



Centre de recherches routières
Votre partenaire pour des routes durables

114

Bulletin CRR

Agenda

Dispositifs d'infiltration souterrains
Sessions d'information CRR
29 et 31 mai 2018 – Wavre

3

Premières et fructueuses mises en application
de la méthodologie MF 89/15 du CRR
décrivant l'évaluation d'un réseau de voiries
sur base d'inspections visuelles

4

Le CRR soutient la 13^e édition du Prix belge
de l'énergie et de l'environnement

8

Valoriser les terres excavées des chantiers
de construction en Wallonie – Exigences
environnementales et évolutions attendues

9

Le projet «Marché CPX DGO1-SPW» est dans
les starting blocks

11

Le CRR contribue aux développements
numériques de demain – Résultats du projet
Tetra Road_IT

13

Efficacité dépolluante des eaux de percolation
dans les structures routières drainantes –
Projets de recherche DPOD et DPODRAIN

16

Le CRR étudie les empiètements de
sous-fondation

21



Bulletin CRR

114



www.linkedin.com/company/brrc



www.youtube.com/c/BrrcBe

Centre de recherches routières
Votre partenaire pour des routes durables

L'ULB rend hommage à Claude Van Rooten



A gauche: Claude Van Rooten; au milieu: le Prof. Didier Viviers, archéologue et ancien recteur de l'ULB, nouveau Secrétaire Perpétuel de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique (depuis le 1^{er} janvier 2018); à droite: Henri Detandt, Prof. à l'ULB (BATir), ancien directeur des projets à TUC RAIL, filiale d'Infrabel

Dans un article paru dans sa publication ELOGES Professeurs honoraires Année académique 2016-2017, l'ULB a rendu un bel hommage à Claude Van Rooten, directeur général du Centre de recherches routières (CRR), mais aussi maître de conférences à l'ULB depuis 2008. Dans cet article, nous nous sommes inspirés de l'éloge rendu par Bertrand François, collègue de Claude Van Rooten.

Sorti avec brio en 1976 de l'ULB, son diplôme d'ingénieur civil en poche, Claude Van Rooten préconisait déjà à l'époque d'utiliser des méthodes semi-probabilistes. Il commence sa carrière comme ingénieur de projet au sein du groupe CFE, puis il devient directeur de Dywidag Systems pour la Belgique et le grand-duché de Luxembourg pendant dix ans.

Il a appris à manier la langue de Vondel comme sa propre langue, atout qui lui servira pendant toute sa carrière.

En 2000, Claude Van Rooten devient directeur général du CRR. En 2014, sa carrière prend un nouveau tournant quand il se voit confier la présidence de l'Association belge de la Route (ABR). Pour couronner le tout, il est nommé en 2016 président de l'Association mondiale de la Route (AIPCR) pour les années 2017-2020.

Très rapidement, par le biais de ses activités de directeur général du CRR, Claude Van Rooten est revenu vers l'ULB. Il y est nommé maître de conférences en 2008.

Malgré les nombreuses casquettes, qu'il a su gérer avec l'aisance que nous lui connaissons, Claude Van Rooten a tenu à conserver ses activités d'enseignement car il y voyait un moyen de transmettre ses connaissances et de valoriser son savoir.

Le moment est venu pour lui prendre un peu de distance vis-à-vis de ses activités professorales. L'ULB lui souhaite bonne continuation et «bonne route».

Agenda

Venez voir notre stand!

22 mai 2018

Session de formation et d'information *Dispositifs routiers de retenue: quelles nouveautés?*
Namur
www.crr.be/fr/restraintsystems

29 mai 2018

Session d'information *Dispositifs d'infiltration souterrains* (pour les entrepreneurs et les chefs de chantier)
Wavre
www.crr.be/fr/dispositifsInfiltration_entrepreneur

31 mai 2018

Session d'information *Dispositifs d'infiltration souterrains* (pour les maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études)
Wavre
www.crr.be/fr/dispositifsInfiltration

18 octobre 2018

Concrete Day
Anderlecht
www.gbb-bbg.be

24-25 octobre 2018

Digital construction Brussels
Bruxelles
<http://digitalconstructionbrussels.be>

Reportez-vous également à la rubrique AGENDA de notre site web www.crr.be



Dispositifs d'infiltration souterrains – Sessions d'information CRR les 29 et 31 mai 2018 – Wavre

Dans les années à venir, notre environnement sera de plus en plus touché par les changements climatiques. Une vision à long terme de la gestion des eaux de pluie est urgemment souhaitée. L'évolution du climat ne conduira pas seulement à des problèmes d'inondation, mais aussi à des pénuries d'eau. Contrairement aux inondations, la diminution des nappes phréatiques ne peut pas se voir à l'œil nu, et est donc moins frappante.

Le CRR a construit un dispositif d'essai dans son siège de Wavre. Plusieurs

concepts de perméabilité, le niveau de la nappe phréatique ou encore les remblais autour des dispositifs y seront analysés. Ceci a été fait en collaboration avec l'asbl EMSO (l'Egouttage en Matières Synthétiques Optimisé) et en concertation avec Bram Vogels (VMM, la Société flamande de l'environnement), l'auteur d'une étude qui a démontré que l'infiltration des eaux de pluie pouvait être une (partie de) solution pour lutter contre les inondations et remplir les nappes phréatiques pour les générations à venir. En effet, notre rôle en tant que centre de recherche est de

veiller à mettre à disposition les connaissances théoriques en matière de dispositifs d'infiltration, mais aussi de confronter les solutions proposées à la pratique.

Afin d'informer les acteurs concernés par la gestion des eaux pluviales, le CRR a décidé de consacrer deux sessions d'information aux dispositifs d'infiltration souterrains: l'une s'adresse aux entrepreneurs et aux chefs de chantier et l'autre aux maîtres d'ouvrage et aux bureaux d'études.



Programme

- 10h00: accueil avec café.
- 10h30: présentations relatives aux travaux préparatoires et à la pose des dispositifs d'infiltration souterrains (29 mai) et aux mesures préparatoires lors de la conception, l'implantation et la pose des dispositifs d'infiltration souterrains (31 mai).
Recommandations pratiques et points d'attention.
- 12h30: lunch.
- 13h15: visite du site expérimental d'infiltration constitué de différents systèmes d'infiltration souterrains.
- 14h00: méthodes de contrôle dans le hall d'essai.
- 14h30: questions-réponses et clôture.

Informations pratiques

- Dates:** 29 mai (pour les entrepreneurs et les chefs de chantier) et 31 mai 2018 (pour les bureaux d'études et les maîtres d'ouvrage).
- Lieu:** Centre de recherches routières, avenue Lavoisier 14 – 1300 Wavre.
- Itinéraire:** www.crr.be/fr/accessibilite
- Langue:** français.
- Participation aux frais:** 30 € (hors TVA).
Ce prix comprend la logistique, le catering et la documentation.

Inscriptions

Au moyen du formulaire électronique sur notre site web: www.crr.be/fr/dispositifsInfiltration_entrepreneur et www.crr.be/fr/dispositifsInfiltration
Pour des raisons pratiques, le nombre de participants est limité à quinze. Ne tardez donc pas à vous inscrire! En cas de succès important, des sessions supplémentaires pourront être organisées.

Renseignements

Isabelle Liban
i.liban@brrc.be
010 23 65 16

Premières et fructueuses mises en application de la méthodologie MF 89/15 du CRR décrivant l'évaluation d'un réseau de voiries sur base d'inspections visuelles

Introduction

En septembre 2015, inspiré par son expérience de longue date en la matière, le CRR a publié la méthodologie (MF 89/15) décrivant la manière d'évaluer globalement un réseau de voiries communales ou assimilables [1] en s'appuyant sur une inspection visuelle de celui-ci. Depuis et jusqu'à ce jour, le CRR organise chaque année deux sessions de formations, l'une en néerlandais et l'autre en français, destinées à initier les acteurs de terrain à la bonne mise en application de cette approche.

Aujourd'hui, nous voyons émerger dans le paysage belge les premiers et fructueux résultats de ce travail de sensibilisation et de formation. Nous vous proposons ci-après d'approfondir et d'illustrer, au travers de deux interviews, la mise en application de cette méthodologie.

Nous entendons ainsi, d'une part, Carl Deroanne représentant de la société DrivenBy et acteur commercial en Wallonie. DrivenBy a en effet fait développer un outil permettant la mise en application de cette approche méthodologique. Suite

à cela, cette même société a depuis (2017) évalué trois réseaux routiers locaux en Wallonie.

D'autre part, en Flandre, plusieurs communes ou villes se sont également lancées dans une évaluation globale et une gestion *cadrée* de leur réseau de voiries. Parmi elles, nous avons rencontré des représentants de la commune de Dilbeek. Quel parcours cette commune a-t-elle suivi, où en est-elle à ce jour? Nous découvrirons tout cela dans notre seconde interview.

Signalons que la Région de Bruxelles-Capitale n'est pas en reste. Ainsi, la commune de Saint-Josse-ten-Noode, après avoir suivi nos formations, souhaite également appliquer cette méthodologie. Des premiers exercices d'inspections ont ainsi déjà été réalisés.

En 2018, le CRR publiera une révision de la méthodologie qui intègre l'une ou l'autre clarification, compléments d'informations de même que certaines améliorations. Ces évolutions trouvent leurs sources dans certaines observations et suggestions formulées au fil du temps par différents acteurs de terrain tant in-

ternes qu'externes au CRR et sur base de leurs expériences respectives.

Au-delà de l'évaluation actualisée d'un réseau de voiries donné s'ensuit la gestion sur le plus long terme de ce dernier. Il existe à cette fin de nombreux logiciels d'aide à la décision connus sous le vocable de *Pavement Management System* (PMS). Plus spécifiquement sur cette thématique, le CRR publiera également en 2018 une méthode de mesure MF 94[2] qui fera le «focus» sur l'un de ces systèmes d'aide à la décision. Cet outil développé par le CRR s'appuie, entre autres, sur des lois d'évolution, permet d'évaluer l'impact de différentes stratégies budgétaires sur l'évolution future de l'état du réseau et utilise notamment comme données d'entrée les résultats issus d'une inspection visuelle.

Le CRR va également créer en 2018 un forum de discussions et d'échanges d'informations en ligne qui sera abrité sur notre extranet. Ce forum abordera différents aspects relatifs à la gestion d'un réseau de voiries et s'adressera tant aux gestionnaires qu'aux différents acteurs de terrain.

A vous la parole!



Carl DEROANNE ””
DrivenBy

Depuis quand votre société existe-t-elle?

” Créée en 2011, notre société s'appuie sur une trentaine d'années d'expérience des deux fondateurs spécialisés en géomatique.

Quel est le scope de vos activités?

” Nous avons pour objectif d'offrir au secteur professionnel tant privé que

public la possibilité d'accéder à des techniques de pointe permettant de collecter, traiter et diffuser des informations géographiques telles que le guidage de haute précision d'engins agricoles ou autres engins de génie civil. Citons à titre d'exemple les opérations de «dragage». Nous sommes également actifs dans le domaine du *mobile mapping* permettant l'inventorisation et la localisation de diffé-

rentes familles d'événements sur différents types de réseaux (routiers, ferroviaires et voies navigables). Par ailleurs, nous proposons également un volet de consultance dans le domaine des systèmes d'informations géographiques (SIG) concernant la collecte de données GPS et la collecte de données par voies aériennes.

Vos activités s'inscrivent-elles plus au niveau «projet» ou au niveau «réseau»?

” Nous nous intéressons au territoire dans sa globalité et à ce titre notre approche est plutôt «réseau».

Comment en êtes-vous arrivés à vous inscrire dans ce domaine d'activités?

” Le point de départ est l'utilisation d'un outil de *mobile mapping* équipé de différents types de capteurs de positionnement et destiné à enrichir et mettre à jour des supports cartographiques. Nous avons par la suite progressivement reçu des demandes afin d'appliquer cette approche à l'auscultation des chaussées.

Quelle est la branche de vos activités que vous souhaiteriez idéalement et plus particulièrement développer?

” L'accompagnement des gestionnaires et utilisateurs finaux en leur proposant des méthodologies, des conseils et des approches visant à optimiser leur manière de travailler.

Souhaitez-vous rester centrés sur la Wallonie?

” Certainement pas! A ce jour déjà, nous construisons des partenariats en dehors de la Wallonie, en dehors de la Belgique et même en dehors de l'Europe.

Pouvez-vous mettre dans l'ordre d'importance les quatre caractéristiques suivantes pour autant qu'elles soient attachées à votre société DrivenBy: Consultance - Développement - Prestation - Formation?

” Notre objectif principal est la «prestation» mais ceci en accompagnant nos clients et donc je mettrais la «formation» ensuite. Nous touchons ici de près à la «consultance», que je placerais en troisième lieu. Le «développement» est très important dans notre secteur d'activité, mais je le place en quatrième position car, en la matière, nous nous appuyons plus à ce jour sur du partenariat.

Pensez-vous à un autre aspect qui caractérise votre société?

” Nous sommes une petite équipe, flexible et appréciant beaucoup le partenariat dans différents domaines tels que la fourniture d'équipement ou le développement de méthodes. C'est précisément ce dernier point qui nous a rapprochés du CRR.

Quelles sont les ressources techniques et logicielles sur lesquelles vous vous appuyez afin d'évaluer l'état de situation d'un réseau de voiries?



” Pour la partie hardware et software, nous nous appuyons sur la solution de *mobile mapping* «Imajing» développée en France. Plus spécifiquement pour le volet auscultation des chaussées, nous nous sommes rapprochés de la société canadienne *Rival Solution* active dans le domaine d'auscultation des chaussées et avons customisé un de leurs produits pour s'adapter aux caractéristiques et spécificités des voiries belges.

En matière d'inspection visuelle, vous appuyez-vous également sur d'autres méthodologies publiées en dehors de celle proposée par le CRR?

” Tout en gardant un œil sur les autres méthodes appliquées localement ou à l'étranger, leurs avantages et retours d'expériences, la méthodologie du CRR représente la base de notre collaboration.

Que pensez-vous de la méthodologie du CRR et des formations qui lui sont attachées?

” Cette notion de «méthodologie» est très importante et c'est précisément ce que nous sommes venus chercher au CRR afin de pouvoir proposer à nos clients une solution qui présente une rigueur et une base permettant de garantir de l'objectivité au terme de l'analyse. Je pense que cet aspect est apprécié par nos clients. Ce qui nous intéresse beaucoup dans cette méthode, c'est la continuité dans son évolution et sa mise au point. Quant à vos formations suite à mes contacts avec les gestionnaires qui les ont suivies, je peux vous dire qu'elles sont fortement appréciées! Ce qui malheureusement reste un peu difficile pour l'instant c'est de leur faire franchir le pas entre ces formations et sa mise en œuvre!

Existe-t-il selon vous un intérêt particulier à s'appuyer sur une méthodologie cadrée afin d'évaluer l'état de situation d'un réseau de voirie communale?

” Certainement, le point de départ étant cette nécessité de pouvoir objectiver les prises de décisions qui reviennent aux gestionnaires. Les moyens dévolus à la gestion des voiries sont limités, il est donc important que ces décisions s'appuient sur quelque chose de «rigide» qui puisse se répéter dans l'avenir et qui offre une indépendance quant aux outils utilisés pour sa mise en application.

Avez-vous déjà presté pour un client et, à la demande de ce dernier, en vous appuyant sur la méthodologie du CRR?

” Oui. En 2017, nous avons eu l'occasion à deux reprises de mettre en application la méthodologie du CRR. Une première fois au bénéfice de l'intercommunale IGRETEC qui souhaitait évaluer l'état de situation de différents parcs d'activités dont elle a la gestion, mais également dans le cadre d'un projet avec le service technique de Namur dans la recherche d'une méthode pour leurs propres clients.

Contrairement aux Pays-Bas où elle est généralisée, la culture de l'évaluation d'un réseau de voiries sur base d'une inspection visuelle en est chez nous, bien souvent, à ses débuts. Comment expliqueriez-vous cela?

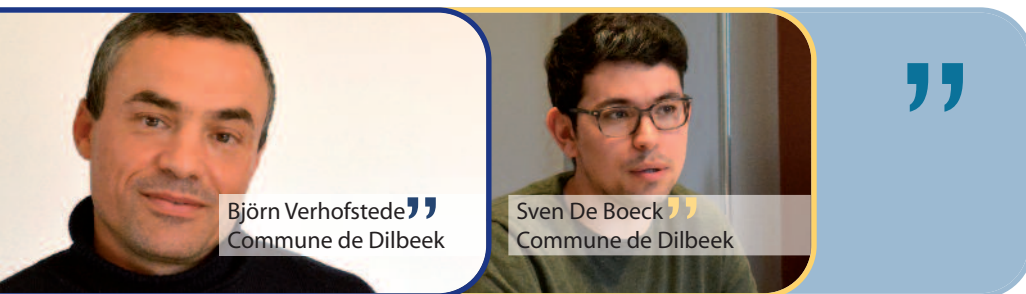
” Ce n'est pas facile à expliquer mais en effet nous faisons la même observation que vous. Je pense qu'il y a aux Pays-Bas depuis de bien nombreuses années une culture globale qui consiste à baser leurs choix en matière de gestion, et pas seulement concernant les voiries, sur de l'analyse et de l'acquisition d'informations sur le terrain. Ils procèdent par exemple

régulièrement à des relevés altimétriques de leur territoire par rapport au niveau de la mer. Je pense que cette notion de relevé est réellement «culturelle» chez eux, mais j'ai vraiment bon espoir que cette culture se généralise également chez nous dans les prochaines années.

Cette culture émergente d'évaluation cadrée des réseaux de voiries rencontre-t-elle selon vous des obstacles?

” Je pense que de nombreux gestionnaires sont intéressés par la mise en œuvre de la méthodologie mais font essentiellement face à des difficultés de moyens financiers. L'idée serait de

revoir les incitants ou subsides octroyés aux communes afin de faciliter la mise en application de ce genre de méthode, et ce que le travail soit réalisé par eux ou sous-traité. On pourrait ainsi imaginer des subsides octroyés aux communes qui mettent en application un réel système de gestion globale de leur réseau.



Björn Verhofstede”
Commune de Dilbeek

Sven De Boeck”
Commune de Dilbeek

Depuis combien de temps travaillez-vous pour la commune?

” Je travaille ici depuis presque cinq ans maintenant.

” J'ai commencé ici en septembre 2016, donc un peu moins de deux ans.

Quel est votre bagage, votre formation?

” Architecte de formation, je suis également urbaniste. Ma carrière a commencé avec le lancement d'un bureau d'architectes avec un collègue. Après ma formation de planificateur spatial, j'ai participé pendant quatre ans à une étude IWT multidisciplinaire. Il s'agissait d'une étude sur l'adaptation des structures de l'activité humaine au changement climatique à l'Université Gent. En tant qu'indépendant complémentaire, j'ai également fait de la recherche sur les paysages énergétiques pour un architecte flamand dans le cadre de *Labo Ruimte*. Parallèlement, j'ai commencé à la commune de Dilbeek en tant que chef de service aux affaires territoriales. Depuis que la commune est passée d'une structure verticale hiérarchique vers une structure horizontale sociotechnique, je suis maintenant expert espace public.

” J'ai un diplôme d'architecte paysagiste. Avant d'arriver à la commune de Dilbeek, j'ai travaillé à la Ville de Bruxelles, dans le domaine des autorisations urbanistiques, de l'espace public et des permis de bâtir. A la

commune de Dilbeek, je suis devenu expert espace public et j'ai continué à me familiariser avec la construction routière.

De combien de personnes se compose votre équipe de gestion du patrimoine routier?

” Avant que Sven n'arrive, nous étions deux, plus une équipe de travail pour les petits chantiers en régie. Suite à la transition de la commune vers une structure horizontale, nous travaillons maintenant avec une équipe d'une dizaine de personnes, qui assument différents rôles. Bien que nous soyons encore en train de trouver nos marques dans cette nouvelle approche, chaque membre de l'équipe a maintenant une vision d'ensemble de l'espace public. Alors qu'avant, chacun restait davantage confiné dans son propre sujet, nous sommes en train de nous développer en tant qu'équipe d'experts à part entière et nous travaillons plus par projet. Cela veut dire que l'on suit un projet du début à la fin, contrairement à avant, où un projet passait de service en service dès qu'il changeait de phase.

Quels sont les profils présents?

” Deux chefs de chantier et six experts espace public, de compétences différentes: mobilité, espaces verts, paysages, planification spatiale et ingénierie architecturale. Nous avons aussi trois collaborateurs administratifs importants, ainsi que trois coachs

d'équipe, qui dirigent chacun une équipe intégrée de dix à quinze ouvriers.

Quelles sont vos tâches concrètes en ce qui concerne la construction routière?

” Il s'agit en fait d'aménager et de gérer tous les espaces publics, donc tout ce qui n'est pas privé. Pour ce qui est des voiries, il y a une distinction entre la superstructure, d'une part, et l'infrastructure (égouts), d'autre part.

A côté de l'approche par projet, nous avons aussi des programmes d'entretien. Nous sommes en train d'élargir les programmes existants avec davantage de techniques différenciées comme par exemple les MBCF. Suite à la formation que nous avons suivie au CRR, nous avons commencé à penser davantage en termes d'entretien préventif et nous avons commencé à comprendre que l'entretien préventif nous permettait d'en faire plus avec le budget disponible.

Etiez-vous déjà familiarisé avec le concept de gestion des réseaux routiers, ou depuis quand en avez-vous entendu parler?

” C'est par le Bulletin et/ou le mailing du CRR que nous avons entendu parler de gestion des réseaux routiers. Nous nous sommes alors dit: «Il faut que nous participions à ces formations, et que nous développions nos connaissances sur le sujet». Ce n'est qu'ensuite que nous avons posé un regard différent sur la gestion de notre réseau.

Qu'avez-vous pensé de la formation? Avez-vous des remarques/des suggestions?

» En fait, j'étais déjà à la recherche d'une méthodologie objective. Pour convaincre les décideurs politiques, il faut disposer de données concrètes. Pourquoi reconstruire telle route plutôt qu'une autre? Nous avons déjà fait une première tentative, de façon très rudimentaire, pour mieux orienter la planification pluriannuelle. Avant d'arriver ici, il régnait une autre culture. Mon prédécesseur était déjà parti quand je suis arrivé et il n'y a donc pas vraiment pu y avoir de transfert de connaissances. J'avais pourtant «soif» de connaissances, car je voulais pouvoir m'atteler correctement à la tâche. Nous étions par exemple interloqués par le fait que dans les cahiers des charges, les bureaux d'études prescrivent presque toujours une couche de liaison de 6 cm et une couche de roulement de 4 cm. Qu'il s'agisse d'une route où passent des milliers de véhicules ou d'une route fréquentée par quelques centaines de véhicules à peine, c'était toujours la même structure. Ça ne semblait pas logique. Nous devons donc trouver autre chose.

» La formation m'a ouvert les yeux. Une véritable révélation. On y a notamment parlé de «bouwklasse» – un concept que je ne connaissais pas vraiment étant donné que je n'étais pas un familier de la construction routière. Depuis, nous voyons la route autrement.

Avez-vous étudié d'autres méthodes de mesure (d'autres pays)?

» Non, pas vraiment. Nous retombions très vite sur le Bulletin du CRR. J'ai assisté quelques fois à des présentations, à Sterrebeek je pense. C'est là que j'ai découvert que vous organisiez des formations.

» Je sais qu'aux Pays-Bas, ils établissent des plans sur base de relevés de mesures réalisés à partir de drones. Je me suis un peu renseigné mais n'ai pas approfondi la question depuis.

Quelles sont vos ambitions?

» D'ici la prochaine législature, nous voulons disposer de résultats objec-

tifs. Les scénarios sont très importants pour nous. C'est pour cela que nous avons choisi la méthode de mesure du CRR, pour nous plonger dans la «manière de faire belge». Cela veut dire que nous pouvons poser des questions directement au CRR, que les entrepreneurs d'ici connaissent la méthode, etc.

En avez-vous parlé à des collègues dans d'autres communes/villes, pour partager vos expériences?

» Avant, je voyais parfois des collègues d'autres communes lors d'événements, organisés par Eandis, par exemple. A ce moment-là, on abordait parfois le sujet, mais il n'y a jamais eu de concertation structurée. Votre formation laissait de la marge pour des échanges d'expériences avec des collègues. J'ai été très surpris de constater que plusieurs personnes présentes étaient confrontées aux mêmes problèmes, et donc aux mêmes défis. Votre formation semble donc être plus que bienvenue, certainement pour les petites et moyennes communes qui n'ont pas toujours assez de personnel pour développer ces connaissances.

Nous avons encore des personnes expérimentées, mais imaginez que demain, elles partent à la retraite. Que se passera-t-il alors? Eh bien, toute l'expérience qu'elles ont constitué au fil des ans sera perdue, d'autant plus que nous n'avons toujours pas de système pour tenir à jour objectivement les données.

Etait-ce un défi de convaincre les décideurs politiques de faire de la gestion du réseau routier?

» Cela s'est bien passé, notre échevin a été directement convaincu du bien-fondé de la démarche. C'est formidable quand on peut travailler avec quelqu'un comme ça.

» Au terme de la formation, nous avons beaucoup communiqué avec nos collègues. Ce fut long, mais ils ont aussi été directement convaincus de l'utilité de cette approche! C'est surtout l'objectivité de la méthode qui les a séduits.

Avez-vous rencontré des difficultés pour les convaincre de sous-traiter le projet?

» Là aussi, cela c'est bien passé. Un montant est prévu dans le budget.

Quel est le planning pour l'inventorisation/les inspections/les scénarios?

» Nous nous sommes, il y a peu, concertés sur le planning pour l'inspection de notre réseau routier. On parle ici de 386,5 km de routes. L'idée était d'établir la planification pluriannuelle sur base des données provenant de l'inventorisation des routes.

Nous commencerons l'inventorisation au printemps suivant, dès que la météo le permettra, par les inspections visuelles à proprement parler. Ensuite, nous pourrions élaborer les différents scénarios.

En fait, nous progressons pas par pas. De façon très pragmatique, nous commençons à la base: les routes. Si sur base des scénarios proposés, nous pouvons identifier les projets que nous souhaitons réaliser, nous pouvons alors établir une liste restreinte de sections qui feront également l'objet d'une inspection au niveau des égouts. Puis, lors d'une itération suivante, notre but consistera à analyser les pistes cyclables et les trottoirs. Au fil des itérations, nous élaborerons la manière de travailler la plus adéquate pour Dilbeek.

Nous voulons donc travailler de façon proactive plutôt que réactive.

» Nous sommes aussi en pourparlers avec nos sociétés d'utilité publique pour y développer aussi une approche plus intégrée. Voyez Eandis, de Watergroep, Infrac, etc.: ces différentes sociétés se renouvellent actuellement et souhaitons en profiter pour «accorder nos violons» à différents points de vue.

Que pensez-vous de notre proposition d'extranet?

» C'est une bonne idée, je pense.

En fait, c'est même vraiment indispensable. Plus il y aura de gens qui l'utiliseront, plus ils y feront référence auprès de leurs collègues externes qui

à leur tour en parleront au sein de leur propre organisation.

” Si tout le monde participe activement, cela sera une réussite.

Qu'attendez-vous de la part du CRR à ce niveau (contrôles qualité, formations supplémentaires, etc.)?

” Grâce à la formation, nous savons maintenant qu'il y a un *backoffice* sur lequel nous pouvons retomber en cas de doute. Nous avons plus d'assurance quand nous discutons avec d'autres intervenants tels que des bureaux d'études ou des mandataires.

” Vous disposez de beaucoup de connaissances et nous savons maintenant que vous pouvez nous conseiller. C'est rassurant. Nous avons fait la



connaissance de Bart Beumesnil et nous lui avons déjà demandé conseil par rapport à un concept de revêtement reçu d'un bureau d'études. Il nous a bien aidés.

Ce serait peut-être une bonne chose d'avoir un label de qualité pour les bureaux d'études à l'avenir. Parfois,

c'est comme si les cahiers des charges existants étaient recopiés tels quels, ce qui peut donner lieu à des erreurs.

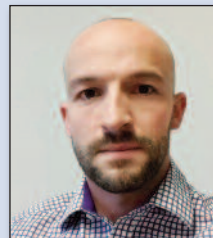
Depuis notre participation à votre formation, nous avons changé notre manière de voir les choses! C'est formidable!

Bibliographie

[1] **Centre de recherches routières (2015)**
Inspection visuelle pour la gestion du réseau routier.
Bruxelles: CRR. (Méthode de mesure, MF 89), 100 p. + annexe. Disponible en ligne www.brcc.be/fr/article/mf8915, dernière consultation le 22/02/2018.

[2] **Centre de recherches routières (2018)**
Pavement Management Systems (PMS)
Bruxelles: CRR. (Méthode de mesure, MF 94), 96 p. Disponible en ligne www.brcc.be/fr/article/mf9417, dernière consultation le 15/03/2018.

Vous êtes intéressé par nos formations?
N'hésitez pas à nous contacter!



Tim Massart
010 23 65 43
t.massart@brcc.be



Alain Van Buylaere
010 23 65 42
a.vanbuylaere@brcc.be

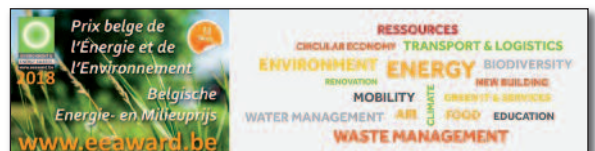
Le CRR soutient la 13^e édition du Prix belge de l'énergie et de l'environnement

Ce Prix met à l'honneur tous les Belges qui, à titre individuel ou via leur organisme, contribuent au travers de leur projet ou réalisation, à la construction d'un avenir durable à l'échelle locale, régionale et nationale. Le concours est ouvert à toutes les catégories d'acteurs actifs et innovateurs en matière de développement durable: citoyens, entreprises, écoles et universités, villes et communes, associations, etc.

Vous avez développé un projet dans le domaine du développement durable et

vous souhaitez le faire connaître? Alors, participez à la 13^e édition du Prix belge de l'énergie et de l'environnement en vous inscrivant sans tarder dans l'une des neuf catégories, parmi lesquelles *Sustainable Mobility Award*, *Sustainable Building Award*, *Sustainable Water Management Award* ou encore *Sustainable Transport & Logistics Award*.

Vous remportez peut-être l'un des trophées lors de la prestigieuse cérémonie



organisée le 7 juin 2018 au BEL (site de Tour & Taxis – Bruxelles).

Date limite de remise des dossiers: le 22 avril 2018.

Toutes les informations sur www.eeward.be

Valoriser les terres excavées des chantiers de construction en Wallonie – Exigences environnementales et évolutions attendues



L'économie circulaire fait de plus en plus parler d'elle. En Europe, la gestion et la valorisation des terres excavées issues des travaux de génie civil tentent de suivre les principes d'économie circulaire, mais avec quelques difficultés et selon des règles propres à chaque pays, voire à chaque région. C'est ce qui ressort d'une étude européenne réalisée en 2017 sur base du bilan du *benchmark* réglementaire et des pratiques dans sept pays européens [1]. Pour atteindre cet objectif, des évolutions doivent être réalisées.

En Wallonie, depuis 2001, l'arrêté du 14 juin 2001 [2] fixe les exigences environnementales pour valoriser les terres excavées des chantiers de construction.

Après plus de quinze ans d'expérience et plus de 1 350 analyses réalisées sur des terres provenant de chantiers répartis sur toute la Wallonie, les conclusions sont édifiantes. Près de 70 % des terres ne sont pas conformes aux exigences pour des terres non contaminées (TNC) et ne pourraient donc être valorisées sans traitement préalable dans une zone non industrielle.

A titre de comparaison, en utilisant les seuils de la législation en Flandre [3], seulement 40 % de terres excavées seraient considérées comme des terres contaminées. La comparaison avec d'autres pays européens n'est pas aisée. En France et en Allemagne, des valeurs seuils sont basées sur des essais de lixiviation. Aux Pays-Bas, ce sont les principes de *standstill* et de *fit for use* sur lesquels le *soil quality decree* [4] se base. Selon le principe de *standstill*, le sol utilisé doit être de qualité égale ou supérieure à celle du sol de

réception. Selon le principe de *fit for use*, la qualité du sol sur site doit correspondre à son actuelle et/ou sa future utilisation. Des valeurs seuils sur base de mesures de lixiviation sont toutefois fixées pour les paramètres inorganiques et des valeurs seuils totales bien plus élevées que celles fixées en Flandre sont reprises pour les paramètres organiques.

En Wallonie, dix paramètres sur les trente-et-un à mesurer sont souvent à la base de cette exclusion. Pour les métaux sont concernés le plomb, le cuivre, le nickel et le zinc; pour les hydrocarbures, le phénanthrène, benzo[a]pyrène, le chrysène, le fluoranthène, le benzo[b]fluoranthène et l'indéno[1,2,3-cd]pyrène. Les valeurs limites de ces paramètres imposées en

Wallonie, en Flandre et aux Pays-Bas (pour les matières organiques) sont reprises dans le tableau 1.

L'étude Valseco a été commandée par le CRR et le CSTC afin d'évaluer si les seuils imposés à ces dix paramètres ne pouvaient pas être revus tout en veillant à maîtriser les risques environnementaux et ceux liés à la santé de la population.

Comment les exigences ont-elles été fixées en 2001?

Tous les seuils n'ont pas la même origine:

- dans le cas du plomb, les données de la littérature en matière d'écotoxicité des polluants pour les espèces biologiques du sol, dans l'état des connaissances qui prévalait avant 2001 ont été utilisées;
- dans le cas du cuivre et du nickel, la concentration de fond en polluant supposée pour les sols de la Région de Bruxelles-Capitale multipliée par deux a été considérée;
- dans le cas du zinc et du chrysène, la prévention du risque de lessivage a été utilisée;

	Unité	Arrêté du 14 juin 2001 TNC	VLAREBO 2008	Pays-Bas <i>Soil quality decree</i> 2008
Cuivre	mg/kg ms	50	72	
Nickel		40	56	
Plomb		70	120	
Zinc		150	200	
Phénanthrène		0,2	30	20
Benzo[a]pyrène		0,2	0,3	10
Chrysène		1,0	5,1	10
Fluoranthène		1,2	10,1	35
Benzo[b]fluoranthène		0,5	1,1	
Indéno[1,2,3-cd]pyrène		0,2	0,55	40

Tableau 1 – Valeurs seuils limites des terres non contaminées en Wallonie, en Flandre et aux Pays-Bas pour les dix paramètres souvent dépassées en Wallonie

- dans le cas des cinq autres polluants, les valeurs des *bodemsaneringsnormen* du règlement flamand relatif à l'assainissement du sol VLAREBO de 1995 ont été reprises, mais en les divisant par un facteur 2.

A la lumière de cet historique, on comprend qu'il est temps de revoir ces exigences.

Quelles bases peuvent être utilisées pour revoir ces seuils?

- Les données de la littérature disponibles à propos de l'**écotoxicité des polluants** doivent être exploitées. Plus spécifiquement, il s'agit des relations expérimentales qui ont pu être établies entre la concentration d'un polluant et les effets biologiques mesurables (par exemple, la croissance de végétaux, la reproduction d'invertébrés, la respiration du sol, le potentiel de nitrification,

etc.) sur certains organismes du sol. De ces relations expérimentales, on déduit des indices de type «NOEC» – la plus grande des concentrations expérimentales pour laquelle aucun effet mesurable pour l'espèce et l'effet étudiés n'a encore été mesuré – qui sont dans le concret les données qui ont été inventoriées puis exploitées. On peut prendre maintenant en compte des données récentes non encore disponibles en 2001, notamment de multiples données acquises dans le cadre du règlement européen REACH [5] et de

Bibliographie

[1] **E. Vernus; J. Bonnet; L. Gonzalez; L. Roche; J. Serpeau (2017)**

Gestion et réutilisation de matériaux excavés : comment favoriser l'économie circulaire? Rapport final. Villeurbanne (France): Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement (Record). (Etude, 15-0159/1A). 124 p. Disponible en ligne https://www.record-net.org/storage/etudes/15-0159-1A/rapport/Rapport_record15-0159_1A.pdf, dernière consultation 22/01/2018.

[2] **Ministère de la région wallonne (2001)**

Arrêté du Gouvernement wallon du 14 juin 2001 favorisant la valorisation de certains déchets. In: *Moniteur belge* (le), 10/07/2001, n° 2001027388, p. 23859. Modifié le 27/05/2004 et le 13/07/2017. Disponible en ligne <https://wallex.wallonie.be/index.php?doc=4723&rev=4020-20999>, dernière consultation le 05/02/2018. Voir aussi Erratum publié au *Moniteur Belge* le 18/07/2001.

[3] **Autorité flamande (2007)**

Arrêté du Gouvernement flamand du 14 décembre 2007 fixant le règlement flamand relatif à l'assainissement du sol et à la protection du sol (traduction). In: *Moniteur belge* (le), 22/04/2008, n° 2008200841, p. 21358. Modifié le 23/10/2015, 23/05/2014, 21/09/2012, 4/05/2012, 23/09/2011, 13/02/2009 et 19/09/2008. Disponible en ligne <https://codex.vlaanderen.be/Portals/Codex/documenten/1016744.html>, dernière consultation le 05/02/2018. Voir aussi Errata publiés au *Moniteur Belge* le 19/05/2008 et le 11/06/2008.

[4] **Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Nederland (2007)**

Besluit van 22 november 2007, houdende regels inzake de kwaliteit van de bodem (Besluit bodemkwaliteit). Emis le 3 décembre 2007, disponible en ligne <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022929/2016-05-24#Opschrift>, dernière consultation le 05/02/2018.

[5] **Communauté Européenne (2006)**

Règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement Européen et du CONSEIL du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) n° 793/93 du Conseil et le règlement (CE) n° 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission In: *Journal officiel de l'Union européenne*, 30/12/2006, n° L 396, 849 pp. Disponible en ligne <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=EN>, dernière consultation le 07/03/2018.

[6] **European Chemicals Agency (s.d.)**

European Union Risk Assessment Reports (EU-RAR). Helsinki: ECHA. Disponible en ligne <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/information-from-existing-substances-regulation>, dernière consultation le 05/02/2018.

[7] **Service public de Wallonie (2008)**

Décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols. In: *Moniteur belge* (le), 18/02/2009, n° 2009200642, p. 14852. Disponible en ligne <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol003.htm>, dernière consultation le 09/02/2018. Voir aussi Addendum publié au *Moniteur belge* du 18/02/2009.

[8] **Direction générale Assainissement et Protection des Sols (DG03)**

Le « guide de référence pour l'étude de risques » (GRER v02 et v03) Namur: Service public de Wallonie. Disponible en ligne <https://dps.environnement.wallonie.be/home/sols/sols-pollues/code-wallon-de-bonnes-pratiques--cwbp-etude-de-risque.html>, dernière consultation 05/12/2017.

l'élaboration des rapports d'évaluation des risques des polluants [6].

- Le défaut majeur des données écotoxicologiques issues d'essais de laboratoire est qu'elles ne prennent pas en compte les **effets du vieillissement (ageing) des polluants dans le sol**, ce qui surévalue l'effet écotoxique ($NOEC_{laboratoire} \ll NOEC_{terrain}$). Ce biais peut être corrigé par l'utilisation de facteurs multiplicateurs (facteurs *Ageing/Leaching* ou *A/L*).
- Comme hypothèse, une protection absolue de 80 % des espèces potentielles présentes (HC_{20}) peut être considérée. En effet, le taux de protection de 80 % est celui qui a été considéré pour la construction des valeurs seuils pour les écosystèmes (VSE) qui interviennent dans les «normes» (VS) de l'annexe 1 du décret «sols» (usages de type naturel et agricole) de 2008 [7].
- Les **risques pour la santé ainsi que le risque de lessivage** doivent être pris en compte. Cette analyse peut être effectuée en ayant recours aux méthodes de référence définies d'après le décret sols pour l'évaluation des risques [8].

Une législation environnementale wallonne complexe

A côté de l'arrêté du 14 juin 2001 relatif entre autres à la valorisation des terres excavées des chantiers de construction, un «**décret**» **sols relatif à la gestion et à l'assainissement des sols de 2008** existe.

Aucun lien n'existe actuellement entre les valeurs présentes dans l'arrêté et le décret sols compliquant le travail de l'entrepreneur.

Quelles sont les conclusions de l'étude Valseco?

Les dix paramètres qui ont fait l'objet de l'étude doivent être revus. Par exemple, la valeur seuil du nickel de 40 mg/kg ms pourrait passer à 93 mg/kg ms. On devrait donc aller vers des changements importants. Avec les nouveaux seuils estimés dans cette étude,

environ 35 % des terres ne seraient pas conformes.

Idéalement, il faudrait tenir compte de la nature géologique de la Wallonie, vu que localement des anomalies géologiques peuvent induire des teneurs relativement élevées en métaux lourds, comme par exemple le plomb et le zinc, largement présents dans l'est de la Belgique.

Une harmonisation des valeurs seuils du décret sols et de l'arrêté du 14 juin 2001 est plus que souhaitable.

Des sites de versage permettant de rassembler les terres non conformes avant de les traiter sont indispensables. Ils font actuellement défaut.

Cet article est également paru dans la revue Construction, mars 2018, pp. 42-3, sous le même titre. Il fait également l'objet d'une publication du CSTC: Les Dossiers du CSTC, 2017/4.17, 3 p.



Yves Hanoteau
02 766 03 23
y.hanoteau@brrc.be



Valérie Pollet (CSTC)
02 655 77 11
valerie.pollet@bbri.be

Le projet «Marché CPX DGO1-SPW» est dans les starting blocks



Figure 1 – Remorque CPX du CRR

En 2017, un marché public destiné à la «réalisation d'une campagne de mesures de caractérisation acoustique des revêtements sur le réseau wallon par la méthode CPX (ISO 11819-2 [1])» a été lancé par la Direction Générale Opérationnelle

des Routes et des Bâtiments (DGO1) du Service Public de Wallonie (SPW).

Depuis 2014, le CRR dispose de l'ensemble du dispositif permettant de réaliser les mesures CPX (figure 1). Au terme de

la procédure, le CRR a été retenu pour réaliser le marché public.

La méthode Close ProXimity (CPX)

La méthode *Close ProXimity* (CPX) est une méthode selon laquelle le bruit produit par le contact pneu/revêtement est mesuré à l'aide de microphones placés près du pneu qui roule sur un revêtement. La méthode de mesure est décrite dans la norme ISO 11819-2 [1]. La méthode CPX vise non seulement à évaluer la qualité acoustique, mais aussi l'homogénéité d'un revêtement routier sur un trajet déterminé.

Cette méthode requiert donc l'installation de microphones à proximité du pneu que l'on fait rouler sur la surface à mesurer.



Figure 2 – Intérieur de la remorque CPX du CRR avec pneu P1



Figure 3 – Pneu H1 (à gauche) et pneu P1 (à droite)



Figure 4 – IMAJBOX®

A la différence de la méthode *Statistical Pass-By* (SPB) [2], où l'on mesure «en champ lointain», les mesures sont prises ici en «zone de son direct». La roue peut être intégrée dans une remorque spécialement conçue à cet effet, comme c'est le cas pour la remorque CPX du CRR (figure 1), ou faire partie intégrante du véhicule d'essai. Les microphones sont placés à une vingtaine de centimètres du flanc du pneu (figure 2).

Les spécifications relatives à cette méthode ont été définies dans la norme ISO 11819-2 [1], en particulier les emplacements des microphones. Il s'avère en effet que ceux-ci ont une grande influence sur les résultats de mesure.

Le revêtement à mesurer est parcouru avec la remorque CPX à une vitesse de référence de 50, 80 ou 110 km/h. Les mesures sont réalisées avec deux types de pneus de référence, le pneu P1 et le pneu H1, respectivement caractéristiques des pneus de voitures particulières et de poids lourds (figure 3: à gauche H1; à droite P1). Ces pneus de référence sont décrits dans la norme ISO/TS 11819-3 [3].

Les résultats obtenus sont les niveaux sonores CPX $L_{CPX,P}$ et $L_{CPX,H}$, respectivement indicatifs du bruit de roulement des véhicules légers et des véhicules lourds sur la section de route mesurée. Ils permettent de calculer l'indice CPX $L_{CPX,i}$, qui est la moyenne pondérée de $L_{CPX,P}$ et de $L_{CPX,H}$. Le spectre en tiers d'octaves (315 – 5000 Hz) de la section de route totale mesurée peut également être obtenu.

Le niveau sonore et le spectre en tiers d'octaves par 20 m de longueur de route (L_{CPX} et L'_{CPX}) peuvent aussi être donnés. La méthode de mesure donne donc aussi

Bibliographie

- [1] **International Organization for Standardization (2017)**
Acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2, the close-proximity method.
Geneva: ISO. (ISO, 11819-2).
- [2] **International Organization for Standardization (1997)**
Acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 1, Statistical Pass-By method.
Geneva: ISO. (ISO, 11819-1).
- [3] **International Organization for Standardization (2017)**
Acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 3, reference tyres.
Geneva: ISO. (ISO/TS, 11819-3).

une idée de l'homogénéité du revêtement sur la longueur mesurée.

Le projet «Marché CPX DGO1-SPW»

Le fonctionnaire dirigeant du marché pour la DGO1/SPW est Sébastien Marocchi, attaché qualifié à la Direction de l'Expertise des Ouvrages.

Le projet comprend la réalisation de mesures CPX sur une longueur totale de 3 720 km d'autoroutes. Les mesures CPX sont réalisées avec un pneu P1 et un pneu H1. Elles sont effectuées à une vitesse de 80 km/h et uniquement sur la voie lente dans les deux sens de circulation.

Ce projet permettra d'avoir une première vision globale de l'acoustique des revêtements sur l'ensemble des autoroutes en Wallonie. De plus, ce paramètre sera pris en compte dans l'analyse globale de l'état des revêtements avec d'autres paramètres comme l'orniérage, etc.

Afin de permettre un lien entre les mesures et l'état du revêtement, le marché s'accompagnera d'une campagne de photos géolocalisées prises à l'aide du dispositif IMAJBOX® du CRR (figure 4). Une photo, qui est associée aux mesures de bruit, est prise tous les 20 m.

Le coup d'envoi du projet sera donné en mars/avril 2018, dès que les conditions météorologiques le permettront, et courra pour une période d'un an.

Le CRR se réjouit à l'idée de collaborer avec le SPW.



Anneleen Bergiers
02 766 03 17
a.bergiers@brrc.be

Le CRR contribue aux développements numériques de demain – Résultats du projet Tetra Road_IT

Objectifs du projet

Le projet ROAD_IT, financé par l'Agent-schap Innoveren en Ondernemen et réalisé entre 2015 et 2017 par l'Universiteit Antwerpen (laboratoire EMIB) en partenariat avec le CRR, avait pour objectif de développer et de valider un système intégré et cohérent de gestion des processus à destination de l'ensemble du secteur flamand des enrobés. Plus concrètement, les objectifs visés étaient les suivants:

- développer et démontrer un système intégré et cohérent de gestion des processus à destination de l'ensemble du secteur flamand des enrobés, grâce auquel tous les capteurs et actionneurs de la chaîne, possédant chacun leur propre système informatique, puissent communiquer entre eux et archiver les informations de manière effective;
- développer et implémenter une architecture informatique robuste avec un portail numérique afin de permettre une communication entre toutes les données d'entrée et de sortie pertinentes existantes et à venir aussi bien dans les processus de fabrication que de mise en œuvre des enrobés;
- démontrer l'architecture informatique et le portail à l'aide de quatre *proofs of concept* documentés du secteur des enrobés;
- transmettre les connaissances au secteur.

Résultats

Cas d'utilisation 1 – Optimisation de la logistique lors de la phase d'exécution du chantier

Le système développé permet de partager la position des camions avec d'autres parties, comme la centrale d'enrobage ou l'équipe de chantier. Toutes les parties peuvent ainsi consulter en permanence le type et la quantité d'enrobé qui est en chemin, ainsi que le temps d'arrivée prévu.

Grâce à la plaque d'immatriculation du camion et un QR-code figurant sur la feuille de route, un type et une quantité d'enrobé sont associés à un camion. La position de ce camion est localisée et transmise au



Figure 1 – Représentation schématique de la communication dans le cas d'utilisation 1

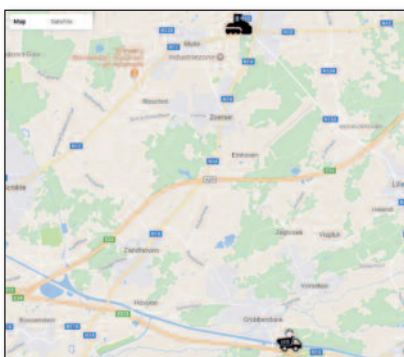


Figure 2 – Visualisation de la localisation des camions, consultable sur chantier ou à la centrale

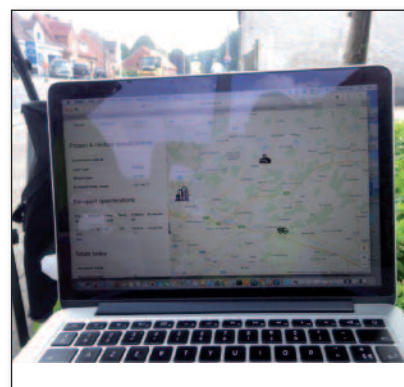


Figure 3 – Le camion est en route pour le chantier



Figure 4 – Le camion arrive sur le chantier, ce qui est signalé dans le système

système informatique via un appareil mobile. D'autres appareils peuvent, en se connectant au système, consulter ces données à distance. Lorsque le camion arrive sur le chantier, la cargaison peut alors être acceptée ou refusée. Une cargaison pourrait être refusée parce qu'il ne s'agit pas du bon type de mélange ou que sa température est trop basse, par exemple. Les quantités utilisées sur chantier sont enregistrées en vue de l'établissement d'un rapport (cas d'utilisation 3).

Pour le développement du cas d'utilisation 1, une situation de chantier a régulièrement été simulée en laboratoire et in situ. Le premier test du système opérationnel sur chantier a eu lieu dans le port d'Anvers. Un test définitif a ensuite été réalisé lors de la reconstruction de la N12 à Malle.

Après une évaluation positive, ce cas a été validé lors de la construction de la piste cyclable expérimentale *Cycle Pavement Technologies (CyPaTs)* sur le campus Groenenborger de l'Université Antwerpen.

Cas d'utilisation 2 – Validation d'un paramètre de mesure: homogénéité de la température après le passage du finisseur

Ce cas d'utilisation a été développé en collaboration avec un fournisseur de produits. Celui-ci dispose d'un système opérationnel permettant d'enregistrer à l'aide d'un capteur thermographique (figure 5 à gauche) la température de l'enrobé à l'arrière de la table du finisseur.

Le système développé au sein de ce projet est en mesure de recevoir, traiter et évaluer des données provenant de cette partie externe. Les données du capteur sont tout d'abord traitées par une unité (figure 5 à droite) du fabricant même, après quoi elles sont envoyées vers ses serveurs via une connexion sans fil. Grâce à un accès sans fil en temps réel à ces serveurs, ces données peuvent être consultées par le système ROAD_IT.

Grâce aux applications développées au sein du projet ROAD_IT, les données du capteur thermique peuvent être présentées et évaluées de différentes façons (figure 6). Il y a ainsi un écran qui présente les données les plus récentes dans une *heat map*, et où l'on peut faire varier l'intervalle (de temps) affiché. Il y a aussi un écran qui présente et évalue les données numériques pour chaque bande (sur toute la largeur du finisseur et sur une longueur de 25 cm). Cette évaluation simple consiste à calculer une température moyenne, minimale et maximale par bande. Enfin, cette évaluation est également représentée par un *heat stream* sur base des températures moyennes de chaque bande.

Ce cas d'utilisation a été testé lors de la reconstruction de la E34 à hauteur de Zelzate. Après cette expérience positive, ce cas a été validé lors de la réalisation de la



Figure 5 – Scanner IR en ligne avec module GPS et station météorologique (à gauche) et unité de traitement (à droite)



Figure 6 – Trois visualisations des données du scanner IR à travers l'application ROAD_IT

piste cyclable *CyPaTs* sur le campus Groenenborger de l'Université Antwerpen.

Cas d'utilisation 3 – Etablissement d'un rapport sur un chantier ou sur la période d'exécution d'un chantier via des fonctions d'application

Dans le troisième cas d'utilisation, les ensembles de données disponibles provenant des cas 1 et 2 – ou bien une sélection de celles-ci – sont archivés et rapportés. Pour ce faire, on a développé une application qui permet de générer un rapport (figure 8) reprenant les résultats d'un chantier donné. Ce rapport permet de contrôler les quantités mises en œuvre, pour pouvoir procéder ensuite à la livraison des travaux réalisés.

Cas d'utilisation 4 – Méthodologie de détection et d'archivage des matériaux et processus utilisés pour la construction d'une section de route, dans l'optique d'une évaluation et d'une exploitation immédiates ou ultérieures.

Le quatrième cas d'utilisation porte sur le développement et l'évaluation d'une «méthodologie de détection et d'archivage des matériaux et processus utilisés pour la construction d'une section de



Figure 7 – Utilisation d'un scanner linéaire lors des journées de démonstration CyPaTs

route, dans l'optique d'une évaluation et d'une exploitation immédiates ou ultérieures». Il est ici possible de relier une quantité d'enrobé mis en œuvre aux données de production et de transport. Les conditions connexes et l'intervalle de confiance sont établis.

A partir des résultats du cas 2, on obtient une représentation graphique des températures qui peuvent toutes être reliées à leur emplacement (figure 9). Cela permet notamment de déduire l'emplacement de différents chargements de camions. Lorsqu'on y associe les informations de

Source: Université Antwerpen

Source: Université Antwerpen

Truck ID	Mixture	Mass (tons)	Temp.	Finisher ID	Accepted
1-JSL-308	AB-3B1	24	172	Finisher - 1	Accepted
1-FCE-088	AB-3B1	23	175	Finisher - 1	Accepted
1-JSL-308	AB-3C1	20	148	Finisher - 1	Accepted
1-FCE-088	AB-3C1	20	148	Finisher - 1	Accepted
1-JSL-308	AB 10 TOPLAAG 50/70	16	167	Finisher - 1	Accepted
1-FCE-088	AB 10 TOPLAAG 50/70	18	170	Finisher - 1	Accepted

Figure 8 – Aperçu des livraisons d'enrobé

transport, un lien peut être fait entre mise en œuvre et transport/production.

Conclusions

Les démonstrations mettent en avant le bon fonctionnement et les possibilités du système. Le projet Road_IT n'est qu'un premier pas, et l'utilisation de l'informatique aura encore beaucoup à offrir à l'avenir. L'offre en matière de nouvelles technologies ne fera que grandir et l'ensemble du secteur – entrepreneurs, maîtres d'ouvrages et fournisseurs de technologie – doivent relever le défi de leur utilisation. C'est pour cette raison que l'équipe du projet s'engage à l'avenir à continuer à étudier l'utilisation de ces technologies, et à assister le secteur lors de leur implémentation.

Les premières étapes ont déjà été entreprises en vue de l'implémentation de systèmes IT auprès de plusieurs membres du groupe d'utilisateurs. De cette manière, nous pourrions commencer à acquérir de l'expérience et contribuer, avec le secteur, à la technologie de demain.

Pour suivre le projet, visitez la page web qui lui est consacrée www.uantwerpen.be/road-it

Remerciements

En plus de l'*Agentschap Innoveren en Ondernemen*, dont le soutien financier a permis la réalisation du projet, nous souhaitons également exprimer notre gratitude aux groupes de recherche IT ID-LAB et AP de l'Université d'Anvers ainsi qu'à l'IMEC. Nous remercions également les membres de la commission d'utilisateurs pour l'excellente collaboration et la mise à disposition d'équipements nécessaires aux démonstrations.

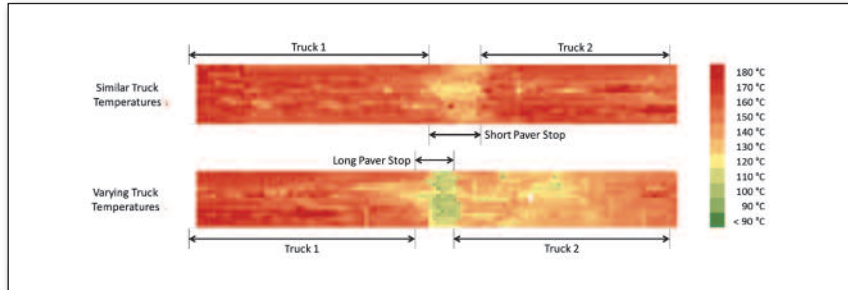


Figure 9 – Lien entre la représentation graphique des températures et les livraisons par camion

Bibliographie

Van den bergh, Wim (2017)

ROAD_IT : efficiënt procesbeheer door het inzetten van IT in de asfaltwegbouw, IWT150166.

In: CyPaTs Demonstrating new asphalt technologies, UAntwerpen, september 25-27, 2017. Voir aussi www.uantwerpen.be/CyPaTs, dernière consultation 05/03/2018.

Van den bergh, Wim; Jacobs, Geert; Couscheir, Karolien; Hellinckx, Peter; Sharif, Muddsair; Duerinckx, Ben (2017)

ROAD_IT : efficient procesbeheer door het inzetten van IT in de asfaltwegbouw. In: Association Belge de la Route (Ed.): XXIIIe [vingt-troisième] Congrès belge de la route, Bruxelles, octobre 4-6, 2017.

Bruxelles : ABR, 9 p. Disponible en ligne <http://www.abr-bwv.be>

Sharif, Muddsair; Mercelis, Siegfried; Van den bergh, Wim; Hellinckx, Peter (2017)

Towards Real-time smart road construction : efficient process management through the implementation of internet of things.

In: ACM. (Ed.): BDIOT2017: International Conference on Big Data and Internet of Things, London, December 20-22, 2017.

Jacobs, Geert (2017)

Efficiënt procesbeheer door het inzetten van IT in de asfaltwegbouw.

In: Annual ASPARI Symposium, Harderwijk, December 12, 2017.

Disponible en ligne

http://aspari.nl/uploads/documents/artikelen/2017/Effici%C3%ABnt%20procesbeheer%20door%20het%20inzetten%20van%20IT%20in%20de%20asfaltwegbouw_Geert%20Jacobs.pdf, dernière consultation le 05/03/2018.



Ben Duerinckx
02 766 03 75
b.duerinckx@brrc.be



Wim Van den bergh
(Universiteit Antwerpen)
03 265 19 32
wim.vandenbergh@uantwerpen.be

Efficacité dépolluante des eaux de percolation dans les structures routières drainantes – Projets de recherche DPOD et DPODRAIN

Introduction

L'imperméabilisation des sols, sujet de préoccupation majeur, a pour conséquences non seulement un appauvrissement des sols et de la biodiversité, mais aussi un risque accru d'inondation. Pour lutter contre ce phénomène, la mise en œuvre de revêtements perméables constitue l'une des solutions proposées.

En Belgique, les revêtements en pavages de béton drainants ont été mis au point pour répondre à ce besoin. Leur mise en place contribue favorablement à l'optimisation de la gestion de l'eau grâce à leur aptitude à stocker temporairement une grande partie des eaux de ruissellement. L'eau stockée dans la structure drainante est, par la suite, soit infiltrée directement dans le sol sous-jacent puis dans la nappe phréatique, soit évacuée de manière différée vers le réseau d'égouttage.

Cependant, l'absence de connaissances sur le devenir des polluants (hydrocarbures) présents dans les eaux de percolation au sein de ces structures, et plus particulièrement les parkings drainants, constitue en Wallonie un obstacle à la mise en application effective de structures drainantes.

Objectifs des projets DPOD et DPODRAIN

Les projets de recherche collective DPOD (RC 2011) et DPODRAIN (RC 2014), financés par la Direction générale opérationnelle de l'Économie, de l'Emploi et de la Recherche (DGO6), du Service Public de Wallonie ont été menés afin d'obtenir des données chiffrées concernant les risques liés au déversement d'hydrocarbures sur les structures en pavages drainants et d'évaluer l'impact et la pertinence d'une incorporation de micro-organismes dans ce type de structures sur l'effet dépolluant. Ces projets de recherche ont été menés en collaboration avec le laboratoire *Microbial Processes and Interactions* (MiPI), le Centre d'Etudes Wallon d'Assemblage et du Contrôle des matériaux (CEWAC) et le Centre de services scientifiques et techniques agréé par la Région wallonne (CELABOR).

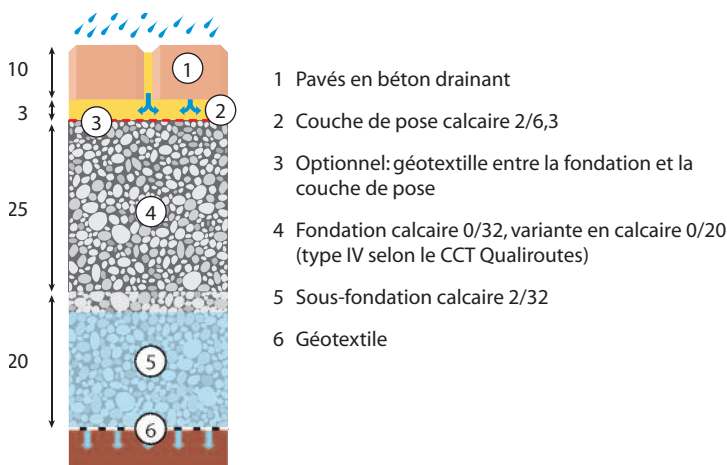


Figure 1 – Structure type des pilotes

La recherche porte non seulement sur l'incorporation de micro-organismes dans la structure drainante (pavés en béton poreux), mais aussi sur l'effet de l'utilisation d'un géotextile (combiné ou non aux micro-organismes). Les différents essais ont été généralement réalisés sur des structures assemblées dans des pilotes de forme cylindrique d'un diamètre de 40 à 60 cm. Un essai sur un parking drainant en service a également été réalisé. Différentes combinaisons ont pu être comparées en déversant l'agent polluant (diesel) à intervalles réguliers sur la surface du revêtement.

Les deux projets de recherche se sont enchaînés, le projet DPOD étant plutôt focalisé sur la validation du principe dépolluant avec et sans bactéries, et le projet DPODRAIN visant plutôt l'étude de la durabilité du principe dépolluant et l'évaluation de structures alternatives (utilisation de géotextiles et de matériaux différents).

Dispositif expérimental

Choix et inoculation de la souche microbienne

La souche *Rhodococcus erythropolis* T902.1 dégrade efficacement les hydrocarbures, et ce dans les conditions environnementales les plus extrêmes rencontrées en Belgique (sécheresse, polluants, sels de déverglaçage, etc.). Cette souche

est capable de former des biofilms sur les granulats utilisés dans les fondations de structures drainantes.

L'inoculation dans la structure drainante a été validée suivant deux méthodes: l'enrobage préalable des granulats de la couche de pose et la simple aspersion de la surface après mise en œuvre.

Enrobage des granulats de la couche de pose

La technique d'inoculation par «enrobage» consiste à fixer les cellules de *Rhodococcus erythropolis* T902.1 sur les granulats de la couche de pose (2/6,3 mm) préalablement à la mise en place de ces derniers sur la structure drainante. L'inoculation se fait par trempage des granulats dans une culture de *Rhodococcus*. Jusqu'à 2,5 t de granulats ont été inoculés directement en *Big Bag*.

La concentration cellulaire cible sur granulats de calcaire est de 10^7 CFU/g de granulats de calcaire (CFU = *Colony-forming units*). La concentration du starter microbien de *Rhodococcus erythropolis* T902.1 était de l'ordre de 10^{12} CFU/g de poudre. Les granulats doivent rester à l'abri des pluies pendant trois semaines afin de permettre leur séchage et donc la formation optimale du biofilm.

Inoculation par aspersion

L'inoculation par aspersion de la culture une fois le parking construit est une technique plus aisée à réaliser et offre l'avantage de permettre éventuellement la colonisation de l'ensemble de la structure. Le volume de l'inoculum doit être juste suffisant pour l'humidification des granulats.

Choix et dimensionnement de la structure routière

La structure routière évaluée dans le cadre du projet correspond à celle d'un revêtement de la catégorie 3 du *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* [1]. Cette catégorie correspond à une utilisation du revêtement comme parking, ce qui est souvent le cas des structures drainantes. Lors des différentes expériences, une structure routière telle que représentée à la figure 1 a été assemblée dans des pilotes de forme généralement cylindrique (détails ci-après sous Schéma expérimental).

Essais de pollution cumulative sur pilotes

Schéma expérimental

Sept structures expérimentales ont été assemblées dans des «pilotes d'essais», constitués de tubes en polyéthylène de forme cylindrique. Ces structures ont subi une pluviométrie équivalente à sept fois la valeur annuelle belge, qui est estimée à 800 mm par an. Les précipitations étaient planifiées deux fois par semaine pour les pilotes sous abri à l'exception du banc d'essai placé à l'extérieur et exposé à la pluie. Une fois par semaine, une dose de diesel pur était déversée préalablement à la «pluie» sur les structures (excepté la structure de référence), les déversements étant répartis autant que possible sur l'ensemble de la surface.

Ces tests de pollution «accélérés» simulent des durées de vie des ouvrages de plusieurs années; la durée totale de certaines expériences correspond à huit ans de pluies, dont cinq avec déversement de polluant.

Un taux de pollution de 2,2 ml/m²/jour a été choisi de manière à obtenir des concentrations en hydrocarbures mesurables dans le percolat; de ce fait, le taux



Figure 2 – Cinq pilotes d'essai cylindriques

	Particularité de la structure	Pluviométrie (l/semaine)	Taux de pollution (ml/semaine)	Mode d'inoculation des bactéries
Pilote P1 ø 60 cm	-	2 x 15	0 (+ 500 ml*)	Aspersion
Pilote P2 ø 60 cm	-	2 x 15	2 x 15	-
Pilote P3 ø 60 cm	-	2 x 15	2 x 15	Aspersion
Pilote P4 ø 60 cm	-	2 x 15	2 x 15	Enrobage granulats
Pilote P5 ø 60 cm	Géotextile dépolluant entre fondation et couche de pose	2 x 15	2 x 15	Sur géotextile
Pilote P6 ø 40 cm	Fondation type IV	2 x 7	2 x 7	Aspersion
Pilote P7 ø 60 cm	Géotextile entre fondation et couche de pose	2 x 15	2 x 15	-
Banc DPOD (1 m x 1 m)	Placé à l'extérieur	Enregistrée	2 x 54	Enrobage granulats

* Le pilote P1 n'a pas été soumis à une pollution cumulative (pilote de référence), mais un déversement «accidentel» de 500 ml a été réalisé en fin d'expérience.

Tableau 1 – Schéma expérimental DPODRAIN

de pollution appliqué dans la recherche est largement amplifié par rapport à la réalité. Sur le pilote n'ayant pas subi de déversement de polluant durant l'expé-

rience, un déversement de 500 ml a été effectué à la fin du test. Cette quantité correspond au volume approximatif susceptible de se déverser en cas de fuite de

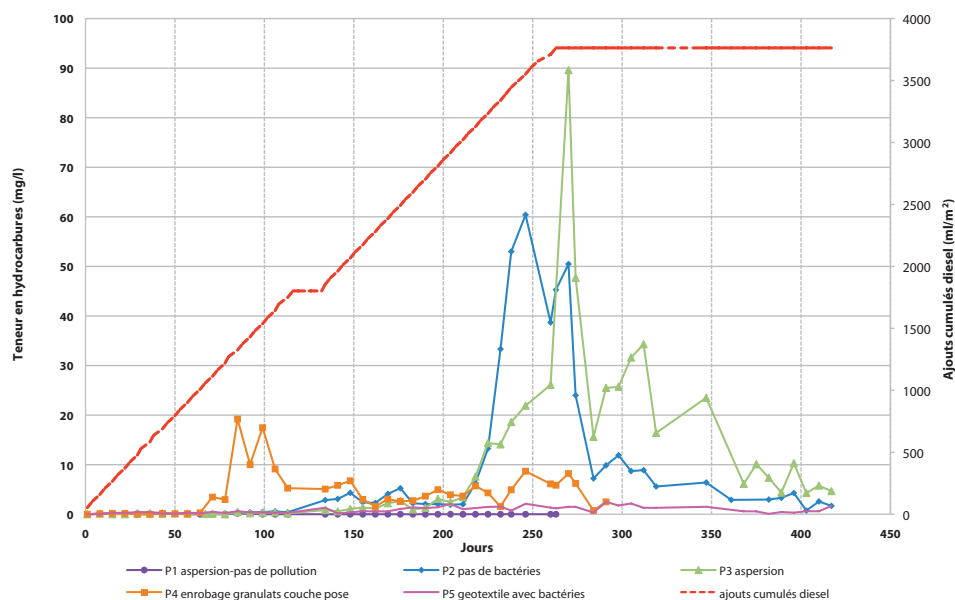


Figure 3 – Evolution des teneurs en hydrocarbures du percolat (HC) des structures avec différents modes d'inoculation

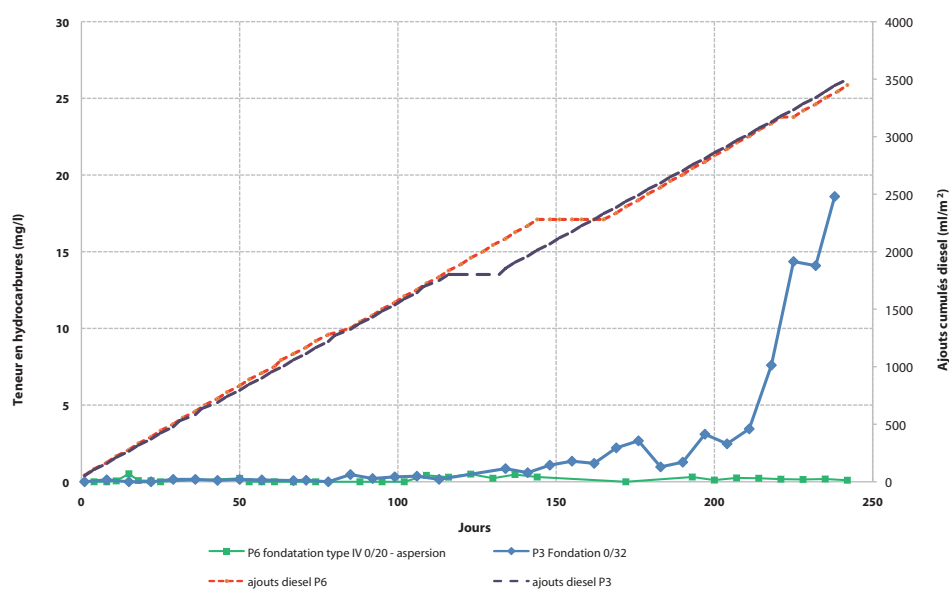


Figure 4 – Evolution des teneurs en hydrocarbures du percolat (HC) de la structure avec fondation de type IV

la pompe à injection d'un véhicule standard.

Une structure expérimentale de forme prismatique a été également placée en extérieur afin de prendre en compte les variations climatiques réelles. Sur chaque pilote, un dispositif permettait la récupération intégrale des eaux ayant percolé à travers la structure (figure 2, p. 17).

L'ensemble des structures expérimentales est décrit au tableau 1 (p. 17). Les structures diffèrent entre elles par le mode d'inoculation des micro-organismes et/ou par des particularités dans les matériaux constituant la structure. Ainsi, l'effet de

l'adjonction d'un géotextile (pilotes P5 et P7) et l'effet de l'utilisation d'un matériau spécifique de fondation pour structure drainante (pilote P6, une fondation 0/20 de type IV suivant le § F.4.2.1.4 du CCT Qualiroutes [2]), ont été évalués.

Résultats

Evolution des teneurs en hydrocarbures du percolat

L'évolution des teneurs en hydrocarbures du percolat des structures avec différents modes d'inoculation des micro-organismes est représentée à la figure 3.

Dans le Code de l'Environnement relatif à l'Eau, l'arrêté du Gouvernement wallon du 3 mai 2007 [3] fixe les seuils de qualité des eaux souterraines et des eaux de surface potabilisables. Pour les concentrations en hydrocarbures, ce seuil est de 50 µg/l.

Si l'on considère les teneurs en hydrocarbures du percolat, le seuil de 50 µg/l est dépassé pour l'ensemble des structures testées après ajout de 105 à 160 ml/m² de diesel.

Sur le pilote n'ayant pas été inoculé par *Rhodococcus erythropolis* T902.1 (pilote P2) et sur le pilote avec inoculation des micro-organismes par aspersion (pilote P3), on observe une brusque augmentation des teneurs en hydrocarbures dans le percolat à partir de 3 l/m² de diesel déversés. Cette augmentation après ajout d'une quantité équivalente de diesel a également été observée sur le pilote placé à l'extérieur. On observe donc que l'incorporation de bactéries dans les structures drainantes a un effet bénéfique (diminution) sur la concentration en hydrocarbures du percolat, mais cet effet s'atténue brusquement quand la quantité de diesel déversé atteint 3 l/m². Ceci pourrait être lié à la formation de bio-surfactants liée à l'activité bactérienne, ce bio-surfactant provoquant l'émulsion des hydrocarbures et leur rapide percolation à travers la structure.

La structure avec géotextile et bactéries (pilote P5) relargue remarquablement peu d'hydrocarbures (moins de 2,5 mg/l). Une structure similaire avec géotextile, mais sans ajout de micro-organismes a été testée sur une durée de temps plus limitée (113 jours, équivalant à 2,2 ans sous climat belge) et a donné des résultats similaires. Cependant, le taux de pollution de 3 l/m² n'était pas encore atteint en fin d'expérience.

L'évolution de la teneur en hydrocarbures du percolat sur une structure avec fondation de type IV (prescrite dans [2]) est représentée à la figure 4. On observe que la structure avec fondation de type IV (pilote P6), plus perméable que la fondation classique 0/32, relargue très peu d'hydrocarbures comparativement à la structure avec fondation 0/32, et ce malgré le dépassement du seuil de pollution de 3 l/m² de diesel. Deux hypothèses pourraient expliquer cette différence. D'une part, la forme de l'inoculum bactérien

(bactérie en suspension au lieu de lyophilisée) était différente et pourrait avoir été plus efficace sur la structure avec fondation de type IV. D'autre part, le fait que le matériau constituant la fondation de type IV est plus perméable et plus poreux pourrait être favorable à l'efficacité de la faune bactérienne dépolluante.

A la fin de l'expérience réalisée sur le pilote de référence, un déversement de 500 ml a été réalisé en une fois, cette structure n'ayant jusqu'alors pas subi de déversement de polluant.

Quatorze jours après le déversement, la concentration en hydrocarbures du percolat monte à un maximum de 2,68 mg/l. Ensuite, la concentration en hydrocarbures du percolat diminue rapidement.

Bilan en hydrocarbures

Pour chaque pilote, la quantité totale d'hydrocarbures déversée sur la structure a été comparée à la quantité totale d'hydrocarbures récupérée après percolation. Il ressort que sur l'ensemble des structures drainantes évaluées, la concentration en hydrocarbures dans le percolat est dans tous les cas inférieure à 2 % du diesel déversé en surface, une majorité des structures testées relarguant 0,6 % ou moins de diesel par rapport à la quantité déversée. Toutes les structures drainantes testées ont un pouvoir de rétention intrinsèque des hydrocarbures, même aux concentrations anormalement élevées en hydrocarbures utilisées dans ce projet.

Application de facteurs de correction

Durant les expériences de pollution cumulative, il a été nécessaire d'augmenter artificiellement le taux de pollution pour obtenir des teneurs en hydrocarbures mesurables (taux de 2,2 ml/m²/jour).

Des prélèvements effectués sur des parkings en service depuis plusieurs années ont permis de définir une gamme de teneurs en hydrocarbures mesurées sur ces parkings et de les comparer avec les mesures effectuées en fin d'expérience de pollution cumulative sur les différentes couches de la structure.

Le tableau 2 reprend les valeurs minimales et maximales des teneurs en hydrocarbures mesurées, d'une part, sur les

	Teneurs HC (mg/kg sec)				Ratios pilotes/parkings	
	Sur pilotes		Sur parkings en service		[HC] _{min.pilote} / [HC] _{max.parking}	[HC] _{max.pilote} / [HC] _{max.parking}
	min	max	min	max		
Jointoie- ment	8 205	89 700	2	25	328	3 588
Couche de pose	550	3 688	0	11	50	335
Fondation	0	3 827	0	140	0	27

Tableau 2 – Facteurs de correction établis sur base des teneurs minimales et maximales mesurées sur pilotes et des teneurs en hydrocarbures (HC) maximales mesurées sur parkings en service

	[HC]max (mg/l) Percolat	[HC] recalculé en µg/l				
		27	50	328	335	3 588
Facteur de correction suivant tableau 2		27	50	328	335	3 588
Pilote P2 (pas de micro-organismes)	60,4	2 209,56	1 208,00	184,03	180,15	16,83
Pilote P3 (micro-organismes par aspersion)	89,6	3 277,76	1 792,00	273,00	267,25	24,97
Pilote P4 (micro-organismes dans couche de pose)	19,2	702,38	384,00	58,50	57,27	5,35
Pilote P5 (géotextile associé à micro-organismes)	2,5	91,46	50,00	7,62	7,46	0,70
Pilote P6 (micro-organismes par aspersion fondation type IV)	0,86	31,46	17,20	2,62	2,57	0,24
Pilote P7 (géotextile – pas de micro-organismes)	0,53	19,39	10,60	1,61	1,58	0,15

Tableau 3 – Teneurs en hydrocarbures recalculées sur base des facteurs de corrections obtenus au tableau 2. Les valeurs supérieures à 50 µg/l sont indiquées en rouge

différentes couches des pilotes après leur démontage et, d'autre part, sur différents parkings en service dans lesquels des prélèvements ont été effectués. Les ratios entre les valeurs mesurées sur parkings en service et celles mesurées dans les pilotes varient de 27 à 3 588. Les importantes variations entre coefficients sont notamment liées à l'erreur de mesure inhérente aux mesures sur granulats, cette erreur étant principalement due à la représentativité de l'échantillon (mesures sur quelques grammes de matière) et à l'incertitude de mesure de la détermination des teneurs en hydrocarbures. Cependant, cette démarche nous permet de définir les ordres de grandeurs du facteur

de correction à appliquer sur les résultats mesurés sur les pilotes.

Dans le tableau 3, les concentrations en hydrocarbures maximales du percolat des différents pilotes ont été corrigées en appliquant les différents facteurs de correction du tableau 2. Pour tous les pilotes, la teneur corrigée en hydrocarbures est inférieure à 5 mg/l. On obtient pour les structures avec géotextile et pour celle avec fondation de type IV des teneurs corrigées quasiment toutes inférieures à 50 µg/l (seuil de potabilité). Pour les autres structures, le risque de dépassement des 50 µg/l n'est pas nul.

Essais sur parking en service

Le Polygone de l'Eau (centre Forem de compétence des métiers de l'eau à Verriers) a mis à disposition quatre parcelles qui ont été aménagées pour réaliser une expérience de pollution cumulative à échelle réelle. La sous-fondation ayant déjà été posée depuis plus d'un an, cette expérience porte sur une structure limitée à la fondation, la couche de pose et les pavés avec le sable de jointoiment. Plus de détails sur la réalisation de cette section expérimentale sont donnés dans le Bulletin CRR 104 [4].

A l'exception de la sous-fondation, les couches des structures testées correspondent à la description de la figure 1 (p. 16). Cependant, le taux de pollution appliqué a été diminué à 100 ml/semaine par parcelle de 30 m² pour que les concentrations en hydrocarbures du percolat restent sous la limite de 5 mg/l (norme séparateur d'hydrocarbure). Une géomembrane permet la récupération du percolat.

L'évolution des teneurs en hydrocarbures du percolat est représentée à la figure 5. Ces teneurs en hydrocarbures représentent des valeurs ponctuelles, contrairement aux mesures faites sur pilotes où un prélèvement était représentatif d'un nombre connu de jours de pluie (en général, une semaine).

Les teneurs en hydrocarbures du percolat sont restées inférieures à 0,5 mg/l pendant toute la durée de l'expérience.

Conclusions

Lors des différents tests à l'échelle pilote, il a été observé qu'un ajout cumulé de diesel d'environ 3 l/m² provoque dans un certain nombre de structures une brusque augmentation des teneurs en hydrocarbures dans le percolat. La probabilité que cette quantité soit atteinte est cependant extrêmement faible.

Après application des facteurs de correction, on estime que les teneurs en hydrocarbures relargués restent inférieures à 5 mg/l, quelle que soit la structure testée (la valeur de 5 mg/l constituant un seuil pour les rejets en eau de surface en sortie de séparateur d'hydrocarbure).

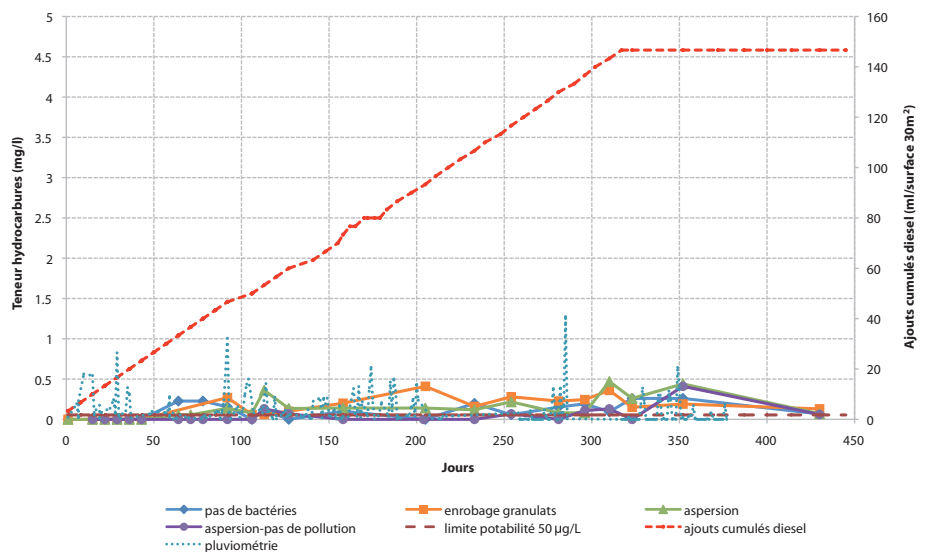


Figure 5 – Evolution des concentrations en hydrocarbures du percolat au Polygone de l'Eau

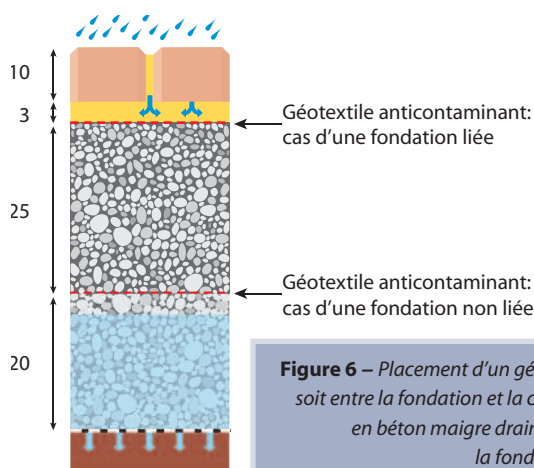


Figure 6 – Placement d'un géotextile dans la structure drainante: soit entre la fondation et la couche de pose (cas d'une fondation en béton maigre drainant), soit entre la sous-fondation et la fondation (cas d'une fondation non liée)

Les structures drainantes dans lesquelles un géotextile a été placé entre la fondation et la couche de pose relarguent remarquablement peu d'hydrocarbures.

Un cas de pollution accidentelle a été simulé. Un déversement de 0,5 l de diesel a donné lieu à une concentration maximale en hydrocarbures du percolat de 2,7 mg/l.

La simulation de pollution in situ appliquée sur le parking du Polygone de l'Eau montre des teneurs en hydrocarbures du percolat inférieures à 0,5 mg/l.

Des mesures sur des parkings en service depuis plusieurs années ont permis d'estimer des concentrations en hydrocarbures réalistes des matériaux constituants et ainsi de calculer des facteurs de correction et de les appliquer aux valeurs obtenues.

Sur base de ces résultats, les recommandations suivantes ont été formulées pour la mise en application de structures drainantes.

Tout d'abord, l'incorporation d'un géotextile anti-contaminant dans la structure permet de limiter le risque de pollution de la nappe par les hydrocarbures (effet barrière vis-à-vis des polluants, voir figure 6).

L'incorporation de micro-organismes dans la structure a un effet favorable sur les teneurs en hydrocarbures du percolat tant que le seuil d'ajout de 3 l/m² n'est pas atteint. Si on considère la durée de vie à la conception de l'ouvrage (vingt ans en général), la probabilité d'atteindre ce seuil est très faible. Une autre mesure préventive consisterait à mettre en place un système d'entretien de l'efficacité

Bibliographie

^[1] **Centre de recherches routières (2009)**

Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton.

Bruxelles: CRR. (Recommandations, A 80), 76 p.

Disponible en ligne <http://www.brrc.be/fr/article/r8009>, dernière consultation le 09/02/2018.

^[2] **Service Public de Wallonie - Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (2012 [Version 2016 consolidée])**

CCT Qualiroutes : cahier des charges-type.

Namur: SPW - DGO1. Disponible en ligne

<http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes>, dernière consultation le 02/02/2018.

^[3] **Ministère de la région wallonne (2007)**

Arrêté du Gouvernement wallon du 3 mai 2007 portant modification de la partie réglementaire du Livre II du Code de l'Environnement, en ce qui concerne la surveillance de l'état des eaux de surface potabilisables, des eaux souterraines et de certaines zones protégées.

In: *Moniteur belge* (le), 30/05/2007, n° 2007201673, p. 29124. Disponible en ligne

<http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/2007/05/03/2007201673/moniteur>, dernière consultation le 09/02/2018.

^[4] **Smets, Sylvie; Beeldens, Anne; Lybaert, Marijn (2015)**

Etude de l'effet purificateur des pavages drainants (DPODRAIN) - Réalisation de sections expérimentales sur les terrains du Centre de Compétence FOREM - Polygone de l'Eau à Verviers.

In: *Bulletin CRR*, (2015)104, pp.7-9. Disponible en ligne <http://www.brrc.be/fr/article/bul104>, dernière consultation le 09/02/2018.

dépolluante par un épandage récurrent d'une solution bactérienne liquide à la surface du revêtement. Ce point constitue une autre perspective de recherche complémentaire. En effet, la méthode d'inoculation par aspersion est simple à mettre en œuvre dans le cadre d'un chantier et s'est révélée aussi efficace que la méthode par enrobage des granulats de la couche de pose.

Ces mesures de protection du sol et de la nappe devraient être complétées par l'imposition d'une hauteur minimale entre le

niveau supérieur de la nappe et le fond de coffre. Actuellement, les règles de bonne pratique recommandent une hauteur minimale de 1 m, mais il y aurait probablement lieu de moduler cette exigence en fonction de la perméabilité du sol.



Sylvie Smets
02 766 04 11
s.smets@brrc.be

Le CRR étudie les empièvements de sous-fondation

Actuellement, suite au critère de facteur de sensibilité au gel-dégel fixé à 2 % dans le CCT Qualiroutes ($F \leq 2$ %), quasiment plus aucun granulat recyclé ou artificiel ne répond aux prescriptions imposées dans les marchés de travaux routiers soumis à l'application de ce cahier des charges [1]. Afin d'évaluer l'impact de ce critère sur les performances des matériaux granulaires utilisés en sous-fondation, le CRR a lancé un programme d'essais validé par le secteur et la Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (DGO1) du Service public de Wallonie.

Description globale des essais

Huit matériaux recyclés, artificiels et naturels couramment utilisés en sous-fondation ont été testés:

- un calcaire 0/32;
- un grès 0/32;
- un mâchefer;
- deux recyclés de béton;
- trois recyclés mixtes (dont un recyclé pauvre en fines).

Les différents matériaux ont fait l'objet d'une campagne de caractérisation complète, reprenant les différents essais requis dans le CCT Qualiroutes [1], mais aussi une étude Proctor et plusieurs essais moins courants visant à contrôler leur résistance au gel-dégel, leur perméabilité ou encore leurs déformations permanentes. Les différents indicateurs sélectionnés sont repris dans le tableau 1 (p.22).

Les indicateurs apparaissant dans les cases grisées ne font pas partie des cahiers des charges mais ont été sélectionnés comme pouvant être importants dans l'étude du

comportement des granulats en sous-fondation. Ils sont décrits dans les paragraphes suivants.

Essai gel-dégel au sulfate de magnésium

L'essai au sulfate de magnésium (NBN EN 1367-2 [2]) n'est actuellement pas utilisé comme critère dans les cahiers des charges belges mais il est proposé dans la norme granulats (NBN EN 13242+A1 [3]) comme une alternative à l'essai de sensibilité au gel-dégel (tableau 2).

L'essai, réalisé sur la fraction 10/14, consiste à soumettre l'échantillon à cinq cycles d'imbibition dans une solution saturée de sulfate de magnésium suivie de séchage en étuve. Les cycles de cristallisation et réhydratation des sels à l'intérieur des pores du matériau génèrent des sollicitations similaires à celles produites par de l'eau lors de cycles de gel-dégel. Les dégradations générées par ces sollicitations sont mesurées par la proportion du matériau passant à 10 mm après l'essai.

Les premiers résultats obtenus montrent que les résultats des matériaux recyclés et artificiels à l'essai au sulfate de magnésium sont meilleurs que ceux obtenus à l'essai de sensibilité au gel-dégel. En effet, alors que seul le calcaire est admissible pour ce dernier essai (quel que soit le climat), l'essai au sulfate de magnésium validerait l'utilisation des recyclés de béton et des mâchefers pour tout climat et même celle des recyclés mixtes en climat atlantique.

Déformations permanentes à l'essai triaxial cyclique

L'essai triaxial cyclique (NBN EN 13286-7 [4]) est un essai de laboratoire permettant de simuler les sollicitations du trafic routier sur les empièvements non liés utilisés en fondations ou sous-fondations routières. Cet essai permet notamment de déterminer les déformations permanentes du matériau, à l'origine de l'ornièrage, et donc de caractériser le comportement à long terme du matériau.

Au cours de l'essai, l'éprouvette, compactée à 97 % de l'optimum Proctor modifié, est soumise à une contrainte axiale cyclique (σ_1) et à une pression de confinement cyclique (σ_3) (figure 2).

Fines	Passant 63 μm (%)
	MB (g/kg)
Essais de durabilité	LA (%)
	MDE (%)
Essai Proctor	w_{OPM} (%)
	P_{OPM} (g/cm ³)
	CBR (%)
Essai gel-dégel	F gel (%)
	Fines gel (%)
	MS (%)
Essai triaxial cyclique	Déformation permanente à w_{OPM} (%)
	Déformation de service après 10 ⁶ cycles (%)
	Déformation permanente à $w_{OPM} + 2$ (%)
	Déformation de service après 10 ⁶ cycles à $w_{OPM} + 2$ (%)
	Déformation permanente à $w_{OPM} + 2$ %, faible précharge (%)
	Déformation de service après 10 ⁶ cycles à $w_{OPM} + 2$ %, faible précharge (%)
Perméabilité	Coefficient K moyen (m/s)

Tableau 1 – Indicateurs sélectionnés dans le cadre de l'étude CRR sur les matériaux granulaires de sous-fondation

Dans le cadre de ce projet, la procédure adoptée pour l'application des contraintes est la suivante: 2 500 cycles sont appliqués à un niveau de contraintes élevé afin de simuler les contraintes de chantier et 100 000 cycles sont appliqués à un niveau de contraintes plus faible correspondant mieux aux sollicitations d'une sous-fondation après mise en place de la structure routière. En général, chaque essai est réalisé au minimum sur deux éprouvettes identiques.

Deux valeurs ont été choisies comme indicateurs des performances du matériau:

- la déformation permanente à la fin de l'essai;
- la déformation en service après 10⁶ cycles; ce dernier paramètre est un indicateur de la déformation du matériau au cours de la phase de service de la chaussée et ne prend donc pas en compte les déformations ayant lieu en phase de chantier. Sur base de la pente observée au cours des 100 000 cycles de l'essai, la déformation est extrapolée pour un million de cycles, ce qui correspond à une base plus réaliste pour le dimensionnement d'une route en Belgique.

Ces deux indicateurs sont représentés à la figure 2.

Chaque matériau a été testé à la teneur en eau de son optimum Proctor modifié (w_{OPM}) ainsi qu'à une teneur en eau de 2 % plus élevée afin de déterminer sa sensibilité à l'eau. Afin d'estimer l'impact d'une phase de mise en œuvre plus courte sur les déformations au cours de la durée de vie de la chaussée, une seconde procédure a été utilisée. Dans celle-ci, la première phase a été réduite à 200 cycles à hautes contraintes afin de vérifier si l'accroissement des déformations était plus important au cours des 100 000 cycles de contraintes faibles.

Les premiers résultats montrent que tous les matériaux présentent des déformations limitées (< 1 %) lorsqu'ils sont compactés à la teneur en eau de leur optimum Proctor (OPM). En revanche, ces déformations augmentent lorsque le matériau est compacté à une teneur en eau supérieure. En particulier, l'un des recyclés mixtes testés présente des déformations beaucoup plus importantes que les deux autres. Des essais sont actuellement en cours afin de déterminer les caractéristiques qui peuvent générer ces différences.

Perméabilité

L'une des propriétés essentielle de la sous-fondation dans une structure routière clas-

sique est son caractère drainant. Comme il n'y a pas nécessairement de corrélation entre la portance d'un matériau et sa perméabilité, celle-ci doit être l'objet d'une attention particulière. La perméabilité peut en outre être modifiée dans le temps suite aux sollicitations mécaniques et climatiques (création de fines). Dans le cas de matériaux recyclés, la possibilité de réactions secondaires des particules non hydratées de ciment ou de chaux est également susceptible de modifier la perméabilité des matériaux.

Pour cette raison, deux essais ont été développés au CRR afin de pouvoir contrôler la perméabilité de matériaux à plusieurs mois d'intervalle. Le premier de ces essais est un essai pilote, utilisant un dispositif à double anneau pour mesurer la perméabilité dans un bac où les matériaux sont compactés de façon contrôlée (figure 3, p. 24).

Dans le second essai développé au cours de cette étude (figure 4, p. 24), les matériaux sont compactés dans des tuyaux en PVC et la perméabilité est estimée en mesurant le débit traversant le tuyau ainsi que l'évolution de la hauteur d'eau en surface. Le coefficient de perméabilité K peut alors être déterminé en utilisant différentes relations mathématiques dérivées de la loi de Darcy.

Ces deux méthodes d'essai (pilote et colonne) ont été validées en confrontant les résultats obtenus pour un même recyclé mixte et de plus, en comparant la perméabilité en colonne à la perméabilité mesurée via un perméamètre de laboratoire sur du sable. Les perméabilités mesurées se sont révélées suffisamment proches pour valider l'utilisation de ces nouveaux dispositifs.

Tous les matériaux testés se sont révélés perméables ($K \geq 10^{-6}$ m/s), mais cette perméabilité varie énormément d'un matériau à l'autre. Il serait utile que les cahiers des charges proposent une valeur seuil pour les matériaux devant assurer un rôle drainant. Les essais seront répétés après plusieurs mois afin de pouvoir observer l'évolution de la perméabilité de matériaux granulaires compactés.

Conclusions préliminaires

Les principales conclusions préliminaires sur base de cette étude en cours sont les suivantes:

Conditions environnementales	Climat		
	Méditerranéen	Atlantique	Continental(*)
Situation sans gel ou sèche	NR	NR	NR
Saturation partielle	NR	F ₄ ou MS ₃₅	F ₂ ou MS ₂₅
Saturé	NR	F ₂ ou MS ₂₅	F ₁ ou MS ₁₈

a) La catégorie «climat continental» pourrait également s'appliquer à l'Islande, certaines parties de la Scandinavie et aux régions montagneuses où les conditions climatiques sont rigoureuses en hiver.

Tableau 2 – Catégories de sévérité du gel-dégel en fonction du climat et de l'emploi (repris de la NBN EN 13242+A1)[3], tableau B.1

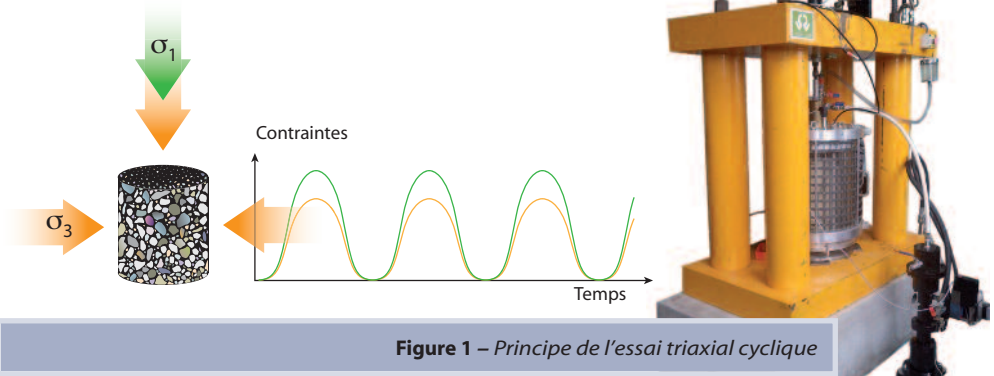


Figure 1 – Principe de l'essai triaxial cyclique

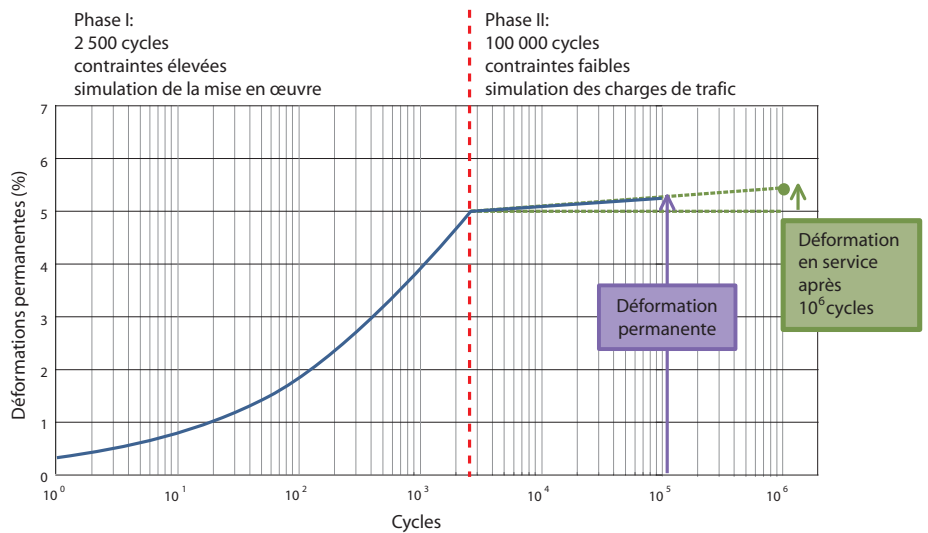


Figure 2 – Courbe de résultats de l'essai triaxial cyclique et indicateurs de durabilité

- parmi les matériaux testés, seul le calcaire est totalement conforme aux prescriptions du CCT Qualiroutes. Le grès présente une teneur en fines trop élevée tandis que les matériaux recyclés et artificiels échouent tous à l'essai gel-dégel;
- les résultats obtenus par les matériaux recyclés et artificiels à l'essai alternatif de mesure de la résistance au gel-dégel (selon la norme NBN EN 13242 [3]) sont meilleurs que ceux à l'essai de sensibilité repris dans le CCT Qualiroutes (F) [1];
- l'échantillon de recyclé de béton testé au cours de cette étude présente d'excellentes performances à tous les critères, à l'exception de l'essai de sensibilité gel/dégel repris dans le CCT Qualiroutes (F) [1];
- les recyclés mixtes testés au cours de cette étude présentent des déformations permanentes à l'essai triaxial cyclique très variables lorsqu'on s'éloigne des conditions de mise en œuvre optimales. Des études sont en cours pour déterminer les facteurs influençant ces comportements différents;
- un nouvel essai a été développé afin de mesurer en laboratoire la perméabilité des matériaux granulaires de sous-fondation. Tous les matériaux testés peuvent être considérés comme perméables mais leur perméabilité varie de façon importante. Les échantillons

Bibliographie

[1] **Service Public de Wallonie - Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (2012 [Version 2016 consolidée])**

CCT Qualiroutes : cahier des charges-type. Namur: SPW - DGO1. Disponible en ligne <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes>, dernière consultation le 02/02/2018.

[2] **Bureau de normalisation (2010)**

Essais pour déterminer les propriétés thermiques et l'altérabilité des granulats. Partie 2, essai au sulfate de magnésium. Bruxelles: NBN. (NBN EN, 1367-2)

[3] **Bureau de normalisation (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. Bruxelles: NBN. (NBN EN, 13242+A1)

[4] **Bureau de normalisation (2004)**

Graves traitées aux liants hydrauliques et graves non traitées. Partie 7, essai triaxial sous charge cyclique pour mélanges sans liant hydraulique. Bruxelles: NBN. (NBN EN, 13286-7)

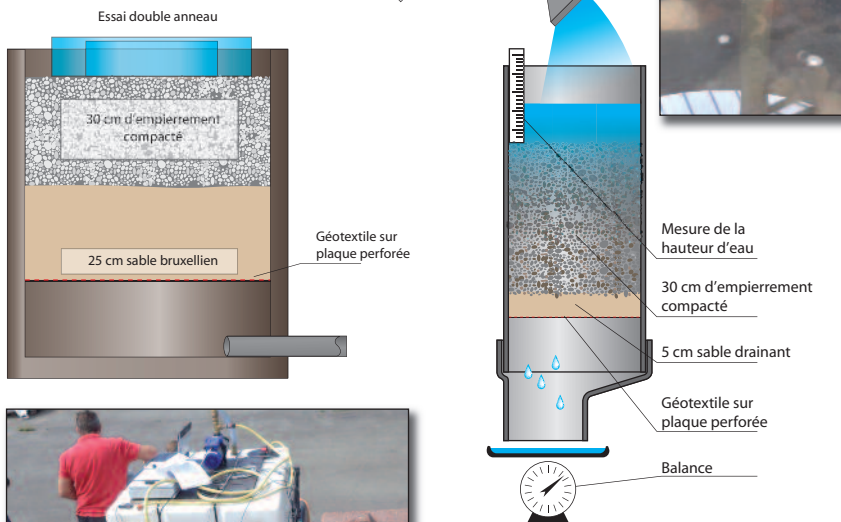


Figure 3 – Essai pilote permettant de mesurer la perméabilité sur base d'un essai double anneau



Figure 4 – Essai de perméabilité en colonnes: schéma global et compactage des matériaux

conditionnés en colonnes ont été conservés afin de vérifier que cette perméabilité se maintient dans le temps.

Ces conclusions préliminaires devront être confirmées grâce à la réalisation d'essais complémentaires (dont une partie est en cours de réalisation), mais aussi via la réalisation et le suivi de chantiers expérimentaux dans lesquels des matériaux recyclés et/ou artificiels seront mis en

œuvre. Les résultats définitifs feront l'objet de publications ultérieures dans le Bulletin CRR.



Audrey Van der Wielen
02 766 03 87
a.vanderwielen@brrc.be



Colette Grégoire
02 766 03 19
c.gregoire@brrc.be



Centre de recherches routières
Votre partenaire pour des routes durables

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30.01.1947

Ed. resp.: C. Van Rooten, Boulevard de la Woluwe 42 - 1200 Bruxelles



www.linkedin.com/company/brrc



www.youtube.com/c/BrrcBe

Siège social

Boulevard de la Woluwe 42
1200 BRUXELLES
Tél.: 02 775 82 20

brrc@brrc.be

Laboratoires

Fokkersdreef 21
1933 STERREBEEK
Tél.: 02 766 03 00

Avenue A. Lavoisier 14
1300 WAVRE
Tél.: 010 23 65 00

Rédaction

B. Guelton
D. Verfaillie
M. Van Bogaert
J. Cornil
J. Neven

ISSN: 0777-2572

