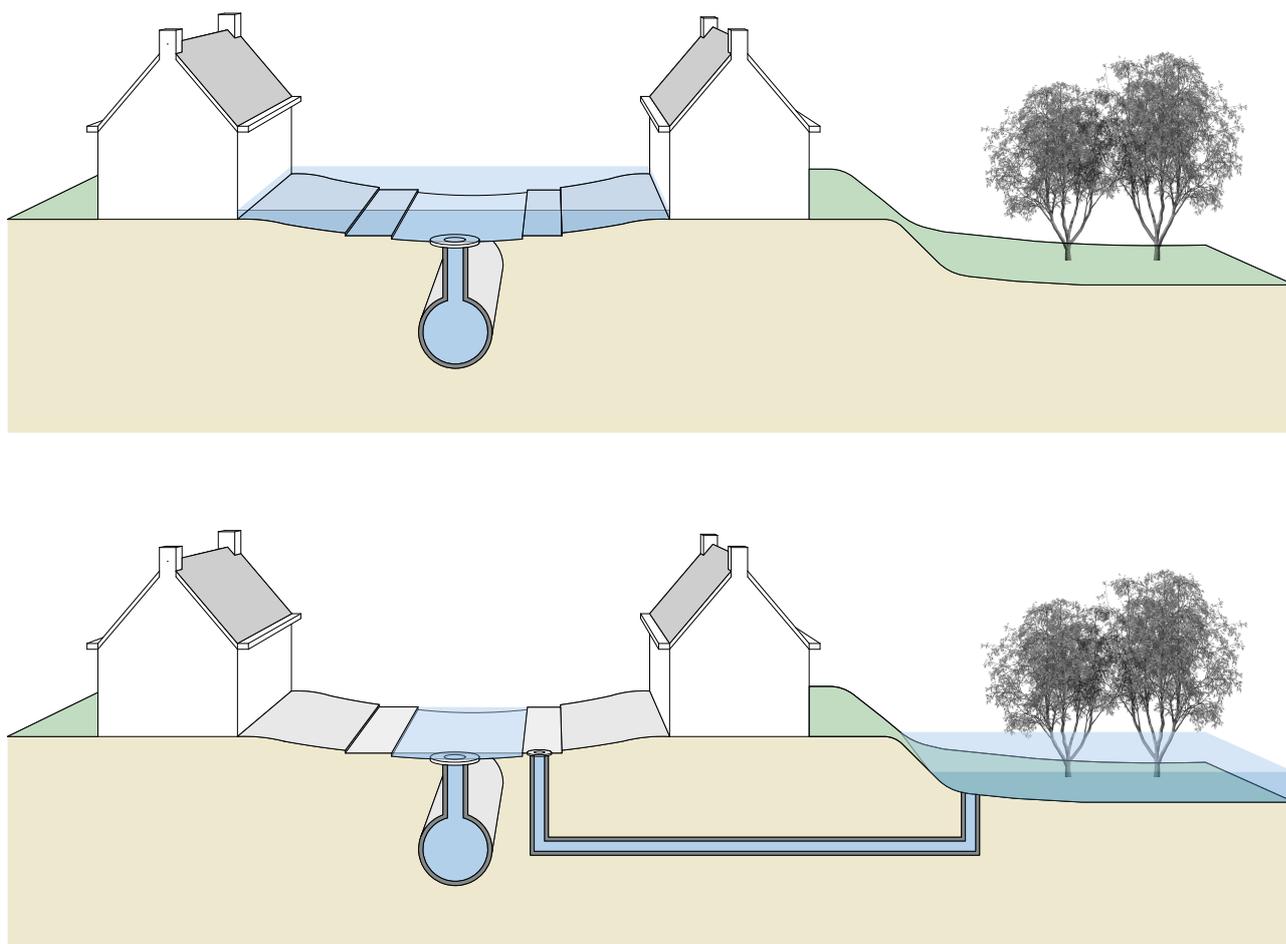
Dans les **zones bâties et urbanisées**, nous devons veiller à limiter la quantité d'eau parvenant directement aux égouts. Sur une **parcelle privée**, il convient pour ce faire de réduire les surfaces imperméabilisées pour favoriser l'infiltration. En stockant l'eau de pluie dans des citernes, on crée en outre un effet tampon. Le trop-plein de ces citernes peut ainsi être raccordé à des installations d'infiltration ou à des 'wadis' (c'est-à-dire des bassins remplis de gravier et de sable permettant de stocker l'eau de pluie et de la laisser s'infiltrer dans le sol). Les toitures vertes, et dans une moindre mesure les façades vertes, ont un double effet sur l'écoulement des eaux. En effet, elles réduisent la quantité totale d'eau de pluie à évacuer et limitent et décalent dans le temps le débit de pointe dû aux averses. Par conséquent, le réseau d'égouttage est quelque peu soulagé, ce qui diminue le nombre d'inondations dans les zones à risque (voir § 2.1.2 de la **NIT 229**). Le type de substrat, son épaisseur et le type de plantations jouent aussi un rôle essentiel.

Des adaptations de l'espace public et des infrastructures peuvent également améliorer l'infiltration. C'est notamment le cas des citernes d'eau de pluie collectives. Il s'agit de rues pouvant être utilisées temporairement pour que l'eau ait le temps de s'infiltrer dans le sol et de s'évacuer vers des 'wadis', des plaines perméables ou des jardins de pluie (c'est-à-dire des 'wadis' végétalisés) (voir les figures 3 et 4).

Il existe deux types de dispositifs d'infiltration :

- **les dispositifs d'infiltration hors sol**, qui assurent une infiltration de l'eau de pluie dans le sol, que celui-ci soit pourvu d'un revêtement imperméable ou non
- **les dispositifs d'infiltration dans le sol**.

Etant donné que les dispositifs hors sol peuvent être inspectés visuellement et qu'ils sont faciles à entretenir, ceux-ci sont à privilégier. Toutefois, en cas d'espace restreint, de zone fortement urbanisée et/ou comportant de grandes surfaces imperméabilisées, il peut s'avérer nécessaire d'opter pour des dispositifs d'infiltration dans le sol. Le type de dispositif à utiliser dépend aussi du niveau moyen le plus élevé de la nappe phréatique et de la perméabilité du sol.



3 | Solution collective pour évacuer l'eau vers des 'wadis' situés en contrebas.

En Flandre, l'installation de dispositifs d'infiltration est d'ores et déjà obligatoire pour les nouvelles constructions, les reconstructions, les extensions de plus de 40 m² et lorsque la surface totale du terrain est supérieure ou égale à 250 m², à l'exception des zones de protection pour le captage des nappes aquifères de type I ou II ⁽⁴⁾. En Wallonie, le Code de l'eau impose, depuis 2017, de gérer l'eau de pluie sur la parcelle privée selon la hiérarchie suivante :

1. infiltration
2. raccordement à un cours d'eau, si la solution 1 n'est pas possible
3. le raccordement au réseau d'égouttage, si la solution 2 n'est pas possible.

Les directives de VLARIO relatives aux dispositifs d'infiltration hors sol (RBI) et dans le sol (ROI) ⁽⁵⁾ reprennent les prescriptions générales de conception ainsi que les points d'attention spécifiques pour chaque type de dispositif. Le tableau à la page suivante livre un aperçu de quelques dispositifs courants, des prescriptions relatives aux matériaux à utiliser et à leur mise en œuvre.

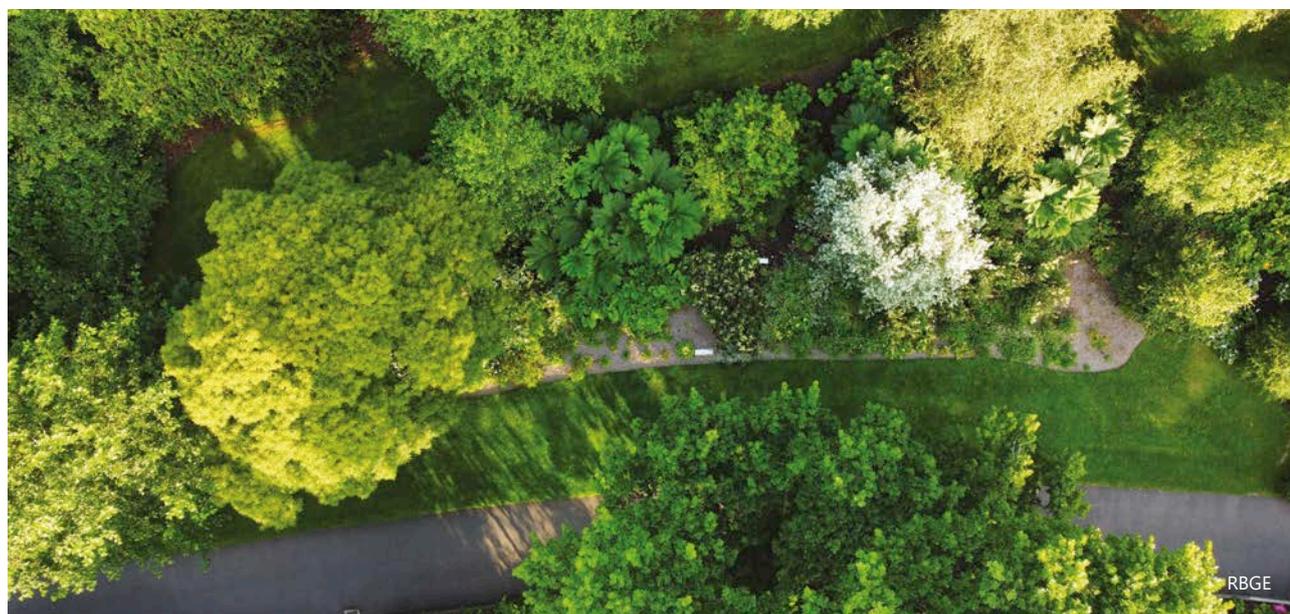
Actuellement, au sein de COPRO, un organisme impartial pour le contrôle et la certification des produits de construction, les représentants du secteur élaborent des directives spécifiques à ce sujet, à savoir les prescriptions tech-

niques (PTV) 8003 portant sur la qualité de l'installation des dispositifs d'infiltration dans le sol et du traitement préalable.

Autres points importants

Dans une zone inondable reconnue, les toitures plates doivent toujours être munies d'un **système d'évacuation d'urgence** en plus du système normal d'évacuation de l'eau de pluie (voir [Les Dossiers du CSTC 2019/5.8](#)). En effet, en cas de refoulement lors de fortes pluies, l'évacuation de l'eau dans les tuyaux de descente peut être entravée et entraîner une accumulation indésirable sur la toiture. Bien entendu, dans ces zones, une attention particulière doit également être accordée au dimensionnement correct du système normal d'évacuation de l'eau de pluie (voir [NIT 270](#)).

Si des équipements sont installés sous le niveau de refoulement (c'est-à-dire le niveau maximum que l'eau peut atteindre dans l'installation lors d'une saturation du réseau d'égouttage public), il est important de prévoir un **clapet antiretour** dans l'installation d'évacuation pour éviter le refoulement des égouts. Une autre option plus sûre – mais plus coûteuse – consiste à recourir à une **pompe de relevage**. Pour plus d'informations, on consultera [Les Dossiers du CSTC 2017/3.11](#). ◆

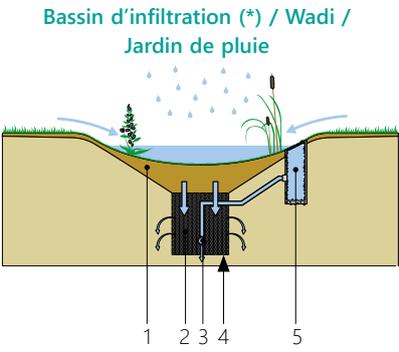


4 | Exemple de jardin de pluie ou *rain garden*.

⁽⁴⁾ Pour de plus amples informations à ce sujet, nous renvoyons à l'arrêté du Gouvernement flamand du 8 octobre 2013 établissant un règlement urbanistique régional concernant les citernes d'eau de pluie, les systèmes d'infiltration, les systèmes tampons et l'évacuation séparée des eaux usées et pluviales.

⁽⁵⁾ VLARIO est la plateforme de concertation pour la gestion des eaux usées et pluviales en Flandre. Les directives pour les dispositifs d'infiltration hors sol sont consultables en cliquant sur le lien suivant : <https://www.vlario.be/site/files/downloads/Richtlijnen-bovengrondse-infiltratie-RBI-V1.pdf>. Les directives pour les dispositifs d'infiltration dans le sol peuvent être consultées sur : <https://www.vlario.be/website/files/downloads/Richtlijnen-ondergrondse-infiltratie-ROI-V2-1.pdf>.

Prescriptions et documents de référence pour les différents types de dispositifs d'infiltration.

Type de dispositif	Prescriptions pour les matériaux	Prescriptions pour la mise en œuvre	Documents de référence
Dispositifs d'infiltration hors sol			
<p>Bassin d'infiltration (*) / Wadi / Jardin de pluie</p>  <p>1. Sol amélioré 4. Géotextile 2. Agrégat 5. Bypass 3. Tuyau de drainage</p>	<p>Liste des plantes et leur compatibilité avec le talus ou le fond : voir RBI, p. 28</p>	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation de talus à pente faible (1/10 à 1/12) Gazonnage des talus et du sol Installation d'un trop-plein d'urgence (évacuation en béton, par exemple) Réalisation d'une tranchée et d'une canalisation de drainage dans des sols moins perméables Installation d'un <i>bypass</i> (c'est-à-dire un dispositif d'évacuation muni d'un coupe-air et d'une chasse d'eau) qui, en cas de charge de pointe, amène l'eau directement dans la tranchée de drainage 	<p>RBI, p. 24</p>
<p>Revêtements durs perméables à l'eau</p>  <p>Shutterstock</p>	<ul style="list-style-type: none"> Revêtements de sol en pierre concassée Pavés et dalles en béton (voir PTV 122) Dalles de sol en béton préfabriqué Clinkers cuits au four Dalles-gazon en béton (voir PTV 126) Dalles de gazon synthétique 	<p>Exigences relatives aux systèmes, aux produits et à la pose des revêtements de sol perméables : voir PTV 827</p>	<ul style="list-style-type: none"> PTV 827 RBI, p. 16-23 PTV 122 PTV 126
Dispositifs d'infiltration dans le sol			
<p>Tuyaux d'infiltration</p>  <p>Dyka</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tuyaux en béton : voir PTV 104 Tuyaux en plastique (min. DN/OD 250) : voir NBN T 42-115 Tuyaux en spirale renforcés par des parois : voir NBN EN 13476-3 et DIN 16961 Géotextiles non tissés : type 5.3 selon la norme NBN EN 13252 (voir PTV 829) 	<ul style="list-style-type: none"> Pose avec une légère pente (1 %) entre deux regards de visite (max. 100 m) Distance minimale de 1 m entre deux conduits parallèles Recouvrement au moyen d'un matériau drainant 	<p>ROI, p. 15-18</p>
<p>Caissons d'infiltration</p>  <p>Dyka</p>	<ul style="list-style-type: none"> Caisson d'infiltration (PP) : voir prNBN T 42-606 et NBN EN 17152-1 Géotextile tissé : type 5.3 selon la norme NBN EN 13252 (voir PTV 829) 	<ul style="list-style-type: none"> Installation, dans le bassin ou dans le conduit, de chambres de raccordement d'un diamètre minimum DN/OD de 500 mm pour l'accès aux caissons en plastique Installation d'un tuyau d'un diamètre minimum DN/OD de 200 mm entre les regards de visite ou les chambres de raccordement et les caissons en plastique Pose, sur une base plane parfaitement nivelée, de sable d'infiltration sur géotextile tissé perméable à l'eau Recouvrement du bassin à l'aide d'un géotextile, puis remplissage et compactage en plusieurs couches avec du sable 	<ul style="list-style-type: none"> CEN/TR 17179 ROI, p. 20-21
<p>(*) Bassin ou chenal creusé à une faible profondeur. La hauteur de stockage de l'eau est d'environ 30 cm par rapport au niveau moyen le plus élevé de la nappe phréatique.</p>			

Deux autres articles en préparation !

Le chauffage joue un rôle primordial dans l'assèchement des bâtiments. Il est donc essentiel de remettre en route les installations de chauffage après une inondation. Si ce n'est pas possible, des solutions alternatives doivent être envisagées. À l'heure de mettre cette édition sous presse, nous finalisons deux articles dédiés à ces sujets. Restez informé en vous inscrivant à notre newsletter ou en consultant la page spéciale 'inondations' sur notre site Internet.



La remise en service des installations de chauffage



Cet article abordera de manière pragmatique les différents éléments à vérifier et, au besoin, à remplacer pour remettre les installations en service après une inondation. Les différents éléments constituant une installation de chauffage sont examinés : les citernes et les cuves, les chaudières, la régulation, les corps de chauffe... Une check-list permet aux entreprises de passer en revue l'ensemble de ces composants.

Quelles solutions alternatives peuvent être envisagées ?

Dans les quartiers touchés par les inondations, de nombreuses habitations ne disposent plus de moyen de chauffage. Ce problème peut avoir des causes multiples (absence d'alimentation en gaz, pénurie de matériel ne permettant pas une remise en service rapide...), mais il a surtout de lourdes conséquences sur l'occupation des bâtiments et leur assèchement. L'article étudie deux solutions alternatives et énergétiquement performantes : les pompes à chaleur et les poêles à pellets.



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)
- sous forme imprimée.

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

Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, contactez T. Vangheel par téléphone (02/716.42.11) ou par e-mail (info@bbri.be).
- Lien utile : 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

Révision linguistique et traduction : M. Brixhe, J. D'Heygere, M. Lejeune et A. Volant
Mise en page : J. Beauclercq, J. D'Heygere et D. Van de Velde
Illustrations : G. Depret, R. Hermans et Q. van Grieken
Photographies CSTC : M. Sohie et al.



Recherche • Développe • Informe

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

Recherche et innovation

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

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

Développement, normalisation, certification et agréation

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