



Buildwise

Magazine

Édition
thématique
**Adaptation des
bâtiments au
changement
climatique**



janv-févr
2024

P05. Utilisation rationnelle de l'eau

P22. Lutte contre la surchauffe dans les habitations

P30. Bétonnage par temps chaud

Sommaire

Buildwise Magazine janv-févr 2024

03

Adapter nos bâtiments
au changement climatique

05

Utilisation rationnelle de l'eau :
attention à la pression !

07

Changement climatique : faut-il prévoir
de plus grandes citernes d'eau de pluie ?

08

La qualité des eaux grises traitées

10

Est-il envisageable de réutiliser
les eaux de rabattement ?

11

Infiltration des eaux
autour des bâtiments et sur chantier

13

Impact du changement climatique sur
les fouilles et les fondations d'habitations

16

Comment rendre une maçonnerie
existante étanche aux inondations ?

21

Dimensionnement de l'installation
d'évacuation des eaux pluviales

22

Gestion de la surchauffe : approche globale
et solutions complémentaires

25

Toitures vertes et stockage
des eaux pluviales

28

Travailler sur chantier par temps chaud

29

Peintres, tenez compte
du changement climatique !

30

Bétonnage par temps chaud :
adapter ses pratiques

Adapter nos bâtiments au changement climatique

Le changement climatique est en route et il est inéluctable ! Ses conséquences se font d'ailleurs déjà ressentir. Ainsi, même si l'on stoppait dès aujourd'hui toutes les émissions de gaz à effet de serre dans le monde, la dérive climatique perdurerait pendant des décennies...

N. Heijmans, X. Loncour, Buildwise

Les deux stratégies à suivre pour faire face au changement climatique et en limiter les effets sont l'atténuation et l'adaptation. Elles concernent tous les niveaux de la société et donc, bien évidemment, le secteur de la construction.

Les mesures d'**atténuation** visent à réduire drastiquement et le plus rapidement possible nos émissions de gaz à effet de serre. En tant que professionnels, vous les appliquez déjà dans votre quotidien : isolation thermique des parois, attention pour les détails constructifs, étanchéité à l'air, systèmes performants abandonnant les énergies fossiles, recours massif aux énergies renouvelables, pompes à chaleur, construction durable et circulaire, ...

Les mesures d'**adaptation** ont pour objectif de se préparer le mieux possible aux conséquences du changement climatique. Nous les aborderons dans ce magazine.

S'adapter, mais à quoi ?

L'avenir n'étant pas écrit, de grandes incertitudes entourent la nature et le rythme des événements climatiques auxquels nous serons confrontés. En effet, les **modèles climatiques pour le futur** reposent sur des hypothèses et soulignent des tendances moyennes. Ils ne sont donc pas conçus pour décrire les événements extrêmes (pluies intenses, vents de tempête, périodes de canicule, ...) qui déterminent souvent les méthodes de dimensionnement actuelles.

Traditionnellement, les règles dans la construction sont établies en tenant compte du **risque statistique** qu'un événement se produise. Vu les incertitudes, il n'est pas aisé de mettre à jour les méthodes de dimensionnement actuelles pour qu'elles tiennent compte du climat futur et des événements extrêmes potentiels (voir l'[article Buildwise 2022/05.08](#)).



1

Trop abondante sur de courtes périodes, l'eau peut se montrer dévastatrice; trop rare lors de périodes prolongées, elle engendre notamment des mouvements du sol, lesquels entraînent des tassements différentiels et de nombreux dégâts aux bâtiments.

Dépasser le niveau du bâtiment : l'approche collective de l'adaptation

Compte tenu de l'ampleur des défis et de la multitude d'intervenants, seule une approche collective des conséquences du changement climatique permet d'apporter des solutions. La question des îlots de chaleur urbains, par exemple, nécessite une approche collective allant bien au-delà du simple niveau du bâtiment. Ainsi, si l'on considère le verdissage des toitures (p. 25-27), l'installation d'une seule toiture verte dans une ville aura un impact négligeable sur la gestion des eaux pluviales en cas d'orage. C'est la généralisation des toitures vertes qui pourra apporter **une résilience impossible à créer si l'on se cantonne à un niveau individuel**.

Tous les acteurs impliqués dans la conception des projets d'urbanisme et d'aménagement du territoire, ou encore dans la planification des installations collectives (réseaux de chaleur et de froid, bassins d'orage, ...), ont un rôle essentiel à jouer pour **éviter les conséquences du changement climatique dans nos villes**. C'est en particulier le cas des autorités publiques, qui sont à la base de la mise en place du cadre réglementaire.

S'adapter, mais comment ?

Il convient de prendre des mesures dites sans regrets et d'éviter les maladaptations.

Une **mesure sans regrets** est une mesure qui présente des bénéfices, quel que soit l'impact du changement climatique. Les protections solaires en sont un bon exemple : peu importe le nombre de canicules attendues dans les prochaines années, les protections solaires seront toujours utiles. Ce magazine thématique met en évidence une série de mesures sans regrets à adopter dès aujourd'hui.

Une **maladaptation** est une mesure d'adaptation qui déplace et/ou augmente les risques plutôt qu'elle ne les réduit. D'une certaine manière, le recours au conditionnement d'air est une maladaptation : s'il permet de résoudre le problème de surchauffe au sein d'un bâtiment, il contribue au réchauffement climatique au niveau local et global. Dès lors, bien qu'indispensable dans certaines situations, cet usage est à limiter autant que possible, notamment par l'application de mesures sans regrets.

Impacts attendus et mesures d'adaptations

Le Groupe d'experts international sur l'évolution du climat (GIEC) a identifié 127 risques clés auxquels le monde sera confronté en raison du changement climatique (1). Pour le secteur de la construction en Belgique, les **risques majeurs** concernent la gestion de l'eau, les inondations et la surchauffe dans les bâtiments.


Étant donné que la gestion de l'eau, les épisodes de chaleur caniculaire et leur impact sur la santé sont au cœur

des préoccupations, une grande partie de ce magazine thématique leur est consacrée.

La **gestion de l'eau** constitue un défi de taille. Selon les projections climatiques, les précipitations moyennes annuelles en Belgique ne seraient pas trop affectées, contrairement à d'autres régions d'Europe. En revanche, c'est leur répartition durant l'année qui subira une transformation. Ainsi, les pluies s'annonceront plus abondantes en hiver (+18 %), mais plus faibles en été (-10 %) (2), ce qui entraînera des périodes de sécheresse plus nombreuses en période estivale. De plus, un climat plus chaud tout au long de l'année peut favoriser des épisodes de pluies plus intenses ! Vous retrouverez au fil des pages de ce magazine des articles traitant :

- de l'utilisation rationnelle de l'eau (p. 5-6)
- de l'utilisation des eaux pluviales (p. 7), des eaux grises (p. 8-9) et des eaux de rabattement (p. 10)
- de l'infiltration des eaux (p. 11-12)
- de l'impact de l'eau et des périodes de sécheresse sur les géostructures (p. 13-15)
- de la résilience des bâtiments face aux inondations (p. 16-20)
- du dimensionnement des évacuations d'eau (p. 21).

Le climat se réchauffant, les étés deviendront plus chauds et les **canicules** seront trois à quatre fois plus fréquentes, plus longues (certaines pourront durer près d'un mois (2)) et plus intenses (3). Les mesures de lutte contre la surchauffe et les techniques de refroidissement constituent un enjeu crucial (p. 22-24). Pour l'entrepreneur, l'augmentation des températures et les périodes de canicules ont un impact sur les chantiers (p. 28), le choix de certains produits (p. 29) ou les périodes de bétonnage (p. 30).

Des études indiquent que les vitesses de pointe du vent pourraient augmenter (2). Ce sujet faisant encore débat, il n'est pas directement abordé dans ce magazine. 

(1) [Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the IPCC Sixth Assessment Report. IPCC, 2022.](#)

(2) [Évaluation de l'impact socio-économique du changement climatique en Belgique. Résumé à l'intention des décideurs. VITO, 2020.](#)

(3) [Combining regional downscaling expertise in Belgium: CORDEX and beyond. Final Report. Belspo, 2018.](#)

Utilisation rationnelle de l'eau : attention à la pression !

Outre l'utilisation d'appareils économes et la détection des fuites, l'optimisation de la pression dans les installations sanitaires est un moyen efficace de réduire la consommation d'eau. Une gestion optimale de la pression permet d'économiser 20 à 30 % de la consommation totale.

B. Bleys, Buildwise

Des appareils économes

Lorsqu'il est question d'utilisation rationnelle de l'eau, le recours à des appareils économes nous vient bien souvent directement à l'esprit. Dans les pays confrontés à des problèmes de sécheresse depuis longtemps déjà, différents **labels nationaux** ont été créés pour faciliter la sélection et la prescription de ces dispositifs.

Le **label Unified Water** a récemment été développé dans le but de disposer d'un étiquetage unique pour toute l'Europe. Sur le site Internet europeanwaterlabel.eu, vous retrouvez pour chaque appareil sanitaire disponible en Belgique (robinet, baignoire, douche, ...) une étiquette uniformisée stipulant leur classe de consommation, leur consommation d'eau et d'énergie et des caractéristiques spécifiques leur permettant de garantir une utilisation économe.

La nouvelle norme ISO 31600:2022 'Programmes d'étiquetage pour une utilisation rationnelle de l'eau. Exigences et recommandations pour la mise en œuvre' contribuera à l'harmonisation des labels, y compris en dehors de l'Europe.

Détection des fuites

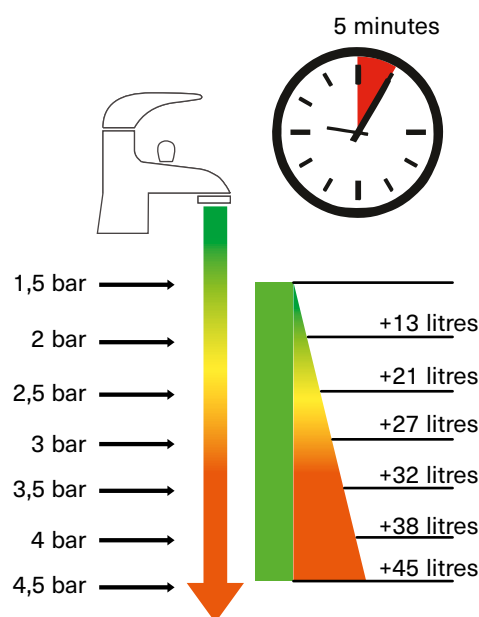
Les appareils de détection des fuites aident à **repérer plus rapidement les fuites éventuelles**. Ils suivent la consommation d'eau dans les bâtiments et déclenchent une alarme en cas de fuite (si l'eau continue de s'écouler du réservoir d'une toilette ou si le groupe de sécurité d'une chaudière n'est plus suffisamment étanche, car trop entartré, par exemple). Certains dispositifs peuvent également couper l'arrivée d'eau, afin de minimiser les éventuels dégâts dus aux eaux.

Depuis quelque temps, les fournisseurs d'eau installent de plus en plus de **compteurs d'eau intelligents**. La fonction principale de ces compteurs est d'effectuer les relevés à distance, mais il se peut qu'à l'avenir les fournisseurs les utilisent aussi pour proposer à leurs clients un service de détection des fuites.

Contrôle de la pression et zones de pression

Un aspect moins connu de l'utilisation rationnelle de l'eau est l'**optimisation de la pression dans les installations sanitaires**. Or, cette optimisation s'avère particulièrement importante pour les bâtiments élevés disposant d'un groupe de surpression.

La figure 1 indique la consommation d'eau d'un robinet ouvert pendant cinq minutes pour différents niveaux de pression. Le robinet est conçu pour fonctionner de manière optimale à une pression initiale de 1,5 bar. Lorsque la pression est plus élevée, on observe une **surconsommation**.



1 Consommation d'eau d'un robinet standard pour différents niveaux de pression.

Ainsi, avec une pression de 4,5 bar, on consommera 45 litres de plus qu'avec une pression de 1,5 bar.

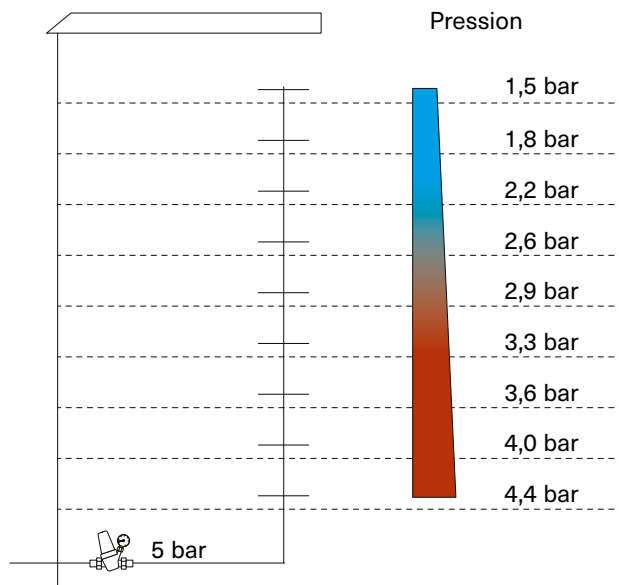
Outre cette surconsommation, une pression plus élevée entraîne une certaine **perte de confort** due aux éclaboussures.

Lorsque l'on considère la consommation d'eau au niveau du bâtiment, on constate que les choix de conception ont un impact important sur la pression dans l'installation :

- **situation 1** : installation avec réduction de la pression jusqu'à 5 bar au droit du raccordement au bâtiment, sans autre zone de pression (voir figure 2)
- **situation 2** : installation avec réduction de la pression jusqu'à 5 bar au droit du raccordement au bâtiment, avec deux zones de pression. La pression de l'eau est d'abord réduite à 5 bar avant la distribution aux étages les plus élevés. Elle est ensuite ramenée à 3,2 bar pour les appartements situés aux étages inférieurs (voir figure 3)
- **situation 3** : installation munie d'un réducteur de pression à chaque étage (voir figure 4).

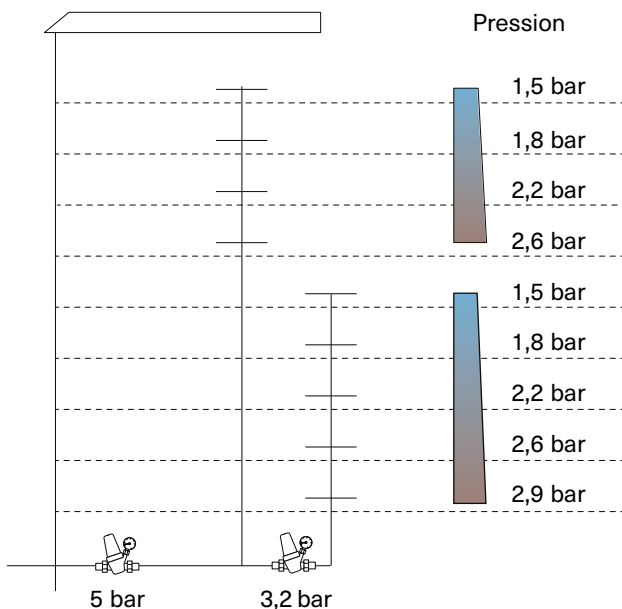
Une gestion optimale de la pression, telle que représentée par la situation 3, permet d'**économiser 20 à 30 % d'eau** par rapport à la situation 1, correspondant à l'absence de gestion de la pression.

Situation 1



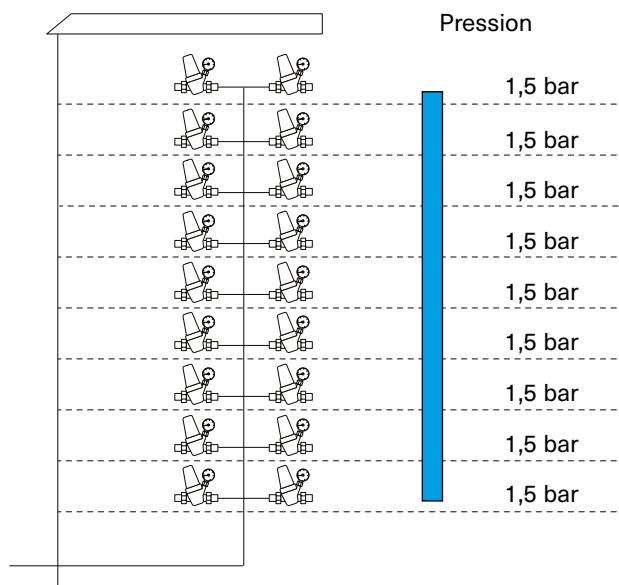
2 Différences de pression dans une installation avec réduction de la pression jusqu'à 5 bar au droit du raccordement au bâtiment, sans autre zone de pression.

Situation 2



3 Différences de pression dans une installation avec réduction de la pression jusqu'à 5 bar au droit du raccordement au bâtiment, avec deux zones de pression.

Situation 3



4 Différences de pression dans une installation munie d'un régulateur de pression à chaque étage.

Changement climatique : faut-il prévoir de plus grandes citernes d'eau de pluie ?

L'eau de pluie peut être utilisée pour de nombreuses applications ne nécessitant pas d'eau potable. Des citernes d'eau de pluie plus grandes permettent non seulement de faire davantage d'économies, mais aussi de réduire la quantité d'eaux pluviales évacuées dans les égouts ainsi que les débits de pointe supportés par ces derniers en cas de violents orages.

L. Vos, B. Bleys, Buildwise

Évolution des précipitations

L'évolution des précipitations au fil du temps est moins marquée que celle des températures. Ainsi, bien que la moyenne annuelle des précipitations n'augmente pas de manière significative, on observe **un changement dans le type de précipitations et dans leur répartition tout au long de l'année**.

Des recherches menées par l'Institut royal météorologique (IRM) révèlent que la quantité de précipitations en hiver devrait croître de manière significative en Belgique. Nous serons en outre confrontés à **des périodes de sécheresse plus longues**, entrecoupées de **pluies généralement brèves, mais intenses**. Les mesures enregistrées à Uccle depuis 1981 indiquent une nette augmentation du nombre de jours par an caractérisés par de fortes précipitations, mais aussi une nette diminution des précipitations au printemps. C'est au cours de cette saison que la durée des épisodes de sécheresse a le plus augmenté.

Il semble dès lors opportun d'installer une citerne d'eau de pluie d'une plus grande capacité si l'on souhaite collecter d'importantes quantités d'eau en hiver et surmonter ainsi une bonne partie de la période de sécheresse attendue à la saison suivante.

Réglementations en la matière

En **Wallonie**, l'installation d'une citerne d'eau de pluie relève de la réglementation communale.

En **Région de Bruxelles-Capitale**, une citerne doit pouvoir collecter au moins 33 litres d'eau de pluie par mètre carré de toiture en projection horizontale. Toutefois, cette réglementation va bientôt changer. Il deviendra obligatoire de raccorder

au moins un robinet de service et une toilette à la citerne et d'adapter son volume à la consommation des utilisateurs.

En **Flandre**, la dernière version de la réglementation relative aux eaux de pluie (en vigueur depuis le 2 octobre 2023) exige que les citernes destinées notamment aux habitations unifamiliales (voir tableau ci-dessous) disposent d'un **volume-tampon minimal plus élevé** (au moins 5.000 litres). La nouvelle réglementation impose également l'utilisation d'eau de pluie pour tous les usages non hygiéniques (machine à laver, toilettes, robinet de jardin). **Par conséquent, si le volume des citernes commence à augmenter, il en ira de même de l'utilisation de l'eau de pluie.** Afin d'illustrer ce que ces exigences impliquent en cas de longue période de sécheresse, prenons l'exemple d'une maison occupée par quatre personnes et équipée d'une citerne d'eau de pluie de 10.000 litres. En supposant une consommation moyenne de cette eau (selon [les données de l'agence flamande de l'environnement](#)) et une citerne à moitié pleine au début de la période de sécheresse, la quantité d'eau de pluie stockée devrait suffire pour répondre aux besoins de ce ménage durant un mois environ. ➡

A Volume de la citerne d'eau de pluie dans une habitation unifamiliale, selon la réglementation flamande.

Superficie 'A' de la toiture (projection horizontale)	Volume de la citerne d'eau de pluie
$A < 80 \text{ m}^2$	Minimum 5.000 litres
$80 \text{ m}^2 \leq A < 120 \text{ m}^2$	Minimum 7.500 litres
$120 \text{ m}^2 \leq A < 200 \text{ m}^2$	Minimum 10.000 litres
$A \geq 200 \text{ m}^2$	100 litres/m ² ou calcul basé sur l'utilisation

La qualité des eaux grises traitées

Dans la perspective de périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes, il importe de réduire la demande en eau potable des bâtiments. Une façon d'atteindre cet objectif est de valoriser les sources d'eau alternatives pour les applications ne nécessitant pas d'eau potable. Parallèlement à la récupération des eaux de pluie, on assiste aujourd'hui au développement de systèmes de traitement des eaux grises en vue de leur réemploi.

T. Delwiche, J. Van Herreweghe, C. Jacques, B. Bleys, Buildwise

Les eaux grises, c'est-à-dire les eaux issues des appareils sanitaires (à l'exception des toilettes et des urinoirs), représentent **environ 60 % des eaux évacuées des bâtiments résidentiels**. Or, lorsqu'elles sont traitées, elles peuvent être réutilisées pour alimenter, via un circuit séparé, les toilettes ou la machine à laver, voire pour nettoyer le sol (*) (voir l'article [Buildwise 2023/04.01](#)). Les familles de systèmes de traitement disponibles sur le marché sont de trois types : chimiques, biologiques ou biomécaniques.

Bien qu'à l'heure actuelle aucune législation ne fixe les niveaux de qualité à atteindre pour l'eau de ce circuit séparé, une annexe à la récente norme NBN EN 16941-2 évoque, pour la première fois en Belgique, des valeurs-guides. Buildwise a effectué une première campagne de mesures pour mieux situer les performances de ces systèmes.

Analyse des résultats

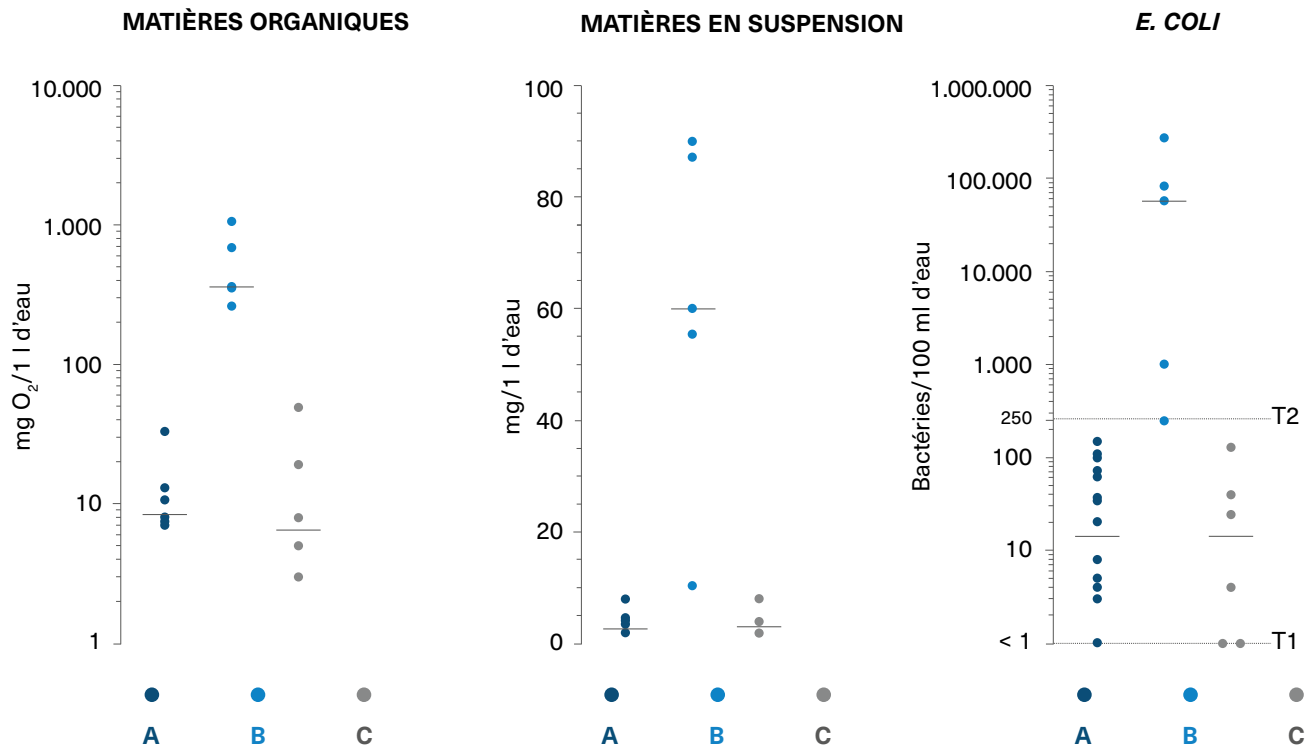
Le nombre d'échantillons analysés est limité à six échantillons d'eau grise et à 22 échantillons d'eau de pluie, que nous considérons ici à titre de référence. Ils sont identifiés comme suit : 'A' pour l'eau de pluie, 'B' pour l'eau grise non traitée et 'C' pour l'eau grise traitée.

La comparaison visuelle de l'ensemble de ces échantillons révèle **une coloration plus prononcée pour l'eau grise non traitée** ainsi que la présence visible de matières en suspension (voir figure 1). Après traitement (système biomécanique dans ce cas-ci), on obtient une eau limpide présentant une coloration résiduelle presque invisible à l'œil nu. Cette coloration peut néanmoins être plus élevée avec d'autres systèmes de traitement, mais, dans tous les cas, on assiste à une forte réduction après traitement.



1 Échantillons d'eau de pluie (A), d'eau grise non traitée (B) et d'eau grise traitée par un système biomécanique (C). Certains traitements produisent une eau traitée légèrement plus colorée que l'échantillon photographié ici.

(*) À l'exception de l'arrosage du jardin, ce sont les mêmes applications que pour les eaux pluviales. L'arrosage du jardin au moyen d'eaux grises est toutefois interdit en Flandre, où la législation les assimile à des eaux usées. Il n'est donc pas indiqué de raccorder un robinet extérieur au circuit d'eau grise.



2 Comparaison des concentrations de matières organiques, de matières en suspension et de bactéries *E. coli* pour les échantillons d'eau de pluie (A), d'eau grise non traitée (B) et d'eau grise traitée (C). Le trait horizontal dans chaque colonne représente la valeur médiane, c'est-à-dire celle qui sépare la moitié inférieure des échantillons de la partie supérieure.


Pour la seconde partie de l'analyse, nous nous sommes intéressés à trois indicateurs de qualité :

- la concentration de **matières organiques**, qui constituent la nourriture pour les bactéries indésirables
- la concentration de **matières en suspension**, lesquelles peuvent entraîner des dépôts en différents points de l'installation et sont responsables d'une partie de la coloration de l'eau
- la concentration de **bactéries *E. coli***, qui est indicative de la présence d'autres bactéries potentiellement pathogènes dans l'eau.

Bien que ces trois indicateurs ne soient pas, à eux seuls, suffisants pour dresser le portrait-robot complet de la qualité de l'eau, ils offrent un aperçu des premières tendances.

Le graphique ci-dessus synthétise nos observations. Chaque échantillon est représenté par un point, ce qui permet de constater la dispersion des résultats. Concernant les bactéries *E. coli*, nous disposons en outre des valeurs-guides non contraignantes, que l'on retrouve en annexe dans la norme NBN EN 16941-2. La valeur la moins exigeante correspond au rinçage des toilettes (valeur T2) et la plus exigeante aux applications avec pulvérisation (valeur T1). Dans ce cas, les microgouttelettes sont susceptibles de pénétrer plus profondément les voies respiratoires.

Lorsque l'eau grise n'est pas traitée (B), les indicateurs excèdent, parfois de beaucoup, les valeurs que l'on retrouve dans les échantillons d'eau de pluie (A). Dans le cas des bactéries *E. coli*, les valeurs enregistrées sont aussi très largement supérieures à la valeur guide T2. Même pour une application peu exigeante telle que le rinçage des toilettes, **la réutilisation de l'eau grise non traitée n'est donc pas recommandée**. Après traitement (C), les valeurs des différents indicateurs sont similaires à celles rencontrées pour l'eau de pluie. Cependant, rares sont les cas où le traitement a permis d'atteindre un taux de bactéries *E. coli* compatible avec une application par pulvérisation (T1). Il est intéressant de constater que c'est aussi souvent le cas pour les échantillons d'eau de pluie.

Le nombre d'échantillons étant limité, **des mesures supplémentaires devront être réalisées** pour confirmer ces premières tendances encourageantes et avoir une meilleure idée de la cohérence des performances des systèmes et des applications possibles de l'eau traitée. 

Cet article est basé sur les résultats du projet Coock 'Waterbewust bouwen' subsidié par VLAIO.

Est-il envisageable de réutiliser les eaux de rabattement ?

Le contenu de 24.000 piscines olympiques, soit 60 millions de mètres cubes d'eau : c'est le volume estimé d'eaux souterraines pompées chaque année rien qu'en Flandre pour des travaux nécessitant un rabattement temporaire de la nappe. La réutilisation de ces eaux permet de limiter l'impact environnemental lié aux rabattements. Des analyses révèlent néanmoins qu'il est absolument déconseillé de les réutiliser dans les installations sanitaires.

J. Van Herreweghe, B. Bleys, N. Denies, Buildwise
G. Goossens, Embuild Vlaanderen

La réduction du volume d'eau pompé et la réinjection pour reconstituer le niveau de la nappe phréatique constituent **les mesures prioritaires pour limiter l'impact des rabattements temporaires** (voir l'article [Buildwise 2022/05.02](#)). L'utilisation des eaux non réinjectées est à considérer dans un second temps. Dans ce cas, la qualité de l'eau devra être conforme à l'utilisation prévue.

Qualité des eaux de rabattement

Grâce à une **campagne d'échantillonnage et d'analyse**, Buildwise a développé des connaissances en matière de qualité des eaux de rabattement en vue de leur réutilisation. Des échantillons prélevés dans des conteneurs d'eau de grande (30-40 m³; voir figure 1) et de petite capacité (1 m³; voir figure 2) ont été étudiés.

La présence de bactéries a été décelée dans 90 % des échantillons examinés. Or, celles-ci peuvent entraîner la formation de boues, des nuisances olfactives, la corrosion des matériaux ou des bouchons. **Les eaux de rabattement ne conviennent donc pas pour le remplissage des citernes d'eau de pluie et les applications sanitaires**, et ce d'autant plus qu'il est très difficile de remédier au développement des bactéries une fois qu'elles ont contaminé une installation.

Ces résultats confirment les conclusions déjà publiées à l'occasion d'une campagne d'essais exploratoire (voir l'article [Buildwise 2021/04.09](#)).

Aucune trace de légionelle n'a été observée dans nos échantillons. Toutefois, cela ne signifie pas que le risque de présence de cette bactérie pathogène est nul. Par conséquent, il est fortement recommandé de **laisser l'eau s'écouler en continu** – dans les petits conteneurs en particulier – pour éviter que la température de l'eau stagnante n'augmente durant les périodes plus chaudes. On empêchera également le développement d'algues en protégeant l'eau stockée dans les conteneurs de la lumière du soleil.

Autres solutions

Nous étudions actuellement d'autres possibilités d'utilisation des eaux de rabattement, notamment dans les domaines de l'agriculture et de l'horticulture, en veillant au respect des exigences de qualité pour l'utilisation prévue, au cadre juridique et à la mise en pratique de ces solutions. ☰☹

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet Coock 'Gestion des eaux souterraines dans les projets de construction' en collaboration avec Embuild Vlaanderen et subsidié par VLAIO.

- 1** Grand conteneur, avec raccordement permanent, pour les eaux de rabattement.



- 2** Petit conteneur, sans écoulement continu, rempli à intervalles réguliers.



Infiltration des eaux autour des bâtiments et sur chantier

Le problème des périodes de sécheresse prolongées rend capitale l'infiltration des eaux dans le sol. Cela se reflète notamment dans les nouvelles exigences légales. Depuis cette année, en Flandre, l'installation d'un dispositif d'infiltration souterrain, par exemple, est désormais soumise à une certification.

B. Bleys, L. Vos, N. Denies, Buildwise

Pourquoi faut-il que l'eau s'infilte ?

Le stockage de l'eau et son infiltration dans le sol constituent le troisième axe du *trias aquatica* (voir l'article [Buildwise 2021/04.09](#)). **Les nappes phréatiques sont ainsi réalimentées localement**, ce qui est essentiel, au regard des problèmes de sécheresse.

En outre, bien que les inondations d'origine pluviale et fluviale dues à des précipitations extrêmes s'avèrent inévitables, il est possible de **réduire leur fréquence et leur impact** en stockant l'eau localement et en la laissant s'infiltrer dans le sol et/ou en ralentissant son évacuation.

L'article [Buildwise 2021/05.07](#) décrit les dispositifs d'infiltration souterrains et de surface (voir la figure 1 ci-contre et la figure 2 à la page suivante) et indique les documents techniques de référence pour une mise en œuvre correcte.

Exigences légales relatives à l'infiltration des eaux autour des bâtiments

En **Wallonie**, le Code de l'eau, d'application depuis le 1^{er} janvier 2007, exige que les eaux pluviales, après leur éventuelle utilisation, soient gérées à même la parcelle en respectant la hiérarchie suivante :

1. infiltration
2. déversement dans un canal ou un cours d'eau si la solution 1 est impossible
3. évacuation vers le réseau d'égouts si la solution 2 est impossible.

Ces obligations s'appliquent à tous les nouveaux projets de construction. Le Code de l'eau n'aborde pas les aspects relatifs au dimensionnement et à la mise en œuvre des dispositifs d'infiltration.

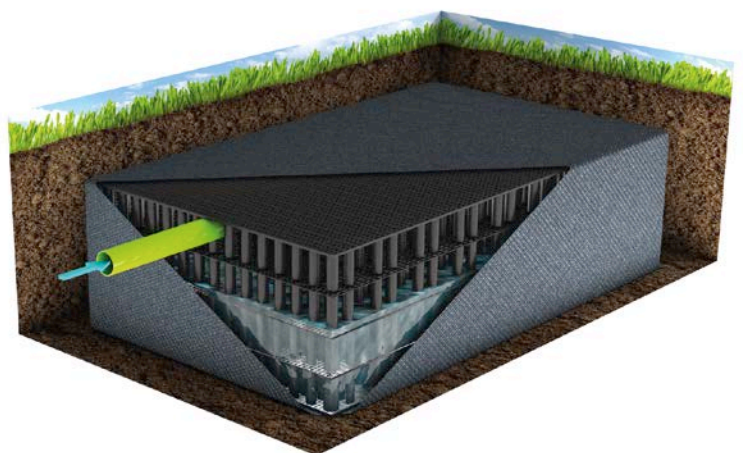
En **Région de Bruxelles-Capitale**, le nouveau règlement urbanistique régional (qui n'a pas encore été définitivement

approuvé) exigera que chaque terrain bâti puisse absorber les eaux d'une pluie centennale (c'est-à-dire qui se produit statistiquement tous les cent ans). Ce n'est qu'en cas d'impossibilité technique que le débit de l'évacuation d'eau doit être réduit au strict minimum. Cette évacuation doit alors respecter l'ordre suivant :

1. déversement dans les eaux de surface
2. stockage temporaire dans une zone voisine située en aval et dotée d'une capacité de stockage ou d'infiltration suffisante
3. évacuation vers les égouts.

En **Flandre**, le nouveau règlement urbanistique régional en matière d'eaux pluviales (GSVH), entré en vigueur le 2 octobre 2023, pose les exigences suivantes :

- les dispositifs d'infiltration doivent toujours se trouver **hors sol**, sauf si l'on peut démontrer que leur installation dans le sol constitue la seule solution (cette exigence



- 1 Dispositif d'infiltration dans le sol constitué de caissons d'infiltration.

n'existait pas jusqu'à présent)

- la **surface d'infiltration** doit représenter au moins 8 % de la surface totale à drainer (contre 4 % auparavant)
- le **volume-tampon** d'un dispositif d'infiltration doit correspondre à au moins 33 litres d'eau par mètre carré de surface à drainer (contre 25 l/m² auparavant).

En Flandre, la hiérarchie suivante s'applique à la gestion des eaux de pluie sur une parcelle :

1. récupération pour réutilisation
2. infiltration sur la parcelle même
3. stockage avec évacuation différée vers des eaux de surface ou une canalisation destinée aux eaux pluviales
4. déversement dans le réseau d'égouts.

Certification de mise en œuvre en Flandre

En Flandre, conformément au Standaardbestek 250, les dispositifs d'infiltration souterrains sont soumis à une certification depuis le 1^{er} janvier 2024. Celle-ci est attribuée par les organismes de certification COPRO et BCCA, conformément aux exigences de la série de prescriptions techniques PTV 8003.

Infiltration des eaux de rabattement

La réalimentation des nappes phréatiques par des techniques d'injection et d'infiltration fait également l'objet d'une attention croissante sur les chantiers, et ce particulièrement en Flandre (voir la [fiche d'information 'Retourbemaling en oppervlakte-infiltratie'](#) et l'[article Buildwise 2022/05.02](#)).

2


Dispositif d'infiltration dans le sol au moyen de tunnels d'infiltration.



En cas d'infiltration en surface, les eaux de rabattement retournent dans le sol par l'intermédiaire de bassins, tranchées ou fosses de décantation. Ces techniques d'infiltration sont à considérer en priorité pour préserver le niveau de l'eau souterraine. En Flandre, sauf indication contraire dans le permis d'environnement, les eaux de rabattement réinjectées dans le sol doivent être conformes aux exigences du VLAREM II.

En cas de réalimentation, il est important d'estimer l'impact de la réinjection ou de l'infiltration en surface, en tenant compte de certains aspects environnementaux tels que le risque de salinisation et la propagation de substances polluantes.

Infiltration des eaux et stabilité des habitations

Pour assurer la capacité portante géotechnique des fondations des habitations, il convient d'éviter que les eaux ne s'infiltrent dans le sol au droit de l'assise des fondations. Dans le cas de caves fondées dans du sable, la saturation de ce dernier peut notamment entraîner des nuisances structurelles (voir l'article p. 13-15). Si l'habitation est fondée sur un sol plastique (voir l'[article Buildwise 2021/05.10](#)), on réduira le risque de retrait ou de gonflement du sol en évitant les infiltrations à proximité immédiate des fondations. 

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet Coock 'Gestion des eaux souterraines dans les projets de construction' en collaboration avec Embuild Vlaanderen et subsidié par VLAIO.

Infiltration dans le cadre du *groenblauwpeil*

La version 2.0 de l'outil *groenblauwpeil* a été lancée en septembre 2023. Cette mise à jour comporte l'extension au domaine public, augmente le nombre de mesures et fournit certaines fonctionnalités pour un usage professionnel (voir également l'[article Buildwise 2022/04.05](#)).

L'outil est aligné sur le nouveau règlement urbanistique en matière d'eaux pluviales en Flandre (GSHV), dont l'objectif est, d'une part, de conserver les eaux pluviales sur la parcelle en prévoyant leur réutilisation et leur infiltration et, d'autre part, d'éviter les débits de pointe vers le réseau d'égouts lors de pluies d'orage. En attribuant différentes valeurs aux paramètres, il est notamment possible de calculer l'impact environnemental de différents concepts de dispositifs de gestion des eaux pluviales. Comparer les résultats ainsi obtenus permet de mieux comprendre l'effet de l'infiltration et des débits de pointe et, par conséquent, de concevoir des projets plus aptes à résister au changement climatique.

Impact du changement climatique sur les fouilles et les fondations d'habitations

Comment les phénomènes climatiques attendus affecteront-ils les fondations de nos habitations ? Cet article présente des mesures préventives spécifiques telles que la protection des pentes des talus contre les infiltrations d'eau, l'approfondissement des fondations ou encore la mise en place d'un drain périphérique à distance de l'habitation concernée. Les problématiques plus larges comme les mouvements de masse, la protection des côtes ou l'érosion des pentes des cours d'eau ne sont pas traitées dans ces pages.

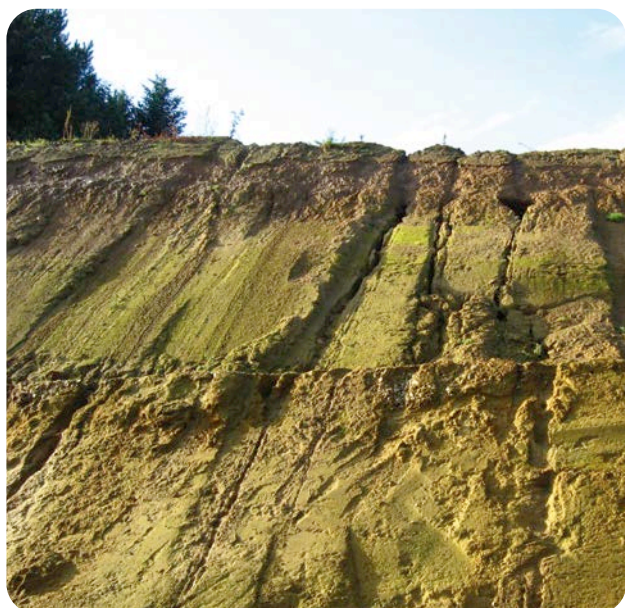
N. Denies, Buildwise

Talus et remblais

Alors qu'un talus peut être naturel ou façonné par l'homme à l'occasion de travaux de terrassement, un remblai est artificiel par définition et généralement constitué d'un matériau granulaire (sable et gravier) compacté par couches. Si le remblai est réalisé au moyen d'un matériau cohésif remanié (limon et argile), on prêter une attention

particulière à sa stabilité dans le temps en tenant compte de sa sensibilité aux venues d'eau.

Le tableau A, à la page suivante, livre un aperçu de l'impact du changement climatique sur la stabilité des talus et remblais. En ce qui concerne les mesures à prendre en cours de terrassement, on se référera aux principes décrits dans l'article [Buildwise 2006/03.01](#).



1 Fissuration de la pente d'un talus limoneux.



2 Réalisation d'une berme en milieu de talus pour en augmenter la stabilité et en faciliter l'entretien.

A Aperçu de l'impact du changement climatique sur la stabilité des talus et remblais.

Phénomène climatique	Augmentation de la fréquence et de l'intensité des fortes pluies	Augmentation de la fréquence et de l'intensité des périodes de sécheresse
Effet sur le sol en place	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation de la résistance au cisaillement et donc de la stabilité du sol (argile, limon et sable) par augmentation de la pression d'eau dans les sols non saturés Perte de cohésion apparente (*) pour les sables et limons 	Fissuration du sol des pentes argileuses et limoneuses (voir figure 1). Lors de fortes pluies futures, les fissures formeront des chemins préférentiels pour l'eau, lesquels contribueront à dégrader la résistance du talus ou du remblai en profondeur.
Impact sur le talus ou sur le remblai	Augmentation de la probabilité de glissement des terres	
Mesures à prendre en compte pour un design résilient	<p>Talus et remblais :</p> <ul style="list-style-type: none"> adoucissement des pentes si possible utilisation de berme(s) intermédiaire(s) (voir figure 2) drainage des pentes et du pied du talus ou remblai développement de la végétation : ancrage naturel protection des pentes et abords contre les infiltrations d'eau mesure en continu du niveau de la nappe phréatique et, si pertinent, de la cohésion apparente du sol <p>En cas de risque élevé de glissement des terres :</p> <ul style="list-style-type: none"> installation de murs de soutènement pour les talus : stabilisation par cloutage ou tirants d'ancrages pour les remblais : renforcement au moyen de géosynthétiques ou d'armatures 	
(*) Cohésion supplémentaire, présente dans les sables et limons, apportée par l'équilibre entre les grains, l'eau et l'air constituant le sol. C'est grâce à la cohésion apparente que les châteaux de sable tiennent à la plage : trop sec ou trop humide, le sable s'écoule et ne peut tenir de fortes pentes.		

Fondations d'habitation

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des fortes pluies aura un effet direct sur la capacité portante des fondations d'habitations. Or, il se trouve qu'un grand nombre de maisons sont encore construites sans tenir compte de l'intensité des pluies auxquelles elles seront confrontées.

Une venue d'eau importante à la base des fondations risque de diminuer la capacité portante du sol, ce qui entraînera un tassement au droit de la semelle concernée, voire une fissuration en façade. Lors de fortes pluies, l'eau a tendance à s'infiltrer le long des murs de l'habitation et à (se) créer un chemin préférentiel vers les fondations. Une fois ce chemin créé, elle l'empruntera systématiquement et accentuera la perte de portance mentionnée ci-dessus.

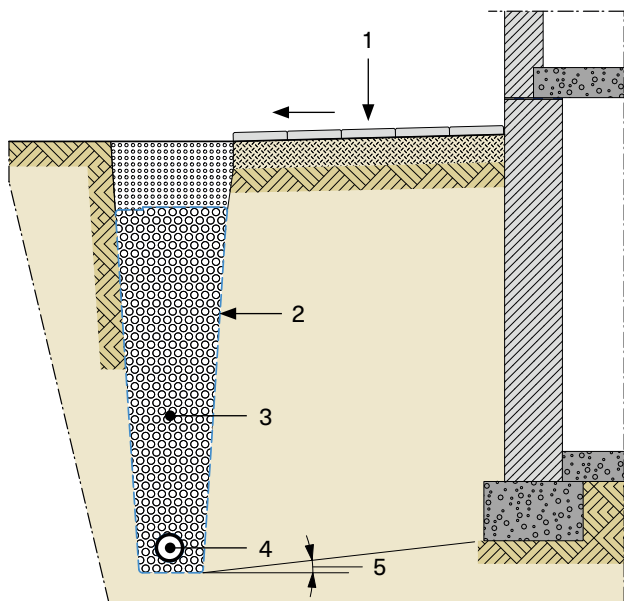
Si, en raison de fortes pluies sur une période prolongée, **le niveau de la nappe phréatique augmente** et se rapproche du niveau d'assise des fondations, cela aura également tendance à diminuer la portance de celles-ci. Si le niveau de l'eau passe au-dessus de l'assise des fondations, une poussée vers le haut se produira sur la face inférieure des fondations. Si cette force ascendante n'a pas été prise en compte lors du dimensionnement, elle peut entraîner une fissuration de la façade, voire un sinistre encore plus important.

Entraînée par les venues d'eau dues aux fortes pluies, **l'érosion souterraine de sols fins**, particulièrement certains limons, peut provoquer la formation de vides ou de zones

fortement décompactées au droit des fondations. Cela se produit lorsque les particules fines sont arrachées au limon par l'eau des averses et qu'elles sont transportées vers un chemin d'écoulement souterrain formé, par exemple, par la présence d'une structure enterrée telle que des égouts, des conduites, des fondations ou d'anciennes caves. Ce phénomène s'accroît au fil du temps.

Pour contrer les trois phénomènes précités, voici une liste non exhaustive de **mesures préventives** dont il faut tenir compte :

- fonder l'habitation à une profondeur suffisante, afin de compter sur une capacité portante plus élevée du sol, même en cas de saturation de ce dernier
- augmenter la largeur de la semelle de fondation et armer celle-ci en suffisance
- opter pour un radier armé
- pour les nouvelles habitations, installer les drains à une certaine distance des fondations (voir figure 3 à la page suivante). À l'heure actuelle, les drains sont le plus souvent installés le long du mur de fondation avec collecte de l'eau à proximité des fondations. Cette pratique sera donc à éviter dans la mesure du possible
- protéger les contours des habitations à l'aide d'une barrière horizontale (dallage, trottoir ou terrasse). L'objectif est d'empêcher l'eau d'atteindre la base des fondations lors de fortes pluies et, surtout, que celle-ci ne creuse des chemins préférentiels le long des murs de fondation
- contrôler régulièrement l'état des gouttières et les dimen-



3 Drain placé à une certaine distance des fondations.

1. Dallage, trottoir ou terrasse
2. Écran filtrant
3. Gravier
4. Tuyau de drainage
5. Pente maximale par rapport à la base inférieure des fondations : 15 % pour les terrains sablonneux fins, 33 % pour les sols argileux

sionner correctement, les nettoyer et s'assurer que l'eau de pluie soit évacuée à une certaine distance des murs de fondation via les égouts ou par infiltration

- vérifier régulièrement l'état du sol aux abords du réseau d'égout, afin de détecter des affouillements éventuels
- contrôler le fonctionnement des drains périphériques via les éventuels regards de visite et veiller à ce que les plantations à proximité du drain ne puissent en perturber le fonctionnement (distance minimale de 3 m). Si nécessaire, il faudra curer le drain et les chambres de visite au moyen d'un jet d'eau.

En cours de travaux d'excavation, on se prémunira également des venues d'eau et de boue dans la fouille. Par exemple, il peut s'avérer efficace et rentable de réaliser une **protection temporaire en terre** au moment de l'excavation (voir figure 4), pour autant que la topographie du

terrain n'entraîne pas de nuisances au voisinage et que la législation le permette.

L'augmentation de la fréquence des périodes de sécheresse et de leur intensité accentuera **le risque de pathologies pour les semelles fondées dans des sols plastiques**. L'article [Buildwise 2018/03.02](#), dédié à la fissuration dans les bâtiments due au retrait ou au gonflement des sols plastiques, présente une série de mesures préventives et de solutions. En présence de végétation, il est recommandé de veiller à ce que le niveau d'assise des fondations dans de tels sols se situe à au moins 1,5 m de profondeur. Toutefois, cette valeur ne tenant pas compte de l'impact du changement climatique à venir, il est probable qu'il faille la revoir à la hausse sur la base de futures observations.

Autres structures géotechniques : parois de soutènement, pieux et tunnels

Certaines structures géotechniques semblent moins sensibles aux effets du changement climatique. C'est le cas notamment des parois de soutènement, des pieux de fondation ou des tunnels.

Néanmoins, lors du dimensionnement de ces structures, il faudra toujours accorder une attention particulière à l'eau présente dans le sol en mesurant scrupuleusement le ou les **niveaux de nappe**.

Pour les pieux, il y a lieu de noter que leur résistance pourra être influencée par une augmentation des charges dynamiques ou cycliques dues au vent. On pense, entre autres, aux fondations d'éoliennes ou de grands immeubles. On se référera aux futurs Eurocodes pour tenir compte de cet effet.



- 4 Mise en place d'une protection temporaire en terre contre les venues d'eau et de boue dans la fouille en cas de fortes pluies (durée d'installation de 30 minutes à l'aide d'une pelleteuse).

Comment rendre une maçonnerie existante étanche aux inondations ?

Bien qu'elles jouent un rôle essentiel sur le plan de la résistance aux inondations des bâtiments, les façades sont trop souvent négligées lorsqu'il s'agit de prendre des mesures en la matière. Elles s'avèrent pourtant moins étanches à l'eau qu'on ne le pense. De plus, la maçonnerie est capable de stocker des quantités importantes d'humidité, ce qui peut retarder considérablement la réoccupation du bâtiment.

P. Van Itterbeeck, Y. Vanhellemont, Buildwise

Infiltrations au travers des façades

L'humidité peut pénétrer dans la façade de deux manières :

- par **capillarité**. Si les briques ou le mortier entrent en contact avec de l'eau, celle-ci sera absorbée par le matériau, mais elle ne traversera pas la maçonnerie et ne s'écoulera donc pas de l'autre côté (à moins que le mur ne soit soumis à une certaine pression). Comme l'humidité capillaire s'évapore très lentement, les bâtiments mettent beaucoup de temps pour sécher après une inondation (voir l'article [Buildwise 2021/05.03](#))

- par **infiltration** via des ouvertures ou des fissures (voir figures 1 et 2). L'eau pénètre alors dans le bâtiment en traversant la façade. Même une maçonnerie récente, faite de briques et de mortier compacts et exempte de fissures, ne peut être considérée comme étanche. Les débits de fuite augmentent lorsque le niveau d'eau n'est que de quelques dizaines de centimètres (jusqu'à plus de 25 l/m².h lorsque le niveau d'eau atteint 1 m de hauteur). Les valeurs sont susceptibles de varier fortement en fonction, notamment, de l'épaisseur des murs et de la présence d'un enduit intérieur.

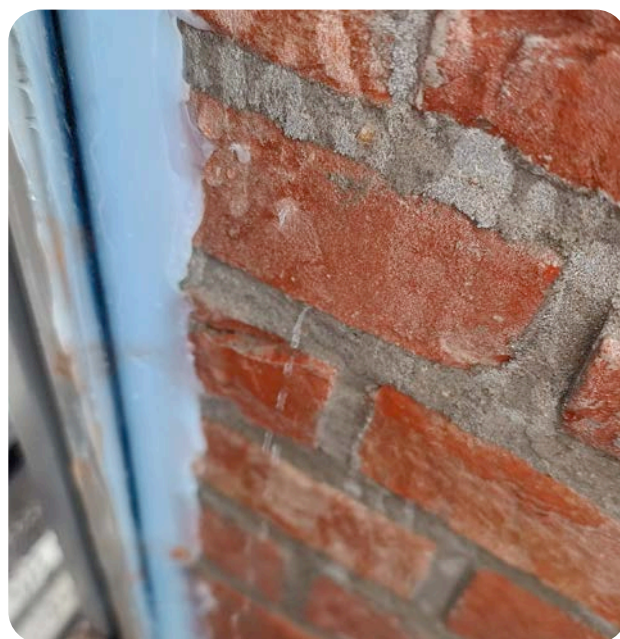
1

Coupe transversale d'une maçonnerie ancienne avec infiltration d'eau par les trous et les fissures.



2

Infiltrations bien visibles sur une maçonnerie.



3 Une maçonnerie endommagée ne peut pas être considérée comme résistante aux inondations.



Rendre (plus) étanche la maçonnerie de parement

État actuel

Avant de rénover ou d'améliorer la façade, il est important d'**inspecter minutieusement** la maçonnerie. Une façade doit être en bon état si l'on souhaite la protéger des eaux de crues (voir figure 3) : les fissures doivent être stabilisées et colmatées, les joints détériorés réparés et les briques endommagées remplacées (voir l'article [Buildwise 2021/05.05](#) et les [parties 4A](#) et [4B](#) de l'Innovation Paper 2).

En raison de la présence de joints, la plupart des **couches de protection existantes** (carreaux muraux, briques émaillées, plinthes en pierre naturelle, ...), ne constituent pas une protection adéquate contre les inondations. En revanche, les couches de bitume, de ciment ou de peinture existantes offrent une meilleure résistance, pourvu qu'elles soient en bon état. Lorsqu'elles sont dégradées, il est souvent nécessaire de les éliminer avant d'appliquer la nouvelle couche de protection.

Travaux de rénovation

Depuis plus d'un demi-siècle, l'**hydrofugation de surface** (voir la [NIT 224](#)) permet de rendre les façades plus étanches à l'eau et de les protéger des pluies battantes. Les produits utilisés forment une couche de protection invisible qui a tendance à vieillir assez lentement. Malheureusement, leur efficacité face aux eaux de crues est plutôt aléatoire. Ainsi,

l'hydrofugation n'aura que peu d'impact sur les matériaux à forte porosité, tels que certains blocs de béton ou la pierre naturelle (pierre d'Euville, par exemple).

Le meilleur moyen de protéger une maçonnerie de parement contre les eaux de ce type consiste à appliquer une couche de finition, de préférence la moins capillaire possible, qui permettra de combler toutes les irrégularités, les ouvertures et les fissures. Différents matériaux peuvent être envisagés à cet égard (voir tableau A à la page suivante) :

- **les couches de peinture** peuvent constituer une barrière efficace contre l'humidité, à condition que le support ne bouge pas, qu'il ne présente pas de fissures (visibles) et que sa surface soit raisonnablement plane (support idéalement constitué de briques à surface plane et régulière avec des joints plats à fleur de parement). Bien entendu, il importe de veiller au type de peinture utilisé. Les peintures de façade classiques (acryliques ou siloxanes, par exemple), mais aussi d'autres produits, tels que les peintures et enduits à base de chaux, assurent une bonne protection contre les infiltrations. Néanmoins, les peintures sont plus sensibles au vieillissement et requièrent un examen et un entretien réguliers
- **les enduits à la chaux** peuvent être mis en œuvre sur des supports plus irréguliers et offrent une meilleure protection contre les inondations
- **les enduits classiques à base de ciment** sont moins capillaires, mais présentent un risque légèrement plus élevé de formation de fissures de retrait, lesquelles peuvent à leur tour entraîner une infiltration d'eau, phénomène courant dans les anciennes façades cimentées. On privilégiera donc les enduits actuels, composés de ciment modifié par des polymères
- **les finitions bitumineuses ou à base de résines synthétiques** (époxy, par exemple) protègent très bien des

A Aperçu des différentes finitions et de leur protection contre les inondations.

Finition	Protection contre les inondations (1)	Influence sur la capacité de séchage de la maçonnerie (1)(2)	Exigences relatives au support	Remarques
Hydrofugation	Aléatoire	Faible/moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux en bon état • Pas de grandes ouvertures ou de fissures 	Intervention invisible
Peinture	Bonne à très bonne	Faible/moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Maçonnerie plane • Briques régulières et joints plats à fleur de parement • En bon état • Pas d'ouvertures ou de fissures importantes et actives 	Intervention visible laissant la structure de la maçonnerie apparente
Enduits à la chaux	Bonne à très bonne	Faible/moyenne à élevée (l'influence augmente avec l'hydraulicité du liant)	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux en bon état • Pas de fissures actives 	Impact majeur sur l'aspect de la maçonnerie
Enduit au ciment	Très bonne	Élevée		
Enduit au ciment modifié par des polymères	Très bonne	Très élevée		
Solutions à base de bitume ou de résine synthétique	Excellente	Très élevée		
<p>(1) Il s'agit d'une moyenne. En effet, il existe de grandes variations en fonction du produit, de sa composition précise, de la nature et de la préparation du support, de sa mise en œuvre et de son vieillissement.</p> <p>(2) Plus l'impact sur la capacité de séchage est élevé, plus il est important que l'humidité ne puisse pas pénétrer derrière la couche de protection. En effet, cette humidité s'évacuera difficilement, ce qui rendra le bâtiment inutilisable pendant plus longtemps et entraînera potentiellement d'importantes dégradations. Si l'on ne peut pas garantir que la maçonnerie restera sèche à l'arrière la couche de protection, on optera de préférence pour une solution ayant un impact limité sur la capacité de séchage de la façade.</p>				

infiltrations d'humidité et de l'absorption par capillarité. Cependant, elles sont sensibles au vieillissement dû aux UV.

Quelques remarques supplémentaires

En ce qui concerne le **détail de la base du mur**, on veillera à ce que l'humidité ne contourne pas la couche de protection en passant sous le mur. Il est donc recommandé d'effectuer des injections contre l'humidité ascensionnelle (en cas d'absence de membrane anticapillaire) et d'appliquer la couche de protection bien en dessous du niveau du sol. Il faut alors tenir compte de facteurs tels que l'existence d'un sous-sol, le niveau du rez-de-chaussée et le type de maçonnerie.

La **hauteur des eaux de crues** est communiquée par les autorités régionales et est basée, entre autres, sur des

modèles, des données statistiques et des hypothèses (notamment relatives au changement climatique). Cette information est donc soumise à un certain degré d'incertitude. Par conséquent, il est préférable de protéger la façade bien au-dessus de la hauteur d'eau prévue. Toutefois, dans la pratique, on suppose une hauteur maximale de 1 m, car au-delà de celle-ci, le risque devient trop élevé et compromet la stabilité du bâtiment et la sécurité des occupants.

Il est préférable de mettre en œuvre le **produit de protection** sur toute la façade, pour autant que la maçonnerie s'y prête. S'il n'est appliqué que sur la partie inférieure, on veillera à ce que l'eau ne puisse atteindre l'arrière de la couche de protection en pénétrant par la partie supérieure de la paroi, non protégée.

Les produits de protection peuvent avoir un effet de pontage sur les **fissures** fines et stabilisées. Les fissures plus importantes doivent être colmatées avant l'application des

produits. Pour les fissures plus larges et encore actives, la mise en œuvre de joints de mouvement est recommandée. Comme il est difficile de rendre ces derniers étanches, il est conseillé d'appliquer localement un enduit renforcé.

Les **maisons mitoyennes** n'étant pas accessibles de tous les côtés, elles sont plus difficiles à protéger. En effet, une protection de façade ne peut empêcher l'humidité de s'infiltrer latéralement via la façade de la maison adjacente. Dans ce cas, il est recommandé de convenir d'une approche commune avec les voisins. En dernier recours, on traitera la face intérieure du mur mitoyen (au moyen de systèmes utilisés pour imperméabiliser les sous-sols de l'intérieur, par exemple) et on mettra en œuvre une paroi de doublage pour obtenir une cuve à double paroi.

En présence d'un **mur creux**, qui est donc composé de deux parois séparées par une cavité, il importe avant tout de protéger la paroi intérieure. Celle-ci étant difficile d'accès, on concentra souvent les efforts sur la paroi extérieure. Pour ce faire, il est nécessaire de combler les ouvertures présentes dans cette dernière (celles destinées au drainage et à la ventilation de la cavité). Il existe à cet égard des systèmes qui se ferment automatiquement lorsque le niveau de l'eau atteint les ouvertures. Il est cependant essentiel que de l'air circule dans la cavité, car cela permet à la paroi extérieure de sécher. Une autre solution consiste à remplacer la paroi extérieure par un ETICS, après avoir protégé la paroi intérieure des eaux de crues (plus précisément la face orientée vers l'extérieur).

Si la façade est dotée d'un **ETICS**, le risque que l'eau pénètre entre l'isolation et la façade est important. Dès lors, il est recommandé de recouvrir la maçonnerie d'une couche de protection (enduit au ciment ou à base de résine synthétique) avant d'appliquer l'ETICS. Il est également préférable d'opter pour un isolant peu ou pas absorbant

dans la partie inférieure de la façade (verre cellulaire, par exemple).

Si de l'eau pénètre dans une habitation dont les murs ont été recouverts d'une couche de protection extérieure, le temps de séchage et, par conséquent, le temps de réoccupation des lieux seront sensiblement plus élevés.

Il est à noter que les produits de protection sont sujets au vieillissement et qu'ils doivent donc être régulièrement contrôlés et éventuellement entretenus ou remplacés.

Enfin, pour les ouvertures, il existe des **solutions d'étanchéité permanentes ou automatiques**, notamment des portes étanches pour les ouvertures plus petites et des cloisons à actionnement hydraulique ou mécanique (voir figure 4) pour les ouvertures plus grandes. Si l'on opte pour des systèmes à installer manuellement, il faut s'assurer qu'ils le seront toujours à temps.

Dispositifs d'essai

Pour des raisons pratiques et techniques, il est impossible de mesurer l'étanchéité des parois d'un bâtiment existant, principalement parce que ce type de mesure entraîne un risque de détérioration du bâtiment.

Pour avoir une meilleure idée de l'**étanchéité d'une paroi**, nous avons mis au point un dispositif d'essai permettant d'exposer un modèle de mur réel à une situation d'inondation (voir figure 5 à la page suivante). Nous avons placé un pan de mur vertical (comprenant les couches de finition, les traitements de protection, l'isolation thermique, ...) dans un réservoir que nous avons ensuite rempli d'eau, d'un seul côté du mur, et ce jusqu'à une hauteur de 1 m. Bien souvent,



4 Solution de fermeture automatique.



- 5** Dispositif d'essai permettant de mesurer l'étanchéité de deux modèles de murs. La partie centrale est remplie (en continu) jusqu'à ce que l'eau atteigne la hauteur de 1 m. Le débit de fuite est contrôlé simultanément.



l'eau commence à s'infiltrer à travers le mur au cours de ce processus. Le niveau de l'eau est maintenu à un mètre tout au long de l'essai. Après une phase de transition, le débit de fuite évolue vers une valeur constante.

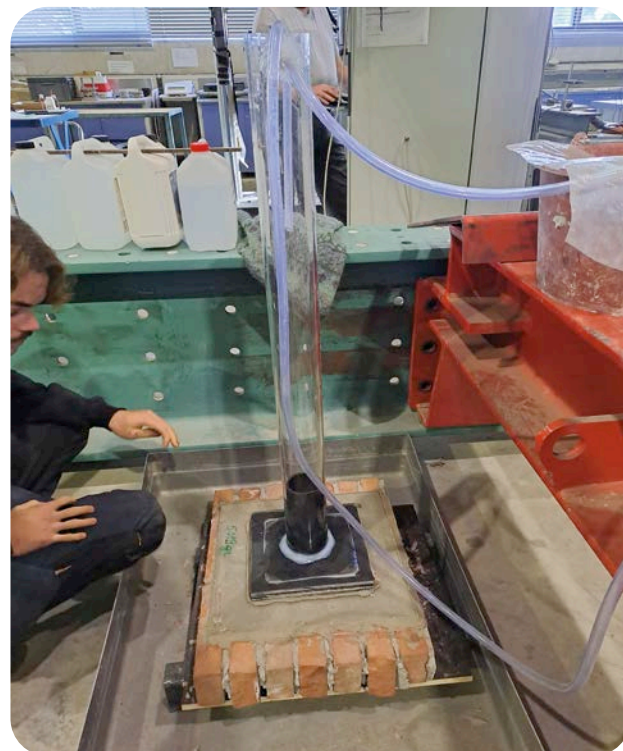
Cet essai est quelque peu fastidieux, mais il donne une idée très réaliste du volume d'eau qui s'infiltré au travers de la façade lors d'une inondation.

Un deuxième essai, plus simple à réaliser, a été mis au point. Celui-ci est inspiré du test d'absorption bien connu avec la pipe en verre de Karsten (NBN EN 16302), réalisé pour mesurer l'**absorption d'eau des façades lors de pluies battantes** (voir [NIT 224](#) et figure 6).

Afin de simuler une situation d'inondation, nous avons exposé la surface à tester à une colonne d'eau de 1 m (pression de 0,1 bar) et mesuré le débit de fuite. Pour des raisons pratiques, le mur a été testé à plat, rendant ainsi le dispositif d'essai plus facile à manipuler et plus étanche, avec une répartition constante de la pression sur l'ensemble de la surface exposée.

Cet essai constitue un moyen relativement simple d'étudier les performances d'un produit de protection des façades.

Les deux essais ont été développés dans le cadre de l'étude prénormative FLOOD, subsidiée par le SPF Économie et le NBN.



- 6** Dispositif d'essai inspiré du test d'absorption avec la pipe de Karsten.

Dimensionnement de l'installation d'évacuation des eaux pluviales à l'heure du changement climatique

En Belgique, les installations d'évacuation des eaux pluviales sont dimensionnées en considérant l'intensité pluviométrique mentionnée dans la norme NBN 306, à savoir 0,05 litre par seconde et par mètre carré. Compte tenu du changement climatique, il est tout à fait légitime de se demander s'il ne serait pas préférable de revoir cette valeur. À l'heure actuelle, une adaptation ne semble toutefois pas encore nécessaire.

L. Vos, B. Bleys, Buildwise


Les éléments constitutifs d'une installation d'évacuation (gouttière, ouverture et conduite d'évacuation, ...) sont dimensionnés sur la base du **débit qu'ils doivent pouvoir évacuer**. Ce débit est lui-même calculé en multipliant la valeur de référence de l'intensité pluviométrique par la surface de toiture raccordée aux éléments. L'intensité des précipitations est donc un facteur essentiel.

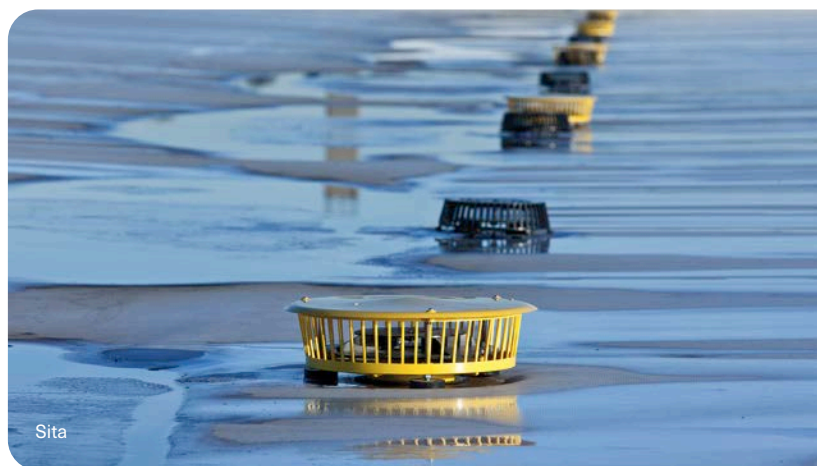
En Belgique, on tient compte d'une intensité de 0,05 litre par seconde et par mètre carré, ce qui n'a encore posé aucun problème à l'heure actuelle. À l'occasion de visites sur chantier, nous avons constaté que les problèmes éventuels étaient dus à un non-respect des recommandations de conception.

En outre, l'intensité pluviométrique sur laquelle se basent nos voisins est tout à fait comparable à la nôtre. Ainsi, la valeur de 0,05 l/s.m² est appliquée en France également. Aux Pays-Bas, cette valeur est considérée pour l'évacuation de secours, tandis que celle de 0,03 l/s.m² l'est pour l'évacuation normale. En Allemagne, tout dépend de la région concernée. Du côté d'Aix-la-Chapelle, par exemple, le dimensionnement est réalisé en se basant sur une intensité de 0,0252 l/s.m² pour l'évacuation normale et de 0,0462 l/s.m² pour le trop-plein.

L'analyse des **précipitations de courte durée** permettra de déterminer s'il convient de revoir l'intensité pluviométrique à utiliser. D'après l'Institut royal météorologique (IRM), une adaptation ne serait pas encore nécessaire. Par conséquent, nous recommandons de continuer de considérer l'intensité actuelle, en tenant compte également des conseils figurant dans la [Méthode de dimensionnement 21](#) en ce qui concerne le trop-plein. La question sera évidemment étudiée plus en détail.

Les deux conseils suivants restent toujours de mise :

- l'installation d'évacuation des eaux pluviales doit être **dimensionnée** conformément aux directives de la [NIT 270](#) et de la [Méthode de dimensionnement 21](#). Une règle empirique telle que celle qui exige 1 cm² de section d'ouverture d'évacuation par mètre carré de surface de toiture raccordée ne s'applique qu'en présence de gouttières suspendues
- l'installation doit être **correctement entretenue**. Les gouttières, ouvertures et conduites ne peuvent pas être obstruées. En cas de doute concernant l'entretien ou le bon fonctionnement de l'égout, en particulier lorsqu'il s'agit de toitures plates de grandes dimensions, le concepteur prévoira un système d'évacuation de secours, afin de garantir l'évacuation des eaux de pluie. 



Sita

Gestion de la surchauffe : approche globale et solutions complémentaires

Pour atténuer le risque de surchauffe dans les bâtiments, il est essentiel de limiter les gains solaires en munissant les surfaces vitrées de protections extérieures efficaces et en prévoyant une ventilation intensive pour évacuer l'excédent de chaleur. L'automatisation des dispositifs de protection permet d'optimiser leur efficacité tout en minimisant l'inconfort pour les occupants.

S. Caillou, J. Van der Veken, V. Vanwelde, S. Verheyleweghen, Buildwise

Risque de surchauffe

L'une des conséquences du changement climatique les plus évidentes au sein des bâtiments est certainement l'augmentation du risque de surchauffe en été, mais aussi à la mi-saison. En effet, les connaissances et les modèles climatiques actuels indiquent une augmentation importante des températures maximales dans les prochaines années, laquelle entraînera, à son tour, **une augmentation de la fréquence et de la durée des vagues de chaleur**. Ainsi, les étés les plus chauds que nous avons connus durant les deux dernières décennies correspondront aux étés moyens attendus vers 2050... et aux étés les plus frais vers 2100 ! (*)

Approche globale

Pour se prémunir efficacement du risque de surchauffe à l'intérieur des bâtiments, il convient d'appliquer **une approche globale et une priorisation des mesures de protection**.

Premièrement, il va de soi qu'il est nécessaire de **limiter les gains solaires**, en cernant le problème à la source. Il se trouve que la mise en œuvre de surfaces vitrées aux dimensions raisonnablement limitées et la pose de protections solaires extérieures fixes, saisonnières ou mobiles, empêchent la chaleur de pénétrer dans le bâtiment (voir

figure 1). Par ailleurs, l'installation de protections est une mesure dite sans regrets, puisque celles-ci se montreront utiles, quelle que soit l'évolution réelle du climat (voir 'Protections solaires efficaces' à la page suivante ainsi que l'article Buildwise 2021/03.03).

Deuxièmement, une ventilation intensive permet d'**évacuer l'excédent de chaleur**. Une bonne partie du temps, la température à l'extérieur est nettement inférieure à la température à l'intérieur (voir 'Ventilation intensive' à la page 24).

Ces deux mesures passives sont toujours pertinentes, que le bâtiment dispose ou non d'un système de refroidissement actif.



1 Exemple de dispositif d'ombrage fixe.

(*) Prévisions obtenues au moyen de calculs réalisés par Buildwise à l'aide du modèle climatique MPI-M-MPI-ESM-LR/REMO2015.

Troisièmement, certaines **techniques de refroidissement plus actives** sont très efficaces et doivent être envisagées en priorité si les deux mesures précédentes ne suffisent pas pour atteindre le confort souhaité. L'[article Buildwise 2021/04.08](#) fait le point sur ces techniques. Par exemple, l'utilisation d'une pompe à chaleur géothermique et d'un chauffage par le sol pour assurer le chauffage en hiver se combine parfaitement avec un refroidissement de type *free geocooling* en été (voir l'[article Buildwise 2013/03.02](#)). Il s'agit simplement de faire circuler – à l'aide d'un circulateur – le fluide caloporteur dans le système pour prélever la chaleur à l'intérieur du bâtiment et la réinjecter dans le sol. Le coefficient de performance d'un tel système est de l'ordre de 20 : l'énergie de refroidissement délivrée est 20 fois plus élevée que l'énergie consommée par le circulateur.

Enfin, il sera parfois nécessaire de recourir à un **système de refroidissement actif plus énergivore**, tel qu'une pompe à chaleur (PAC) air-eau réversible ou une PAC air-air. Cependant, ces solutions ne sont à envisager qu'en dernier recours et certainement pas en l'absence de solutions 'sans regrets', car leur consommation d'énergie peut être élevée.

Conception, conseil et mise en œuvre

Il est évident que **plusieurs intervenants ont un rôle crucial à jouer pour favoriser l'adoption et l'utilisation correcte des mesures passives décrites dans cet article**. Lors du placement ou remplacement des menuiseries extérieures, par exemple, le menuisier pourra conseiller la pose de protections solaires adéquates et la motorisation des fenêtres les plus pertinentes. Pour les entreprises générales, il en va de la performance globale et de la satisfaction finale du client.

Veillez cependant à ne pas vous baser uniquement sur l'indicateur de surchauffe de la PEB ! Cet indicateur est en effet extrêmement simplifié (méthode stationnaire mensuelle, données climatiques ne tenant pas (encore) compte du changement climatique, ...), mais n'est pas inutile pour autant. En effet, il constitue un garde-fou qui encadre la conception et permet d'éviter les situations les plus critiques. En revanche, il n'offre pas une garantie absolue de confort.

Comportement des occupants

Le comportement des occupants est un paramètre essentiel à prendre en compte, bien qu'il ne soit pas toujours le plus fiable, dans la mesure où il est **influencé par de nombreux éléments subjectifs**. L'exemple le plus frappant est celui de la tendance des occupants à ouvrir les fenêtres pendant les heures les plus chaudes d'une vague de chaleur, pour profiter d'un courant d'air, alors que ce comportement va contribuer à réchauffer davantage le bâtiment. Par ailleurs, la perception du confort est personnelle et peut sensiblement varier d'une personne à l'autre.

Les mesures passives présentées dans cet article sont susceptibles d'engendrer **des contraintes ou des moments d'inconfort pour les occupants**. Ainsi, il se peut que les protections solaires réduisent la vue vers l'extérieur et que les stratégies de ventilation intensive occasionnent des problèmes acoustiques ou des courants d'air gênants, voire permettent l'intrusion d'insectes dans le bâtiment.

Ces mesures sont souvent considérées comme peu efficaces lorsqu'elles sont appliquées manuellement. Une **gestion automatisée et sécurisée** peut améliorer significativement leur efficacité.

Protections solaires efficaces

Quand on parle de protections solaires, on pense souvent aux toiles verticales à déployer du côté extérieur des fenêtres. Il en existe toutefois d'autres types.

Au niveau de la conception architecturale d'un bâtiment neuf ou d'une rénovation profonde, le choix de **l'emplacement et de la superficie des vitrages** est évidemment essentiel. Les vitrages de grande dimension exposés au sud ou à l'ouest sont à limiter ou à munir de protections solaires très efficaces et acceptées par les occupants.

Il existe ensuite des **protections solaires fixes ou permanentes**. Il s'agit d'éléments architecturaux, comme un débord de toiture. Il existe aussi des produits pouvant être installés ultérieurement pour faire ombrage sur la fenêtre (voir figure 1 à la page précédente).

Des **dispositifs saisonniers** peuvent également s'avérer très performants dans certaines situations. Il s'agit de dispositifs que l'occupant placera et enlèvera manuellement une fois au printemps et une fois en automne, afin de se protéger du soleil pendant toute la durée de l'été. Il s'agit typiquement du type de protection solaire sous forme de toile à déploiement manuel que l'on retrouve sur les fenêtres de toit (voir figure 2).

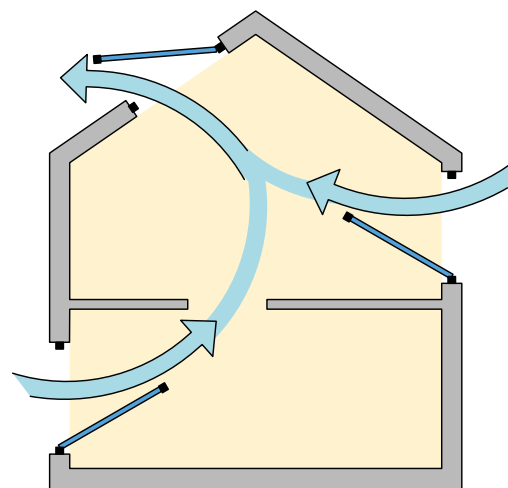


2 Exemple de protection saisonnière sur fenêtre de toit.

Enfin, les **dispositifs mobiles**, tels que les toiles verticales installées à l'extérieur des fenêtres, s'avéreront encore plus efficaces lorsqu'ils sont pilotés automatiquement, sur la base d'une programmation horaire ou d'un capteur de luminosité extérieur. Pour augmenter cette efficacité et l'acceptation par les occupants, il est possible d'adapter le pilotage à l'orientation de la fenêtre, en prévoyant un capteur de luminosité par façade, par exemple.

L'outil Prosolis, développé par Buildwise et l'unité de recherche 'Architecture et climat' de l'UCL, permet de comparer diverses protections solaires. N'hésitez pas à l'essayer sur www.prosolis.be.

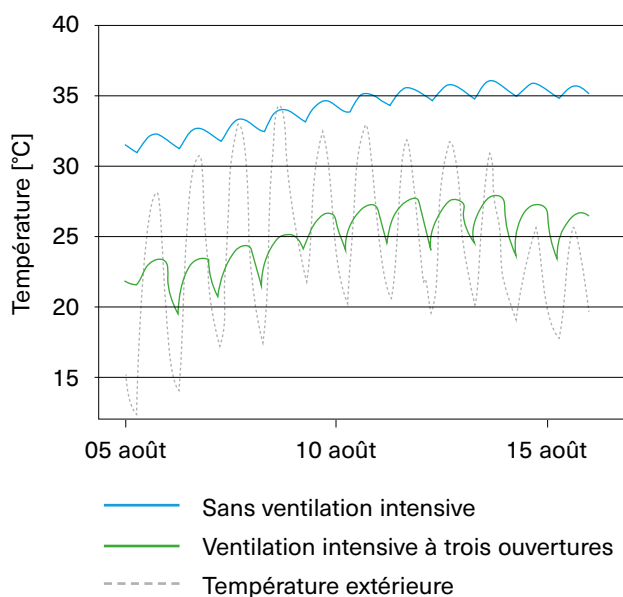
Vous trouverez de plus amples informations sur les multiples fonctionnalités des protections solaires dans l'article [Buildwise 2010/04.16](#) et sur leur impact visuel dans l'article [Buildwise 2014/03.14](#).



4 Principe de la ventilation intensive à trois ouvertures.

Ventilation intensive

La ventilation intensive requiert des **débits importants** (au moins dix fois plus élevés que ceux de la ventilation hygiénique de base) via l'ouverture de fenêtres ou l'utilisation de dispositifs dédiés et automatisés ou non. L'enjeu de cette ventilation intensive consiste à **diminuer la température des éléments lourds du bâtiment**, comme les murs et les dalles de plancher. La température qui règne alors à l'intérieur du bâtiment se trouve à un niveau plus bas au début de la vague de chaleur (voir figure 3). D'une manière générale, les fenêtres ouvrantes sont donc à privilégier aux fenêtres fixes.



3 Comparaison des températures à l'intérieur d'un bâtiment lors d'une vague de chaleur (résultats issus d'une simulation numérique).

La ventilation via des ouvertures dans des façades opposées ou par effet cheminée entre différents étages permet d'atteindre des débits bien plus élevés qu'une ventilation monofaçade dans une seule pièce. Lors d'une recherche récente, nous avons pu identifier les éléments suivants :

- l'effet de surchauffe étant relativement global dans le bâtiment, **il n'est pas nécessaire de ventiler localement toutes les pièces**. La ventilation de certaines pièces situées en dehors des zones d'occupation (hall de nuit, par exemple) peut déjà s'avérer très efficace
- un pilotage automatisé permet d'appliquer la ventilation intensive aux périodes les plus propices, mais aussi **en dehors des périodes habituelles d'occupation** (uniquement après une certaine heure le soir, par exemple), ce qui contribue à limiter les moments d'inconfort pour les occupants et donc à augmenter leur acceptation des dispositifs de ventilation.

Sur cette base, une **stratégie de ventilation intensive à trois ouvertures** a été identifiée comme particulièrement efficace, tout en réduisant le nombre de composants à mettre en œuvre. Cette stratégie peut être pilotée automatiquement en fonction des températures intérieures et extérieures et est appliquée principalement pendant la nuit. Elle se compose notamment des éléments suivants :

- une ouverture au rez-de-chaussée, dans le séjour, avec ouverture motorisée et sécurisée ainsi qu'un dispositif de protection contre l'effraction
- une cage d'escalier ouverte (ou maintenue temporairement ouverte en été) entre le séjour et le ou les étages supérieurs
- deux ouvertures dans le hall de nuit, de préférence sur deux parois différentes : en toiture, en façade ou au niveau d'un palier.

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet SOFT Summer, subsidié par la Wallonie.

Toitures vertes et stockage des eaux pluviales

Dans les pages précédentes, il a été question d'accroissement des précipitations en hiver, d'augmentation de la durée et de la fréquence des périodes de sécheresse en été ou encore de l'augmentation des températures moyennes et du nombre de vagues de chaleur (surtout en ville). Les toitures, qu'elles soient plates ou à versants, végétalisées ou non, peuvent contribuer à l'adaptation au changement climatique. En effet, grâce à des modifications et des systèmes innovants, elles permettent de retenir davantage les eaux pluviales.

E. Noirfalisse, Buildwise

Les toitures peuvent contribuer à **réguler les extrêmes climatiques dans les environnements très bâtis**. Cet article traite du rôle qu'elles peuvent jouer dans la gestion de l'eau, mais n'aborde pas l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Nous avons déjà constaté que les toitures plates vertes – en particulier de type intensif – retardaient et diminuaient le débit des eaux pluviales évacuées en cas d'averse (voir l'article [Buildwise 2006/03.02](#)). Plus récemment, nous avons vu qu'une toiture verte pouvait retenir 30 à 70 l/m² d'eau environ durant une averse (voir l'article [Buildwise 2022/05.04](#)), ce qui la rend surtout **intéressante en ville**, où le sol a été davantage imperméabilisé et où l'espace nécessaire pour l'installation d'une citerne ou d'un dispositif d'infiltration fait parfois défaut. Cette capacité

de rétention des toitures vertes est reconnue et valorisée :

- les toitures vertes figurent parmi les solutions fondées sur la nature (SFN) recensées par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour relever les défis socio-environnementaux
- la capacité de rétention d'eau est prise en compte dans le GreenRoofScore de nos voisins français ainsi que dans le score bleu du *groenblauwpeil* (voir l'article [Buildwise 2022/04.05](#)) et dans l'ordonnance relative aux eaux pluviales (végétaliser une toiture plate dispense de la raccorder à une citerne d'eau de pluie) en Flandre.

Comment accroître la contribution des toitures à la résilience au changement climatique ? Tout d'abord, il convient de **promouvoir (encore plus) la végétalisation des toi-**



tures plates. Ensuite, deux autres pistes sont à envisager, chacune avec ses points d'attention, à savoir :

- favoriser davantage la rétention d'eau en toiture plate, végétalisée ou non
- végétaliser davantage les toitures à versants.

Rétention d'eau (accrue) en toiture plate (verte ou non)

Il va de soi qu'une toiture plate offre la capacité de rétention d'eau la plus importante, et ce d'autant plus s'il s'agit d'une toiture plate verte et intensive, comme nous l'avons déjà signalé. La possibilité de mettre en œuvre des toitures rétentrices d'eau sans pente, avec ses conditions et points d'attention, est détaillée dans l'article [Buildwise 2019/06.04](#).

Divers systèmes existent sur le marché pour accroître la rétention d'eau des toitures vertes, voire permettre aux autres toitures multifonctionnelles (parkings, terrasses, ...) de retenir les eaux pluviales. Vous les retrouverez dans [TechCom](#), notre base de données des produits de construction. Citons notamment les catégories de systèmes suivantes :

- **les panneaux synthétiques à cuvettes et/ou à méandres**, avec évacuation de l'eau par des orifices en partie supérieure et stockage dans des cuvettes communiquant parfois entre elles (voir figure 1A). Les volumes retenus s'avèrent moindres que ceux des systèmes suivants (6 à 20 l/m² environ pour quelques systèmes consultés)
- **les matelas absorbants (de type 'éponge')**, souvent composés de laine de roche (voir figure 1B) ou, plus rarement, d'un matériau naturel présentant dans ce cas une épaisseur et une capacité plus limitées. Selon le type et l'épaisseur du matelas, le volume retenu peut être de 20 à 50 l/m², voire plus
- **les panneaux alvéolaires ou de type 'treillis trois dimensions'**, avec la possibilité de stocker l'eau directement sur l'étanchéité dans l'espace vide créé au-dessus de celle-ci (voir figure 1C). Ces systèmes sont à combiner avec un avaloir retardateur de l'évacuation d'eau (surélevé, à ouver-

ture réduite) et permettent de retenir des volumes d'eau plus importants (jusqu'à plus de 100 l/m²). La rétention est temporaire et contrôlée : l'eau peut être évacuée au moment souhaité, en prévision d'une prochaine averse, ce qui n'est pas le cas des toitures vertes ou des systèmes précédents.

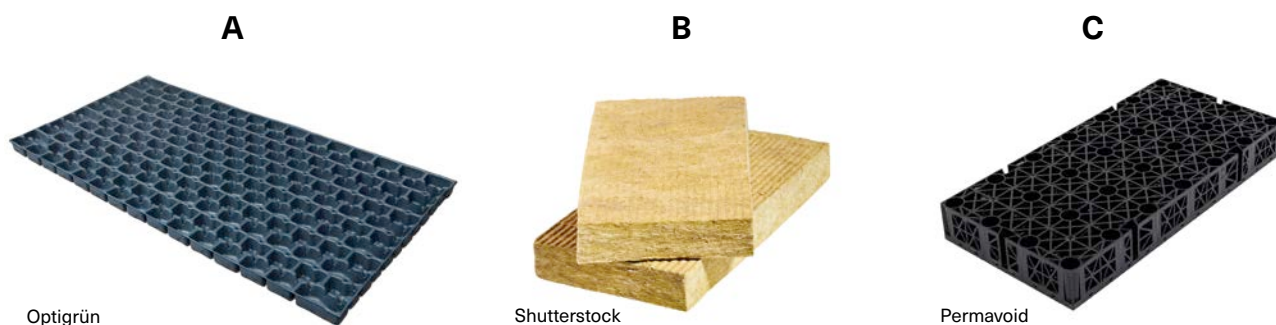
Certains panneaux disposent de caractéristiques mécaniques les rendant applicables en toiture-terrasse ou en toiture-parking.

Un système de rétention d'eau supplémentaire se révèle également utile au bon fonctionnement des toitures vertes. En effet, elles disposent ainsi d'une réserve d'eau pouvant être transmise aux végétaux. Cette réserve peut éventuellement être gérée au moyen d'un système de monitoring.

Végétalisation des toitures à versants

En raison de la pente qui les caractérise, les toitures à versants contribuent évidemment dans une moindre mesure à la gestion de l'eau. Elles représentent néanmoins **un potentiel élevé de surfaces réceptrices supplémentaires**. L'inclinaison de ces toitures implique une série d'aspects à prendre en compte :

- **une érosion (ou un risque d'érosion) du substrat** à la suite d'une pluie violente et du ruissellement des eaux pluviales. On privilégiera donc les tapis précultivés aux semis, pour accélérer l'enracinement de la végétation. On trouve en outre sur le marché des baquets de rétention du substrat ainsi que des dispositifs à poser à sa surface (toile de jute ou filet de protection, par exemple) (voir figure 2A à la page suivante)
- **l'exposition au rayonnement solaire** – qui dépend de l'orientation, mais aussi de la pente – peut être inadaptée et s'avérer insuffisante (nord) ou trop importante (sud)
- **le glissement éventuel du complexe végétal** : à partir d'un certain degré d'inclinaison de la toiture, les couches posées librement risquent de glisser. Pour reprendre la poussée du complexe végétal et éviter son glissement, il convient d'appliquer des solutions permettant de le retenir




- 1 Exemples de panneaux synthétiques à cuvette et/ou à méandres (A), de matelas absorbants (B) et de panneaux alvéolaires créant un espace de stockage temporaire de l'eau (C).

tout en laissant l'eau s'évacuer, comme :

- des bacs précultivés conçus pour les toitures à versants (voir figure 2A)
 - des plaques alvéolaires (voir figure 2B)
 - des traverses ou éléments fixés sur un treillis ou à des tirants entre le faîte et un profil en rive basse (voir figure 2C)
 - des éléments de retenue du substrat avec une structure en nid d'abeilles (voir figure 2D)
- **un besoin d'irrigation (accru)**, vu l'évacuation plus rapide de l'eau liée à la gravité et donc une rétention d'eau plus limitée par mètre carré. Pour limiter cet effet, une natte de rétention peut être appliquée sous le substrat. Certains panneaux de drainage et de rétention sont plus spécifiquement conçus pour des pentes plus élevées. Il existe aussi des systèmes pour assurer l'irrigation correcte des végétaux (arrosage pour goutte-à-goutte, par capillarité, ...)
 - **un accès plus délicat** pour la pose et l'entretien de la toiture verte
 - **une limitation des végétaux possibles.** Tandis qu'une végétation extensive est possible jusqu'à des pentes élevées (70 %), une végétation intensive (toiture-jardin) n'est pas réalisable sur des versants affichant une inclinaison supérieure à 10 %.

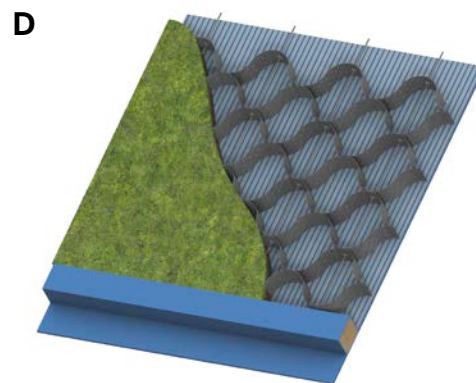
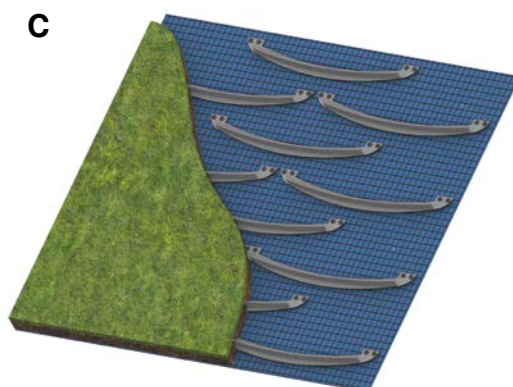
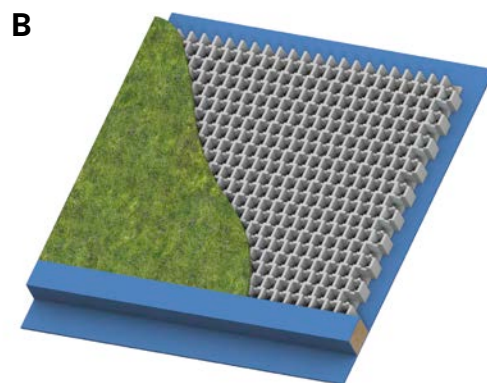
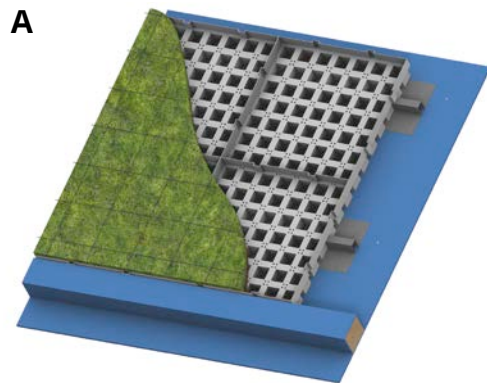
Les systèmes précités sont applicables sur une toiture à versants présentant la même composition qu'une toiture plate, c'est-à-dire une toiture munie d'une étanchéité et non d'une couverture discontinue (tuiles ou ardoises), même si leur pente est plus élevée.

Bien qu'il soit moins évident – et certainement moins courant – de **végétaliser les versants d'une toiture recouverte de tuiles ou d'ardoises** et d'y **retenir les eaux pluviales**, des tuiles végétalisées font leur apparition sur le marché. Celles-ci sont posées comme des tuiles ordinaires, sur une sous-toiture et sur des lattes et contre-lattes adaptées aux charges plus élevées. Ce système tout à fait particulier nécessite un grand soin lors de la pose et une attention particulière pour les détails et raccords ainsi que pour la mise en œuvre et la durabilité de la sous-toiture, qui risque d'être plus sollicitée.

Une autre solution pourrait consister à poser des bacs de végétation légère **en surimposition sur une charpente adaptée**, comme on le fait pour fixer des panneaux solaires. Il existe en outre des tuiles rétentrices d'eau équipées de réservoirs plats, mais ce système est également particulier et peu répandu. 

Toiture et climat ou la 'toiture climatique'

Buildwise et le secteur des toitures plates s'engagent à promouvoir la toiture climatique, c'est-à-dire une toiture plate multifonctionnelle qui contribue à l'atténuation et/ou à l'adaptation au dérèglement climatique. Le Comité technique 'Étanchéité' s'efforce d'identifier et d'éliminer les obstacles techniques à la réalisation d'une telle toiture climatique.



2 Principe de quelques systèmes de retenue du substrat.

Travailler sur chantier par temps chaud


En été, le beau temps est espéré par tous. Toutefois, pour les travailleurs du secteur de la construction, l'un des inconvénients d'un bel été est qu'il faut parfois travailler en plein soleil alors qu'il peut faire très chaud ! Outre le fait qu'une exposition excessive au soleil soit nocive pour la peau, la chaleur peut engendrer des maux de tête, affecter la concentration et, par conséquent, avoir un impact sur la sécurité.

C. Callandt, Constructiv
V. Pollet, Buildwise

En application des principes généraux du [Code du bien-être au travail](#), chaque employeur est responsable de l'approche structurelle de la prévention des risques sur le lieu d'occupation de ses travailleurs. Concrètement, il doit procéder à une analyse des risques et suivre la hiérarchie dite de la triple prévention :

- tout d'abord, **les risques doivent être éliminés à la source – ou limités le plus possible** – en appliquant quelques mesures organisationnelles et/ou techniques. Par exemple, l'article 55 de la Convention collective de travail relative à l'organisation du temps de travail permet aux entreprises de la construction d'élargir les limites de début et de fin de la journée de travail. Durant l'été, le travail sur chantier pourrait ainsi **débuter dès 6 h le matin** et se terminer dans l'après-midi, lorsque le soleil est au plus haut dans le ciel et qu'il émet le plus de rayons. Les risques pourraient, en outre, être limités à la source par **la mise en œuvre d'éléments préfabriqués** plutôt que par leur fabrication sur le chantier. Une rotation des tâches

serait également à envisager, de manière à réduire la durée d'exposition au soleil de chaque travailleur. Par ailleurs, il est recommandé de faire **des pauses régulières**, afin de profiter d'un instant à l'ombre et/ou de regagner la fraîcheur d'une pièce bien ventilée ou climatisée

- ensuite, l'employeur doit, en fonction de son analyse des risques, prévoir les **équipements de protection collective (ÉPC)** nécessaires. Il s'agit, par exemple, de créer de l'ombre au moyen d'une voile d'ombrage ou de panneaux
- enfin, la dernière étape de la hiérarchie de la prévention consiste, pour l'entrepreneur, à fournir des **équipements de protection individuelle (ÉPI)** adaptés, comme des lunettes de soleil, des vêtements respirants ou de la crème solaire. 

Outils utiles développés par Constructiv

Pour le lecteur désireux d'en savoir plus, nous renvoyons à quatre autres publications intéressantes de Constructiv sur ce sujet :

- la [Fiche de prévention 1064 'Travailler par temps chaud'](#), qui reprend toutes les mesures possibles (pas seulement celles contre les rayons ultraviolets)
- la [Fiche Toolbox Env-001 'Travailler par temps chaud et ensoleillé'](#), qui indique en deux pages quelques précautions élémentaires à respecter
- le [Dossier Constructiv 157 'Travailler par temps chaud ou froid'](#), dans lequel figurent des conseils pratiques
- la [Fiche de prévention 1047 'Exposition à la charge physique et thermique chez les travailleurs routiers'](#), consacrée particulièrement aux asphaltateurs.



Shutterstock

Peintres, tenez compte du changement climatique !

En organisant leur planning quotidien de manière efficace, en évitant l'exposition directe au soleil et en utilisant des revêtements ou des additifs appropriés, les peintres peuvent effectuer un travail de qualité, même durant les périodes chaudes, lesquelles seront de plus en plus fréquentes en raison du changement climatique.

T. Haerinck, E. Cailleux, Buildwise

Il est essentiel de disposer de **conditions environnementales adéquates** pour réaliser des travaux de peinture. En effet, les peintures sèchent plus rapidement à des températures élevées (> 25 °C), ce qui complique leur application. L'humidité relative de l'air et la température à la surface du support constituent également des paramètres importants (voir la [NIT 249 § 5.2](#)).

Voici quelques stratégies permettant d'obtenir un résultat de qualité, et ce même durant les périodes chaudes.

Adaptez votre planning quotidien en fonction des conditions météorologiques

Surveillez toujours les conditions et les prévisions météorologiques. Lors de journées chaudes, vous ferez davantage preuve d'efficacité **en décalant, dans la mesure du possible, les heures de travail** ou en effectuant au maximum les travaux préparatoires (masquage, ponçage, dégraissage, nettoyage, ...) aux heures les plus chaudes de la journée.

En cas d'ensoleillement élevé, il est important d'**éviter une exposition directe au soleil pendant la mise en peinture, mais aussi peu de temps avant et après celle-ci**. Cette recommandation est particulièrement valable pour les supports et les peintures foncés ainsi que pour les supports en bois à pores grossiers. Dans ces cas, il est conseillé soit d'appliquer la peinture une fois que le support n'est plus exposé aux rayons solaires, afin de laisser sa surface refroidir, soit de peindre suffisamment en avance pour permettre à la peinture de sécher correctement.

Protégez les travaux de peinture extérieurs

En cas de travaux de peinture à l'extérieur, et en particulier si le support ou la peinture sont foncés, vous pourrez créer


de l'ombre en suspendant des **toiles d'ombrage** sur votre échafaudage, ce qui assurera en outre une protection en cas d'averse (inattendue). Il est donc recommandé de tenir compte de ce coût supplémentaire.

Utilisez des produits et des techniques adaptés

S'il vous faut mettre en œuvre une peinture extérieure sur du bois et du métal dans des conditions chaudes (> 23 °C), il est préférable d'opter pour une **peinture à base de résine alkyde en phase solvant**, ce type de produit ayant généralement un temps d'ouvrabilité plus long.

Des travaux intérieurs et extérieurs peuvent aussi être effectués avec **des peintures ou des laques en phase aqueuse présentant un temps d'ouvrabilité suffisamment long**. Certains fabricants proposent aussi des additifs pouvant ralentir le séchage. Respectez toujours scrupuleusement les instructions de mise en œuvre et le dosage maximal.

Par ailleurs, vous pouvez vous adapter au réchauffement climatique en travaillant durant les périodes où les conditions sont favorables. L'utilisation d'un **pulvérisateur** ou d'un rouleau *airless* (rempli de peinture à l'aide d'une manette) vous permettra de rentabiliser ces périodes. Le travail préparatoire peut alors être exécuté lorsque les conditions sont moins favorables.

Enfin, il est possible de programmer les travaux de peinture extérieure plus tôt dans l'année, par exemple à la fin de l'hiver ou au début du printemps. Le **développement de produits et d'outils adaptés** (peintures quatre saisons, seaux de peinture chauffés, par exemple) offre de nouvelles possibilités à cet égard. Il convient toutefois de prêter attention à l'évolution de la température et de l'humidité relative de l'air tout au long de la journée et de surveiller la température à la surface du support. 

Bétonnage par temps chaud : adapter ses pratiques

Les conditions climatiques ont une influence très importante sur la qualité finale du béton. Lorsque l'air atteint des températures supérieures à 25 °C, la fabrication et la mise en œuvre du béton nécessitent de tenir compte des conséquences de la chaleur et de prendre des précautions pour éviter tout désordre.

V. Dieryck, Buildwise

Conséquences d'une température ambiante élevée sur le béton

Les températures élevées (> 25 °C) agissent à différents niveaux sur le béton. Elles provoquent ainsi :


- une **perte rapide de l'ouvrabilité**, compliquant la mise en œuvre du béton
- un dégagement de chaleur plus élevé (dû à l'hydratation du ciment) et donc un **risque de fissuration plus élevé** également (dû au retrait thermique lors du refroidissement). Ce risque est accru notamment dans le cas d'éléments de plus de 50 cm d'épaisseur (voir la [NIT 285 § 9.5](#))
- une évaporation excessive de l'eau et une **dessiccation du béton**. Les ouvrages les plus concernés sont ceux présentant une surface libre non coffrée (donc exposée) de grande dimension. Il s'agit, entre autres, des routes et des sols. Ce phénomène peut entraîner :
 - un retrait plastique et, par conséquent, un risque de fissuration, plus important
 - une mauvaise hydratation du ciment en surface, laquelle entraîne une plus forte porosité du béton enrobant les armatures ainsi qu'une plus grande perméabilité aux agents agressifs (chlorures, par exemple). La surface du béton présente alors une mauvaise résistance à l'abrasion et les revêtements y adhèrent mal (en raison de la pulvérulence en surface, par exemple).



Mise en œuvre du béton par temps chaud

Lors de la construction d'un ouvrage en béton par temps chaud (> 25 °C) et sec, les mesures suivantes peuvent être prises :

- **limiter la température du béton frais durant le coulage** à maximum 25 °C, en adaptant la composition et/ou la mise en œuvre
- **éviter l'emploi de peaux coffrantes absorbant l'eau** et privilégier les panneaux de type contreplaqué 'baké'.
- **adapter la composition du béton** en concertation avec le bureau d'études et la centrale à béton ainsi qu'en tenant compte des spécifications relatives à la durabilité du béton et, éventuellement, à son aspect. Dans tous les cas, il faut éviter d'ajouter de l'eau sur chantier, car cela entraîne une diminution de la résistance et de la durabilité du béton. Il peut être envisagé d'utiliser :
 - un retardateur de prise
 - un ciment à durcissement lent (classe de résistance 32,5 N - 42,5 N) et/ou à dégagement de chaleur limité (ciment LH ou VLH), bien que celui-ci soit susceptible de prolonger la durée de cure du béton
 - de l'eau de gâchage froide
- **bétonner en dehors des heures les plus chaudes**
- **réduire le plus possible les temps de transport et d'attente sur chantier**
- **réaliser une cure soignée**, qui consiste à protéger le béton contre la dessiccation (par exemple, en laissant le coffrage en place, au moyen d'un film plastique ou de produits spécifiques). Par exemple, lors de la mise en œuvre par temps chaud d'un béton à base de ciment CEM III/A 42,5 LA sans addition minérale de type cendres volantes, il faudra appliquer une cure pendant quatre jours (voir la [NIT 285 § 9.2](#)).

La réalisation de dalles polies peut s'avérer très problématique, puisque la cure ne peut être réalisée qu'après le polissage. L'incorporation d'une couche d'usure peut également être difficile. Dans ce cas, la meilleure des options consiste à bétonner en dehors des heures chaudes. 

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



Projets

Buildwise et ses partenaires soutiennent et guident les professionnels de la construction pour qu'ils puissent s'adapter au changement climatique. Ceci est possible notamment grâce au soutien de divers projets et études. La liste ci-dessous en constitue un aperçu. Pour de plus amples informations, consultez notre showroom de projets sur buildwise.be (rubrique 'Innovation', puis 'Recherches pour le secteur').

Antennes Normes

- Géotechnique
- Béton, mortier, granulats
- Eau et toitures
- Isolation et installation du bâtiment
- Ventilation et qualité de l'air intérieur

Projets et études

NBN et SPF Économie

- FLOOD
- Concure

Région de Bruxelles-Capitale

- C-Tech

Wallonie

- SOFT Summer
- Photoprotect
- Cluster H₂O

VLAIO

- Koeling 2.0
- SchoolS
- Grondwater beheersing
- Green Roofs Up!
- Waterbewust bouwen (avec le soutien de l'Union européenne)

Fonds Wetenschappelijk Onderzoek

- Ecocities



Buildwise Zaventem

Siège social et bureaux
Kleine Kloosterstraat 23
B-1932 Zaventem
Tél. 02/716 42 11

E-mail : info@buildwise.be

Site Internet : buildwise.be

- Avis techniques – Publications
- Gestion – Qualité – Techniques de l'information
- Développement – Valorisation
- Agréments techniques – Normalisation

Buildwise Limelette

Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 Limelette
Tél. 02/655 77 11

- Recherche et innovation
- Formation
- Bibliothèque

Buildwise Brussels

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

Colophon

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

Éditeur responsable : Olivier Vandoooren, Buildwise,
Kleine Kloosterstraat 23, B-1932 Zaventem

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

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

Révision linguistique : J. D'Heygere

Traduction : J. D'Heygere

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

Illustrations : G. Depret et R. Hermans

Photos de Buildwise : D. Rousseau, M. Sohie et al.

Buildwise Magazine, encore plus adapté à vos besoins !

Buildwise Magazine existe en trois éditions différentes,
ce qui nous permet d'adapter notre offre en fonction des besoins.



Édition 'Enveloppe'

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

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

Édition 'Finitions'

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

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

Les entreprises générales et les menuisiers recevront cette édition également.



Édition 'Installations techniques'

Publiée en août, elle sera exclusivement envoyée aux :

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

Les entreprises générales recevront cette édition également.




Buildwise



Souhaitez-vous recevoir d'autres éditions ? Rien de plus simple ! Scannez ce code QR et remplissez le formulaire en ligne. Vous pouvez également vous abonner à notre newsletter via ce code QR.

buildwise.be