



Les pavages drainants revisités: comment les concevoir et les mettre en œuvre correctement pour éviter les problèmes?

Ces dernières années, les médias font de plus en plus souvent état de la gestion des eaux pluviales, de problèmes liés au faible niveau des nappes phréatiques ou aux conditions climatiques extrêmes. Il suffit de penser à l'interdiction du béton, aux inondations de l'été 2021, aux rapports sur les dommages causés par la sécheresse aux maisons dans certaines régions, etc. Le «pourquoi» de la nécessité de revêtements drainants en général n'a pas besoin de plus d'explications. Entre-temps, c'est bien connu et cela commence à être de plus en plus généralement accepté. En particulier en Flandre, région densément bâtie, ce thème est un sujet brûlant depuis un certain temps, et il le sera encore dans les années à venir (Aquafin & Infopunt Publieke Ruimte, s.d.).

Nous sommes donc forcés de regarder la réalité en face. Il existe un réel besoin de stocker et d'infiltrer suffisamment et correctement les eaux de pluie, en particulier dans les zones urbaines ou dans les zones présentant un pourcentage élevé de surfaces revêtues. Les revêtements perméables dotés d'une capacité de stockage suffisante et d'une capacité d'infiltration durable permettent de mieux maintenir le niveau des nappes phréatiques, de soulager les égouts en cas de fortes précipitations et de prévenir un(e) éventuel(le) érosion ou affaissement du sol (Beeldens et al., 2008).

De nombreux revêtements de ce type ont été mis en œuvre ces dernières années, souvent en utilisant différents types de pavés drainants. Cependant, le CRR reçoit aussi régulièrement des demandes d'assistance technique à la suite de problèmes avec ces revêtements quelque temps après leur mise en service. Il est donc temps de rafraîchir les bonnes pratiques, telles que définies dans des directives CRR à l'époque (Centre de recherches routières, 2009).

Sol support

Un revêtement drainant conçu avec des pavés en béton doit toujours être considéré dans son ensemble, de bas en haut. Cela signifie qu'il faut d'abord prêter attention au support sur lequel ce revêtement sera mis en œuvre. La plupart des sols supports en Flandre ne sont pas assez perméables pour mettre en œuvre un revêtement drainant durable sans prévoir un drainage supplémentaire dans la structure. On trouve une première indication du type de sol via le site de Geopunt Vlaanderen (<https://www.geopunt.be/kaart>) ou Database Ondergrond Vlaanderen (<https://www.dov.vlaanderen.be/page/bodemkaarten>) (figure 1). Les sols sableux sont constitués des grains les plus grossiers et sont donc le type de sol le plus perméable. A l'inverse, les grains du sol argileux sont les plus petits. Ce type de sol possède donc la perméabilité la plus faible.

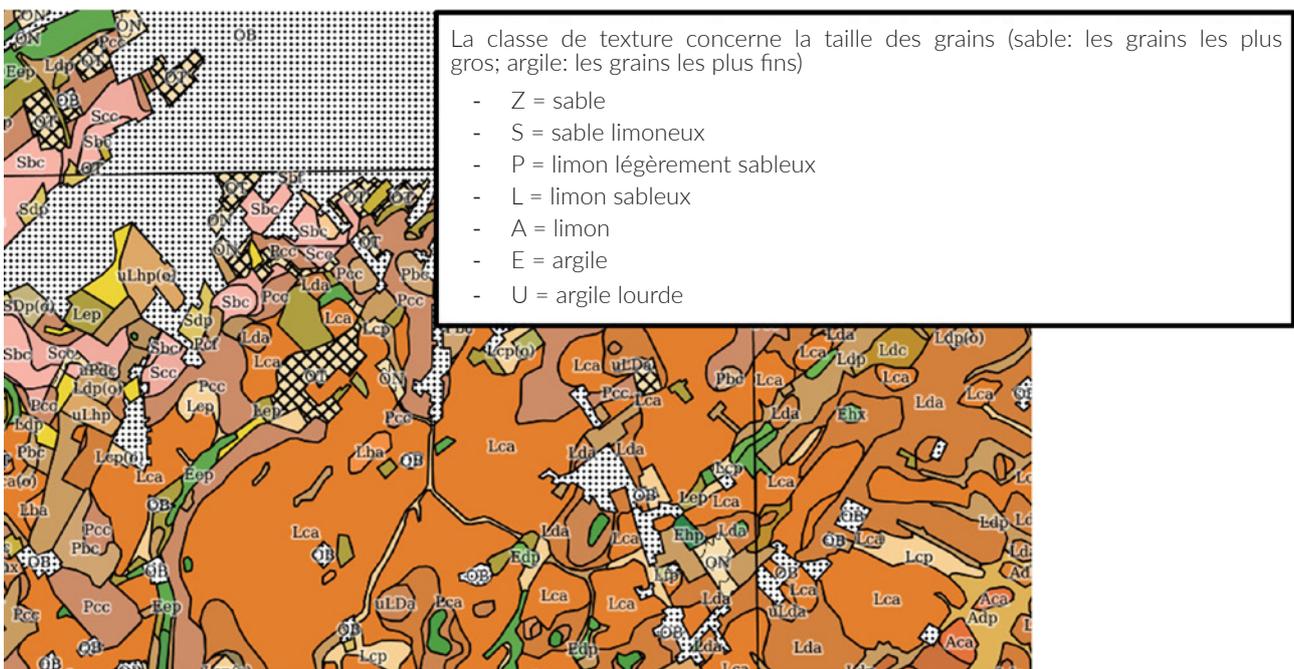


Figure 1 - Exemple de types de sol + légende (Vlaamse Overheid, Database Ondergrond Vlaanderen, s.d.)

Pour s'assurer de la perméabilité du sol support sur lequel un revêtement drainant doit être mis en œuvre, il est conseillé de tester le sol support. Pour ce faire, plusieurs méthodes existent (Vlaamse Overheid, Vlaamse Milieumaatschappij, s.d.).

Une méthode très simple est celle dite «du puits». Elle consiste à creuser un puits (50 cm par 50 cm) à la profondeur prévue de la structure. Une fine couche de gravillons est ensuite déposée dans le fond, puis 5 litres d'eau sont versés dessus. Le temps nécessaire pour que cette eau disparaisse complètement est une mesure de la perméabilité. Cependant, cette méthode n'étant pas très précise, elle n'est que rarement utilisée. Une autre méthode de mesure disponible au CRR est l'Open-end test (Vlaamse Milieumaatschappij et al., 2016) (figure 2).



Figure 2 - *Open-end test*

L'*Open-end test* consiste à placer un tuyau verticalement dans un puits creusé à la profondeur prévue de la structure envisagée. Dans ce tuyau, un flux d'eau contrôlé maintient le niveau d'eau constant. La quantité d'eau introduite en fonction du temps donne alors une perméabilité (valeur k en m/s) du sol à cet endroit grâce à certaines formules mathématiques. Cet essai est celui utilisé par défaut par le CRR. Pour avoir une bonne idée de la perméabilité générale, il est recommandé de mesurer au moins 4 points par 1 000 m² de surface. La perméabilité du sol support peut être répartie en plusieurs catégories, comme le montre la figure 3.

Catégories de sol (valeur k)	Types de sol
- Très perméable	- Sable/gravier
- Perméable	- Sable/limon
- Moyennement à peu perméable	- Limon
- Très peu perméable	- Argile

Figure 3 - *Vue d'ensemble de la perméabilité du sol (Beeldens et al., 2008)*

La valeur seuil de $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ pour les pavages drainants, qui est demandée dans chaque section de la structure, découle de la conversion d'une averse qui, selon les statistiques de l'IRM, a une période de retour de 30 ans (16 mm d'eau en 10 minutes ou 270 l/s/ha multiplié par un facteur de sécurité égal à 2) (CRR, 2009). D'après les intensités de pointe actuelles, cela correspond actuellement davantage à une averse T10 (Vlaamse Overheid, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2012), mais étant donné le facteur de sécurité de 2, cela reste certainement une valeur pertinente.

En fonction de la perméabilité du sol, la structure globale doit donc être adaptée (CRR, 2009), comme l'illustre la figure 4

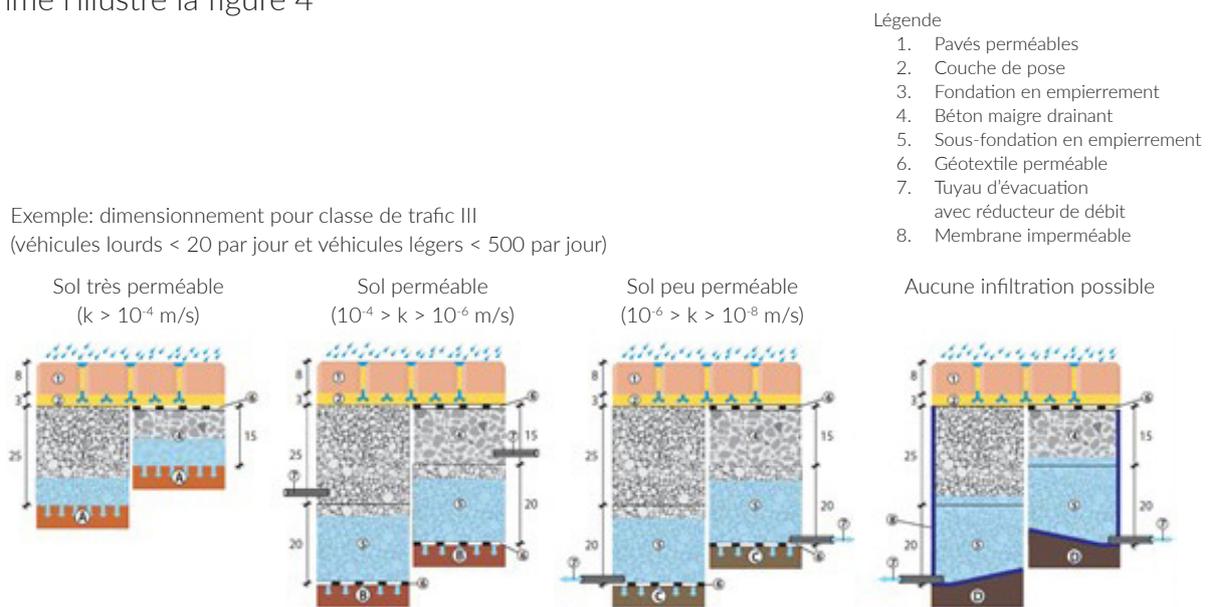


Figure 4 – Exemple de dimensionnement d'un revêtement drainant selon la catégorie de trafic III (d'après CRR, 2009)

La figure 4 montre une structure typique pour un revêtement en pavés de béton selon la catégorie de trafic III du code de bonne pratique CRR R80/09. Pendant les périodes de stockage de l'eau dans la structure, la portance de l'ensemble diminue. Cela limite l'utilisation des pavages drainants aux catégories de trafic II, III et IV (CRR, 2009). En pratique, cela signifie que le nombre quotidien de passages de véhicules lourds (> 3,5 t) est limité à 100 (figure 5).

Catégorie	Type de trafic		
	Piétons, cyclistes, motocyclistes	Véhicules légers (< 3,5 t)	Véhicules lourds (> 3,5 t)
I	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 400 par jour
II	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 100 par jour
III	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 20 par jour
IV	Illimité	Occasionnel	Aucun

Figure 5 – Catégories de trafic réparties en fonction de la charge de trafic (d'après CRR, 2009, tableau 1.1, p. 2)

Sous-fondation

Comme pour un revêtement en pavés de béton standard, la sous-fondation est avant tout une couche drainante qui peut également garantir une portance supplémentaire. En outre, la sous-fondation protège également le support des effets du gel. La principale différence pour une sous-fondation dans le cas de pavages drainants est la capacité de stockage nécessaire pour donner aux eaux de pluie qui s'infiltrent la possibilité et le temps de s'infiltrer dans le sous-sol. Cette capacité est déterminée par la vitesse d'infiltration du sous-sol, d'une part, et par la porosité accessible à l'eau du matériau compacté dans la sous-fondation, d'autre part. La capacité de stockage requise pour un type de support particulier coïncide bien avec la profondeur de pénétration du gel qui correspond aux zones avec ce type de sol. En d'autres termes, un sol peu perméable est plus sensible au gel et nécessite donc une sous-fondation plus importante.

En tant que matériau pour une telle sous-fondation, le SB 250 décrit des limites de granulométrie auxquelles ce matériau doit satisfaire (Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer, 2021, §6-3.6.3.1, tableau 5-3-2). Un granulats de débris de béton avec un calibre inférieur minimal de 4 mm peut être choisi, à condition qu'il ne se forme pas trop de particules fines lors de la pose qui réduiraient la capacité de stockage. C'est pourquoi les débris mixtes ou les débris de maçonnerie sont fortement déconseillés. En effet, le risque de fragmentation lors du compactage est trop élevé. Enfin, il est également conseillé de mettre en œuvre la sous-fondation sur un géotextile et une géogrille (géogrille sur géotextile) pour une meilleure portance en cas de saturation du support.

Fondation

Pour une structure drainante, en plus de fournir la portance nécessaire, la fondation doit aussi évacuer l'eau qui s'infiltré vers la sous-fondation ou le sous-sol. Si l'eau reste dans la fondation, elle réduit la portance et représente un risque de dommages sous la charge du trafic. Dans des cas extrêmes, la fondation peut également fournir une capacité de stockage supplémentaire, mais cela doit rester limité dans le temps.

Le matériau de fondation utilisé dépend principalement de la charge de trafic prévue. Pour une zone où il y a un nombre quotidien important de passages de véhicules lourds, il est préférable de choisir un béton maigre drainant. Dans d'autres cas, on peut opter pour un empierrement non lié, comme stipulé dans Vlaamse Overheid, AWW, 2021, §5-4.13. Une granulométrie discontinue serait trop difficile à compacter pour obtenir un résultat bien plat et une portance suffisante, c'est pourquoi on préfère ici une granulométrie continue. Un autre facteur à prendre en compte dans le choix des différents matériaux est la stabilité réciproque des filtres. Cela permet d'éviter que les matériaux plus fins situés au-dessus ne disparaissent dans les couches sous-jacentes plus grossières, avec une possible perte de perméabilité, mais aussi de stabilité de la structure de la route. Cette exigence peut être satisfaite simplement en faisant correspondre les calibres des différents matériaux.

Couche de pose et scellement des joints

Dans la mesure du possible, le même matériau est choisi pour la couche de pose et le scellement des joints. Ce matériau doit être adapté aux pavés de béton utilisés et dépend donc de la largeur de joint prévue entre les pavés. La perméabilité de ce matériau doit être suffisante (au moins $5,4 \cdot 10^{-4}$ m/s si on se base sur un pourcentage de joint de 10 %) pour que l'eau de pluie soit évacuée assez rapidement vers la fondation et les couches sous-jacentes. La résistance à la fragmentation sous la charge du trafic est également très importante. Par conséquent, le matériau utilisé doit au moins être conforme à la catégorie 3 selon la PTV 411 (BE-CERT, 2014). Cela signifie que la valeur Los Angeles (résistance à la fragmentation) ne doit pas dépasser 20 et que le coefficient Micro-Deval (résistance à l'abrasion) ne doit pas dépasser 15.

Ici aussi, la stabilité du filtre revêt une grande importance, afin que la couche de pose ne puisse pas pénétrer trop profondément dans la fondation. Dans le cas d'une fondation en béton maigre drainant, il est également obligatoire d'appliquer un géotextile pour éviter que les particules plus fines de la couche de pose ne colmatent les vides du béton.

Types de pavés drainants en béton

Il existe à l'heure actuelle de nombreux types de pavés drainants en béton sur le marché.

Pavés en béton poreux

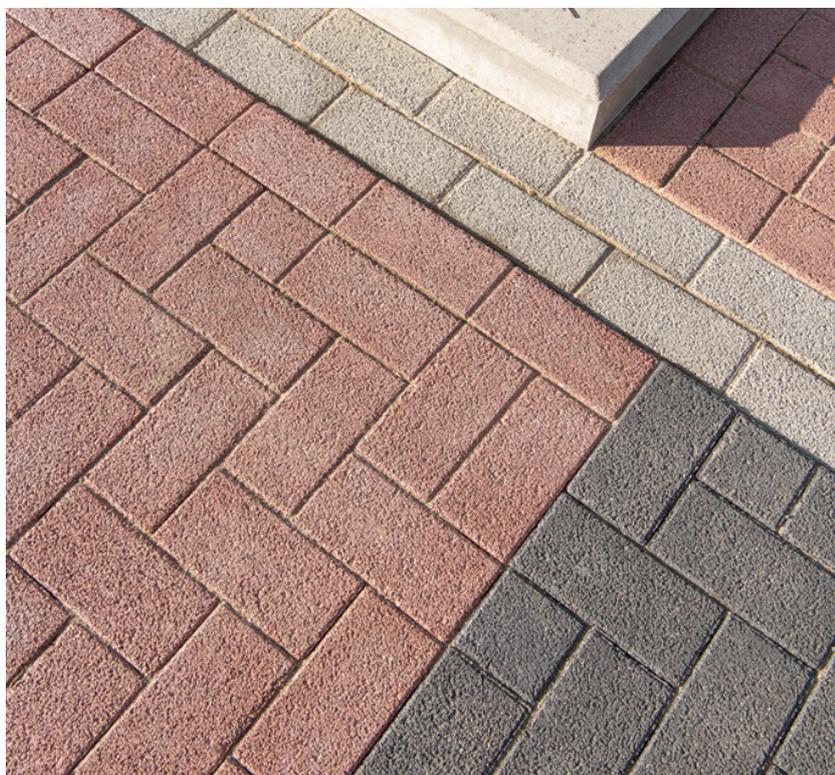


Figure 6 – Pavés en béton poreux (Parking Brico Plan-it - Ternat) (Stradus, s.d.)

Les pavés en béton poreux (figure 6) sont généralement fabriqués aux mêmes dimensions que les pavés en béton standard, mais dans un béton présentant une structure poreuse. Une partie de la fraction de sable est laissée de côté pour créer une structure ouverte dans toute la pierre. Leur pose s'effectue pratiquement de la même manière que pour les pavés en béton standard, mais pour éviter le colmatage des petites ouvertures dans la pierre, il est conseillé d'utiliser un matériau de jointoiement approprié. Cela signifie que, pour éviter le colmatage, il ne peut pas y avoir de fraction 0/0,5 mm. Par défaut, les joints ont une largeur de 1 à 2 mm, ce qui favorise la praticabilité du revêtement. En revanche, ils sont moins résistants à l'utilisation de sels de déverglaçage.

Pavés en béton à joints élargis/ouvertures de drainage

Pour ces types de pavés en béton, des évidements sont prévus, qui représentent au minimum 10 % de la surface totale (Probeton, 2021). De cette façon, l'eau peut pénétrer dans la structure de la route par ces évidements. Les évidements peuvent être mis en œuvre de plusieurs façons. Un premier exemple est l'utilisation de joints élargis par l'application de nervures ou d'écarteurs sur les côtés des pavés en béton. La forme des pavés dans cette version est pratiquement similaire à celle des pavés en béton standard.



Figure 7 – Pavés en béton à joints élargis (Parking Hôpital Maas & Kempen - Maaseik) (Stradus, s.d.)

On peut également opter pour des ouvertures de drainage plutôt que pour des joints élargis. Dans ce cas, des ouvertures sont créées à la surface du revêtement en ajustant la forme du pavé de manière à créer des zones ouvertes lors de la mise en œuvre du revêtement pour permettre à l'eau de s'infiltrer facilement. Ces ouvertures sont remplies de gravillons avec une teneur limitée en matériau fin pour assurer la perméabilité à l'eau. En raison des ouvertures plus grandes dans le revêtement, ces types sont légèrement moins praticables et donc moins indiqués dans les zones où il y a beaucoup de piétons ou de cyclistes. En revanche, il s'agit d'une bonne application pour les zones de stationnement.



Figure 8 – Pavés en béton avec ouvertures de drainage (Voskenslaan Genk) (Ebema)

Une combinaison de joints élargis et d'ouvertures de drainage peut également être utilisée pour créer un espace ouvert suffisant dans la surface et ainsi assurer une perméabilité suffisante.

Dalles-gazon en béton

Il s'agit généralement d'éléments plus grands avec de grandes ouvertures qui représentent au moins 25 % de la surface totale. Elles sont souvent utilisées en combinaison avec d'autres pierres, et principalement appliquées comme revêtement de parkings, coupe-feu ou élargissements de route. Elles ne conviennent donc qu'à un trafic lourd occasionnel. Deux options sont disponibles ici pour le remplissage des joints. On peut remplir les ouvertures avec de la pierre concassée et l'eau s'infiltrera alors en grande partie dans le sous-sol. Cependant, on peut aussi utiliser des matériaux de jointoiement spéciaux à base de terre végétale et de granulés de lave, qui permettront à l'herbe de pousser dans les ouvertures disponibles. Dans ce cas, l'eau qui pénètre s'évapore ou est absorbée par l'herbe. Cependant, la perméabilité du support reste toujours importante pour garantir la durabilité du revêtement.

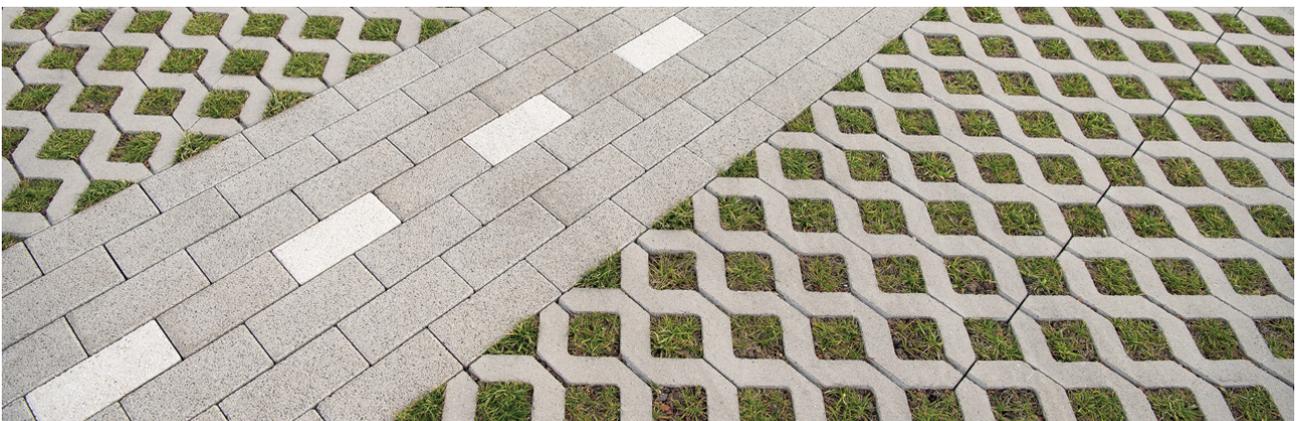


Figure 9 – Dalles-gazon en béton (Parking Brico Plan-it – Ternat) (Stradus, s.d.)

De nos jours, il existe également de nombreux développements, et de nouvelles conceptions et des formes spéciales de produits en béton pour applications drainantes voient le jour (CRR, 2019, chapitre 7.1). Ces nouvelles formes et conceptions permettent d'apporter des accents particuliers en termes de forme, de couleur et de fonctionnalité. Cependant, les mêmes bonnes pratiques continuent de s'appliquer à la structure afin d'obtenir un pavage drainant fonctionnel.

Contrôle à la réception

Pour vérifier la perméabilité d'un revêtement, le CRR utilise la méthode de l'essai double anneau (COPRO, 2010). Dans cet essai, deux anneaux de diamètre différent sont placés sur la surface à tester, en veillant à ce que l'eau ne puisse s'échapper de ces anneaux dans une direction horizontale. Ces anneaux sont remplis d'eau jusqu'à une certaine hauteur. L'eau dans l'anneau extérieur empêche autant que possible la propagation horizontale de l'eau dans l'anneau intérieur, et forme en quelque sorte une barrière verticale. L'eau dans l'anneau intérieur est maintenue à une hauteur constante par la combinaison d'un capteur et d'une valve électronique. Après une période d'essai d'au moins 30 minutes, un calcul peut être effectué pour déterminer une valeur k en m/s, qui représente la perméabilité de la structure. Cet essai peut être réalisé aussi bien sur le revêtement que sur la fondation.



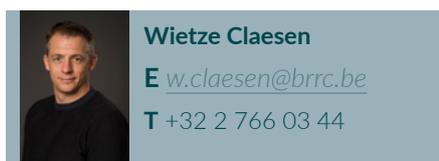
Figure 10 - Essai double anneau

Entretien

En général, les revêtements drainants nécessitent peu d'entretien, mais ne sont pas pour autant des revêtements à entretien nul. Pour garantir la durabilité et la perméabilité du revêtement dans le temps, un minimum d'inspection et d'entretien est nécessaire. Pour les revêtements en pavés de béton à joints élargis ou avec ouvertures de drainage, il suffira principalement de gérer correctement les mauvaises herbes. Pour les pavés en béton drainant, la prévention ou l'élimination des colmatages est la principale préoccupation. Pour décolmater, on peut par exemple utiliser un nettoyeur d'enrobé drainant, qui non seulement nettoie sous haute pression, mais aspire également la saleté.

Conclusions/perspectives

La mise en œuvre de revêtements drainants durables en pavés de béton est certainement possible. Il convient toutefois de respecter les règles de l'art, largement décrites dans les directives publiées par le CRR (Beeldens et al., 2008 & CRR, 2009). Le CRR continue à suivre de près les nouveaux développements dans le domaine de l'utilisation des matériaux et l'évolution de la durabilité de la perméabilité dans le temps. Il se tient à disposition pour prodiguer des conseils et fournir une assistance à ses membres dans la mesure du possible.



Bibliographie

Aquafin & Infopunt Publieke Ruimte. (s.d.). *Operatie perforatie*. <https://www.operatieperforatie.be/>

BE-CERT. (2014). *Codification des granulats conformes aux normes NBN EN 12620, NBN EN 13043, NBN EN 13139 et NBN EN 13242* (Prescriptions Techniques No. PTV 411, édition 2.1).

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). <https://brrc.be/sites/default/files/2019-10/dossier05Fr.pdf>

Centre de Recherches Routières. (2009). *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* (Recommandations CRR No. R80/09, Chapitre 2.1). <https://brrc.be/sites/default/files/2021-06/R8009.pdf>

Centre de Recherches Routières. (2009). *Code de bonne pratique pour les revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton* (Recommandations CRR No. R97). <https://brrc.be/sites/default/files/2019-11/R97.pdf>

COPRO. (2010). *Waterdoorlatende bestratingen: Systeem-, product- en plaatsingseisen* (Technische voorschriften No. PTV 827, Versie 1.0). <https://www.copro.eu/sites/default/files/document/file/Download/Reglementen/Hemelwater/Geldige%20versie/WEB%20PTV%20827%20v%201-0.pdf>

Probeton. (2021). *Produits en béton pour pavages drainants* (Prescriptions Techniques No. PTV 126). http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_FR/PTV/PT126.pdf

Stradus. (s.d.). Banque d'inspiration. https://banquedinspiration.stradus.be/fr_BE/banquedinspiration.html

Vlaamse Milieumaatschappij, International Marine and Dredging Consultants & Bodemkundige Dienst van België. (2016). *Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen* (versie 9.0). Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). <https://www.vmm.be/publicaties/opstellen-van-richtlijnen-voor-meten-van-infiltratiecapaciteit-en-modelmatig-onderbouwen-voor-dimensionering-van-infiltratievoorzieningen>

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* [versie 4.1a]. <https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten/standaardbestek>

Vlaamse Overheid, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2012). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen. Deel 5: Ontwerpneerslag* (CIW Rapport). <https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/Deel%205%20-%20Ontwerpneerslag.pdf>

Vlaamse Overheid, Databank Ondergrond Vlaanderen. (s.d.). Bodemkaarten. <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bodemkaarten>

Vlaamse Overheid, Vlaamse Milieumaatschappij. (s.d.). Infiltratieproeven. <https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/infiltratieproeven>