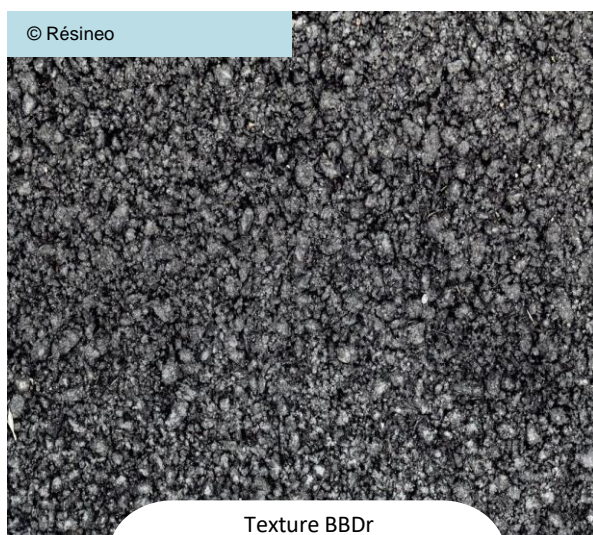


ENROBÉ DRAINANT

1. DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le principe de l'enrobé drainant (« béton bitumineux drainants » BBDr, ou communément nommé enrobé perméable ou poreux) désigne la couche poreuse de roulement de revêtement exempte de particules fines. L'utilisation de ces revêtements commence en France dans les années 1980 et connaît une grande expansion dans les années 1990. Les contraintes liées au gel et au colmatage ont depuis localisé ses applications au Nord et à l'Ouest de la France et sur de grands boulevards [18]. Il existe diverses variantes pour les compositions des enrobés drainants, notamment au niveau des liants, dont les compositions sont à la discrétion des producteurs.



1.1. FONCTIONNEMENT TECHNIQUE

Le revêtement s'appuie sur plusieurs couches aux rôles différents.

- **Le lit de pose ou couche de filtration** a pour but d'assurer l'assise du revêtement ainsi que la filtration de certains polluants dans le but de les éliminer (les retenir).
- **La couche de fondation**, avec une granulométrie grossière et environ 30 % de vide, joue aussi un rôle de réservoir. Elle bénéficie ainsi d'une bonne durabilité.

Elle s'appuie ensuite sur un fond de forme compacté qui limite sa perméabilité. Le stockage, sauf bref, des eaux ne se fait pas dans la couche de roulement pour éviter de l'endommager [5].

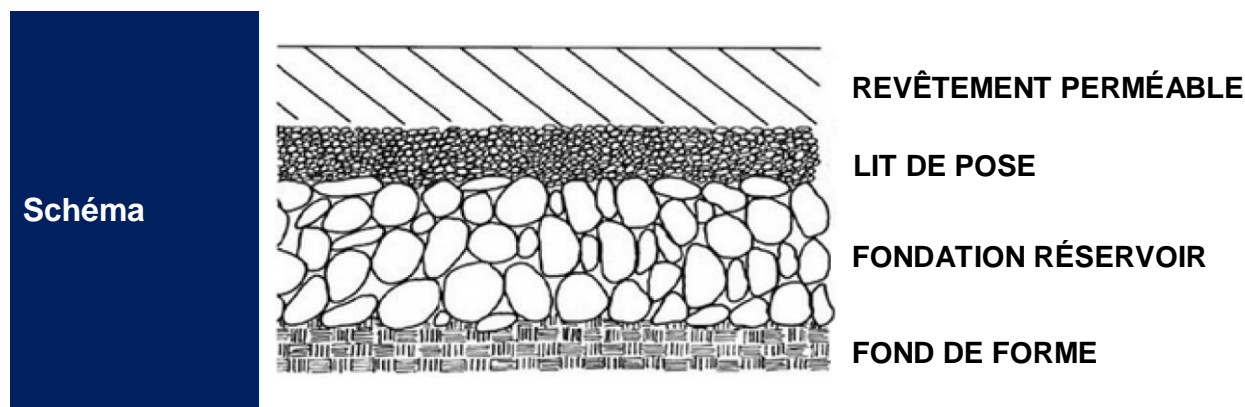


Figure 1 : Fonctionnement technique illustré par un schéma [20]

Dimensionnement

En fonction de la circulation qu'elle devra soutenir.

Composition

En fonction que des gravats de prédilection de l'entreprise de construction.

Adhérence et orniéage

Adhérence de qualité et durabilité, supérieure à celle d'un enrobé classique. Bonnes performances à l'orniéage [30].

2. RÉGLEMENTATION DE RÉFÉRENCE

Depuis 2006, les enrobés drainants doivent suivre la norme européenne NF EN 13108-7. De nombreuses normes encadrent la mise en place de ces enrobés drainants, quelques-unes sont listées ci-dessous.

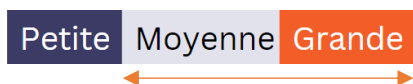
Caractéristique	Méthode d'essai
Masse volumique réelle des enrobés	NF EN 12697-5 méthode A dans l'eau
Pourcentages de vide des éprouvettes PCG	NF EN 12697-31
Pratique de contrôle pourcentage de vides	NF P 98-150 ou XP P 98-151
Perméabilité	NF EN 12697-19
Sensibilité à l'eau	NF EN 12697-12
Température de fabrication de l'enrobé (°C)	NF P 98-150 : (140°C-170°C)
Classe de bitume	NF EN 112-591 : 70/100
Essai au drainomètre	NF P 98-254-3
Compaction en tranchée	NF P 98-331

Table 1 : Réglementation de référence pour la mise en œuvre des enrobés drainants [7 ; 15]

3. MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE

3.1. ECHELLE

Les plus courantes [10] :



- Longitudinale sur une échelle importante
- Routes départementales
- Autoroutes à forte circulation
- Parkings perméables.

3.2. ETUDE PREALABLE ET CONCEPTION

3.2.1. CARACTERISTIQUES

Ouverture des enrobés

Le dimensionnement de l'ouverture des enrobés est principalement lié au problème de colmatage [18].

Le colmatage est lié aux apports naturels et anthropiques (poussières, particules pneumatiques, débris végétaux ...), la perméabilité se réduit ainsi progressivement jusqu'à disparaître [5].

Une perméabilité résiduelle faible de 0,1% (10^{-5} m/s) est suffisante pour infiltrer la plus forte intensité moyenne mesurée à Lyon (en 6 minutes) [5]. :

Plus de détails de conception sur le Guide du CEREMA [22]

Perméabilité du revêtement

Une ouverture de 20 % à 30 % à la conception et mise en œuvre doit être visée, et maintenue tout le long de la vie du revêtement afin de garantir une perméabilité suffisante [10].

Gestion des volumes d'eau

La gestion des eaux pluviales dépend de :

- La **période de retour** et la **hauteur de pluie** choisie pour l'aménagement,
- L'**impluvium du projet**, lié au bassin versant dont les ruissellements s'écoulent sur la surface perméable, ce qui permet de déterminer le volume d'eau à traiter et l'épaisseur de la couche de forme pour tamponnement,
- La **perméabilité des sols**, qui permet de dimensionner le temps de vidange (entre 1 à 5 jours selon la période de retour).

3.3. TRAVAUX

3.3.1. MATERIAUX

La résistance au roulement un peu faible des BBDr requiert une épaisseur minimale de 4 cm de la couche de revêtement (plutôt 6 cm pour la circulation de poids-lourds).

3.3.2. MOYENS HUMAINS

Requiert les moyens classiques humains et matériels des entrepreneurs lors de travaux de pose de revêtements en enrobé.

3.4. ENTRETIEN

3.4.1. MODALITES

Les principales maintenances	Description	Fréquence
Entretien préventif	Envoi d'eau puis aspiration pour empêcher les accumulations	Semestrielle
Entretien pré-curatif	Décolmatage à haute pression	Décennale

Tableau 2 : Les types d'entretien

Décolmatage

Plusieurs méthodes d'entretien existent et peuvent être utilisées en combinaison :

- Balayage de rue
- Aspirateur manuel
- Camion aspirateur
- Lavage pression
- Inspection annuelle durant un évènement pluvieux pour observer le comportement. [8; 9]

Viabilité hivernale [8 ;9]

- Consommation 30 % en plus de sel
- Impossibilité de sabler la route
- Sensibilité aux lames de déneigage
- Passage plus régulier des machines à déneiger.

3.4.2. DURÉE DE VIE

Le problème principal de l'entretien est le colmatage de revêtement poreux, qui entraîne une perte de perméabilité et, selon le contexte, peut se produire dans les quelques années après installation. La durabilité de la perméabilité est grandement améliorée par la qualité de l'implémentation et un bon entretien. Ainsi de nombreux enrobés poreux conservent leur perméabilité même après plusieurs années [3].

Toutefois, même colmaté un enrobé poreux conserve ses performances de roulement et d'adhérence [3]. La granulométrie grossière du revêtement, l'épaisseur et la granulométrie des fondations offrent une bonne durabilité aux enrobés poreux [2].

4. ASPECT ÉCONOMIQUE

Les éléments de coût sont donnés à titre indicatif. En outre, des variations locales sont possibles.

Opération	Investissement
Enrobé Classique	115€/m ² [2] *
Enrobé Poreux	105€/m ² [2]

* Avec grilles avaloir et réseau pluvial

Tableau 3 : Aspect économique du projet

5. IMPACTS

Impacts Positifs et Négatifs		Enrobés poreux
Gestion de l'eau pluviale	Infiltration	1
	Rétention	2
	Transport du surplus	1
Multifonctionnalité des sols	Cycle de l'eau naturel (stockage et infiltration)	1
	Cycle naturel du carbone (stockage, filtration, transformation)	0
	Cycle nutriments (stockage, filtration, transformation)	0
	Support de végétation	0
	Biodiversité des sols	0
Mise en œuvre	Echelle de fonctionnement	1
	Flexibilité	2
	Contraintes de dimensionnement/mise en œuvre	1
	Contraintes de fonctionnement/gestion	
Pollution de l'eau et des sols	Performances d'abattement	1
	Risque de relargage	-1
Biodiversité (diversité et quantité)	Faune	0
	Flore	0
Adaptation et atténuation climatique	Mitigation globale des îlots de chaleur urbains	1
	Bilan carbone	-1
Aménités	Confort thermique/Ombrage-fraîcheur	?
	Accès espaces verts	-1
Aspects sociaux-économiques	Attractivité	0
	Cohésion sociale	
	Entretien	1
	Traitement des eaux	
	Durabilité	2
	Coût initial de mise en œuvre	

Tableau 4 : Les impacts positifs et négatifs de l'implantation des enrobés poreux

-1 : Risques associés
0 : Pas de lien
1 : Co-bénéfices
2 : Bénéfices
? : Réponse non évidente, dépend de la solution mise en œuvre
Vide : non renseigné

ENROBÉS DRAINANT

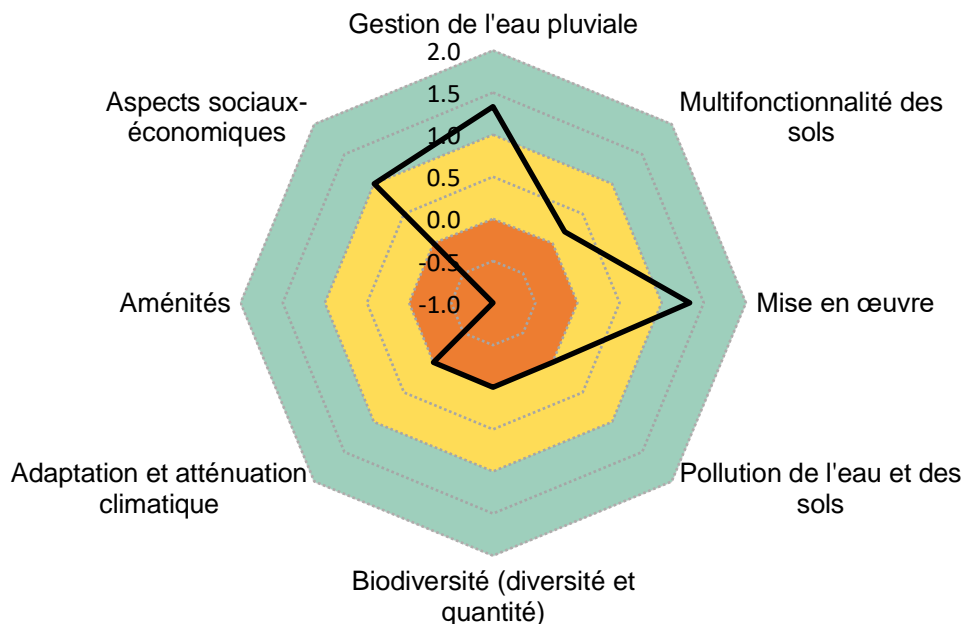


Figure 2 : Impacts positifs et négatifs des enrobés drainant

6. ANALYSE DU CYCLE DE VIE

6.1 ECOCONCEPTION

Les graviers sont des matières premières non renouvelables, mais ils peuvent être remplacés par du gravier roulé provenant d'une filière de recyclage.

6.2 BILAN : ANALYSE DE CYCLE DE VIE

L'aménagement d'une surface de 4050 m² en enrobé drainant peut être plus économe grâce à des économies d'échelle sur le traitement des eaux qu'un scénario avec un enrobé classique. Il faut cependant atteindre 20 ans pour que le bénéfice économique soit notable [29].

Matériaux	Valorisation
Revêtement	Le revêtement peut être recyclé in-situ ou en centrale [33].
Pollution	La pollution adsorbée peut être traitée [5].

Tableau 5 : Les filières de valorisation des matériaux

Bénéfices

Impact environnemental moins important pour le revêtement perméable en termes de polluants rejetés, d'écotoxicité, d'acidification des eaux et de formation de particules fines [16].

Impacts existants

L'extraction des matériaux, la fabrication et la mise en place du revêtement ont l'impact environnemental le plus important [16].

Fin de vie

L'évacuation sans recyclage et l'énergie consommée pour le traitement des eaux ont un impact important [16].

7. RECOMMANDATIONS

Il est déconseillé d'utiliser les enrobés drainant dans les zones suivantes [33]:

- Zones de girations, carrefours, giratoires (rayon <240 m, risque de cisaillement) ainsi que les zones de stationnement, les places de marchés etc... ;
- Zones de bouchons (risque de colmatage et pollution aux hydrocarbures) ;
- Les rues à faible trafic.

Il faut faire attention pour éviter les problèmes potentiels ci-dessous :

- Précautions lors de la compaction par les engins de chantier, possibilité de décompactage à prendre en compte ;
- Qualité des matériaux ;
- Résurgences d'eau ;
- Fortes pentes et grandes largeurs.

En cas de support déformé, il est recommandé d'effectuer un reprofilage pour travailler sur un support propre. Le dimensionnement de la structure de la chaussée est lié au débit hydraulique à traiter, ce qui dépend de l'impluvium de référence du projet (bassin versant et pluviométrie).

La perméabilité du sol doit aussi être prise en compte afin de déterminer le besoin de rétention et la profondeur de la structure de chaussée.

Lors de la réception des travaux du BBDr, l'ensemble des vitesses de percolation (ou perméabilité) doit être supérieures à 0,6 cm/s et la valeur moyenne supérieure à 1 cm/s. Elle est mesurée avec un drainomètre de chantier selon la norme NF EN12697-40 (précédemment NF P 98-254-3).

La circulation à haute vitesse des véhicules est le moyen le plus efficace de limiter le colmatage de ces revêtements [19]. Ainsi, les enrobés drainants pour des circulations lourdes et à vitesse importantes sont dimensionnés avec des vides moins importants pour améliorer la résistance mécanique [31].

RÉFÉRENCES

- [1] MOHAJERANI, Abbas, Jason BAKARIC et Tristan JEFFREY-BAILEY, 2017. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of Environmental Management* [en ligne]. **197**, 522–538. ISSN 0301-4797. Disponible sur : doi:10.1016/j.jenvman.2017.03.095

- [2] HÉE, Manon et Jean-Jacques HÉRIN, 2022. Voirie et gestion durable des eaux pluviales : la performance des chaussées à structure réservoir. Dans : *La chaussée à structure réservoir : principe et conception générale* [en ligne]. Disponible sur : https://www.eau-rhin-meuse.fr/sites/default/files/2022-04/on_roule_sur_leau_adopta_20222501.pdf.
- [3] KIA, Alalea, Hong S. WONG et Christopher R. CHEESEMAN, 2017. Clogging in permeable concrete : a review. *Journal of Environmental Management* [en ligne]. **193**, 221–233. ISSN 0301-4797. Disponible sur : doi:10.1016/j.jenvman.2017.02.018.
- [4] JAYAKARAN, Anand et al., 2019. Remediation of stormwater pollutants by porous asphalt pavement. *Water* [en ligne]. **11**(3), 520 [consulté le 24 juillet 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible sur : doi:10.3390/w11030520
- [5] CHOCAT, Bernard, 2016. *Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages* [en ligne]. Notes. Disponible sur : http://www.graie.org/graie/graiedoc/reseaux/pluvial/TA_FreinsAvantages/EauxPluviales-outil-techniquesalternatives-V2-nov2016.pdf.
- [6] PRATT, C., A. NEWMAN et P. BOND, 1999. Mineral oil bio-degradation within a permeable pavement : long term observations. *Water Science and Technology* [en ligne]. **39**(2). ISSN 0273-1223. Disponible sur : doi:10.1016/s0273-1223(99)00013-x
- [7] CFTR, 2008. *Utilisation des normes enrobés à chaud*. Organisé par le CEREMA. ISBN 978-2-11-094632-4. Disponible sur : https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/14579/utilisation-des-normes-enrobés-a-chaud-guide-technique?_lg=fr-FR
- [8] CETE de l'Est, 2001. Note d'information n°122 : Disposition particulière pour l'exploitation hivernale des bétons bitumineux drainant. SETRA. Disponible sur : <https://doc.cerema.fr/digitalCollection/DigitalCollectionAttachmentDownloadHandler.ashx?parentDocumentId=16271&documentId=20665&skipWatermark=true&skipCopyright=true>
- [9] COCU, Xavier, 2006. XIIth PIARC international winter road congress. Dans : *A study into the winter behaviour of a test section in two-layer porous asphalt* [en ligne]. p. 25. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/271014488_A_STUDY_INTO_THE_WINTER_BEHAVIOUR_OF_A_TEST_SECTION_IN_TWO-LAYER_POROUS ASPHALT
- [10] COMITÉ DE PILOTAGE NATIONAL, 2013. *Guide d'aide à la caractérisation des enrobés bitumineux* [en ligne]. Disponible sur : https://www.fntp.fr/sites/default/files/content/guide_ceb_novembre_2013.pdf
- [11] BOOTH, Derek B. et Jennifer LEAVITT, 1999. Field evaluation of permeable pavement systems for improved stormwater management. *Journal of the American Planning Association* [en ligne]. **65**(3), 314–325. ISSN 1939-0130. Disponible sur : doi:10.1080/01944369908976060
- [12] FARDEL, Alexandre, 2019. Fonctionnement hydraulique et propriétés épuratoires de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales – cas des noues. Thèse de doctorat de l'École centrale de Nantes. Spécialité Génie civil. Français. NNT : 2019ECDN0018f.
- [13] STEMPIHAR, Jeffrey J. et al., 2012. Porous asphalt pavement temperature effects for urban heat island analysis. *Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board* [en ligne]. **2293**(1), 123–130. ISSN 2169-4052. Disponible sur : doi:10.3141/2293-15
- [14] DRAKE, Jennifer A. P., Andrea BRADFORD et Jiri MARSALEK, 2013. Review of environmental performance of permeable pavement systems : state of the knowledge. *Water Quality Research Journal* [en ligne]. **48**(3), 203–222 ISSN 2408-9443. Disponible sur : doi:10.2166/wqrjc.2013.055.
- [15] LCPC, 2003. *Compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud - Guide technique*. LCPC. ISBN 2-7208-3108-5. Disponible sur : <https://vdocuments.site/lcpc-compactage-des-enrobés-hydrocarbonés-a-chaux.html>
- [16] ANTUNES, Lucas Niehuns, EneDir GHISI et Roni Matheus SEVERIS, 2020. Environmental assessment of a permeable pavement system used to harvest stormwater for non-potable

- water uses in a building. *Science of The Total Environment* [en ligne]. **746**, 141087. ISSN 0048-9697. Disponible sur : doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141087
- [17] LEGRET, M. et al., 1994. Pollution par les métaux lourds liée a l'infiltration des eaux de ruissellement urbaines dans une chaussée poreuse a structure réservoir. *Environmental Technology* [en ligne]. **15**(12), 1183–1191. ISSN 1479-487X. Disponible sur : doi:10.1080/09593339409385527.
- [18] SAINT-JACQUES, Michèle et Yves BROSSEAUD, 2018. Bilan des enrobés drainants en France et au Québec. *Via Bitume*. **12**(3), 41–45. Disponible sur : <https://www.etsmtl.ca/Publications/Articles/2017/ViaBitume-St-Jacques-nov2017>
- [19] SCHOLZ, Miklas et Piotr GRABOWIECKI, 2007. Review of permeable pavement systems. *Building and Environment* [en ligne]. **42**(11), 3830–3836. ISSN 0360-1323. Disponible sur : doi:10.1016/j.buildenv.2006.11.016.
- [20] SHIRKE, Nilesh et Scott SCOTT, 2008. A solution to clogging of porous pavements. *Colorado State University*. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/254102036_A_Solution_to_Clogging_of_Porous_Pavements
- [21] O2D Environnement, 2021. Guide d'aide à la conception d'un parking perméable avec les systèmes O2D. Disponible sur : <https://www.o2d-environnement.com/observatoires/guide-technique-parking-permeable-o2d/>
- [22] CEREMA, 2008, Guide technique : Utilisation des normes enrobés à chaud, .Disponible sur : <https://doc.cerema.fr/Default/digital-viewer/C-14579>
- [23] OOREKA MAISON, [sans date]. Enrobé drainant : composition et pose -. *Ooreka.fr* [en ligne].. Disponible sur : <https://amenagement-de-jardin.ooreka.fr/astuce/voir/746899/enrobe-drainant>
- [24] RYCHEN, Patrick, 2009. Applicabilité des enrobés drainants sur les ouvrages d'art. *Journée Technique LAVOC 2009*. Disponible sur <https://infoscience.epfl.ch/record/140883>
- [25] SHAFIQUE, Muhammad et Reeho KIM, 2017. Retrofitting the low impact development practices into developed urban areas including barriers and potential solution. *Open Geosciences* [en ligne]. **9**(1). ISSN 2391-5447. Disponible sur : doi:10.1515/geo-2017-0020.
- [26] COUPE, Stephen J. et al., 2003. Biodegradation and microbial diversity within permeable pavements. *European Journal of Protistology* [en ligne]. **39**(4), 495–498, ISSN 0932-4739. Disponible sur : doi:10.1078/0932-4739-00027.
- [27] TERHELL, Su-Lin et al., 2015. Cost and benefit analysis of permeable pavements in water sustainability. *ESM 121 : Water Science and Management*. 8. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227621000831>
- [28] CHARLESWORTH, Susanne, Jamie BEDDOW et Ernest NNADI, 2017. The fate of pollutants in porous asphalt pavements, laboratory experiments to investigate their potential to impact environmental health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en ligne]. **14**(6), 666]. ISSN 1660-4601. Disponible sur : doi:10.3390/ijerph14060666.
- [29] REHAN, Talal, Yan QI et Anne WERNER, 2018. Life-Cycle cost analysis for traditional and permeable pavements. Disponible sur : <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784481301.042>
- [30] ISENRING, Thomas, Harold KOSTER et Ivan SCAZZIGA, 1990. Experiences with porous asphalt in Switzerland. *Transportation Research Record*. (1265), 41–53. ISSN 0361-1981.
- [31] TIGNOL, Olivier, 2008. Fiche technique : Les enrobés drainants. Récupéré sur https://www.dir.sud-ouest.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/enrobes_drainants_cle2fa716.pdf
- [32] KURUPPU, Upeka, Ataur RAHMAN et M. Azizur RAHMAN, 2019. Permeable pavement as a stormwater best management practice : a review and discussion. *Environmental Earth Sciences* [en ligne]. **78**(10). ISSN 1866-6299. Disponible sur : doi:10.1007/s12665-019-8312-2.
- [33] BROSSEAUD, Yves, ST-JACQUES, Michèle, 2016. Bilan, évolution et domaine d'utilisation des enrobés drainants. 22ème Congrès Indra 2016. Montréal. Disponible sur :

https://ceriu.qc.ca/index.php/system/files/a3.2_brosseaud_et_st-jacques_enrobes_drainants_18111_yb.pdf