Concrete permeable pavements: tools creation and evolution of the permeability evaluation method

Thibaut Le Doeuff, Sophie Jacob

▶ **To cite this version:**

Thibaut Le Doeuff, Sophie Jacob. Concrete permeable pavements: tools creation and evolution of the permeability evaluation method. Novatech 2023, Graie, Jul 2023, Lyon, France. hal-04187489

HAL Id: hal-04187489
https://hal.science/hal-04187489

Submitted on 18 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Revêtements drainants en produits préfabriqués en béton : création d'outils et évolution de la méthode d'évaluation de la perméabilité

Concrete permeable pavements: tools creation and evolution of the permeability evaluation method

Thibaut LE DOEUFF[1], Sophie JACOB[1]

CERIB : Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton, Epernon, France (t.ledoeuff@cerib.com ; s.jacob@cerib.com)

RÉSUMÉ

Les revêtements modulaires en béton pour l'infiltration des eaux pluviales sont de plus en plus utilisés dans le cadre d'une gestion intégrée des eaux pluviales. En l'absence de norme ou de recommandation française sur ces produits, le CERIB (Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton) a établi des outils destinés à accompagner les acteurs de la gestion intégrée des eaux pluviales pour le choix et la mise en œuvre des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton.
Le CERIB a défini des exigences techniques applicables à ces produits et a notamment intégré dans les référentiels de certification NF 072 (pavés de voirie en béton) et NF 187 (Dalles de voirie & toiture en béton) un essai de perméabilité développé en interne.
Aujourd'hui, afin de répondre aux besoins des fabricants et utilisateurs, cet essai de perméabilité est adapté afin de pouvoir mesurer la perméabilité en présence de pente et également d'évaluer la part de ruissellement sur le revêtement.

ABSTRACT

Concrete permeable pavements are more and more used in stormwater management. Since there is neither French guidance nor standards about these product, CERIB (Study and Research Centre for the French Concrete Industry) produced tools aiming to assist rainwater stakeholders in the selection and laying of permeable pavements made of precast concrete products.
CERIB has defined technical requirements applicable to these products and has integrated in a permeability test developed in-house into the NF072 (concrete road paving blocks) and NF 187 (Road & roof concrete paving flags) certification standards.
Today, in order to meet the needs of manufacturers and users, this permeability test has been adapted to measure permeability in the presence of a slope and to evaluate the amount of runoff on the pavement.

MOTS CLÉS

Infiltration, perméabilité, référentiel, revêtements en béton, ruissellement

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/EC), des orientations de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, ainsi que des objectifs de qualité et de quantité des eaux sont définis sur les grands bassins hydrographiques. Les collectivités, poussées par la loi ALUR, définissent dans leurs plans locaux d'urbanisme des zonages pluviaux, accompagnés de prescriptions de limitation de l'imperméabilisation et du ruissellement.

Ainsi il est de plus en plus fait usage de revêtements perméables, qui permettent une gestion intégrée des eaux pluviales à la parcelle, au plus proche de leur point de chute. Les revêtements perméables infiltrent à la fois les eaux qui tombent directement sur la surface des produits, mais aussi, selon leur perméabilité, les eaux de ruissellement des surfaces imperméables proches.

Les normes européennes existantes (NF EN 1338 pour les pavés en béton et NF EN 1339 pour les dalles en béton) ne couvrent pas l'ensemble des revêtements perméables. Bien que quelques pays comme la Belgique ou l'Allemagne disposaient déjà de normes ou de recommandations sur ces produits drainants en béton, il n'existait pas en France de recommandations spécifiques.

Le CERIB, Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton, a donc cherché à définir des exigences techniques applicables en France sur les familles de produits en béton les plus répandues, à savoir les pavés en béton poreux, les produits destinés à être posés à joints larges, et les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées.

Ces exigences (caractéristiques géométriques, résistance à l'abrasion, résistance mécanique, perméabilité…) sont regroupées dans un référentiel technique professionnel français qui a ensuite été intégré dans la certification NF des pavés et dalles de voirie préfabriqués en béton.

Figure 1 : Pavés en béton poreux, pavés destinés à être posés à joints larges, dalles drainantes engazonnées

Dans le cadre de ces travaux, le CERIB a notamment défini un protocole de mesure de la perméabilité applicable à tous les produits. Afin de répondre aux demandes du marché, un nouveau bâti d'essai a ensuite été développé. Celui-ci permet la mesure de la perméabilité en pente ainsi que l'évaluation de la part de ruissellement sur le revêtement.

1 OUTILS POUR LA REALISATION D'OUVRAGES DURABLES ET EFFICACES

Les travaux réalisés sur les revêtements drainants ont abouti à différents outils qui sont aujourd'hui accessibles librement à tous publics.

On y retrouve :

- Des rapports et référentiels précisant les exigences techniques et les moyens de caractériser les propriétés des produits drainants :
  - Rapport CERIB 353.E_v2 « Eléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : référentiel technique » : Ce rapport a constitué la base des travaux sur les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton. Il définit les exigences applicables aux différentes familles de produits.
  - Rapport CERIB 501.E « Dimensionnement mécanique des dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées » : Ce rapport définit les modalités de réalisation des essais de type de détermination de la résistance mécanique des dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées adaptées aux différents domaines d'application.

  - Référentiels de certification NF 072 « Pavés de voirie en béton » et NF 187 « Dalles de voirie & toiture en béton » : Ils intègrent les produits drainants respectivement depuis Avril 2020 et Février 2021.
- Des outils pour le dimensionnement hydraulique et mécanique des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton :
  - Logiciel ODUC+ : Ce logiciel permet de déterminer la perméabilité requise pour un revêtement drainant en fonction des données de projet (évènement pluvieux à prendre en compte, caractéristiques des surfaces …).
  - Logiciel VoirIB : Ce logiciel permet de dimensionner la structure d'assise requise pour un trafic donné.
- Des guides pour la réalisation d'ouvrages de qualité :
  - Rapport CERIB DP 136 « Guide de mise en œuvre des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton » : Ce guide permet aux différents acteurs (bureaux d'études, entreprises de pose des produits) de disposer d'éléments synthétiques pour la construction d'aménagements durables et efficaces revêtus de produits drainants en béton. Il aborde notamment la nature et la qualité des produits, les travaux préparatoires des assises, la pose des produits avec une attention portée au contrôle des ouvrages et de l'entretien. Il est complété des principaux éléments nécessaires à la conception hydraulique et mécanique des ouvrages.
  - Rapport CERIB DP 139 « Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines – Les revêtements drainants en béton » : Ce document présente de manière complète les solutions préfabriquées en béton permettant de contribuer à la réduction de l'imperméabilisation. Il présente les solutions existantes en béton, donne des éléments de conception des ouvrages, fournit des recommandations de mise en œuvre, et d'entretien/d'exploitation.

2 ESSAI DE PERMEABILITE INITIAL

Le coefficient de perméabilité d'un revêtement constitue un élément de dimensionnement nécessaire pour les concepteurs d'ouvrages d'infiltration.

L'essai de perméabilité développé par le CERIB en 2015 permet de mesurer le coefficient de perméabilité de l'ensemble « produits et matériaux de jointoiement ou de remplissage des vides ». Il ne prend pas en compte l'influence du lit de pose et des couches de fondations.

Cet essai est réalisé sur une surface représentative de revêtement plutôt que sur produit isolé. Cela permet :

- de s'affranchir d'une éventuelle dispersion entre produits ;
- de prendre en compte la contribution des joints, afin d'être représentatif des conditions de service ;
- d'assurer une infiltration verticale, ce qui ne pourrait pas être réalisé avec un essai à échelle réduite d'un tube à essai placé sur un produit seulement.

Sur une surface de 1 m² de revêtement perméable constitué des produits en béton et de leur matériau de jointoiement ou de remplissage des vides, sous une charge constante de 1 cm d'eau, l'essai consiste à mesurer la quantité d'eau qui s'infiltre en un temps donné. Le schéma de principe est le suivant :

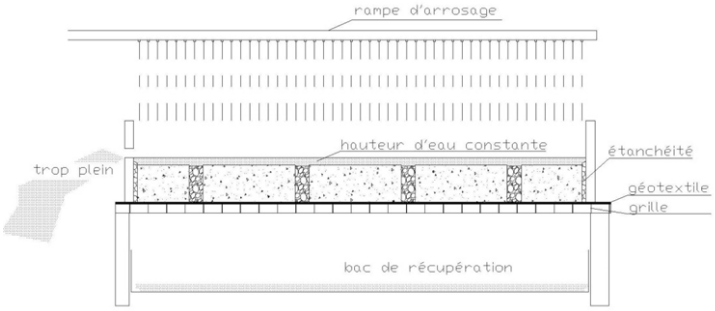

Figure 2 : Schéma de principe de l'essai de détermination du coefficient de perméabilité

Les essais sont répétés 3 fois sur un échantillon saturé et stabilisé.

Le coefficient de perméabilité verticale K (ou conductivité hydraulique) est calculé avec la formule :

$$K = \frac{m}{\rho S t}\frac{h}{h + h_w}\ [m/s]$$

Avec :

- m : masse d'eau = $m(bac + eau) - m(bac\ vide)$ [kg]
- ρ : masse volumique de l'eau [kg/m3] : $\rho = 1\ 000\ kg/m^3$
- S : surface d'essai [m²]
- t : durée totale de l'essai [s]
- h : hauteur d'infiltration (épaisseur du produit) [m]
- h_w : hauteur d'eau (constante réglée par la hauteur du trop-plein) [m]

Il est ensuite possible de déterminer le coefficient de perméabilité requis pour le revêtement de l'ouvrage d'infiltration en fonction :

- de la pluie type à infiltrer définie par le maître d'ouvrage : durée de la pluie, période de retour, coefficients de Montana applicables sur le lieu du projet…
- des caractéristiques du projet : surfaces dont on veut récupérer les eaux pluviales, coefficients de ruissellement…
- d'un coefficient de colmatage ou d'un coefficient de sécurité.

3 ÉVOLUTION DE L'ESSAI

Afin de prendre en compte les préoccupations des utilisateurs, les principes de l'essai de perméabilité initial ont été adaptés pour permettre :

- de mesurer les performances des revêtements drainants en présence de pente ;
- d'évaluer la part de ruissellement sur le revêtement.

Le nouveau bâti d'essai est illustré ci-dessous :

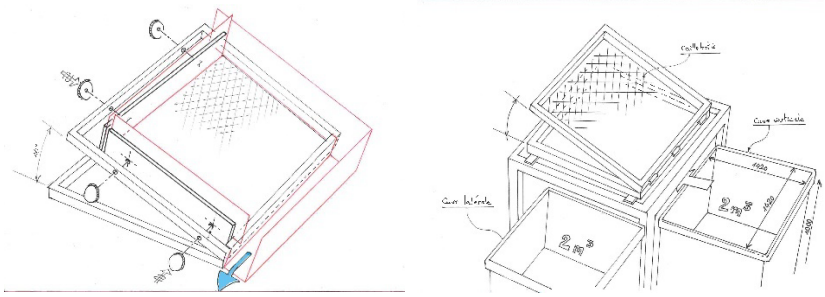

Figure 2 : Schémas du nouveau bâti d'essai de perméabilité

L'essai est également réalisé sur une surface de 1m² de revêtement perméable mais la charge en eau n'est pas réglée par un trop-plein de 1 cm. Le revêtement est donc testé en conditions « réelles ».

Lors de l'essai, le débit sollicitant, qui peut être associé à une intensité pluviale, est réglé à la valeur souhaitée et on peut en déduire :

- Un coefficient d'infiltration : $C_i(Q) = \frac{V_{infiltré}\,(Q,t)}{V_{alimenté}(Q,t)}$
- Un coefficient de ruissellement : $C_r(Q) = \frac{V_{ruisselé}(Q,t)}{V_{alimenté}(Q,t)}$

Avec :

$V_{infiltré}(Q,t)$: volume d'eau infiltré à travers le revêtement avec une alimentation en eau de débit Q pendant une durée t (m^3)

$V_{ruisselé}(Q,t)$: volume d'eau ruisselé sur le revêtement avec une alimentation en eau de débit Q pendant une durée t (m^3)

$V_{alimenté}(Q,t)$: volume d'eau alimenté au débit Q pendant une durée t (m^3)

Le coefficient de perméabilité pour un revêtement incliné à une pente p est déduit directement de la valeur maximale du débit maximum pour laquelle le coefficient de ruissellement est nul :

$$K(p) = Q * S$$

Avec :

Q : débit maximal pour lequel $C_r = 0$ (m^3/s) ;

S : surface du revêtement (= $1m^2$).

Les essais sont répétés 3 fois pour un revêtement incliné à une pente donnée.

4 CONCLUSION/PERSPECTIVES

De nombreux outils permettent aujourd'hui d'accompagner la conception et la mise en œuvre d'ouvrages intégrant des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton.

L'évolution récente de l'essai de perméabilité va permettre de proposer deux approches pour caractériser les performances d'infiltration d'un revêtement incliné à une pente donnée :

- Sous l'hypothèse d'une intensité pluviale de projet (débit fixé lors de l'essai), détermination des valeurs des coefficients d'infiltration et de ruissellement du revêtement ;
- Détermination de la perméabilité du revêtement (débit maximal permettant l'absence de ruissellement lors de l'essai) pour la configuration testée.

Ces données permettront aux acteurs de la gestion intégrée des eaux pluviales de dimensionner au mieux leurs projets.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR, NF EN 1338 : Pavés en béton - Prescriptions et méthodes d'essai, Février 2004

AFNOR, NF EN 1339 : Dalles en béton - Prescriptions et méthodes d'essai, Février 2004

CERIB (2017), 353.E_v2 : *Eléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : référentiel technique*

CERIB (2020), 501.E : *Dimensionnement mécanique des dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées*

CERIB (2020), Référentiel de certification NF 072 : *Pavés de voirie en béton*

CERIB (2021), Référentiel de certification NF 187 : *Dalles de voirie & toiture en béton*

CERIB (2021), DP 136 : *Guide de mise en œuvre des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton*

CERIB (2021), DP 139 : *Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines – Les revêtements drainants en béton*