Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables

Dossier 5
Rév. 1

Revêtements drainants en pavés de béton

Revêtements drainants en pavés de béton

Auteurs

Elia Boonen
e.boonen@brrc.be

Wietze Claesen
w.claesen@brrc.be

Frank Theys
fr.theys@brrc.be

Raf Pillaert
raf.pillaert@febe.be

Avant-propos

La première version de ce dossier a été rédigée dans le cadre de la Guidance technologique *Pavages drainants: un revêtement écologique et durable au sein d'une gestion intégrale des eaux* (Beeldens et al., 2008). La mise à jour de ce document est le fruit d'une étroite collaboration entre le CRR et la FEBE (Fédération de l'industrie du béton) dans le but d'adapter le contenu aux principaux changements en termes d'exécution, de réglementation et de normes relatives aux produits en béton préfabriqué pour les pavages drainants.

Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables

FEBE

Octobre 2024

© CRR – Tous droits réservés.

Editeur responsable: E. Van den Bossche, Boulevard de la Woluwe 42, 1200 Bruxelles.

Introduction

La forte augmentation des surfaces revêtues a pour conséquence que les eaux de pluie ne peuvent plus pénétrer naturellement dans le sol. En conséquence, le niveau des nappes phréatiques baisse et de grandes quantités d'eau de pluie doivent être évacuées via les réseaux d'égouttage et les cours d'eau. Lors de fortes chutes de pluie, ces réseaux d'évacuation sont parfois complètement saturés. Les déversoirs d'orage entrent en fonction, et les ruisseaux, les rivières et les rues sont inondées.

L'infiltration des eaux de pluie via des pavés en béton drainants apporte une solution à cette problématique.

Les pavages drainants permettent en effet l'infiltration des eaux in situ. L'eau est stockée provisoirement dans la sous-fondation puis évacuée dans le sol. Ceci permet non seulement de soulager les égouts, mais aussi de rétablir le niveau des nappes phréatiques, toujours en baisse.

Ils constituent dès lors une solution efficace qui s'inscrit de surcroît dans la prise de conscience croissante des enjeux environnementaux.

Que sont les pavages drainants en béton?

De manière générale, les pavés drainants en béton se divisent en cinq catégories:

1. Pavés en béton à joints élargis

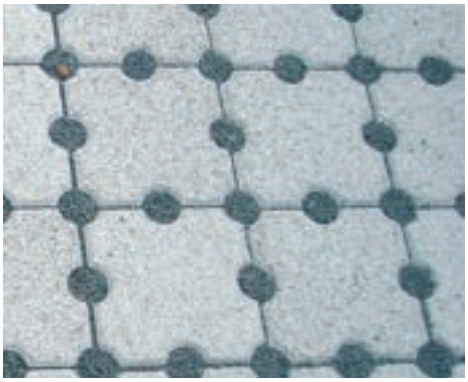
Les faces latérales de ces pavés en béton sont pourvues d'arêtes ou d'écarteurs, ce qui, une fois qu'ils sont posés, crée un joint plus large. L'eau s'écoule ensuite au travers de ces joints vers les fondations et le sol. Pour obtenir ce type de pavé, il suffit en fait d'élargir les butées d'un pavé classique jusqu'à l'obtention du joint requis. La **surface de joints** obtenue avec ce type de pavage en béton doit représenter **au moins 10 %** suivant les prescriptions techniques reprises au PTV 126 (Probeton, 2023). Afin de garantir une perméabilité de surface suffisante, le coefficient de perméabilité du matériau de jointoiement doit être suffisamment élevé (cf. page 15).

Revêtements drainants en pavés de béton

2. Pavés en béton avec ouvertures de drainage

La forme spécifique de ces pavés crée, lors de la pose, des ouvertures qui permettent l'infiltration de l'eau. Pour obtenir ce type de pavé, il suffit en fait de réaliser une ouverture dans la forme classique carrée ou rectangulaire sur un ou plusieurs côtés, voire au centre du pavé. La **surface des joints** obtenue avec ce type de pavage en béton doit représenter **au moins 10 %** conformément aux prescriptions techniques reprises au PTV 126 (Probeton, 2023). Ici aussi, le coefficient de perméabilité du matériau de jointoiement doit être suffisamment élevé.

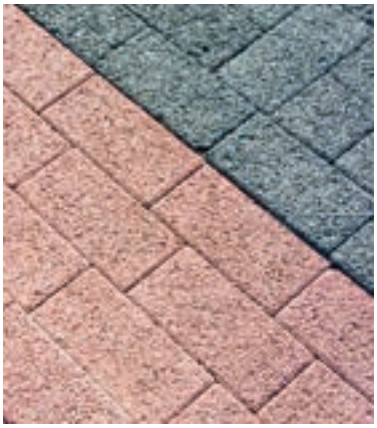
Les modèles à joints élargis et à ouvertures de drainage répondent, pour les autres caractéristiques comme la résistance à la rupture en traction par fendage, la tolérance dimensionnelle, etc. aux mêmes normes (Bureau de Normalisation [NBN], 2003+2006; NBN, 2006+2023) que les pavés en béton classiques.



3. Pavés en béton poreux

Ces pavés sont perméables grâce à la composition poreuse du béton. Pour obtenir ce type de pavés, il suffit de remplacer la composition du béton étanche d'un pavé classique par une composition du béton poreuse pour obtenir la capacité d'infiltration requise.

La **capacité d'infiltration** de ce type de pavé doit s'élever en moyenne à au moins **5,4 x10^{-5} m/s**, conformément aux prescriptions techniques reprises au PTV 126 (Probeton, 2023).



En raison de leur structure ouverte, les pavés en béton poreux possèdent une résistance à la rupture en traction par fendage plus faible (>2,5 MPa) que les pavés en béton classiques (>3,6 MPa), mais forment une surface continue, ce qui améliore la praticabilité. Comparativement aux pavés de béton classiques, ils sont en revanche plus sensibles aux cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage.

4. Pavés de béton hybrides

Les pavés de béton hybrides combinent une couche supérieure en béton non poreux et une sous-couche en béton poreux. Grâce au reprofilage sur la partie supérieure des côtés, le revêtement drainant présente des joints localement élargis, ce qui permet à l'eau de pluie de s'infiltrer davantage à travers la sous-couche poreuse.

Conformément aux exigences des prescriptions techniques PTV 126, la **capacité d'infiltration** de ce type de pavé en béton doit être d'au moins 3 240 ml/min/m² de surface brute, ce qui correspond à l'exigence de 5,4 x 10^{-5} m/s pour les produits poreux (Probeton, 2023).

En raison de leur structure ouverte dans la sous-couche, les produits hybrides ont une résistance à la traction par fendage plus faible (> 2,5 MPa) que les pavés de béton classiques (> 3,6 MPa) et forment une surface quasi continue, ce qui améliore la praticabilité.

Revêtements drainants en pavés de béton

	Pavés à joints élargis/ Pavés avec ouvertures de drainage	Pavés poreux	Pavés hybrides
Norme	NBN EN 1338 (NBN, 2003+2006) et NBN B21-311 (NBN, 2006+2023)	PTV 126 (Probeton, 2023)	PTV 126 (Probeton, 2023)
Résistance à la rupture en traction par fendage en N/mm^2	3,6	2,5	2,5
Tolérances en mm			
Longueur	± 2	± 2	± 2
Largeur	± 2	± 2	± 2
Hauteur	± 3 (pour hauteur < 10 cm) ± 4 (pour hauteur ≥ 10 cm)	± 3 (pour hauteur < 10 cm) ± 4 (pour hauteur ≥ 10 cm)	± 3 (pour hauteur < 10 cm) ± 4 (pour hauteur ≥ 10 cm)
Absorption max. en %	6,0	Pas d'application	Pas d'application
Perméabilité min.	Pas d'application	540 l/s/ha ($5,4 \times 10^{-5}$ m/s)	3 240 $ml/m^2/min$
Surface des ouvertures ou des joints élargis en % (de la surface totale)	10 %	Pas d'application	Pas d'application

5. Dalles-gazon en béton

Les dalles-gazon en béton peuvent également être utilisées comme pavages drainants à condition qu'elles soient posées sur une structure perméable et que les ouvertures soient remplies avec un mélange de terre adapté à la croissance de l'herbe (par exemple un mélange de terre, de compost, de semences de gazon et de lave 3/8) jusqu'à 1 cm maximum au-dessous du bord supérieur, ou être remplies d'un empierrement drainant. Le pourcentage de dispositifs pour la pousse du gazon dans le schéma de pose visé répond aux exigences suivantes :

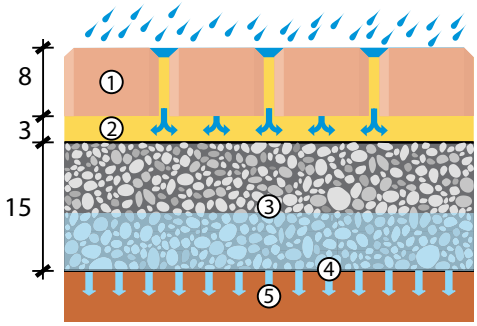
- Classe 1 - Marquage 20 - ≥ 20 % de dispositifs pour la pousse du gazon
- Classe 2 - Marquage 40 - ≥ 40 % de dispositifs pour la pousse du gazon
- Classe 3 - Marquage 60 - ≥ 60 % de dispositifs pour la pousse du gazon

Un complément d'information sur les dalles-gazon en béton peut être trouvé dans la brochure "Le Béton - L'atout de la diversité!" (Fédération de l'Industrie du Béton [FEBE], Groupement des Fabricants de pavés en Béton [FEBESTRAL], s.d.). Les exigences relatives aux dalles-gazon en béton figurent au PTV 126 (Probeton, 2023).

Comment fonctionnent les pavages drainants?

Le principe de fonctionnement général d'un revêtement drainant en pavés en béton est le suivant.

1. L'eau de pluie s'infiltre via les pavés drainants, le matériau de jointoiement et la couche de pose vers la fondation. Les pavés laissent passer l'eau et empêchent ainsi tout ruissellement en surface.
2. L'eau de pluie est de préférence stockée dans la sous-fondation, la fondation sert de réserve de stockage supplémentaire. La fondation procurera la portance nécessaire pour le trafic routier habituel.
3. L'eau de pluie s'infiltre dans le sol, en fonction de sa perméabilité.
4. L'eau de pluie qui ne s'infiltre pas dans le sol est évacuée de manière différée via des réducteurs de débit vers des fossés, des systèmes d'infiltration situés à proximité ou vers le réseau d'égouttage.



1. Pavés drainants
2. Couche de pose
3. Fondation
4. Géotextile drainant
5. Sol

La pente transversale minimale peut être limitée à 1 % pour un pavage drainant, contre une pente transversale minimale de 2,5 % pour un pavage classique. La pente maximale (dans toutes les directions) ne doit de préférence pas dépasser 5 %. Dans le cas contraire, une trop grande quantité d'eau ruisselerait en surface et l'infiltration dans la structure serait insuffisante. De plus, une pente trop importante provoque une accumulation d'eau au point bas qui nécessite une augmentation de l'épaisseur de la sous-fondation. Si la pente est limitée à un maximum de 2 %, le revêtement perméable ne doit pas être considéré comme une surface de ruissellement pour la détermination de la surface de ruissellement selon la *Hemelwaterverordening*, 2023 (en Flandre).

Revêtements drainants en pavés de béton

Quelle est la précipitation prise en compte lors de la conception?

Les précipitations prolongées de faible intensité de 80 l/s/ha (= 0,5 mm/min = 0,5 l/(m^2.min)) représentent en Belgique plus de 90 % des précipitations annuelles totales.Toutefois, ce ne sont pas ces précipitations prolongées moins fortes qui entraînent des surcharges, mais bien les averses soudaines et fortes. Le volume et l'intensité des précipitations dépendent donc largement de leur durée: des précipitations de longue durée sont généralement moins intenses, tandis que les averses plus courtes peuvent être d'une plus grande intensité.

Ce volume de précipitations intenses est pris en considération lors de la conception des pavages drainants et la détermination de la capacité d'infiltration. Ainsi, auparavant, on tenait compte d'une averse de 10 min. qui survenait alors une fois tous les trente ans, avec des précipitations égales à 16,3 mm[1]. Aujourd'hui, la période de retour de ces précipitations est réduite à 20 ans selon les données de précipitations de l'IRM d'Uccle (Institut Royal Météorologique [IRM], 2024), ce qui signifie qu'elles sont plus fréquentes. À l'évidence, tous les composants de la structure totale (sol, sous-fondation, fondation, couche de pose et pavés en béton) doivent satisfaire à une certaine exigence en termes de perméabilité.

L'expérience a toutefois montré qu'une bonne conception permet également d'absorber plusieurs averses successives, d'où un risque très limité de ruissellement.

La capacité d'infiltration d'eau est indiquée par un **coefficient de perméabilité** ou un **facteur de perméabilité k**. Le coefficient de perméabilité k, exprimé en m/s, est le volume d'eau qui s'infiltre par unité de temps par unité de surface.

Tous les composants du système de pavage drainant possèdent un coefficient de perméabilité k égal à au moins 5,4 x 10^{-5} m/s, de quoi permettre l'infiltration d'une averse historique de 270 l/s/ha, compte tenu d'un facteur de sécurité de 2. Ce facteur de sécurité tient compte d'une baisse de la perméabilité au fil du temps et d'éventuelles inclusions d'air, et veille également à ce que cette valeur de capacité d'infiltration soit aussi suffisante pour compenser les pics de précipitations actuels avec une période de retour de 20 ans.

[1] 16,3 mm/10 min = 0,00163 m^3/min/m^2 = 1,63 l/60 s/m^2 = 0,02716 l/s/m^2 ≈ 270 l/s/ha = 2,70 x 10^{-5} m/s.

Comment la perméabilité du sol est-elle déterminée?

La perméabilité du sol est déterminée sur base des caractéristiques du sol ou de mesures in situ.

En fonction du coefficient de perméabilité k, les sols sont répartis dans les catégories suivantes:

sol très perméable	$k > 10^{-4}$ m/s
sol à bonne perméabilité	$10^{-4} > k > 10^{-6}$ m/s
sol à moyenne voire mauvaise perméabilité	$10^{-6} > k > 10^{-8}$ m/s
sol quasiment imperméable	$k < 10^{-8}$ m/s

Lors de l'élaboration d'un projet, les valeurs indicatives suivantes peuvent être considérées pour les coefficients de perméabilité [m/s] selon le type de sol. Lors des calculs définitifs, il est préférable d'effectuer des mesures in situ.

sable/gravier	$10^{-3} – 10^{-5}$ m/s
sable limoneux	$10^{-4} – 10^{-7}$ m/s
limon sableux	$10^{-5} – 10^{-8}$ m/s
limon	$10^{-6} – 10^{-9}$ m/s
argile	$10^{-9} – 10^{-11}$ m/s

Il existe différentes méthodes pour déterminer la perméabilité in situ (Vlaamse Milieumaatschappij [VMM], s.d.), comme l'essai «*open-end*». Dans cette méthode, une colonne d'eau est disposée sur le sol à une hauteur constante de 1 m. Une mesure continue de l'eau ajoutée pendant au moins 20 minutes permet de déterminer la perméabilité du sol. Il convient d'effectuer un nombre de mesures suffisamment important et représentatif pour estimer la perméabilité du sol.

La «méthode du puits» constitue une vérification plus simple, mais moins précise. Un puits de 50 cm x 50 cm est creusé jusqu'à environ 50 cm de profondeur. Une fine couche de gravillons est ensuite disposée dans le fond. 5 l d'eau sont versés et le temps nécessaire pour que cette eau disparaisse dans le sol est mesuré. Cet essai est répété à trois reprises au moins. La perméabilité est ensuite égale à:

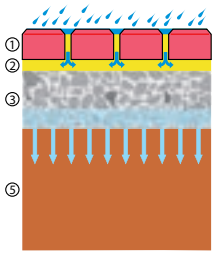
Perméabilité [m/s] = quantité d'eau [l] / durée [s] / surface du puits [m^2] /1 000

Revêtements drainants en pavés de béton

Comment l'eau est-elle évacuée dans le sol?

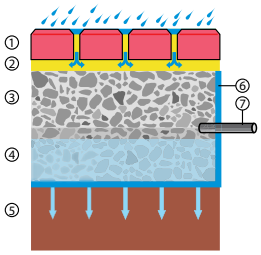
L'eau est de préférence infiltrée dans le sol. Si la perméabilité du sol n'est pas suffisamment grande, il convient de prévoir un système de drainage supplémentaire. Celui-ci doit garantir une évacuation différée de telle sorte que le tamponnement s'effectue toujours dans la sous-fondation, ce qui évite ainsi toute surcharge en aval.

Quatre cas différents peuvent se présenter selon la perméabilité du sol:



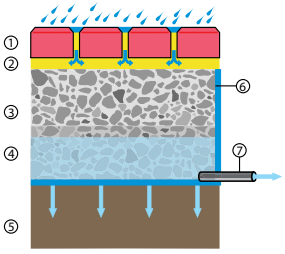
Cas 1: sol très perméable

Toute l'eau s'infiltre directement dans le sol. Une sous-fondation n'est pas nécessaire pour le tamponnement/tamponnage, ni un drainage supplémentaire.



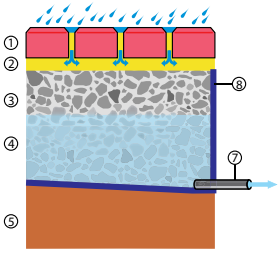
Cas 2: sol à bonne perméabilité

L'eau s'infiltre en grande partie dans le sol après le tamponnement dans la sous-fondation. Une évacuation est réalisée entre la fondation et la sous-fondation afin d'éviter toute stagnation prolongée dans la fondation.



Cas 3: sol modérément voire peu perméable

L'eau s'infiltre seulement de manière très limitée dans le sol. L'eau résiduelle est stockée dans la sous-fondation et évacuée via un dispositif de drainage. Celui-ci passe par un réducteur de débit - principalement nécessaire pour des surfaces plus grandes -, ce qui permet une évacuation différée vers les fossés, les dispositifs d'infiltration ou les caniveaux situés à proximité. La structure perméable sert surtout de dispositif de tamponnement.



Cas 4: aucune infiltration possible

Une membrane imperméable est placée sur le fond du coffre et autour de la structure. L'évacuation différée s'effectue sous la structure. Une pente minimale de 1 % est prévue sous la structure afin que toute l'eau puisse être évacuée. Le stockage de l'eau s'effectue toujours dans la sous-fondation.

1. Pavés drainants
2. Couche de pose
3. Fondation
4. Sous-fondation
5. Sol
6. Géotextile non tissé
7. Tuyau d'évacuation avec réducteur de débit
8. Membrane imperméable

Les pavages drainants assurent donc non seulement l'infiltration, mais aussi le tamponnement et l'évacuation différée en présence de sols offrant une perméabilité moindre, voire mauvaise.

Grâce à une évacuation différée, réalisée par exemple à l'aide d'un réducteur de débit, le tamponnement s'effectue dans la structure proprement dite. Dès lors, il ne faut prévoir aucune capacité de stockage supplémentaire pour cette surface. L'écoulement via le réducteur de débit s'effectuera de préférence vers un caniveau ouvert d'infiltration, un bassin d'infiltration, une noue ou un système d'évacuation des eaux de pluie. La taille du réducteur de débit dépend du débit autorisé vers les dispositifs situés en aval.

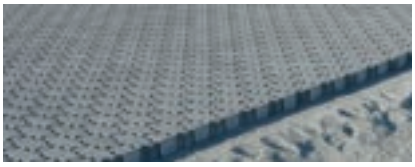
Comment la fondation et la sous-fondation sont-elles conçues?

Pour le dimensionnement des structures perméables, il convient de prendre en considération la circulation et le type de sol. L'intensité de la circulation déterminera l'épaisseur et le matériau de la fondation. Le type de sol déterminera l'épaisseur de la sous-fondation en prenant en considération la protection du sol contre le gel et la capacité de stockage nécessaires.

Les pavages drainants ne doivent être utilisés que pour les catégories de trafic II-IV, conformément au code de bonne pratique CRR pour la conception et l'exécution des pavés de béton (Centre de Recherches Routières [CRR], 2009). Pour la catégorie II, la préférence est donnée à une fondation en béton maigre drainant.

	Type de circulation			Fondation	
Catégorie	Piétons, vélos, cyclomoteurs	Véhicules légers (< 3,5 t)	Véhicules lourds (> 3,5 t)	Béton maigre drainant	Empierrement drainant
I	Illimitée	Limitée à 5 000 par jour	Limitée à 400 par jour	**Application de pavage drainant impossible**	
II	Illimitée	Limitée à 5 000 par jour	Limitée à 100 par jour	20 cm	35 cm
III	Illimitée	Limitée à 500 par jour	Limitée à 20 par jour	15 cm	25 cm
IV	Illimitée	Occasionnelle	Aucune	-	15 cm

Revêtements drainants en pavés de béton



Les exigences suivantes s'appliquent aux matériaux pour la fondation:

- béton maigre drainant (selon les cahiers des charges types SB 250 [Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer (AWV), 2021], CCT 2015 [Bruxelles Mobilité, 2016] ou CCT Qualiroutes [Service Public de Wallonie (SPW), Qualité & Construction, 2021]):
  - résistance à la compression moyenne minimale sur carottes: 13 N/mm^2;
  - coefficient de perméabilité saturée, déterminé en laboratoire sur des carottes prélevées dans la fondation: min. 4 x 10^{-4} m/s;

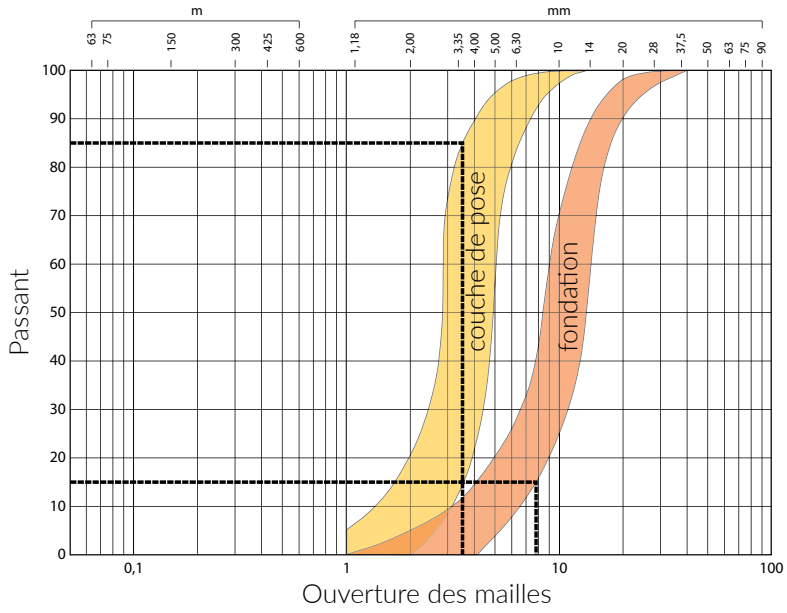
- fondation drainante avec empierrement (non lié) avec granulométrie continue, p. ex. 0/20, 0/32 ou 0/40:
  - fraction de fines (< 63 µm) limitée à 3 %;
  - la fraction de sable doit toujours être lavée;
  - fraction 0/2 mm limitée à 25 %;

Ce type d'empierrement est également mentionné dans les différents cahiers des charges types.

- Il est déconseillé d'utiliser une granulométrie discontinue, certainement pour des fondations. Il est possible d'opter pour une granulométrie continue 2/20 ou 2/32. Le diamètre minimal n'est de préférence pas supérieur à 2 mm, et ce afin de garantir un bon compactage;

- stabilité du filtre: D_{15} couche inférieure/D_{85} couche supérieure ≤ 5, où D_{15} et D_{85} sont les ouvertures de mailles correspondant à un passant de 15 % et 85 %, respectivement. Pour l'exemple illustré dans la figure ci-dessous, ceci représente:
  - D_{15} fondation = 8,00 mm – D_{85} couche de pose = 3,7 mm;
  - 8,00/3,7 = 2,16 < 5 => stabilité du filtre ok.

- Le sable-ciment **ne convient pas** comme matériau de fondation pour les pavages drainants.



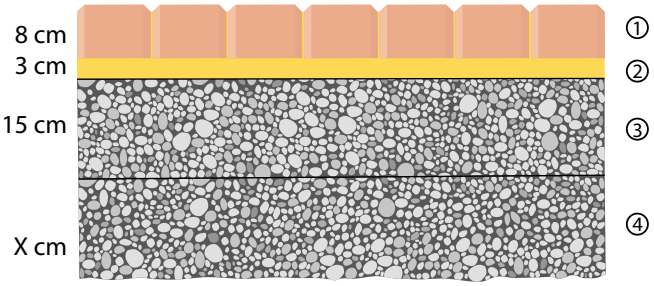
La sous-fondation a une double fonction. D'une part, elle fournit la capacité de stockage supplémentaire requise pour la structure, selon la vitesse d'infiltration possible et, d'autre part, elle protège le sol contre l'effet du gel. Ces deux fonctions vont généralement de pair: un sol peu ou pas perméable, comme un terrain argileux, est également très sensible à l'effet du gel.

La capacité de stockage est déterminée par les vides accessibles dans l'empierrement compacté de la sous-fondation. La capacité de stockage requise dépend des précipitations attendues et, dans des circonstances optimales, également des précipitations successives escomptées, et du débit et de la période de retour pour le trop-plein.

La capacité de stockage requise peut être déterminée sur la base des exigences du règlement urbanistique régional flamand *Hemelwater*. En fonction de la probabilité d'entrée en service du trop-plein situé sous la structure et de l'infiltration dans le sol, un volume de stockage sera nécessaire, en tenant compte des précipitations successives.

Le règlement urbanistique régional flamand *Hemelwater*, 2023 impose un volume de tamponnement utile de 33 l/m² de surface de ruissellement:

Profil de la structure:



1. Pavés drainants
2. Couche de pose
3. Fondation
4. Sous-fondation

L'épaisseur minimale des couches de tamponnement est ensuite déterminée, sur la base de la porosité accessible à l'eau des granulats et un facteur de sécurité 1,5 pour tenir compte des inclusions d'air. La formule suivante peut être utilisée:

$$V_{tamp} = \frac{D * S_{rev} * Por}{100 * 1,5}$$

Avec:

- V_{tamp} [l] = quantité totale d'eau qui peut théoriquement être tamponnée dans la couche donnée. Cela ne prend pas en compte la pente présente.
- D [mm] = épaisseur de la couche considérée
- S_{rev} [m²] = surface du revêtement drainant
- Por [%] = porosité accessible à l'eau des granulats considérés

Le tamponnement s'effectue de préférence dans la partie inférieure de la structure (uniquement dans la sous-fondation), car l'influence sur la portance reste alors très limitée.

Le type de fondation et de sous-fondation est choisi indépendamment du type de pavage drainant.

Revêtements drainants en pavés de béton

À quelles exigences la couche de pose doit-elle satisfaire?

Pour le choix du type de couche de pose, il convient de prendre en considération les exigences suivantes:

- perméabilité: celle-ci doit s'élever à 5,4 x 10^{-5} m/s au minimum.
- stabilité du filtre: la couche de pose ne peut disparaître dans la couche de fondation sous-jacente (voir paragraphe précédent);
- résistance à la fragmentation: il convient d'éviter la production de fines sous l'influence de la charge du trafic.

L'épaisseur de la couche de pose s'élève à 3-4 cm après compactage. Le compactage de la couche de pose se fait seulement après la pose des pavés. La présence d'une bonne stabilité du filtre entre la couche de pose et la fondation permettra d'éviter que le matériau de la couche de pose ne s'échappe via la fondation grossière et donc d'empêcher tout affaissement.

Comme pour la fondation, la perméabilité et la résistance mécanique s'avèrent essentielles. Les cahiers des charges types régionaux pour la construction routière imposent dans ce cadre des exigences supplémentaires en termes de finesse, de forme et de résistance à l'écrasement et à l'usure. Les gravillons 2/6,3 ou la grave 0/6,3 peuvent par exemple être utilisés en couche de pose, chaque fois avec une restriction en termes de teneur en matériau fin (la proportion < 0,063 mm est de max. 3 %).

La qualité des granulats pour la couche de pose est également importante. Les granulats doivent au moins appartenir à la catégorie Ab ou à la catégorie 3 (pour la Flandre), conformément au PTV 411 (Be-Cert, 2024). Ceci signifie que le LA[2] (coefficient Los Angeles) doit être égal au maximum à 20 et le MDE[3] (coefficient Micro Deval) à 15. Les granulats 2/4 mm ou 2/6,3 mm doivent appartenir à la catégorie Ab II f4. **Le sable-ciment ne peut jamais être utilisé comme couche de pose dans des pavages drainants.**

Quel matériau de jointoiement faut-il utiliser?

Après le choix du type approprié de pavages en béton drainants, du dimensionnement et du type de fondation, ainsi que du matériau de couche de pose adéquat, le choix du matériau de jointoiement constitue un dernier facteur déterminant dans la mise en place d'un pavage drainant.

1. **Pavés en béton poreux**

Le jointoiement de pavés en béton poreux demande une approche spécifique: les joints créés dans ce type de pavés en béton drainants ne sont pas plus larges que pour les pavés classiques, d'ordinaire 1 à 2 mm.

[2] LA – le coefficient Los Angeles indique la résistance à la fragmentation des granulats. Pour le sable, il est mesuré sur la roche mère. La mesure est effectuée conformément à la norme NBN EN 1097-2 (NBN, 2020).

[3] MDE – Le coefficient Micro Deval en présence d'eau est une mesure pour la résistance à l'usure. La mesure est effectuée conformément à la norme NBN EN 1097-1 (NBN, 2023).

Ils doivent être remplis avec du matériau de jointoiement dont la granulométrie répond à la catégorie GF85 avec D <= 2 mm et f7 conformément à la norme NBN EN 13242 (NBN, 2008).

Le passant à travers le tamis est de:

- tamis de 0,5 mm: max 50 %;
- tamis de 0,063 mm: max. 4 %.

L'absence de la fraction 0/0,5 évite que la surface des pavés en béton se bouche pendant le brossage du matériau, ce qui ne manquerait pas de se produire en cas d'utilisation d'un jointoiement classique de 0/2 mm (la fraction 0/0,5 mm boucherait déjà la surface drainante rugueuse du pavé poreux).

2. **Pavés drainants à joints élargis et ouvertures de drainage**

La part des joints de ces deux types de pavés drainants s'élève à 10 % au minimum de la surface de pavage totale conformément aux exigences des prescriptions techniques du PTV 126 (Probeton, 2023).

En fonction du format du pavé, cela se traduit par des largeurs de joints différentes. Les joints sont remplis avec un empierrement concassé, qui peut également être utilisé pour la couche de pose, avec une granulométrie de 2/4 ou 2/6,3 mm, ou éventuellement une grave 0/6,3. À cet égard, il importe que le matériau de jointoiement garantisse toujours la stabilité du filtre par rapport à la couche de pose située en dessous. Un matériau de jointoiement à fine granularité pourrait s'infiltrer dans une couche de pose plus grossière. Ceci se traduirait à terme par la disparition du matériau de jointoiement, ce qui entraînerait la déstabilisation du pavage. Si la même granulométrie est utilisée pour la couche de pose et les joints, la stabilité du filtre est toujours garantie.

Un matériau de jointoiement dur comme le porphyre, le basalte, le grès, etc. est privilégié par rapport aux matériaux plus tendres comme le calcaire, la dolomie, le marbre, etc. En effet, les matériaux trop tendres se dégradent au fil du temps générant une granulométrie plus fine ou de la poussière, ce qui réduit la perméabilité et la stabilité du filtre.

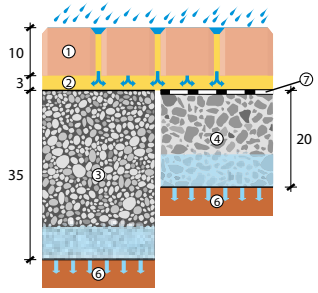
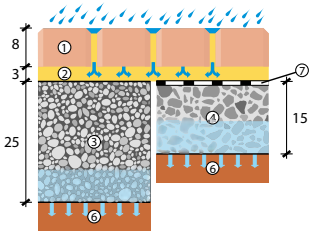
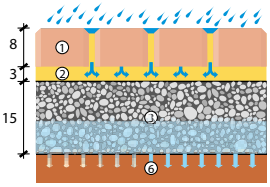
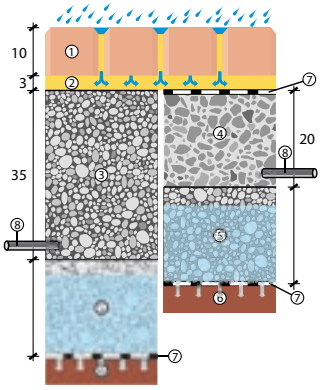
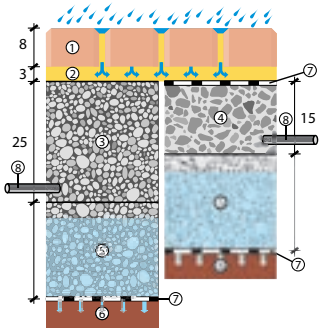
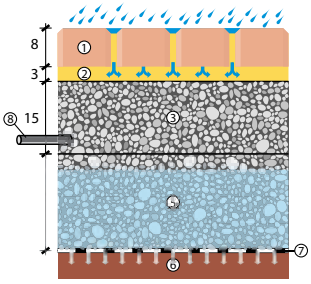
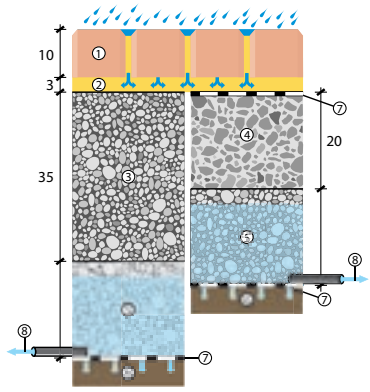
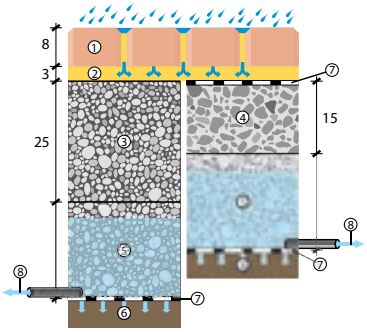
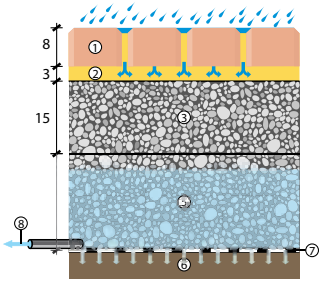
Le matériau de jointoiement nécessaire à l'utilisation de pavés à joints élargis et à ouverture de drainage doit présenter une perméabilité d'au moins $5,4 \times 10^{-4}$ m/s, afin de garantir une perméabilité de $5,4 \times 10^{-5}$ m/s pour la surface totale, et ce étant donné que les joints représentent seulement 10 % de la surface. Une granulométrie de 2/4 ou 2/6,3 mm suffit amplement.

Revêtements drainants en pavés de béton

Exemples pratiques de structure

Catégorie de trafic

Perméabilité du sous-sol

	Catégorie II	Catégorie III	Catégorie IV
très perméable			
bonne perméabilité			
mauvaise perméabilité			

1. Pavés en béton drainants
2. Couche de pose
3. Fondation en empierrement
4. Béton maigre drainant
5. Sous-fondation en empierrement
6. Sol
7. Géotextile drainant
8. Tuyau de drainage avec réducteur de débit

L'épaisseur de la sous-fondation est variable et dépend d'une part de la profondeur hors gel pour protéger le sous-sol et d'autre part du volume tampon nécessaire (33 l/m² de surface de ruissellement). Il est également conseillé de poser la sous-fondation sur un géotextile et **une géogrille** (géogrille sur géotextile) pour compenser une éventuelle perte de portance (due à la saturation éventuelle du sous-sol).

Quelles sont les économies qui vont de pair avec les structures drainantes?

En principe, l'utilisation de structures drainantes permet d'éviter la pose d'avaloirs en surface. De fait, l'eau s'infiltre immédiatement via les pavés, les joints ou les ouvertures et s'écoule vers les couches inférieures.Toutefois, l'aménagement de zones vertes légèrement en contrebas confère une sécurité supplémentaire. En cas de pente plus forte (5 %), il est possible d'équiper les points situés plus bas d'un dispositif d'évacuation supplémentaire. À cette fin, il convient de procéder à un calcul plus détaillé du stockage.

Si l'infiltration dans le sol est possible, tout système de drainage supplémentaire est inutile, de même que tout volume de stockage. Dès lors, la structure drainante peut être pavée de manière complètement autonome sur un sol très perméable, sans être reliée à d'autres systèmes de stockage ou d'infiltration.

Si le sol présente une perméabilité moindre ou nulle, il convient d'installer un système de drainage.

Où les pavages drainants sont-ils utilisés?

- Aux endroits à circulation limitée, compte tenu de la portance moindre de la structure routière (lorsqu'elle est saturée en eau). Il s'agit par exemple des parkings (d'entreprise) pour les voitures particulières, des centres commerciaux, des rues d'habitation, des places et des rues piétonnes, des pistes cyclables et trottoirs, des accès et terrasses.
- Les pavés drainants en béton ne sont pas utilisés sur des lieux de captage, sauf en présence de mesures spécifiques de protection du sol[4].
- Les pavés en béton drainants seront de préférence évités dans les zones où du sel de déverglaçage est utilisé fréquemment, afin de prévenir toute pollution des eaux souterraines.
- Dans un souci de confort, les pavés de béton à joints élargis ou à ouvertures de drainage sont moins appropriés pour les pistes cyclables. Les pavés de béton poreux avec un léger chanfrein (ou plats) et des joints étroits ou des pavés hybrides conviennent mieux. Pour les trottoirs, on évitera aussi l'utilisation de pavés de béton à joints élargis ou à ouvertures de drainage. Il est recommandé d'utiliser des pavés de béton poreux ou hybrides, ou de prévoir une bande sans joints élargis ou ouvertures de drainage.

[4] Voir par exemple WalOnMap: https://geoportail.wallonie.be/walonmap, Geopunt: https://www.geopunt.be/ ou Geodata.environnement.brussels.: https://geodata.environnement.brussels/client/ pour un aperçu des zones de protection de captage d'eau potable dans les différentes régions.

Revêtements drainants en pavés de béton

À quoi faut-il faire attention lors de l'exécution?

Tous les aspects qui entrent en ligne de compte pour les pavages classiques, comme un bon compactage des matériaux, des granulats de bonne qualité, etc. doivent être respectés (Centre de Recherches Routières [CRR], 2009). Les coffres et fondations sont soumis aux mêmes exigences. La portance exigée pour la fondation est inférieure dans le cas de pavages drainants (80 MPa statique ou 60 MPa dynamique, uniquement en Flandre pour l'instant).

Compactage

Le compactage des matériaux à granularité discontinue requiert plus d'attention que les matériaux continus. Cette difficulté reste toutefois limitée si le diamètre minimal est inférieur ou égal à 2 mm et si le diamètre maximal est inférieur à 40 mm.

Pollution par apport de matériaux fins

Il convient de veiller à ce que la couche de fondation et la couche de pose ne soient pas polluées par des fines. La circulation sur les différentes couches est déconseillée afin d'éviter toute pollution. De même, les matériaux livrés doivent être stockés sur une surface propre afin d'éviter tout mélange avec le sol.

Comment contrôler l'exécution?

Il est souhaitable d'effectuer un contrôle approfondi à chaque stade de l'exécution. Il portera sur la qualité des matériaux livrés ainsi que sur l'exécution proprement dite. De plus, la perméabilité de la structure est essentielle. Il convient de veiller à atteindre la portance requise des différentes couches via un compactage approprié et non par l'ajout de fines. En effet, celles-ci nuisent à la perméabilité.

En principe, les exigences en termes de portance sont identiques à celles de la construction d'une chaussée classique. Elles sont déterminées sur la base d'un essai à la plaque. Le sol doit posséder un module de compression statique égal à 17 ou 35 MPa. Pour la fondation en empierrement drainante, l'exigence peut être revue à la baisse (80 MPa statique au lieu de 110 MPa ou 60 MPa dynamique au lieu de 85 MPa).

La perméabilité peut être contrôlée à l'aide de l'**essai au double anneau** (Vlaamse Overheid, AWV, 2021, Hoofdstuk 14-4.19). Deux anneaux sont posés sur la surface, puis de l'eau est versée dans chacun des deux anneaux. L'eau située dans l'anneau extérieur fait en sorte que l'eau du cercle intérieur s'écoule aussi verticalement que possible. La mesure proprement dite s'effectue dans l'anneau intérieur, dont le niveau d'eau est maintenu constant. Le débit permet donc de mesurer la perméabilité. Ces mesures sont réalisées pendant au moins 20 minutes. de sorte à déterminer la perméabilité saturée.

L'essai au double anneau est également utilisé pour déterminer la perméabilité de la surface finie.

Quel est l'entretien requis?

En principe, l'entretien des pavages drainants est limité à l'élimination des mauvaises herbes en surface (Boonen et al., 2012). La recherche a montré que, à largeurs de joint similaires, les pavages perméables sont moins propices à la croissance de mauvaises herbes que les pavages classiques. Un jointoiement adéquat et le compactage approprié peuvent également empêcher la croissance des mauvaises herbes. Le fait que l'eau ne stagne pas dans les joints en raison de la perméabilité peut également exercer un effet positif sur la préservation de la surface contre les mauvaises herbes.

Un nettoyage, balayage ou brossage régulier est recommandé pour éviter la pollution de la surface et une diminution de la perméabilité, ce qui permettra d'éviter les obstructions. Ces obstructions par les fines se manifesteront essentiellement dans les centimètres supérieurs de la surface. Il est possible de nettoyer les joints et les pores de la surface à l'aide d'une balayeuse ou d'un nettoyeur à haute pression afin de garantir à nouveau une bonne perméabilité. En présence de pavés à joints élargis ou à ouvertures de drainage, le jointoiement sur les derniers centimètres peut être remplacé afin de restaurer la perméabilité.

Revêtements drainants en pavés de béton

Quelles sont les normes et prescriptions techniques en vigueur?

PTV 126 – Prescriptions techniques pour les produits en béton pour pavages drainants (Probeton, 2023)

Le PTV 126 fournit une description détaillée des produits, des exigences techniques comme la résistance mécanique, la résistance aux agressions climatiques et la perméabilité. En outre, le PTV décrit les méthodes de mesure et d'essai de ces derniers. Les produits en béton pour pavages drainants peuvent être certifiés sous la marque BENOR, la marque collective volontaire attestant la conformité avec le PTV. Son contrôle est géré par PROCERTUS. Les PTV restent d'application dans l'attente d'une norme belge (NBN) ou européenne (NBN EN).

Cahiers des charges types

Chaque Région a ses propres cahiers des charges types, qui servent de base aux spécifications. Ces cahiers des charges peuvent toujours être consultés sous forme numérique. Chaque cahier des charges fixe des exigences spécifiques pour les revêtements perméables avec des produits en béton préfabriqué.

Au moment de la rédaction de ce document, les versions actuelles des cahiers des charges types étaient:

- SB250 (Vlaamse Overheid, AWV, 2021)
- CCT Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021)
- CCT 2015 (Bruxelles Mobilité, 2016)

Règlement urbanistique régional *Hemelwater* (Hemelwaterverordening, 2023)

La lutte contre les inondations incombe non seulement aux autorités, mais aussi à tous les habitants. De fait, nous construisons toujours plus et continuons de poser des revêtements. L'utilisation utile des eaux de pluie à titre privé fait l'objet de réglementations, à savoir le règlement urbanistique régional sur les eaux de pluie. Ce règlement est uniquement d'application en Flandre. Il définit les dispositions légales pour l' utilisation rationnelle des eaux de pluie, tant dans le domaine privé que dans le domaine public. Ceci signifie que le pavage de surfaces au sol, entre autres, doit en principe être pourvu de dispositifs supplémentaires afin de garantir au maximum la réutilisation, l'infiltration ou l'évacuation différée des eaux de pluie.

Le règlement prévoit qu'un revêtement drainant bien conçu dont la pente est inférieure à 2 % ne doit pas être inclus dans la surface de ruissellement.

Dans le cas d'un revêtement fermé, la surface mise en œuvre est prise en compte à 100 % dans le cadre du règlement et donc pour le calcul des différentes dispositions. Dans le cas de transformations et de rénovations, il se peut que l'on doive compter plus de 100 % pour ces revêtements.

Bibliographie

Be-Cert. (2024). *Codification des granulats* (Prescriptions Techniques Be-Cert No. PTV 411, Edition 2.7). https://extranet-materials.procertus.be/#/searchpage?tab=Documents

Beeldens, A., Gendera, F., Rens, L., Van den Berghe, T., Van den Heyning, G. & Vijverman, L. (2008). *Revêtements drainants en pavés de béton* (Dossier CRR No. 5, Annexe au Bulletin CRR No. 77). Centre de Recherches Routières (CRR). *https://brrc.be/fr/expertise/expertise*-apercu/pavages-drainants

Boonen, E., De Cauwer, B., Fagot, M., Beeldens, A. & Reheul, D. (2012). *Code de bonne pratique pour la gestion et la maîtrise des mauvaises herbes sur les revêtements modulaires par voie non chimique* (Recommandations CRR No. R84/12). Centre de Recherches Routières (CRR). *https://brrc.be/fr/expertise/expertise*-apercu/code-bonne-pratique-gestion-maitrise-mauvaises-herbes-revetements

Bruxelles Mobilité. (2016). CCT 2015: *Cahier des charges type relatif aux voiries en Région de Bruxelles-Capitale*. https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/2022-01/cahier%20des%20charges-type%202015.pdf

Bureau de Normalisation (NBN). (2003+2006). *Pavés en béton: Prescriptions et méthodes d'essai* (NBN EN 1338+AC). *https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail*?p40_id=267231&p40_language_code=fr&p40_detail_id=24967&session=1075089983845&_gl=1*1s33aes*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMIx8XdqbrJiAMVpo9QBh2tXzIQEAAYASAAEgLUS_D_BwE

Bureau de Normalisation (NBN). (2006+2023). *Pavés en béton: Spécifications d'application* (NBN B 21-311+A1). *https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail*?p40_id=1112798&p40_language_code=fr&p40_detail_id=467021&session=1075089983845

Bureau de Normalisation (NBN). (2008). *Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées* (NBN EN 13242+A1). *https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail*?p40_id=244871&p40_language_code=fr&p40_detail_id=51811&session=3670358994742&_gl=1*1sk3wok*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMIs_rOhezJiAMVhpNQBh3Z-Q1BEAAYASAAEgJ8svD_BwE

Bureau de Normalisation (NBN). (2020). *Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 2: Méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation* (NBN EN 1097-2). *https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail*?p40_id=226713&p40_language_code=fr&p40_detail_id=93372&session=5437623900432&_gl=1*1rees75*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMIs_rOhezJiAMVhpNQBh3Z-Q1BEAAYASAAEgJ8svD_BwE

Bureau de Normalisation (NBN). (2023). *Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 1: Détermination de la résistance à l'usure* (micro-Deval) (NBN EN 1097-1). *https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail*?p40_id=2449944&p40_language_code=fr&p40_detail_id=532589&session=14320818051215&_gl=1*4uumlt*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMIs_rOhezJiAMVhpNQBh3Z-Q1BEAAYASAAEgJ8svD_BwE

Centre de Recherches Routières (CRR). (2009). *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* (Recommandations CRR No. R80/09). *https://brrc.be/fr/expertise/expertise*-apercu/code-bonne-pratique-conception-lexecution-revetements-paves-beton

Revêtements drainants en pavés de béton

Fédération de l'Industrie du Béton (FEBE), Groupement des Fabricants de Pavés en Béton (FEBESTRAL). (S.d.). *Le béton, l'atout de la diversité!* https://www.febe.be/publications/le-beton-latout-de-la-diversite/

Hemelwaterverordening. (2023, février 10). Arrêté du Gouvernement flamand établissant un règlement urbanistique régional en matière d'eaux pluviales, modifiant l'arrêté du Gouvernement flamand du 16 juillet 2010 portant détermination des actes urbanistiques qui ne requièrent pas de permis d'environnement, et abrogeant l'arrêté du Gouvernement flamand du 5 juillet 2013 établissant un règlement urbanistique régional concernant les citernes d'eaux pluviales, les systèmes d'infiltration, les systèmes tampons et l'évacuation séparée des eaux usées et pluviales. *Moniteur belge*, 21.06.2023, 56124-56152. https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2023/06/21_1.pdf#page=14

Institut Royal Météorologique (IRM). (2024). *Le climat dans votre commune*. https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/climat-dans-votre-commune

Probeton. (2023). *Produits en béton pour pavages drainants* (Prescriptions Techniques Probeton No. PTV 126), Édition 4). https://extranet-prefab.procertus.be/documents/01%20BENOR

Service Public de Wallonie (SPW), Qualité & Construction. (2021). *Cahier des charges type qualiroutes* [Version 2021 consolidée, et ses adaptations ultérieures]. http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html

Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (S.d.). *Infiltratieproeven*. https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/infiltratieproeven

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer (AWV). (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* [Version 4.1a]. https://www.vlaanderen.be/het-standaardbestek-250-voor-wegenbouw