

REVETEMENTS MODULAIRES EN BETON POUR L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES : REFERENTIEL TECHNIQUE, PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES ET PERSPECTIVES EN MATIERE DE MAQUETTE NUMERIQUE

CONCRETE BLOCK PAVEMENTS FOR SURFACE WATER INFILTRATION: TECHNICAL SPECIFICATIONS, ENVIRONMENTAL PERFORMANCES AND BIM-ORIENTED PROSPECTIVE

Jennifer FALEYEUX, Sophie JACOB, Félicien THIOU

CERIB : Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton, 1, rue des Longs Réages,
CS10010, 28233 Epervan Cedex, France
Contact : j.faleyeux@cerib.com

1. INTRODUCTION

Les eaux pluviales sont un élément majeur à maîtriser dans la planification et l'aménagement des territoires, de par les enjeux de limitation des risques d'inondation, de préservation

des ressources en eau et des milieux naturels, et d'aménagement des espaces.

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/EC) [8], des orientations de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, ainsi que des objectifs de qualité et de quantité

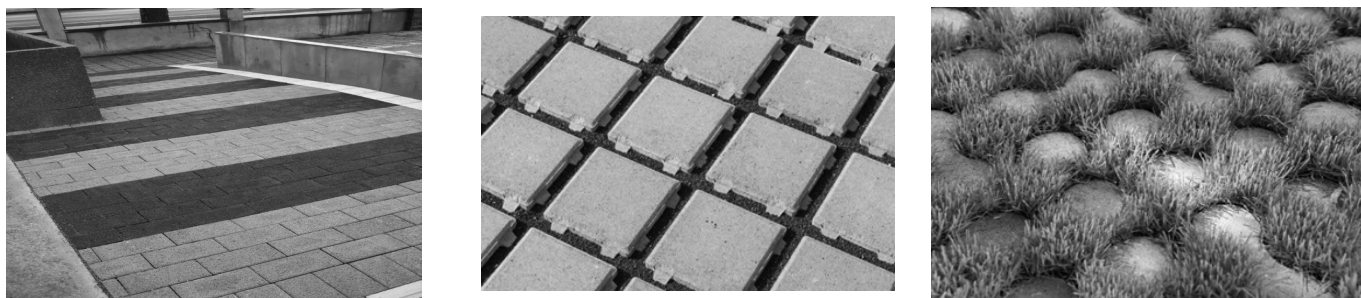


Figure 1 – Pavés en béton poreux, pavés à joints larges, dalles drainantes

des eaux sont définis sur les grands bassins hydrographiques. Les collectivités, poussées par la loi ALUR (loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové)[9], 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 capacité d'infiltration et la conception globale de l'aménagement, les eaux de ruissellement des surfaces imperméables proches.

La présente communication fait le point sur les caractéristiques des produits modulaires en béton permettant de répondre à ces problématiques.

2. RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE

Les normes européennes existantes (NF EN 1338 [3] pour les pavés en béton et NF EN 1339 [4] pour les dalles en béton) ne couvrent pas complètement les revêtements perméables. Des pays comme la Belgique ou l'Allemagne disposent déjà de normes et de recommandations sur ces produits drainants en béton, mais il n'existe pas en France de recommandations similaires.

Le CERIB, Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton, a donc défini les exigences techniques applicables

en France sur les familles de produits en béton les plus répandues, à savoir les pavés et dalles en béton poreux, les pavés à joints larges, et les dalles drainantes.

Ces exigences (caractéristiques géométriques, résistance à l'abrasion, résistance mécanique, perméabilité...) visent à assurer un degré de performance suffisant.

Dans le cadre de ces travaux, le CERIB a par ailleurs défini un protocole de mesure de la perméabilité applicable à tous les produits, ainsi qu'une méthode de dimensionnement mécanique des dalles drainantes.

L'ensemble de ces points fait l'objet d'un référentiel technique professionnel français, librement disponible sur le site du CERIB [1].

2.1. Perméabilité

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 [1] 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 de un mètre carré 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 ;

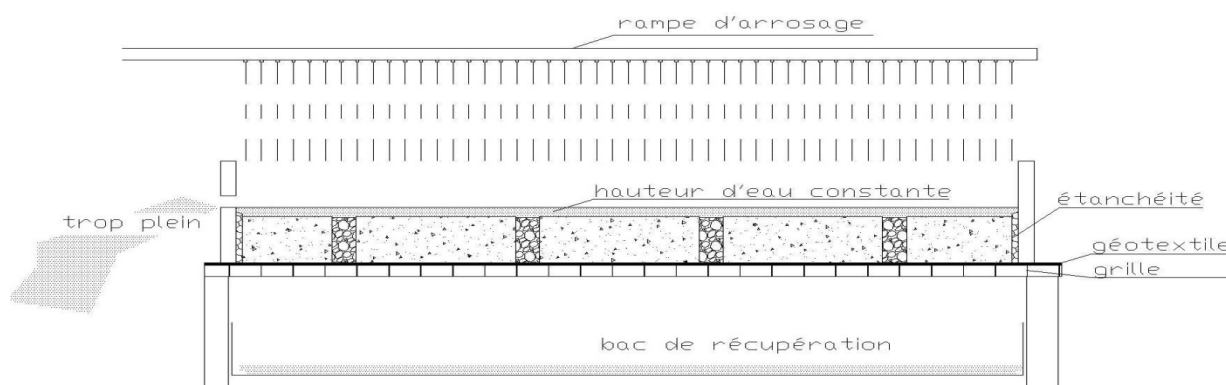


Figure 2 – Schéma du dispositif d'essai de perméabilité

- 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 jointolement 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'infiltré en un temps donné. Le schéma de principe est le suivant :

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

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

Avec :

- m : masse d'eau = $m(bac + eau) - m(bac vide)$
= $m(bac + eau) - m(bac vide)$ [kg]
- ρ : masse volumique de l'eau [kg/m³] : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$
- 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 son adéquation avec 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.

2.2. Résistance mécanique

Compte tenu de leur géométrie et de leurs conditions de pose, les dalles drainantes ne peuvent être dimensionnées en suivant la même approche que pour les dalles pleines couvertes par la norme NF EN 1339 [4]. Les comportements en service de ces deux familles étant différents, l'approche « dalle pleine » appliquée à des dalles drainantes pourrait conduire à des dimensionnements erronés.

Une démarche pour le dimensionnement spécifique aux dalles drainantes, intégrant leurs conditions d'utilisation, a été développée par le CERIB. Elle permet de prendre en compte :

- la nécessaire corrélation entre les résultats d'essais en laboratoire et les performances en conditions de service ;
- la caractérisation des produits eux-mêmes et non du seul matériau béton ;
- la volonté d'appliquer des méthodes d'essais en laboratoire connues pour le suivi de production en usine (essai de flexion trois points défini dans la norme NF EN 1339-Annexe F [4]).

L'essai défini pour valider le domaine d'utilisation des dalles drainantes est réalisé en conditions de service, et permet :

- d'être représentatif de conditions réelles de pose des dalles drainantes ;
- de simuler la continuité d'un revêtement dallé et de s'affranchir des éventuels effets de bords ;
- d'appliquer une charge suffisante pour atteindre la rupture d'une dalle drainante.

L'essai est conduit sur une surface d'au moins 1,5 m par 1,5 m. Les produits sont mis en œuvre selon les préconisations de pose du fabricant, ou à défaut de préconisations, selon les recommandations de pose professionnelles, soit pour une circulation de véhicules lourds sur terrain porteur :

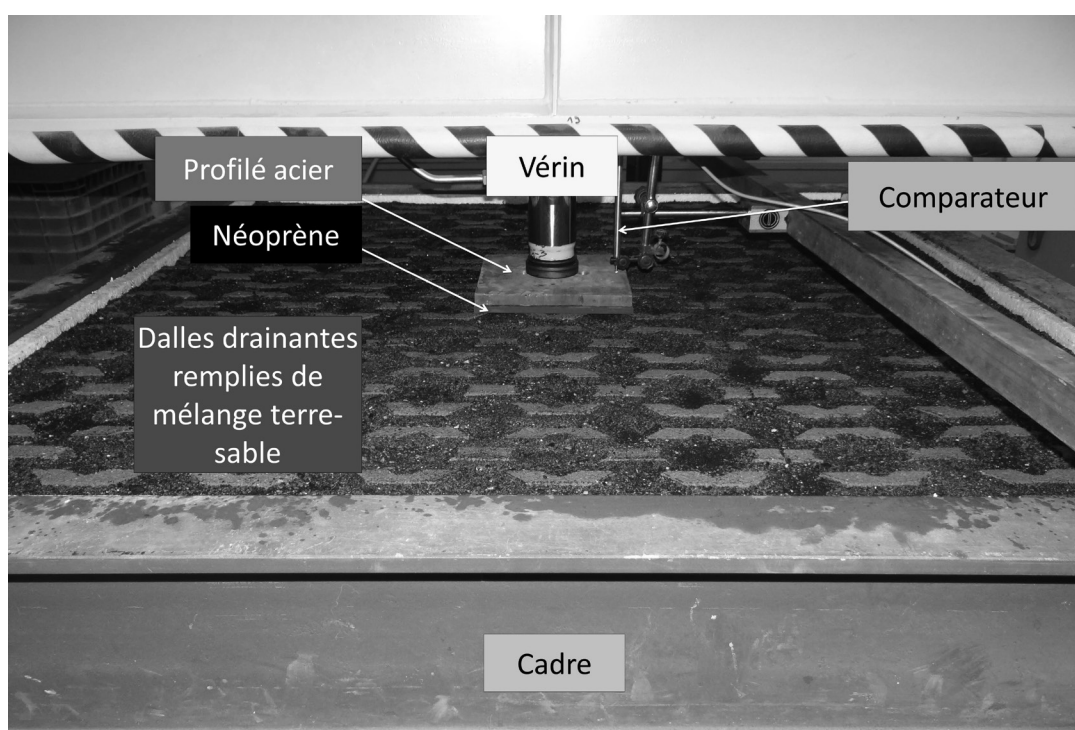


Figure 3 – Schéma du dispositif d'essai en conditions de pose sur dalles drainantes

- une fondation de 15 cm en tout-venant ;
- un lit de pose en sable d'épaisseur 3 cm ;
- les dalles drainantes remplies d'un mélange terre-sable (dont la proportion volumique courante est de un tiers de sable pour deux tiers de terre végétale).

La charge est appliquée à la position la plus défavorable en service, selon la géométrie de la dalle drainante, sur une taille d'empreinte représentative du domaine d'application visé. La charge est augmentée progressivement jusqu'à la rupture, qui est alors notée P_c .

La charge équivalente de rupture en service P_s , qui permet de vérifier la compatibilité de la dalle drainante avec le domaine

$$P_s = \frac{a}{b} * \frac{P_c}{\lambda}$$

Où :

- P_c est la charge de rupture obtenue à l'essai en conditions de pose (kN) ;
- P_s est la charge de rupture équivalente en conditions réelles (kN) ;
- λ est le coefficient de majoration dynamique ;
- a et b sont des coefficients de sécurité prenant en compte le cas de charge le plus défavorable.

Le suivi de production en usine peut ensuite être réalisé selon le protocole d'essai de flexion décrit dans la norme NF EN 1339 [4], en prenant en compte la géométrie spécifique des produits, et des sections de rupture observées.

3. PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES

La prise en compte de la qualité environnementale des ouvrages, initialement appliquée essentiellement aux bâtiments,

est intégrée progressivement aux travaux publics et à l'aménagement urbain.

De nombreuses données sont d'ores et déjà disponibles pour les différents produits en béton pour l'aménagement urbain : En effet, ont été établies des FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire) collectives, représentatives de la production française des différents produits.

- FDES Pavé de Voirie en béton (CERIB, 2011) [5] ;
- FDES Dalle de Voirie en béton (CERIB, 2011) [6] ;
- FDES Bordure et Caniveau en béton (CERIB, 2010) [7].

Ces FDES servent de base à une certification complémentaire à la marque NF.

Pour compléter ces données, l'Industrie du Béton a évalué les impacts environnementaux des solutions modulaires en béton permettant l'infiltration des eaux de ruissellement, sur l'ensemble de leur cycle de vie, selon les indicateurs de la norme NF EN 15804+A1 et de son complément national NF EN 15804/CN [10].

Les différentes étapes du cycle de vie considérées sont les suivantes :

- extraction des matières premières ;
- transport ;
- production des éléments préfabriqués ;
- transports des éléments sur le site ;
- mise en œuvre ;
- vie en œuvre (entretien éventuel et ouvertures) ;
- fin de vie.

L'unité fonctionnelle choisie est « Assurer la circulation d'un trafic caractéristique du milieu urbain en France sur un mètre carré, pendant une durée de service de 30 ans ». Les produits sont destinés à des circulation réduites, type trafic T5 (II) (très faible : 2 à 10 PL/jour/sens) ou T5 (faible : 5 à 25 PL/jour/sens), ou trottoirs, posés sur assise en grave non traitée (GNT)

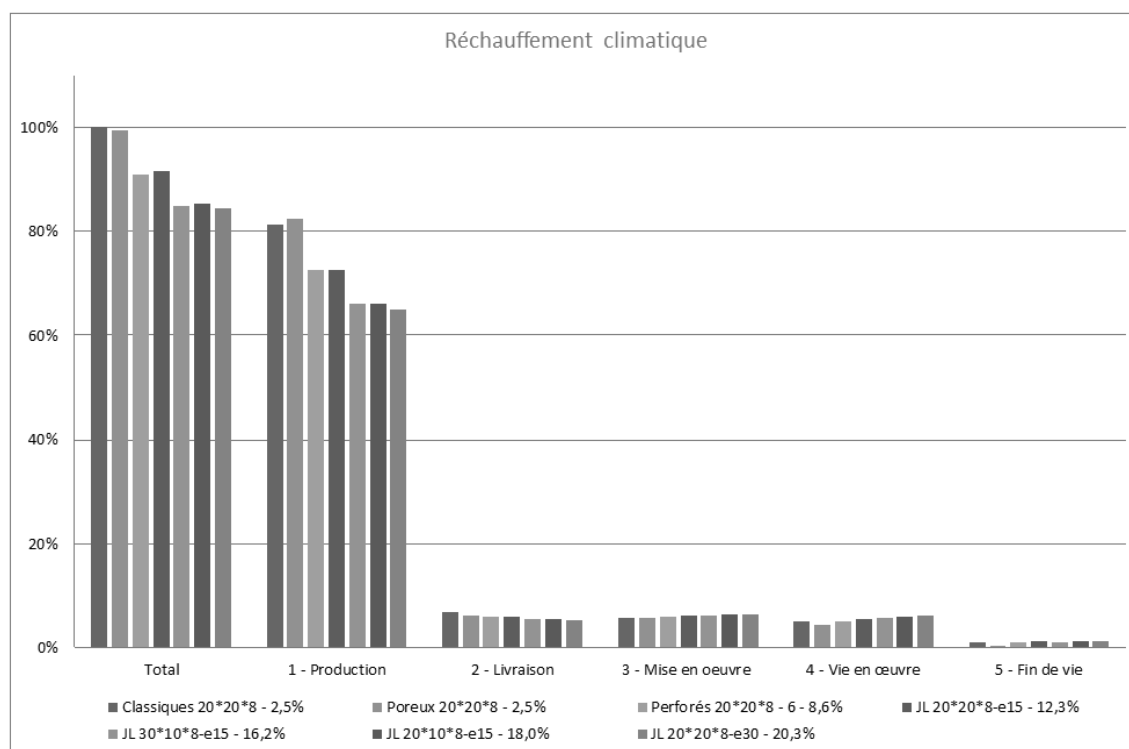


Figure 4 – Comparatif des performances environnementales des produits pour l'infiltration des eaux pluviales – indicateur « réchauffement climatique »

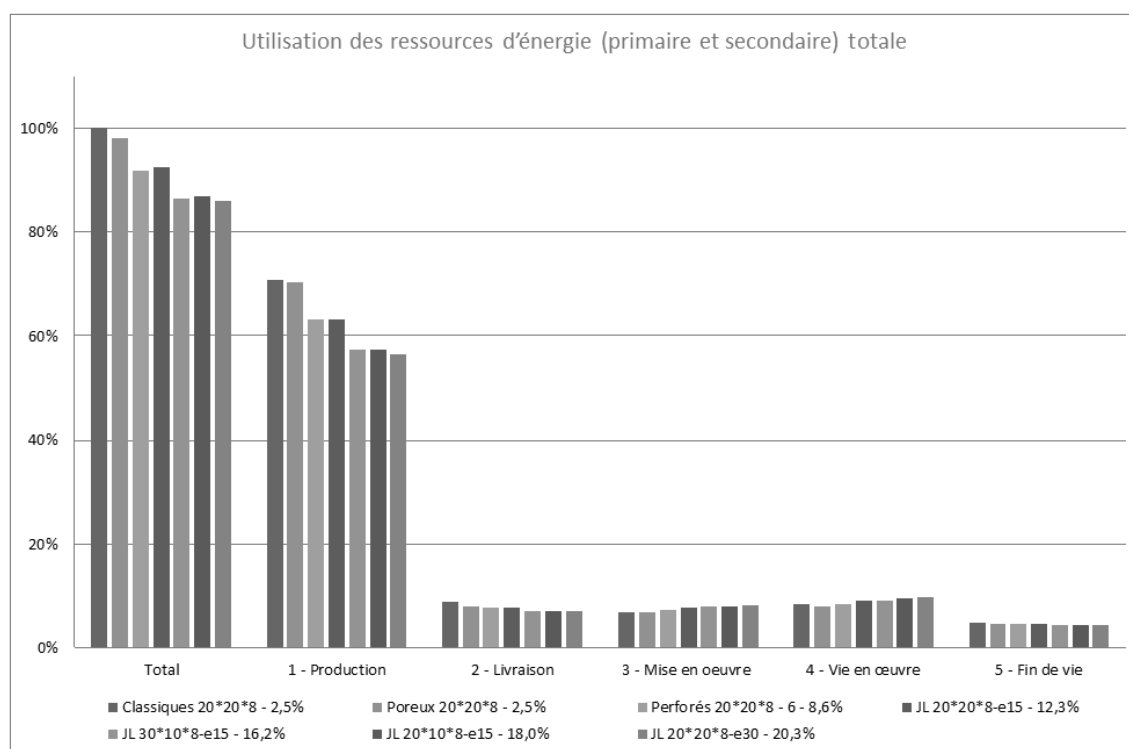


Figure 5 – Comparatif des performances environnementales des produits pour l’infiltration des eaux pluviales – indicateur « Utilisation des ressources d’énergie primaire et secondaire totale »

et lit de pose en sable. Les résultats sont affichés uniquement pour la couche de roulement.

Les résultats ci-après sont obtenus sur différents revêtements pour l’infiltration des eaux pluviales :

- pavés poreux en béton ;
- pavés perforés en béton ;
- pavés à joints larges en béton : joints de largeur 15 mm et 30 mm.

Ils sont comparés aux résultats obtenus sur pavés classiques.

Les histogrammes ci-après présentent les résultats pour deux indicateurs d’impact : le réchauffement climatique et la consommation d’énergie primaire et secondaire totale.

Les revêtements sont classés en fonction de leurs dimensions longueur totale*largeur totale*épaisseur (L*I*t) en centimètres, de la largeur de leurs écarteurs éventuels (e) et de leur pourcentage de vides calculé, pour les pavés classiques, poreux, à joints larges (JL) ou perforés.

Note : les impacts calculés sont « normés » à ceux des pavés classiques.

Les ordres de grandeur des impacts environnementaux des pavés perforés et à joints larges sont donnés en fonction du pourcentage de vides créé par les joints.

Pour les indicateurs considérés dans cette étude., les valeurs de la FDES « Pavés de Voirie en Béton » [5] peuvent être utilisées pour estimer l’impact environnemental des pavés poreux, puisque les pavés poreux et classiques présentent des impacts environnementaux comparables.

Cette évaluation permet de répondre aux attentes des donneurs d’ordre intégrant le développement durable dans leurs critères de décision.

4. PERSPECTIVES EN MATIÈRE DE MAQUETTE NUMÉRIQUE

L’ensemble de ces travaux constitue également une étape dans les travaux engagés par la profession en termes de maquette numérique et de construction des bases de données qui seront utilisées dans le cadre de la démarche « BIM ».

En effet, une base de données générique des produits en béton est en cours d’élaboration, et les éléments disponibles pour les revêtements perméables vont permettre de travailler à l’élaboration des propriétés et attributs des produits correspondants.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Devant l’absence de recommandation spécifique sur les produits en béton pour revêtements perméables en France et de dispositions partagées en Europe, les travaux réalisés ont permis de définir les exigences techniques qui pourraient être appliquées en France sur les revêtements perméables en éléments modulaires en béton.

Le référentiel technique spécifique aux produits en béton pour l’infiltration des eaux pluviales contient les caractéristiques fonctionnelles des pavés et dalles en béton qui permettent de réaliser des revêtements perméables à l’eau, et les exigences auxquelles ces produits doivent satisfaire : caractéristiques géométriques, résistance à l’abrasion, résistance mécanique, perméabilité...

Un essai a été développé afin de pouvoir mesurer le coefficient de perméabilité de revêtements perméables. Le coefficient de

perméabilité de l'ensemble « produits et matériaux de jointoiement ou de remplissage des vides » déterminé par cet essai constitue alors un élément de dimensionnement nécessaire pour les concepteurs d'ouvrages d'infiltration. Le protocole d'essai pourrait être introduit dans un futur référentiel de certification.

Un essai de type initial représentatif des conditions de pose permet également de déterminer le domaine d'utilisation des dalles drainantes.

Les revêtements pour l'infiltration des eaux pluviales réalisés en pavés présentent des impacts environnementaux globalement équivalents à ceux réalisés en pavés classiques ; les données de la FDES Pavé de Voirie en Béton [5] peuvent donc être utilisées dans le cadre de l'évaluation environnementale rapide d'un projet. Ces résultats permettent de répondre aux attentes des donneurs d'ordre intégrant les données environnementales dans leurs critères de décision.

Les aménageurs disposent donc de l'ensemble des données sur ces produits, à savoir les données techniques incluses dans le référentiel professionnel français, mais aussi leurs impacts environnementaux.

L'ensemble de ces travaux permettra également d'alimenter les bases de données nécessaires à la maquette numérique.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Rapport 353.E v2
Éléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : référentiel technique
CERIB, Jennifer Faleyeux, Février 2017
- [2] Rapport 402.P
Impacts environnementaux des revêtements modulaires perméables
CERIB, Jennifer Faleyeux et Félicien Thiou, Juillet 2017
- [3] NF EN 1338
Pavés en béton, prescriptions et méthodes d'essai
AFNOR, Février 2004
- [4] NF EN 1339
Dalles en béton, prescriptions et méthodes d'essai
AFNOR, Février 2004
- [5] 104.E v2
FDES Pavé de voirie en béton (relevant de la norme NF EN 1338) – Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire conforme à la norme NF P 01-010
CERIB, Octobre 2011
- [6] 247.E
FDES Dalle de voirie en béton (relevant de la norme NF EN 1339) – Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire conforme à la norme NF P 01-010
CERIB, Décembre 2011
- [7] 237.E
FDES Dalle de voirie en béton (relevant de la norme NF EN 1339) – Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire conforme à la norme NF P 01-010
CERIB, Octobre 2010
- [8] 2000/60/EC
Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (DCE)
- [9] Loi ALUR
LOI n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové
- [10] NF EN 15804 + A1 et son complément national NF EN 15804/CN
Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction
AFNOR, Avril 2014 et Juin 2016