



Centre de recherches routières  
Votre partenaire pour des routes durables

111

# Bulletin CRR

## Agenda

**Journée d'étude CRR**  
*Technique du géoradar pour l'auscultation*  
24 octobre 2017  
Sterrebeek

3

**Le CRR contribue à la nouvelle édition de la formation Auditeur en sécurité routière à partir d'octobre 2017 à l'Université Gent**

5

**Les 65 ans du CRR et les 70 de l'arrêté-loi De Grootte**

3

**Le CRR et les entrepreneurs investissent davantage dans la qualité du compactage des revêtements bitumineux – Résultats de l'analyse comparative CRR**

5

**L'infiltration dans le domaine public, une nécessité!**

11

**Nouvelle étude prénormative sur les exigences performantielles pour les matériaux destinés aux pavages en pierre naturelle (PREMANAT)**

13



## ABR News

**Du 4 au 6 octobre 2017, le CRR sera au XXIII<sup>e</sup> Congrès belge de la route à Bruxelles**

18

**Trois Belges dans les commissions de l'AIPCR**

19

**L'ABR visite le chantier du Boulevard de la Woluwe**

18

# Bulletin CRR

111



[www.linkedin.com/company/brrc](http://www.linkedin.com/company/brrc)



[www.youtube.com/c/BrrcBe](http://www.youtube.com/c/BrrcBe)

Centre de recherches routières  
Votre partenaire pour des routes durables

## Rénovation des équipements de réunion du CRR à Sterrebeek – Vous aussi, vous pouvez les utiliser!



Récemment, notre auditorium de 180 places assises à Sterrebeek a été pourvu d'un équipement perfectionné de projection simple et double (présentations PowerPoint, vidéos, etc.) et de cabines d'interprétation professionnelles entièrement équipées, avec casques et récepteurs.

Diverses salles de réunion sont également équipées pour la projection simple ou double. Les pauses-café et le lunch peuvent se prendre dans les locaux situés autour du guichet d'accueil.

Le CRR met ces équipements à la disposition de ses partenaires belges et étrangers du secteur routier. Nous leur proposons pour cela un choix entre trois packages avec de nouveaux tarifs en fonction des options prises (projection simple ou double, assistance en régie ou non, interprète(s), utilisation des cabines et des appareils d'interprétation, catering).

Leen Bosmans: 02 766 03 55;  
[L.bosmans@brrc.be](mailto:L.bosmans@brrc.be)

## Agenda

### 2 octobre 2017 - 19 février 2018

Formation postacadémique  
*Auditeur en sécurité routière*  
Zwijnaarde  
[www.ugain.ugent.be/verkeer](http://www.ugain.ugent.be/verkeer)

### 4-6 octobre 2017

XXIII<sup>e</sup> Congrès belge de la route  
Bruxelles  
[www.cbr-bwc.be](http://www.cbr-bwc.be)

### 12 octobre 2017

Concrete Day  
Bruxelles  
[www.gbb-bbg.be/fr/concrete-day-2017](http://www.gbb-bbg.be/fr/concrete-day-2017)

### 12 octobre 2017

9<sup>e</sup> Trefdag voor lokale besturen  
Gand  
[www.vvsg.be](http://www.vvsg.be)

### 24 octobre 2017

Journée d'étude CRR *Technique du géoradar pour l'auscultation*  
Sterrebeek  
[www.crr.be/fr/gpr](http://www.crr.be/fr/gpr)

### 7-8-17 novembre 2017

Formation CRR *Examen visuel des égouts pour inspecteurs selon la NBN EN 13508-2:2003+A1:2011*  
Wavre  
[www.crr.be/fr/examen\\_visuel\\_des\\_egouts](http://www.crr.be/fr/examen_visuel_des_egouts)

### 20-23 février 2018

XV<sup>th</sup> International Winter Road Congress  
Providing Safe and Sustainable Winter Road Service  
Gdansk (Pologne)  
<http://aipcrgdansk2018.org>

### 16-19 avril 2018

TRA 2018  
A digital era for transport  
Vienne (Autriche)  
[www.traconference.eu](http://www.traconference.eu)



## Les 65 ans du CRR et les 70 de l'arrêté-loi De Groote



Depuis le 5 mai, cela fait 65 ans que notre Centre a été créé à la requête de ce qui était à l'époque la «Fédération des entrepreneurs belges de voirie».

Il est ainsi devenu l'un des «centres chargés de promouvoir et de coordonner le progrès technique des diverses branches de l'économie nationale par la recherche scientifique», dont le «statut de création et de fonctionnement» a été établi par l'arrêté-loi du 30 janvier 1947, mieux connu sous le nom de loi De Groote.

À propos de ces centres de recherche collectifs, comme ils sont appelés à l'heure actuelle, Hugues Dumont du SPF Economie a dit en décembre 2016 lors de son départ après onze ans passés au Comité Permanent du CRR:

*«Les centres collectifs étaient une idée géniale, lancée pour remettre économiquement notre pays debout après la guerre. Les centres collectifs sont, et continueront à être plus que jamais une réalité géniale au service de nos entreprises. Avec l'accélération des évolutions technologiques, dans un contexte de mondialisation, avec la montée des protectionnismes, nos entreprises auront, j'en suis convaincu, de plus en plus besoin de l'expertise scientifique et technologique que leur fournissent les centres collectifs. Nos entreprises ont aussi besoin d'orientations stratégiques globales pour l'avenir. Ces orientations sont un cadre dans lequel elles peuvent innover, se développer et faire du profit».*

Il a ajouté:

*«Vos activités prospectives et réflexions au sein du CRR sont une source essentielle pour identifier, concevoir. Aujourd'hui, je vais donc vous faire un aveu: j'aime le CRR et je me réjouis donc que le CRR soit et reste dans de bonnes mains. J'ai été heureux de travailler à vos côtés. J'ai toujours soutenu avec force vos projets et initiatives. Ma tâche était en fait aisée, parce que tous vos projets et initiatives étaient de grande qualité. Je souhaite au CRR le meilleur pour la suite, nous pouvons être confiants pour l'avenir».*

On ne pouvait pas souhaiter un meilleur encouragement pour que les 65 ans du CRR et les 70 ans de la loi De Groote ne passent pas inaperçus. Vous en lirez plus sur le sujet dans le prochain numéro de notre revue.

## Journée d'étude CRR Technique du géoradar pour l'auscultation 24 octobre 2017 – Sterrebeek

Fin octobre, l'étude prénormative «Technique du géoradar pour l'auscultation», subsidiée par le SPF Economie et le NBN, touchera à sa fin. Les résultats du projet, qui a commencé le 1<sup>er</sup> novembre 2013, seront présentés lors d'une journée d'étude qui aura lieu le 24 octobre 2017 au siège du CRR à Sterrebeek. Ces résultats seront aussi publiés à l'issue du projet sous la forme d'un compte rendu de recherche CRR et seront communiqués aux représentants belges dans les différents groupes de travail du Comité Européen de Normalisation (CEN).

Le projet, qui est réalisé en collaboration avec l'ISSeP (Institut Scientifique de Service Public pour un environnement sain et sûr), a déjà livré quelques résultats intéressants ces quatre dernières années:

- dans le hall du CRR à Wavre, un site d'essai a été aménagé pour tester dans des conditions contrôlées différentes configurations du géoradar (différentes antennes, différentes fréquences, etc.) sur plusieurs structures routières;





- un document a été rédigé et publié dans la série des méthodes de mesure CRR (MF91/16); il décrit en détail la technique du géoradar;
- la collaboration internationale du CRR en la matière a été développée, grâce plus particulièrement à une participation active à l'action européenne COST TU1208 relative à l'application du géoradar dans le génie civil;

- quelques chantiers ont été suivis pour appliquer dans la pratique la technique du géoradar, aussi bien pour l'évaluation non destructive de la structure routière que pour la détection de tuyaux et câbles dans et sous la route.

La journée d'étude du 24 octobre 2017, au cours de laquelle nous présenterons dans le détail tous ces résultats, s'adresse à tous les acteurs du secteur routier.

Entrepreneurs, bureaux-conseils et gestionnaires routiers peuvent en effet trouver un intérêt aux inspections avec le géoradar lorsqu'ils étudient l'état d'une route ou d'un pont, ou lors de l'étude préliminaire d'un projet de travaux routiers. A la journée d'étude, d'autres utilisateurs et spécialistes de la technique du géoradar, de Belgique ou d'ailleurs, viendront aussi faire part de leurs expériences.

### Programme (sous réserve de modifications)

9h00	Accueil (avec café)	
9h30	Géoradar et auscultation des routes	CRR
9h45	Depuis les mesures au géoradar sur le site test de Wavre jusqu'à la méthode de mesure MF 91/16	CRR
10h25	Applications sur routes et tabliers de ponts	CRR
10h50	Pause et démonstration du géoradar	
11h15	Applications pour impétrants	ISSeP
11h40	Estimation de la vitesse de propagation des ondes radar et des épaisseurs de couche de la structure routière	CRR
12h05	Combiner le géoradar avec d'autres appareils d'auscultation	CRR
12h30	Questions/réponses	
12h45	Lunch et démonstration du géoradar	
13h45	Groupe d'utilisateurs du géoradar: quelques applications en France	IFSTTAR
14h15	Applications du géoradar et autres techniques sur les ouvrages d'art	SPW
14h35	Radar 3D et radar double fréquence: applications sur routes et autres expériences de l'Université Gent	UGent
14h55	Développements de l'Université de Louvain-la-Neuve concernant l'utilisation du radar sur route	UCL
15h15	L'action COST européenne dédiée au géoradar et ses <i>guidelines</i> pour la route	IFSTTAR
15h40	Questions/réponses	

### Langues

Français et néerlandais, avec traduction simultanée.

Le syllabus sera disponible dans les deux langues, de sorte que chaque participant reçoit un exemplaire dans sa langue.

### Lieu

Auditorium CRR  
Fokkersdreef 21  
1933 Sterrebeek

Itinéraire: [www.crr.be/fr/accessibilite](http://www.crr.be/fr/accessibilite)  
Parking possible à l'intérieur de l'enceinte du CRR.

### Participation aux frais

Membres CRR: 75,00 €/participant.  
Non-membres: 125,00 €/participant.

Les prix comprennent la TVA, la pause-café, le lunch et le syllabus.

Les membres CRR sont les entrepreneurs ressortissants, tous les gestionnaires routiers et les membres adhérents.

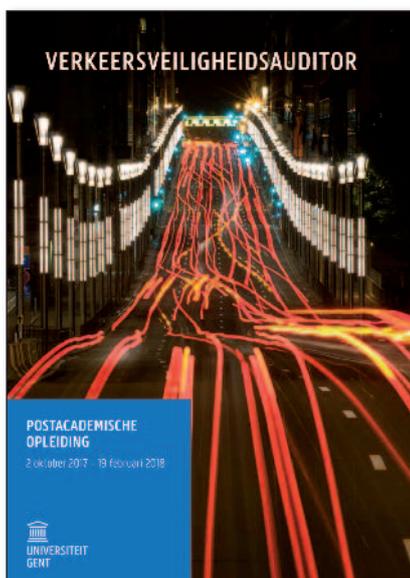
### Inscriptions

Au plus tard une semaine avant le jour concerné, au moyen du formulaire électronique sur notre site web [www.crr.be/fr/gpr](http://www.crr.be/fr/gpr)

### Informations

Leen Bosmans: 02 766 03 55;  
[L.bosmans@brrc.be](mailto:L.bosmans@brrc.be)

## Le CRR contribue à la nouvelle édition de la formation Auditeur en sécurité routière à partir d'octobre 2017 à l'Université Gent



Depuis fin 2013, pour tout nouveau projet d'infrastructure sur le réseau routier trans-européen, il est obligatoire de faire réaliser un audit en sécurité routière. La formation postacadémique «Auditeur en sécurité routière», organisée par l'Université Gent en collaboration avec le CRR à partir d'octobre, va dans une première partie, fournir une base théorique solide. Dans la deuxième partie, la procédure d'audit en soi sera abordée, ainsi que la manière dont elle doit être réalisée. Une approche pratique est essentielle: visite d'étude, exercices pratiques, explication de cas divers, etc. Dans la troisième partie de la formation, un audit de sécurité routière est élaboré sous la forme d'un exercice et avec accompagnement.

Sur les routes secondaires aussi, le besoin d'une politique de sécurité routière adéquate se fait sentir et un audit en sécurité routière est recommandé. C'est pourquoi une formation plus courte, qui s'intéresse spécifiquement à la problématique des routes secondaires, est proposée.

Plus d'informations sur  
[www.ugain.ugent.be/verkeer](http://www.ugain.ugent.be/verkeer)



An Volckaert  
010 23 65 48  
[a.volckaert@brrc.be](mailto:a.volckaert@brrc.be)

## Le CRR et les entrepreneurs investissent davantage dans la qualité du compactage des revêtements bitumineux – Résultats de l'analyse comparative CRR

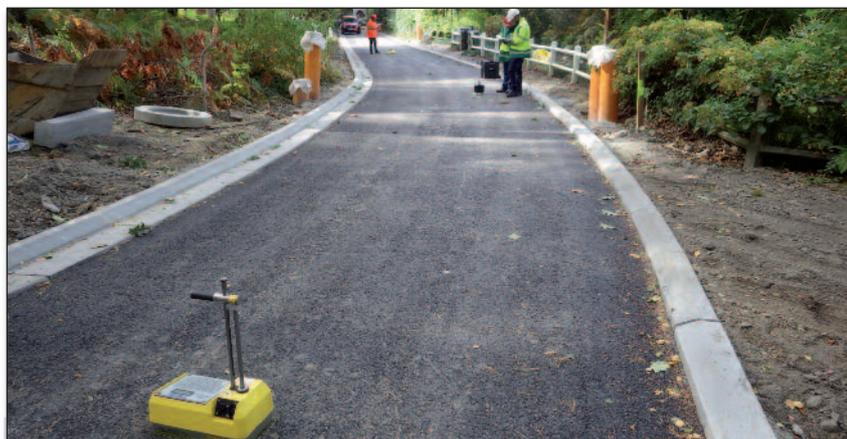


Figure 1 – Réalisation de mesures comparatives avec des densimètres nucléaires et électromagnétiques sur une zone d'essai

Comme nous vous l'avons annoncé dans le Bulletin CRR 108 (avril-mai-juin 2016), le CRR a organisé une analyse comparative portant sur l'utilisation des densimètres in situ.

La campagne de mesures a eu lieu du 5 au 7 octobre 2016 et avait principalement pour objectif:

- de comparer les différentes procédures de chaque entrepreneur avec une procédure prescrite par le CRR;
- d'établir la répétabilité et la reproductibilité des différentes mesures in situ.

Le projet a débuté avec cinq appareils nucléaires (quatre Troxler 3450<sup>TM</sup> et un Troxler 4640-B<sup>TM</sup>) [1] et deux appa-

reils électromagnétiques (Transtech PQ1380<sup>TM</sup>) [2].

Cet article présente une analyse récapitulative des résultats et en tire les principales conclusions. Un rapport détaillé et complet de l'analyse comparative est disponible sur notre site web [3].

### Campagne de mesures

Une zone d'essai a été mise à disposition par l'un des participants pour réaliser la campagne de mesures. Il s'agissait de la reconstruction d'une route locale, où une couche de liaison en BB-20base3-8 a été placée sur une épaisseur de 6 cm sur une fondation en empierrement liée au ciment. Une section expérimentale de 300 m a été choisie pour l'analyse comparative. Dans cette section, vingt points de mesure ont été sélectionnés, afin d'y réaliser des mesures avec les appareils tant nucléaires qu'électromagnétiques. Trois des points de mesure choisis sont défavorables (un point proche d'un avaloir en métal et deux points proches d'une bordure en béton). Dans les consignes d'uti-



**Figure 2** – Point de mesure défavorable 7 proche d'un avaloir en métal

lisation du Troxler [1], il est déconseillé de réaliser des mesures en des endroits de ce type.

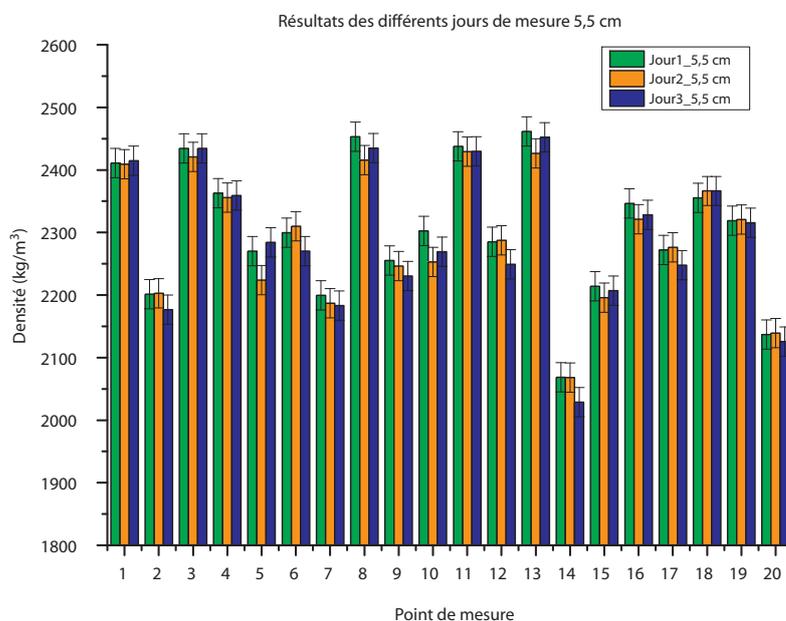
En chaque point de mesure, chaque participant a réalisé des mesures de densité selon sa propre procédure interne et selon la procédure prescrite par le CRR.

Afin de limiter le nombre de sources nucléaires actives simultanément sur le chantier, les mesures ont été réparties sur trois jours.

A la demande des utilisateurs du PQI380, les mesures avec les appareils électromagnétiques ont été effectuées aussi bien sur de l'enrobé encore chaud que sur de l'enrobé refroidi. Les appareils nucléaires ont été utilisés sur de l'enrobé refroidi uniquement.

### Mesures de contrôle par le CRR

Etant donné que les mesures étaient réparties sur trois jours, le CRR a répété chaque jour les mesures sur tous les points en guise de contrôle. Ces mesures de contrôle ont été effectuées afin d'identifier les éventuelles influences susceptibles d'avoir un lien avec des changements dans l'environnement propres au jour de mesure. Les résultats de ces mesures (figure 3) permettent de conclure que la répartition sur trois jours n'a eu aucun impact sur les résultats des mesures.



**Figure 3** – Résultats des mesures CRR sur tous les points, pour les trois jours de mesures

### Comparaison des procédures internes avec la procédure prescrite par le CRR

Etant donné qu'il n'existe pas de procédure univoque pour l'utilisation de ces densimètres sur chantier, chaque utilisateur applique jusqu'à présent sa propre méthode interne. Le premier objectif de la campagne était de comparer toutes ces méthodes.

Lors de la comparaison des procédures, une distinction a été faite entre les utilisateurs d'un densimètre nucléaire Troxler et les utilisateurs d'un PQI. Pour les densimètres nucléaires, le CRR a pu, sur base de sa longue expérience, proposer une procédure générale basée sur des études de répétabilité réalisées par le passé et sur l'expérience acquise avec leur utilisation. Pour les PQI, le CRR a pu établir une proposition en se basant sur l'expérience acquise lors d'un nombre restreint de projets antérieurs, mais sans études de répétabilité.

Chaque participant a tout d'abord réalisé des mesures de densité sur chaque point de mesure selon sa propre procédure interne. Les mesures ont ensuite été répétées selon la procédure prescrite par le CRR. Ces différentes procédures sont décrites dans le rapport qui est disponible sur le site web [3].

#### Comparaison pour les mesures nucléaires

De manière générale, une bonne corrélation a été observée entre les résultats ob-

tenus avec la procédure interne et ceux obtenus avec la procédure prescrite par le CRR.

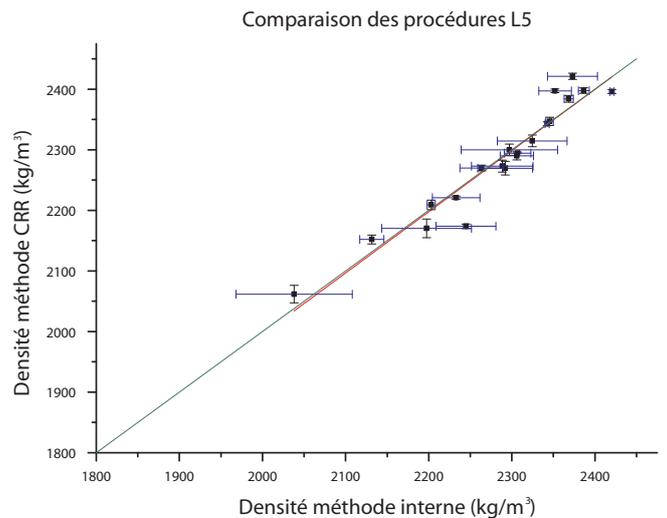
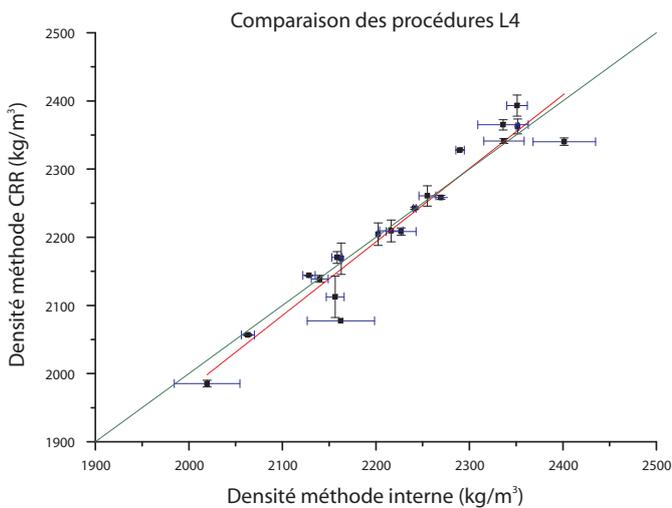
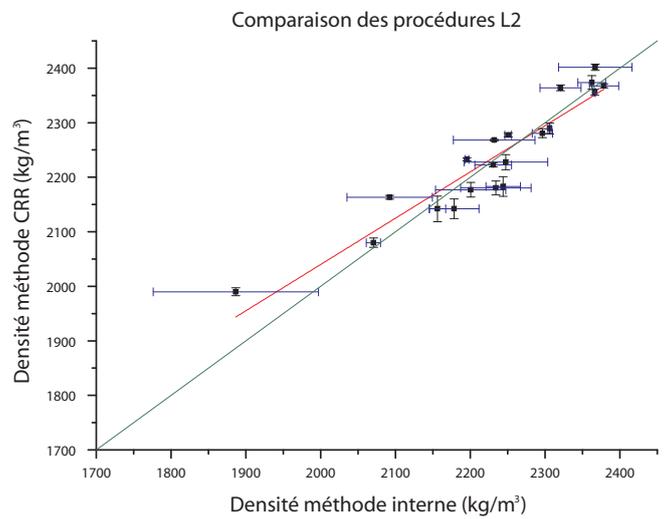
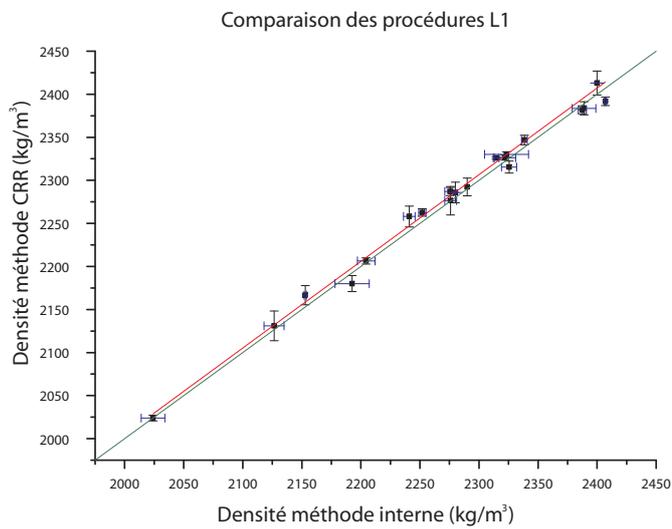
Au niveau des mesures nucléaires, on remarque que la dispersion des résultats (tableau 1, p. 8) de L2, L4 et L5 est considérablement plus importante avec les méthodes internes. Selon les procédures internes de ces participants, l'appareil est tourné de 180 ° entre deux mesures sur le même point.

Cette dispersion plus importante peut être due à la structure complexe de l'appareil. Le positionnement des tubes compteurs par rapport à la source (figure 5) peut mener, lors de mesures sur une profondeur restreinte, à ce que l'impact des premiers tubes soit plus important que celui des deuxièmes. Lorsque l'appareil est tourné de 180 °, le trajet parcouru par le rayonnement ne sera pas le même qu'avec le positionnement initial, il sera légèrement décalé. Ceci est présenté à la figure 6. De ce fait, un domaine plus grand est mesuré et la dispersion des résultats est plus importante.

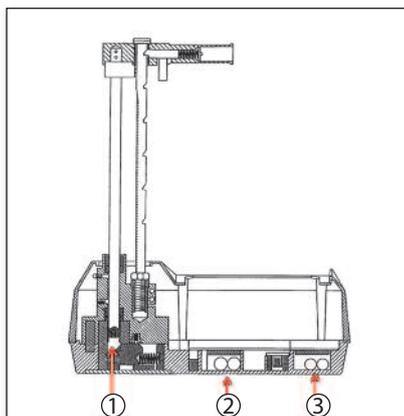
#### Comparaison pour les appareils électromagnétiques

La procédure de L6 correspondait à la procédure proposée par le CRR. Aucun écart-type n'a pu être établi pour la méthode de mesure interne de L7, car une seule mesure a été réalisée sur chaque point.

La dispersion des résultats des mesures électromagnétiques, obtenus selon la

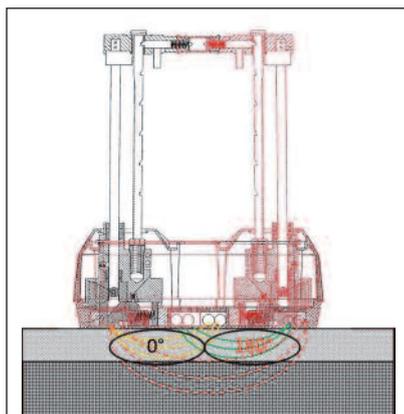


**Figure 4 – Comparaison entre la méthode CRR et les méthodes internes pour mesures nucléaires**

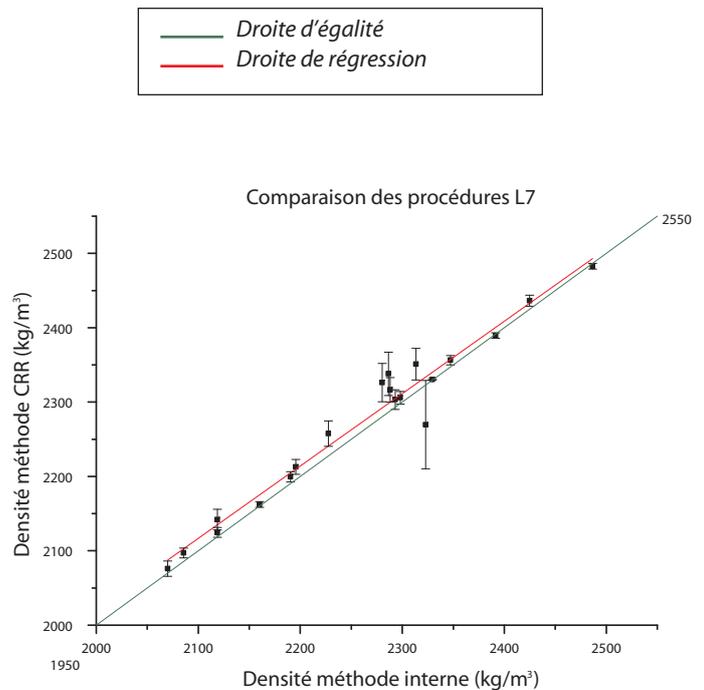


**Figure 5 –**  
Schéma détaillé du  
densimètre nucléaire [4]

1. Source
2. 1<sup>ers</sup> tubes compteurs
3. 2<sup>es</sup> tubes compteurs



**Figure 6 –**  
Décalage du trajet  
lorsque l'appareil est  
tourné de 180°



**Figure 7 – Comparaison entre la méthode CRR et la méthode interne de L7**

méthode prescrite par le CRR, est similaire à celle des résultats des appareils nucléaires.

Le tableau 1 donne un aperçu de la dispersion moyenne des résultats par méthode.

### Dépendance à la température des appareils électromagnétiques

Les mesures avec les appareils électromagnétiques étaient fort dépendantes de la température. Les mesures à la même température étaient comparables lorsqu'elles étaient effectuées sur de l'enrobé chaud.

Sur de l'enrobé chaud, la différence entre les mesures de L6 et de L7 étaient en moyenne de 13,7 kg/m<sup>3</sup>. Pour les mesures sur de l'enrobé froid, les différences entre les laboratoires étaient plus importantes: en moyenne 135,6 kg/m<sup>3</sup> pour les mêmes mesures sur de l'enrobé refroidi.

L'impact de la température sur les mesures est abordé plus en détail dans le rapport de recherche complet disponible sur notre site web [3]. Tous les résultats des mesures électromagnétiques présentés ci-après dans le présent article ont été obtenus sur de l'enrobé chaud.

### Comparaison des résultats de mesure avec les analyses des carottes

Une carotte a été prélevée dans onze des vingt points de mesure, pour analyse. Ces points ont été sélectionnés sur base des résultats de mesure, dans l'optique d'avoir un domaine aussi grand que possible pour pouvoir établir une bonne droite de régression. Un carottage a aussi été effectué dans deux des points défavorables (7 et 14), afin d'étudier l'impact de ce mauvais positionnement sur le résultat. Ces points n'ont toutefois pas été pris en compte dans les droites de régression.

On a tout d'abord déterminé l'épaisseur des carottes, puis leur masse volumique apparente (MVA), par pesage hydrostatique. Afin de permettre une bonne comparaison avec les résultats des appareils de mesure, on a utilisé les MVA établies sur les carottes sciées de 6 cm.

La différence entre la MVA mesurée et celle établie sur carotte a été étudiée pour chaque point de mesure. La différence

	Dispersion moyenne des résultats de la méthode interne (kg/m <sup>3</sup> )	Dispersion moyenne des résultats de la méthode CRR (kg/m <sup>3</sup> )
L1	6	8
L2	31	9
L3	10	10
L4	13	9
L5	26	7
L6	8	8
L7	/	14

Tableau 1 – Aperçu de la dispersion moyenne par méthode

	Différence moyenne sans correction (kg/m <sup>3</sup> )	Différence minimale avant correction (kg/m <sup>3</sup> )	Différence maximale avant correction (kg/m <sup>3</sup> )
L1	-57	0,8	244
L2	-87	8	278
L3	-23	2	200
L4	-114	5	282
L5	-50	7	206
L6	-42	11	130
L7	-49	10	113
<b>MOY</b>	<b>-60</b>		

Tableau 2 – Différence moyenne entre MVA mesurée et MVA établie sur carotte

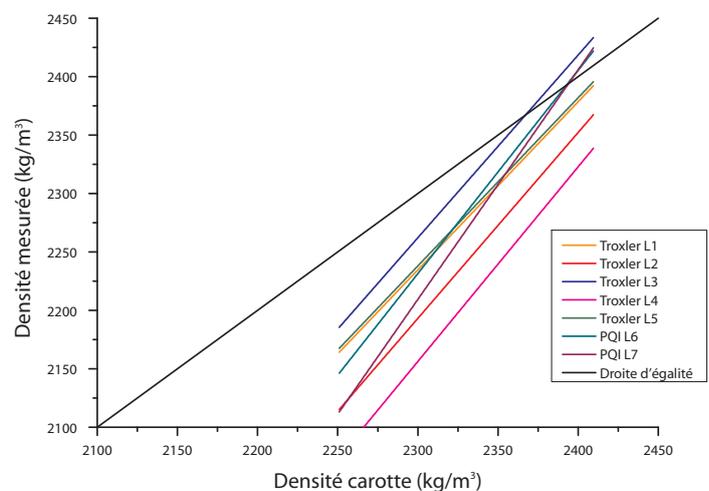


Figure 8 – Aperçu des droites de régression

	Troxler L1	Troxler L2	Troxler L3	Troxler L4	Troxler L5	PQI L6	PQI L7
R <sup>2</sup>	0,82	0,66	0,71	0,49	0,64	0,80	0,82
Pente	1,4385	1,5908	1,5636	1,6658	1,439	1,7392	1,9646
Intercept	-1 074	-1 466	-1 334	-1 675	-1 072	-1 768	-2 309

**Tableau 3 – Régressions calculées**

moyenne par participant a aussi été établie et est donnée au tableau 2.

Les résultats du tableau 2 démontrent que les appareils de mesure sous-estiment les MVA réelles.

#### Détermination des corrélations entre les MVA mesurées et celles établies sur carotte

Pour chaque participant, une droite de régression a été tracée avec les MVA mesurées selon la méthode CRR et celles établies sur des carottes de 6 cm. Les points de mesure défavorables 7 et 14 n'ont pas été pris en compte. Le graphique (figure 8) montre, tout comme les valeurs du tableau 3, que tous les appareils sous-estiment les MVA réelles sur la plus grande partie du domaine de mesure qui est d'application sur ce mélange.

Le coefficient de corrélation R<sup>2</sup> est très bas pour la plupart des appareils nucléaires, et extrêmement bas pour L4. Cet écart peut être dû à un problème au niveau de l'appareil.

#### Correction des données de mesure via les droites de régression

Les données de mesure de chaque participant ont été corrigées via leur régression calculée. Pour chaque point de mesure, la différence entre la MVA corrigée et celle déterminée sur carotte a été étudiée. La différence moyenne pour chaque participant a aussi été établie et est donnée au tableau 4.

Les données du tableau 4 permettent de conclure ce qui suit:

- la différence entre la MVA mesurée et celle établie sur carotte diminue fortement lorsque les MVA mesurées sont corrigées avec une bonne droite de régression;
- il reste recommandé de prélever des carottes pour corriger les résultats de mesure.

	Différence moyenne sans correction (kg/m <sup>3</sup> )	Différence minimale avant correction (kg/m <sup>3</sup> )	Différence maximale avant correction (kg/m <sup>3</sup> )
L1	-4	2	114
L2	0	4	95
L3	-2	5	92
L4	4	8	120
L5	-2	2	90
L6	1	2	41
L7	5	6	44
<b>MOY</b>	<b>0,13</b>		

**Tableau 4 – Différence moyenne entre MVA corrigée et MVA sur carottes**

Répétabilité individuelle de l'appareillage d'essai							
Tous les points de mesure (01 > 20)							
Participant	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
<b>r intra (%)</b>	<b>1,3 %</b>	<b>1,6 %</b>	<b>1,3 %</b>	<b>2,4 %</b>	<b>1,1 %</b>	<b>1,0 %</b>	<b>1,7 %</b>
16 points de mesure (sans les points de mesure 02-07-14-20)							
Laboratoire	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
<b>r intra (%)</b>	<b>1,2 %</b>	<b>1,5 %</b>	<b>1,2 %</b>	<b>1,9 %</b>	<b>0,9 %</b>	<b>0,9 %</b>	<b>1,8 %</b>

**Tableau 5 – Aperçu de la répétabilité interne par participant**

Un autre exemple de calcul qui illustre l'importance de la correction des données de mesure est développé dans le rapport disponible sur notre site web [3]. L'impact des points de mesure défavorables sur le résultat des mesures est également traité dans le rapport.

#### Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité

**La répétabilité** est une mesure de la dispersion des valeurs de mesure qui ont été obtenues dans des conditions similaires: par la même personne, selon la même méthode, avec le même appareil

et les mêmes outils, et dans un délai court.

**La reproductibilité** est une mesure de la dispersion des valeurs de mesure qui ont été obtenues par des personnes différentes lors d'une expérience qui a lieu dans les mêmes conditions, avec une même méthode et avec un autre appareil, éventuellement similaire.

Les données des mesures réalisées selon la méthode prescrite par le CRR ont été soumises sans correction à une analyse statistique. Cette analyse a été réalisée conformément à la NBN ISO 5725-2.

### Répétabilité individuelle

Pour chaque participant, la répétabilité moyenne a été calculée pour les résultats de mesure obtenus avec la méthode prescrite par le CRR. Les résultats sont présentés au tableau 5 (voir p.9).

Les résultats du tableau 5 démontrent ce qui suit:

- la répétabilité est généralement de 1-2 %;
- L4 se détache avec une répétabilité individuelle de 2,4 %, par rapport à la moyenne de 1,7 %. Cela indique à nouveau qu'il peut y avoir un problème avec cet appareil;
- les points de mesure défavorables ont peu d'impact sur la répétabilité.

### Répétabilité totale («R»)

La répétabilité a été calculée pour l'ensemble des appareils, ainsi que pour les appareils nucléaires et électromagnétiques séparément. Les résultats sont donnés dans le tableau 6. Les calculs ont été faits avec les données de mesure non corrigées. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux d'une étude française à grande échelle regroupant une trentaine de participants, réalisée entre 2011 et 2015 [5].

Le tableau 6 permet de voir que la répétabilité varie peu entre les différents appareils. Les résultats sont aussi fortement comparables à ceux de l'étude française [5].

### Reproductibilité totale («R»)

Tout comme la répétabilité, la reproductibilité a été calculée pour l'ensemble des appareils, ainsi que pour les appareils nucléaires et électromagnétiques séparément (tableau 7). Ici aussi, les calculs ont été effectués avec les données de mesure non corrigées et ensuite comparées aux données de l'étude française [5].

La reproductibilité moyenne est de 132 kg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble des appareils et de 110 kg/m<sup>3</sup> pour les appareils nucléaires. Transposée en vides, cela donne une reproductibilité de 5,2 % pour l'ensemble des appareils et de 4,4 % pour les appareils nucléaires. Il s'agit de valeurs élevées. Elles peuvent toutefois être améliorées en réalisant l'analyse statistique sur les valeurs de mesure corrigées via les

	«r» analyse comparative CRR	«r» étude française [5]
Troxler + PQI	41 kg/m <sup>3</sup>	46 kg/m <sup>3</sup>
Troxler	39 kg/m <sup>3</sup>	49 kg/m <sup>3</sup>
PQI	(35 kg/m <sup>3</sup> )*	40 kg/m <sup>3</sup>

Tableau 6 – Aperçu de la répétabilité totale

\* Cette valeur «r» repose sur les résultats de seulement deux appareils et doivent donc être envisagés avec prudence.

	«R» analyse comparative CRR	«R» étude française [5]
Troxler + PQI	132 kg/m <sup>3</sup>	334 kg/m <sup>3</sup>
Troxler	110 kg/m <sup>3</sup>	98 kg/m <sup>3</sup>
PQI	*	391 kg/m <sup>3</sup>

Tableau 7 – Aperçu de la reproductibilité totale

\* La reproductibilité n'a pu être calculée pour les PQI, car seuls deux participants disposaient d'un tel appareil. Un calcul avec deux participants n'a pas de valeur d'un point de vue statistique.

	«R» analyse comparative CRR avant correction	«R» analyse comparative CRR après correction	«R» étude française [5] après correction
Troxler + PQI	132 kg/m <sup>3</sup>	66 kg/m <sup>3</sup>	54 kg/m <sup>3</sup>
Troxler	110 kg/m <sup>3</sup>	42 kg/m <sup>3</sup>	/
PQI	*	*	/

Tableau 8 – Aperçu de la reproductibilité totale avant et après correction

\* La reproductibilité n'a pu être calculée pour les PQI, car seuls deux participants disposaient d'un tel appareil. Un calcul avec deux participants n'a pas de valeur d'un point de vue statistique.

droites de régression. Les reproductibilités calculées avant et après correction sont présentées au tableau 8.

Ces résultats permettent de conclure que la reproductibilité s'améliore considérablement si elle est corrigée après que les données ont été corrigées via les droites de régression. Ceci démontre qu'il est nécessaire de prélever des carottes pour corriger les résultats de mesure.

## Conclusions

De manière générale, nous pouvons conclure ce qui suit:

- tous les appareils conviennent pour étudier l'homogénéité d'une réalisation;
- la reproductibilité est trop importante pour remplacer les contrôles de densité sur des carottes par des mesures in

situ sans effectuer de corrections à l'aide de carottes;

- l'application d'une correction via une droite de régression lors de mesures de densité in situ est absolument nécessaire afin d'estimer au mieux la MVA réelle et ainsi améliorer la reproductibilité des mesures;
- le prélèvement de carottes reste nécessaire pour contrôler les travaux réalisés, mais en nombre plus limité. Celles-ci permettent d'établir la droite de régression qui indique le lien entre la densité mesurée avec le densimètre et leur MVA, ce qui peut surtout s'avérer intéressant pour les travaux de grande ampleur.

## Bibliographie

- [1] **Troxler Electronic Laboratories Inc. (2009)**  
*Manual of Operation and Instruction Model 3450 RoadReader™ Plus, Surface Moisture-Density Gauge. Version 4.4.*  
Cornwallis Rd. : Troxler Electronic Laboratories Inc.
- [2] **TransTech Systems Inc. (2016)**  
*Pavement Quality Indicator PQI380 Operator's Handbook. Version 1.1.*  
Schenectady, NY : TransTech Systems Inc.
- [3] **Duerinckx, Ben (2017)**  
*Rapport Analyse croisée pour l'utilisation de densimètres in situ.*  
Bruxelles : Centre de Recherches routières (CRR).  
Disponible en ligne [www.crr.be/fr/article/f600\\_08](http://www.crr.be/fr/article/f600_08),  
consultation du 17/06/2017.
- [4] **Troxler, Robert Ernest; Wewage, Hiran Linus Dep; Eagan, John T.; Jordan, Alfred W. (2002)**  
*Thin layer nuclear density gauge.*  
App. no. US09931545. Patent no. US6442232.  
Disponible en ligne <https://patents.google.com/patent/US6442232B2/en>,  
consultation du 06/06/2017.
- [5] **Feeser, A.; Bolot, B.; Germain, L.; Gossas, S. (2016)**  
*Enrobés Bitumineux : caractérisation de la masse volumique apparente.*  
In : *Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA) (941)*, pp. 64–71.

## Perspectives d'avenir

Cette analyse comparative a mis en lumière les forces et les faiblesses des différents appareils et procédures.

Une première perspective d'avenir est la réalisation d'un parc de mesure de référence sur le terrain du CRR, permettant aux utilisateurs d'un densimètre in situ de vérifier et d'évaluer leurs appareils. Une deuxième perspective est que cette analyse va générer une procédure utilisable pour l'emploi de densimètres in situ.

En partageant de la sorte de manière active nos connaissances avec le secteur, nous contribuons à la qualité des mesures et de l'ouvrage final.



Ben Duerinckx  
02 766 03 75  
[b.duerinckx@brrc.be](mailto:b.duerinckx@brrc.be)

## L'infiltration dans le domaine public, une nécessité!

### Contexte

Dans les années qui viennent, 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.

C'est la raison pour laquelle la *Vlaamse Milieumaatschappij* (VMM) souhaite que soient rédigés des plans de gestion des eaux pluviales pour les communes flamandes, car ces plans peuvent permettre de mieux étudier et cartographier les risques d'inondation. Des voitures parcourant des rues inondées et des habitations sous eau sont des images auxquelles nous sommes de plus en plus souvent confrontés.

Ce que l'on sait moins, c'est que l'évolution du climat ne conduira pas seulement à des problèmes d'inondations, mais aussi à des pénuries d'eau. Nos plans de

gestion des eaux pluviales devraient donc aussi tenir compte des paramètres liés aux changements climatiques.

La réutilisation individuelle des eaux de pluie pour les activités du quotidien est maintenant rentrée dans les mœurs. Lorsque cela est possible, chaque bâtiment en Flandre doit obligatoirement disposer d'une citerne à eau de pluie. Si nous souhaitons néanmoins garantir cette même idée de disponibilité de l'eau à long terme pour la communauté, il est indispensable de remplir les nappes phréatiques par le biais de l'infiltration.

Contrairement aux inondations, la diminution des nappes phréatiques ne peut pas se voir à l'œil nu, et est donc moins frappante. Toutefois, il s'agit d'un problème à long terme, que les autorités tiennent à l'œil. C'est pourquoi, sur base du principe de l'échelle de Lansink (figure 1, p. 12), la réutilisation des eaux de pluie est une priorité 1 et l'infiltration sur place



une priorité 2 dans la réglementation pour l'évacuation des eaux de pluie.

### Etude VMM

Trop souvent en Flandre, l'infiltration dans les terrains privés et dans le domaine pu-

blic est considérée comme impossible, car il est supposé que le sol n'est pas suffisamment drainant. Sur ce point aussi, la VMM a réalisé un travail innovant. Début 2017, elle a publié une étude portant sur «la rédaction de directives pour mesurer la capacité d'infiltration et pour dimensionner par modélisation les dispositifs d'infiltration». Sur base de sondages dans toute la Flandre, dans des sols de différentes compositions, cette étude a mis en avant le fait que l'infiltration était possible dans beaucoup plus de cas que ce que l'on croyait initialement.

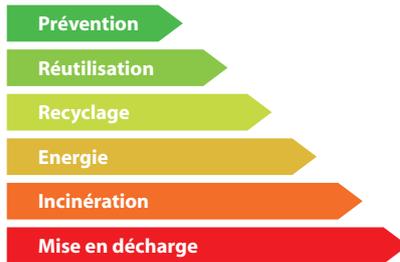
Ces constatations ouvrent la voie à une application efficace de l'infiltration des eaux de pluie dans le domaine public. Cette infiltration se fait dans la mesure du possible en surface, mais pour des raisons de sécurité, de manque de place ou autres, des dispositifs souterrains doivent être placés en guise d'alternative. Les pouvoirs publics ainsi que le maître d'ouvrage doivent pouvoir disposer des garanties de durabilité nécessaires pour pouvoir construire ces dispositifs souterrains dans le domaine public. De nombreux documents et recommandations techniques ont déjà été rédigés.

## Dispositif d'essai du CRR

En tant que Centre de recherches routières, il nous revient de veiller à ce que soient disponibles des connaissances non seulement théoriques, mais aussi suffisamment basées sur la pratique, à propos des dispositifs d'infiltration souterrains – pour une construction durable, bien sûr, mais aussi pour leur contrôle et leur gestion.

En collaboration avec la vzw Kurio et en concertation avec Bram Vogels, l'auteur de l'étude précitée, nous avons débuté la construction d'un dispositif d'essai dans notre siège de Wavre, dans l'objectif d'étudier in situ les différents dispositifs d'infiltration. Plusieurs concepts de perméabilité (mesurée par des sondages de sol), le niveau de la nappe phréatique ou encore les remblais autour des dispositifs, seront analysés. Ces paramètres sont déterminants et décisifs pour le bon fonctionnement d'un dispositif d'infiltration.

L'objectif est que ces différents systèmes d'infiltration, qui sont toujours constitués de différents prétraitements éventuels pour retenir les particules de boue présentes dans les eaux usées et de la partie



**Figure 1**  
Echelle de Lansink: depuis la prévention jusque l'inertage en passant par la valorisation matière et la valorisation énergie



**Figure 2** – Dispositif d'essai au siège de Wavre

d'infiltration même, soient réglés dans ce dispositif de la même manière que dans la pratique. De la sorte, il sera possible d'étudier l'impact de matériaux non conformes ou mal utilisés sur l'infiltration.

Différents dispositifs d'entretien et d'inspection seront confrontés à la pratique via ce dispositif d'essai. Un dispositif multifacettes de ce type était indispensable, car il s'est avéré par le passé que certains dispositifs d'infiltration n'ont pas pu fonctionner correctement suite à des erreurs de conception, des contrôles insuffisants et l'absence d'un plan d'entretien adéquat.

Maintenant que l'étude approfondie de la VMM a démontré que l'infiltration des eaux de pluie pouvait être une solution ou une partie de solution dans toute la Flandre pour lutter contre les inondations et remplir les nappes phréatiques pour les générations à venir, nous estimons, en tant qu'institut de recherche, que le moment est idéal pour se pencher sur cette question.

Cette recherche pratique est réalisée en différentes phases et nous ne manquons pas de vous tenir informés de son avancement dès que des résultats d'essai seront publiés.

## Bibliographie

**Vlaamse Milieumaatschappij (VMM); International Marine and Dredging Consultants (IMDC); Bodemkundige Dienst van België (2017)**

*Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen.*

Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). Disponible en ligne [www.vmm.be/publicaties/opstellen-van-richtlijnen-voor-meten-van-infiltratiecapaciteit-en-modelmatig-onderbouwen-voor-dimensionering-van-infiltratievoorzieningen](http://www.vmm.be/publicaties/opstellen-van-richtlijnen-voor-meten-van-infiltratiecapaciteit-en-modelmatig-onderbouwen-voor-dimensionering-van-infiltratievoorzieningen), consultation du 08/06/2017.



Francis Poelmans  
010 23 65 52  
f.poelmans@brrc.be

## Nouvelle étude prénormative sur les exigences performantielles pour les matériaux destinés aux pavages en pierre naturelle (PREMANAT)



Dans le Bulletin CRR 110 (p. 19), nous vous informions déjà brièvement au sujet des planches expérimentales mises en oeuvre dans le cadre du nouveau projet PREMANAT (en entier «Prestatie-eisen voor Materialen in Natuursteenbestratingen»). Cette étude prénormative a commencé le 1<sup>er</sup> octobre 2016 en collaboration avec le CSTC et avec le soutien du SPF Economie et le NBN, pour une durée de deux ans. Une explication plus détaillée de la mise en place et des objectifs du projet, ainsi qu'une description des sections expérimentales correspondantes en pierre naturelle sont données dans les lignes qui suivent.

### Contexte et problème

Les pavages en pierre naturelle bénéficient depuis peu, en raison de considérations esthétiques, écologiques et/ou culturo-historiques, d'un intérêt renouvelé en construction routière. Ils retrouvent clairement leur place en milieu urbain.

Parmi les matériaux utilisés à l'heure actuelle, on trouve cependant aussi énormément de **matériaux importés**, dont on ne connaît pas encore grand-chose en ce qui concerne les propriétés et l'applicabilité sous notre climat. En outre, les techniques de pose ont fortement évolué ces dernières années. C'est ainsi que les revêtements en pierre naturelle sont de plus en plus souvent mis en oeuvre selon un **concept rigide, lié**, où des joints de dilatation sont cruciaux pour la durabilité du revêtement.

Enfin, la **normalisation** présente encore un certain nombre de **lacunes** concernant certains aspects des pierres naturelles utilisées pour des pavages extérieurs, ce qui fait que pour l'instant, des problèmes se posent encore fréquemment sur des chantiers [1]. Ils sont souvent liés à des aspects techniques qui n'ont pas été traités correctement voire pas du tout dans les documents prescriptifs ou dans les normes auxquelles ils font référence – comme la série de normes euro-

péennes NBN EN 1341-1342 et les Prescriptions Techniques belges PTV 841 («dalles») et PTV 842 («pavés»), et éventuellement des exigences complémentaires qui sont posées dans les cahiers des charges types régionaux (SB 250 en Flandre, CCT Qualiroutes en Wallonie et CCT 2015 à Bruxelles).

Le projet de recherche actuel a pour objectif principal d'établir des méthodes d'essai et des exigences performantielles correspondantes pour des matériaux destinés aux pavages en pierre naturelle soumis au trafic, dans différents domaines considérés par le secteur comme une priorité.

Au niveau de la pierre naturelle même

- **Résistance à la glissance** des éléments de pavage en pierre naturelle, **et leur durabilité**

Il règne encore souvent de l'incertitude quant à la **résistance à la glissance ou à la rugosité** des pavages en pierre naturelle et son évolution dans le temps. Pour le trafic routier, on utilise principalement le pendule SRT (selon la NBN EN 14231). Concernant la détermination de la résistance à la glissance avec cet appareil, il existe cependant diverses normes, qui diffèrent toutes lé-

gèrement au niveau des conditions d'essai prescrites. En outre, le CEN/TC 339 a approuvé récemment une spécification technique pour la détermination de la résistance à la glissance des surfaces piétonnières (CEN/TS 16165) dans laquelle sont décrites quatre méthodes différentes, dont l'essai SRT. Un premier objectif important de l'étude prénormative actuelle est donc de sélectionner un protocole d'essai univoque, normalisé et harmonisé pour la détermination de la résistance à la glissance des pavages en pierre naturelle sous l'effet du trafic.

D'autre part, certains types de pierre naturelle présentent une sensibilité accrue au **polissage** et/ou au vieillissement sous la charge de trafic, ce qui provoque avec le temps une diminution de la résistance à la glissance ou à la rugosité du pavage. Pour l'instant, il n'existe toutefois pas de méthode normalisée et reproductible pour tester la polissabilité de la pierre naturelle et pour évaluer la durabilité de la résistance à la glissance. Un deuxième objectif, complémentaire, est donc d'élaborer une méthode d'essai représentative pour simuler le polissage d'éléments de pavage en pierre naturelle soumis au trafic et pour, en combinaison avec l'essai normalisé susmentionné de détermination de la

résistance à la glissance, définir la durabilité de cette caractéristique dans le temps.

- Résistance à **l'éclatement ou la désintégration** de la pierre naturelle

Un deuxième aspect important concerne le phénomène d'éclatement ou clivage que certains types de pierre naturelle (p.ex. certains types de grès) présentent en raison de leur microstructure ou macrostructure spécifique en cas d'utilisation dans des revêtements modulaires – surtout sous l'effet du trafic. La cause précise n'est pas toujours claire, mais est peut-être due à l'effet combiné de la fatigue mécanique (charge de trafic), des cycles de gel-dégel (infiltration d'eau) et/ou des chocs thermiques (dus à l'hétérogénéité des couches de la structure). En troisième lieu, ce projet vise à développer une méthodologie d'essai pour déterminer la résistance à l'éclatement, afin de distinguer les types de pierre naturelle les plus susceptibles de présenter ce phénomène.

- **Résistance gel-dégel en présence de sels de déverglaçage** de la pierre naturelle destinée aux pavages

La dégradation précédente est aussi étroitement liée au problème des **cycles de gel-dégel en combinaison avec l'utilisation de sels de déverglaçage**. Jusqu'à présent, il n'existe aucune méthode d'essai européenne de détermination de la résistance gel-dégel en présence de sels de déverglaçage pour les éléments de pavage en pierre naturelle, malgré une proposition des pays scandinaves. En outre, les informations scientifiques concernant l'action combinée du gel et des sels de déverglaçage sont encore rares. Un quatrième objectif consiste donc à établir une méthode d'essai, et des exigences correspondantes, pour la détermination de la résistance des éléments de pavage en pierre naturelle aux cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage, en particulier pour des applications dans des pavages soumis au trafic routier (donc exposés à d'importantes quantités de sels de déverglaçage).

- **Réutilisation des éléments en pierre naturelle** dans des pavages



Figure 1 – Exemples d'éclatement ou désintégration de certains types de pierre naturelle sous l'effet du climat et/ou du trafic

En outre, à l'heure actuelle, de plus en plus de produits en pierre naturelle réutilisés arrivent sur le marché pour les travaux routiers, et cette tendance va probablement se poursuivre dans le contexte actuel d'une économie circulaire. Leur statut reste cependant incertain ou inexistant étant donné que les normes produits ne sont pas d'application sur ce type de produits qui ont déjà subi une certaine usure, d'éventuelles phases d'entretien ou un démontage. De plus, les essais prescrits par les normes sont parfois irréalisables ou non pertinents pour différentes raisons, propres à ces matériaux réutilisés. Un objectif supplémentaire de l'étude actuelle est donc aussi de déterminer les caractéristiques techniques à exiger des pavés pour qu'ils puissent être réutilisés et qu'un niveau de qualité aussi élevé que celui obtenu avec des «nouveaux» pavés puisse être garanti.

#### Au niveau des **joints de dilatation**

- Matériaux pour **fouitures** dans des joints de dilatation

Enfin, les revêtements en pierre naturelle sont actuellement de plus en plus réalisés suivant un concept rigide, lié, où les joints de dilatation sont cruciaux pour la durabilité du revêtement. Ils sont entre autres appliqués dans le pavage pour compenser les mouvements et les tensions thermiques qui se manifestent dans le revêtement en raison des variations de température. Pour la mise en oeuvre de ces joints cependant, ni la normalisation européenne, ni les cahiers des charges types belges ne formulent pas de directives exactes. Il n'existe pas non plus de méthodes d'essai et d'exigences performantielles correspondantes pour les matériaux

avec lesquels les joints de dilatation en pavages en pierre naturelle sont réalisés. Par conséquent, dans la pratique, de nombreux produits et méthodes différents sont appliqués, avec un succès variable. Un dernier objectif est donc l'élaboration de directives pour la mise en oeuvre de ces joints de dilatation et d'exigences performantielles pour matériaux pour fouitures destinées aux pavages en pierre naturelle.

## Mise au point de l'étude

Dans la première phase de l'étude, une vaste **étude bibliographique** a été menée, pour avoir un bon aperçu d'une part des normes existantes, méthodes d'essai et exigences correspondantes et, d'autre part, des matériaux pour joints de dilatation. Consécutivement, on effectuera aussi une **sélection** parmi un très grand choix de types de pierre naturelle pour d'autres essais, selon des procédures envisageables, éventuellement à développer, pour la détermination de la résistance à la glissance, la polissabilité, l'éclatement et l'impact des sels de déverglaçage. Il est clair que tous les essais ne sont pas applicables à tous les types de pierre naturelle ni même pertinents.

En outre, différents matériaux pour joints de dilatation sont sélectionnés, dont les propriétés seront testées dans une phase séparée. On se repose sur les méthodes d'essai et exigences fixées pour les **fouitures** des routes en béton, entre autres en ce qui concerne la compressibilité, la reprise de forme et la déformation. Mais à côté, en fonction du type de matériau, d'autres propriétés peuvent aussi jouer un rôle (p.ex. l'absorption d'eau, la charge cyclique, le gel-dégel, etc.).

De plus, des essais sont d'abord réalisés sur les **éléments de pavage en pierre naturelle seuls**, c'est-à-dire le pavé ou la dalle sans interaction avec les joints, pour déterminer les propriétés intrinsèques du matériau. Dans ce cadre, les différents aspects des exigences performantielles sont abordés, tels que la résistance à la glissance et la polissabilité, la résistance à l'éclatement/effritement, la résistance au gel/dégel avec sels de déverglaçage et les caractéristiques des éléments de pavage en pierre naturelle réutilisés.

Ensuite, des essais seront aussi réalisés sur un ensemble d'éléments de pavage en pierre naturelle jointoyés au mortier lié, pour étudier l'**influence des joints** sur certaines propriétés du pavage. Il s'agit en premier lieu de la résistance à la glissance et de la résistance à l'éclatement/l'effritement des revêtements en pierre naturelle (élément de pavage + joint).

En complément des essais sur matériaux pour fourrures, un nombre (limité) de **simulations numériques** à l'aide de calculs par éléments finis sont prévues, pour repérer les dilatations thermiques et les contraintes dans les pavages en pierre naturelle avec des matériaux couramment utilisés. Ces calculs doivent d'une part aider à déterminer les exigences performantielles possibles pour les fourrures, où l'influence de la charge de trafic peut peut-être aussi être simulée. D'autre part, des directives existantes pour la mise en oeuvre de joints de dilatation peuvent aussi être testées et/ou adaptées, en fonction des différentes situations et variations possibles dans la conception du pavage.

Enfin, nous essaierons aussi de suivre les propriétés performantielles susmentionnées tant via monitoring et inspection de réalisations récentes et plus anciennes (p.ex. résistance à la glissance, joints de dilatation) que via la pose de zones d'essai **in situ**, pour **validation** des résultats obtenus en laboratoire. A ce propos, différentes planches d'essai en pavages en pierre naturelle ont été mis en oeuvre récemment sur le terrain du CRR à Sterrebeek.

## Planches d'essai à Sterrebeek

En février-mars 2017, cinq planches d'essai d'environ 24 m<sup>2</sup> ont été mise en oeuvre avec six types de pierre naturelle et différents matériaux pour les joints de dilata-

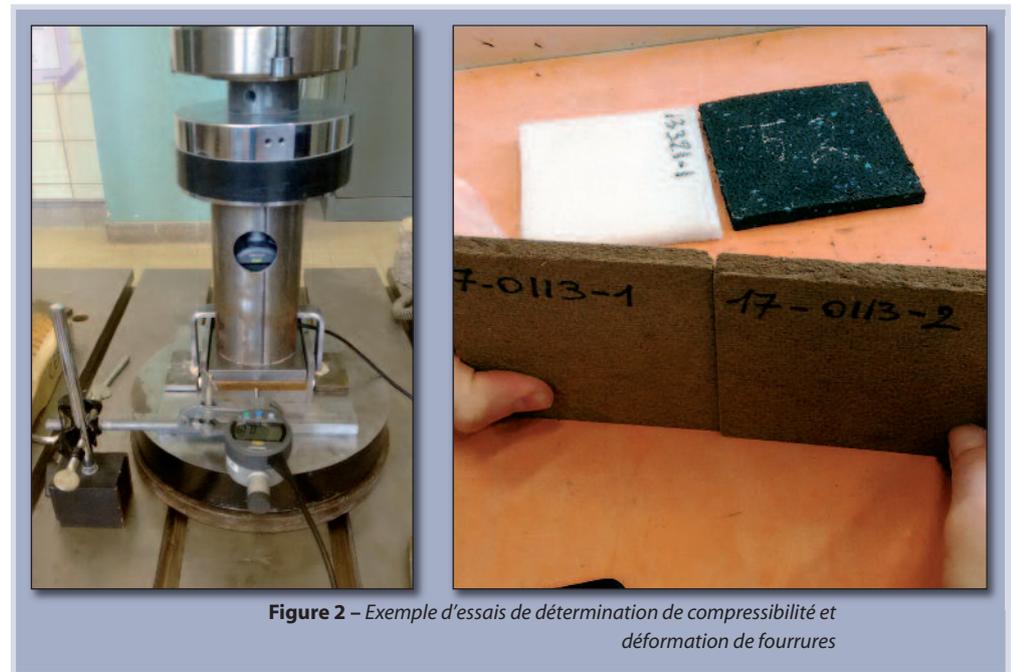


Figure 2 – Exemple d'essais de détermination de compressibilité et déformation de fourrures

tion, en combinaison avec une structure routière différente (type de fondation, couche de pose et matériau de jointoiment, avec ou sans couche d'accrochage entre les éléments de pavage et la couche de pose) (figure 3, p.16).

### Planche d'essai 1

- Pour moitié granit suédois flammé et scié, pour moitié, uniquement pavés réutilisés en granit suédois scié, hauteur de queue 11-13 cm.
- Jointoiment non lié de porphyre 0/2.
- Couche de pose en empierement de porphyre 2/4 (4-6 cm d'épaisseur après compactage).
- Fondation en empierement non liée, 20 cm d'épaisseur.

### Planche d'essai 2

- Porphyre belge scié, pavés réutilisés, hauteur de queue 11-13 cm.
- Mortier de jointoiment époxy lié (en principe drainant).
- Couche de pose en mortier drainant 0/8 (qu'on appelle «microbéton poreux»), 4-6 cm d'épaisseur.
- Fondation en béton maigre drainant, 20 cm d'épaisseur.

### Planche d'essai 3

- Mosaiques de pierre bleue belge, hauteur de queue 8-10 cm.
- Mortier de jointoiment A lié au ciment.
- Couche de pose en sable-ciment, environ 4 cm d'épaisseur.
- Fondation en béton maigre drainant, 20 cm d'épaisseur.

### Planche d'essai 4

- Granit portugais, face supérieure bouchardée et autres côtés sciés, 10 cm d'épaisseur.
- Mortier de jointoiment B lié au ciment.
- Couche de pose en sable-ciment, environ 5 cm d'épaisseur.
- Fondation en béton maigre drainant, 20 cm d'épaisseur.
- Sur la moitié de cette zone, entre la couche de pose du sable-ciment et le dessous des éléments de pavage (sciés), une couche d'accrochage en mortier coulé a été appliquée pour améliorer l'adhésion.

### Planche d'essai 5

- Combinaison de grès belge et indien (50/50) avec une hauteur de queue de 7-10 cm et une face supérieure fendue.
- Mortier de jointoiment C lié au ciment.
- Couche de pose en sable-ciment, 4-5 cm d'épaisseur.
- Fondation en béton maigre drainant, 20 cm d'épaisseur.

A cette occasion, le revêtement bitumineux entre le parking en dalles-gazon à l'arrière du bâtiment du CRR a été démolé et l'ancienne fondation enlevée, et on a chaque fois travaillé sur la sous-fondation existante (reprofilée et recompaquée). La planche 1 a été posée entre deux bandes de contrebutage. Des joints de dilatation ont été réalisés entre les planches 2 et 3, 3 et 4, et 4 et 5 avec des fourrures de différents matériaux (respectivement du PVC recyclé, du caoutchouc recyclé et du

polyéthylène), dont le dessus (2-3 cm supérieurs) a chaque fois été scellé avec des jointoiements élastiques différents.

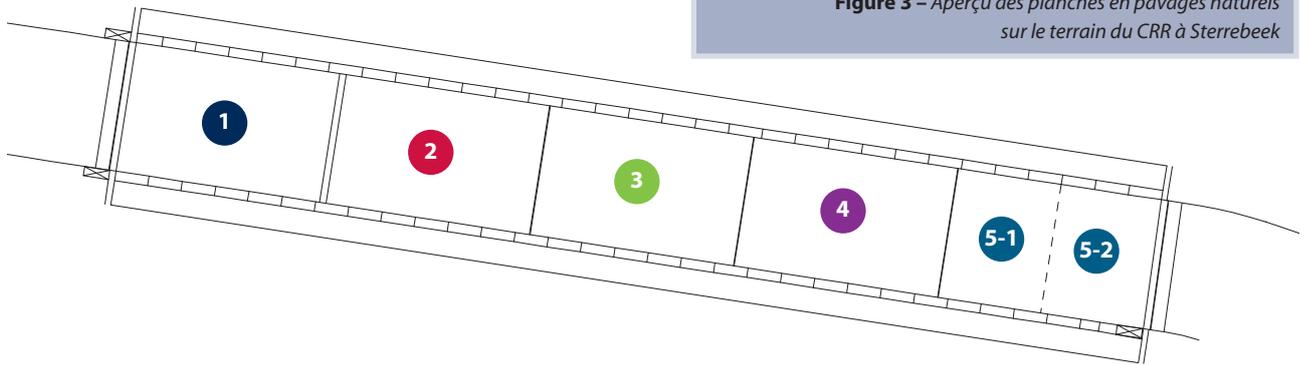
Le nombre de joints de dilatation est plus grand que strictement nécessaire si l'on s'en tient à des considérations thermiques, mais a été déterminé pour vérifier le comportement sous trafic. Pour augmenter la stabilité des pavages autour de ces joints, une couche d'accrochage similaire en mortier a été placée sur une distance d'environ 0,5 m à gauche et à droite du joint de dilatation (figure 4).

Pendant la mise en oeuvre, divers échantillons des matériaux utilisés (p.ex. béton maigre drainant, sable-ciment et mortiers de jointoiement) ont été prélevés pour en contrôler les propriétés. Directement après la pose, diverses mesures ont été réalisées pour déterminer l'état initial des pavages en pierre naturelle:

- rugosité et résistance à la glissance (pendule SRT et le *Portable Friction Tester* (PFT) du CRR);

- profils transversaux (profilomètre électromécanique laser);
- planéité longitudinale (profilomètre pour piste cyclable);
- trafic (tubes pneumatiques).

Ces mesures seront bien entendu répétées pour suivre le comportement dans le temps et tester sur le terrain les méthodes et exigences du laboratoire.



**Figure 3** – Aperçu des planches en pavages naturels sur le terrain du CRR à Sterrebeek

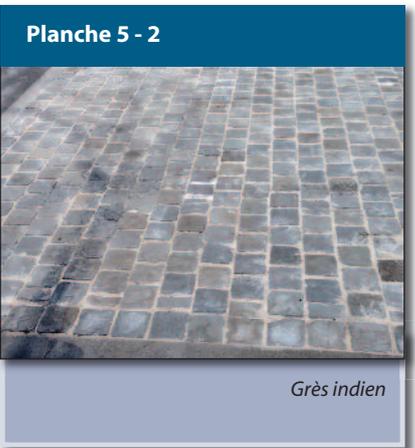
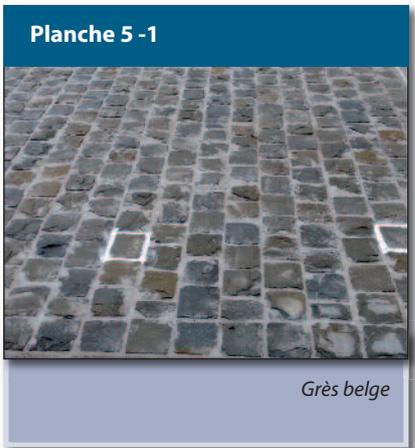
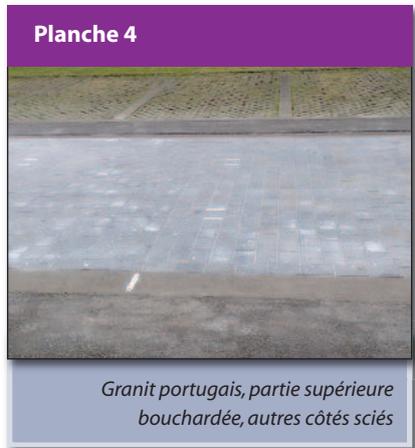
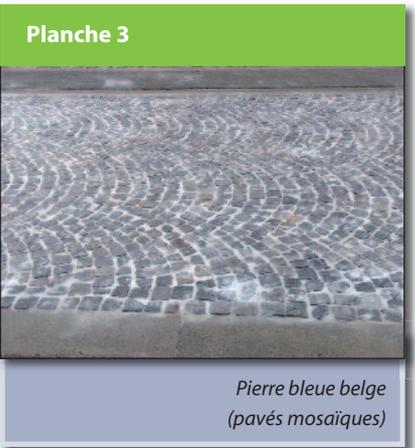
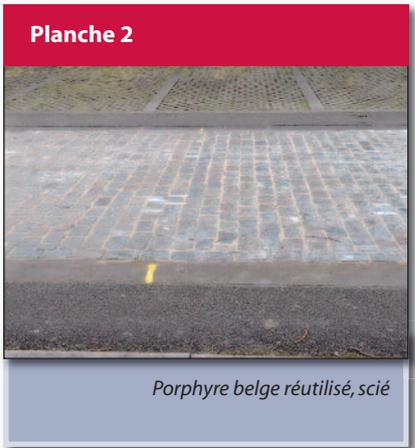
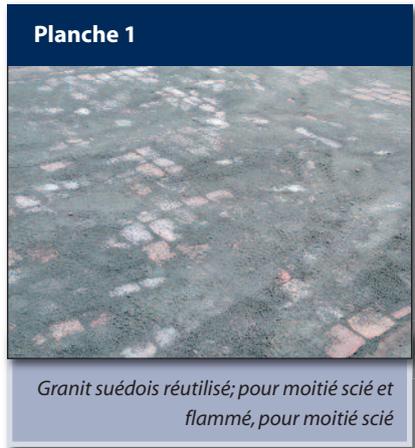




Figure 4 – Trempage des pavés dans du mortier d'accrochage (à gauche) et au-dessus, scellage des joints de dilatation avec matériau de jointoiement élastique (à droite)



Figure 5 – Echantillons de contrôle et mesures initiales sur les planches avec pierre naturelle

## Conclusions et perspectives

Les diverses méthodes d'essai élaborées dans l'étude prénormative PREMANAT pour déterminer les exigences en matière de durabilité pour les matériaux en pavages en pierre naturelle permettront à l'utilisateur d'appliquer ces produits avec plus de confiance. En outre, elles fourniront aux producteurs belges, et plus généralement aux producteurs et distributeurs européens de pierre naturelle, davantage de compétitivité sur le marché (mondial), en augmentant la crédibilité de leurs matériaux.

Les résultats seront aussi coulés dans des recommandations pour des normes européennes à venir et diffusés parmi les professionnels des secteurs compétents.

Nous vous tiendrons bien entendu au courant des développements ultérieurs et résultats de recherche dans des publications CRR et sur notre site web ([www.crr.be](http://www.crr.be)).

### Normes – Directives techniques

#### **NBN EN 1341 (2013)**

*Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur : exigences et méthodes d'essai.*

#### **NBN EN 1342 (2013)**

*Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur : exigences et méthodes d'essai.*

#### **PTV 841 (2005)**

*Dalles de pierre naturelle pour pavage extérieur.*

#### **PTV 842 (2005)**

*Pavés de pierre naturelle pour pavage extérieur.*

#### **NBN EN 14231 (2003)**

*Méthodes d'essai pour les pierres naturelles : détermination de la résistance à la glissance au moyen du pendule de frottement.*

#### **CEN/TS 16165 (2016)**

*Determination of slip resistance of pedestrian surfaces : methods of evaluation.*



Elia Boonen  
02 766 03 41  
[e.boonen@brrc.be](mailto:e.boonen@brrc.be)



Sylvie Smets  
02 766 04 11  
[s.smets@brrc.be](mailto:s.smets@brrc.be)

### Bibliographie

[1] **Netels, V.; Nicaise, D. (2012)**

*Pertinence des essais sur produits finis en pierre naturelle : l'exemple de la glissance.*

In : CSTC Contact (34), p. 12. Disponible en ligne [www.cstc.be/homepage/download.cfm?dtype=bbriconcontact&doc=Contact\\_fr\\_02\\_2012.pdf&lang=fr](http://www.cstc.be/homepage/download.cfm?dtype=bbriconcontact&doc=Contact_fr_02_2012.pdf&lang=fr), consultation du 06/06/2017.

## Du 4 au 6 octobre 2017, le CRR sera au XXIII<sup>e</sup> Congrès belge de la route à Bruxelles



## Congrès belge de la Route

Du 4 au 6 octobre 2017, l'Association belge de la route (ABR) fixe rendez-vous à tous les professionnels du secteur de la construction, de l'entretien et de l'exploitation des routes en Belgique – tels que les gestionnaires routiers et de réseau, les entrepreneurs, bureaux-conseils et centres de recherche – pour le XXIII<sup>e</sup> Congrès belge de la route au *SQUARE Meeting Centre* à Bruxelles.

Cette XXIII<sup>e</sup> édition est organisée par Bruxelles Mobilité (Service public régional de Bruxelles), sous la présidence du directeur général Jean-Paul Gailly.

Le programme s'articule autour des quatre phases de vie de l'infrastructure routière: la conception, l'exécution, l'entretien et l'exploitation de la route.

L'approche est résolument pragmatique en mettant en avant des innovations, en

attirant l'attention sur les bons exemples et en utilisant le savoir-faire des entreprises et des administrations de toutes les régions, provinces et communes de Belgique, actives dans le secteur routier.

Les sujets particuliers mis sur le devant de la scène sont cette fois-ci les aspects de la route dans un environnement urbain, une mobilité intelligente (*Smart Mobility*), la qualité de l'espace public et le service aux usagers.

En plus de vingt-quatre sessions de travail et de deux visites de terrain, l'exposition propose aux différents acteurs publics et privés une opportunité unique de présenter leurs matériaux, produits, techniques, machines, développements et réalisations sur une surface de plus de 500 m<sup>2</sup> et d'établir des contacts en vue d'une collaboration future.

Fidèle à ses habitudes, le CRR est étroitement impliqué dans l'organisation du XXIII<sup>e</sup> Congrès belge de la route, avec:

- Claude Van Rooten en tant que membre du comité d'organisation et une très grande participation au comité du programme;
- des sessions construites autour de présentations proposées par les comités techniques du CRR;
- des collaborateurs du CRR intervenant dans ces sessions comme coordinateur technique ou chef de thème;
- de nombreux collaborateurs du Centre qui ont introduit des propositions de contributions aux différentes sessions;
- un stand (n° 2) comme *golden sponsor* à l'exposition.

**Ne tardez plus à vous inscrire** au moyen du formulaire en ligne sur [www.cbr-bwc.be/fr/formulaire-inscription](http://www.cbr-bwc.be/fr/formulaire-inscription)

## L'ABR visite le chantier du Boulevard de la Woluwe



*Aperçu d'une phase en cours d'exécution, à partir du troisième étage du bâtiment du CRR à Woluwe*

A l'occasion des réunions semestrielles du Conseil d'Administration et de l'Assemblée Générale, l'ABR a visité le 26 avril le chantier de réaménagement du Boulevard de la Woluwe à Bruxelles.

Avant la visite proprement dite, Eric Quinet, chef de projet, a donné, au nom du concepteur (le bureau conseil SumProject architecture & engineering) et le maître

d'ouvrage (la Direction Projets et Travaux d'Aménagement des Voiries de Bruxelles Mobilité) une explication des objectifs et des circonstances des travaux.

Après la prolongation de la ligne de tram 94 jusqu'au musée du tram, celle-ci reliera à terme la station de métro Roodebeek via le boulevard de la Woluwe.



*Eric Quinet, chef de projet, pendant la présentation*

Les voies de tram seront intégrées du côté du parc, elles seront engazonnées, renforçant ainsi l'aspect paysager du boulevard de la Woluwe. Une zone mixte de promenade cyclo-piétonne sera créée entre la zone de parc et les voies de tram («promenade»).



Voies de tram et promenade à côté du parc

De l'autre côté, une piste cyclable bidirectionnelle et un trottoir plus large pour les écoles sont prévus.

Dans les deux sens, les deux bandes de circulation seront maintenues, mais leur largeur sera réduite. Les automobilistes respecteront ainsi plus facilement la vitesse maximale de 50 km/h. L'aire de stationnement sera maintenue en longueur.

Les contre-allées rejoindront les chaussées principales à une plus grande distance des carrefours. Les carrefours pourront dès lors être aménagés plus simplement, avec moins de conflits de trafic. En outre, il ne sera plus possible de faire demi-tour et de petites traversées, protégées par des feux lumineux, seront faites.



Réaménagement du côté des bâtiments. De gauche à droite: (future) bande verte, avec des bancs publics çà et là; trottoir (à venir); piste cyclable bidirectionnelle (béton); bande de stationnement (pavés)

De chaque côté de la voirie, une bande verte est prévue pour planter des arbres d'alignement (frênes et ormes) et y aménager des «noues» avec un sol en graviers. Ainsi, l'eau qui s'écoule de la chaussée peut s'infiltrer dans le sol, alors que l'eau excédentaire sera évacuée par les avaloirs. Pour cette évacuation, deux nouveaux collecteurs secondaires seront posés (en plus du collecteur principal existant).

Enfin, le terminus Roodebeek sera réaménagé, en tant que carrefour intermodal à part entière. En plus du terminal du tram 94, le métro et les bus De Lijn et TEC y ont aussi un arrêt. L'accès au Woluwe Shopping Center sera lui aussi réaménagé avec deux carrefours à feux sur le boule-



Travaux d'excavation pour une noue. La fente sous la bordure laisse passer l'eau de la chaussée, alors que l'avaloir servira de trop-plein

vard et un nouveau parking de dissuasion.

Avec cet ensemble d'interventions, le projet répond à six objectifs:

- valorisation de l'espace public pour tous les usagers;
- renforcement de l'intermodalité;
- prolongation de la ligne de tram 94 et une mobilité durable;
- amélioration de la sécurité routière (spécifiquement pour les usagers actifs);
- mise en valeur des rives de la Woluwe;
- gestion des eaux de ruissellement.

## Trois Belges dans les commissions de l'AIPCR

Les trois candidatures belges ont été entérinées par le Comité exécutif de l'AIPCR ce 28 février 2017 à Abou Dabi.

C'est ainsi qu'Inge Paemen (Région de Bruxelles-Capitale) participera en 2017-2020 aux activités de la *commission Communication*, Philippe Lemoine (Wallonie) intègre la commission des Finances et Peter De Backer (Région flamande) rejoint la commission du Plan stratégique.

Leur présence au sein de ces trois commissions clés dans la gestion de l'AIPCR est essentielle pour préparer l'avenir.

Nous vous présentons brièvement ci-après les trois nouveaux membres belges de ces commissions, avec leurs réponses à quelques questions que nous leur avons posées.



### Inge Paemen *Commission Communication*

Licenciée en Sciences de la communication et diplômée en *Marketing, Reclame en Public Relations*, il semblait évident pour Inge Paemen d'aboutir dans la communication. Toute sa carrière, elle a travaillé comme conseillère en communication et porte-parole dans des institutions variées dans le secteur (semi-)public. Dans l'intervalle, elle communique déjà depuis dix ans auprès de Bruxelles Mobilité au sujet des projets d'infrastructure bruxellois et de la politique de mobilité.

*Comment voyez-vous votre rôle dans cette commission?*

En tant que nouvelle venue dans une organisation qui existe depuis si longtemps, je vais essayer d'apporter de nouvelles idées grâce à ma propre expérience professionnelle. Les erreurs de communication que j'ai faites dans le passé peuvent peut-être aider d'autres membres à ne pas tomber dans les mêmes pièges que moi. D'autre part, j'espère aussi beaucoup apprendre de la part des autres membres de la commission parce qu'ils appréhendent tous les choses d'un point de vue qui leur est propre. J'ai beaucoup de plaisir à mettre mon expertise au service de

l'AIPCR pour lui donner plus de notoriété, mais surtout pour mettre en valeur l'intérêt de l'organisation et ses missions.

*Quels messages/questions/attentes emmenez-vous de la Belgique en général et de l'ABR en particulier pour cette commission?*

Je suis trop nouvelle au sein de l'ABR pour déjà y faire des déclarations sensées à son sujet. Pourtant, je pense que, en Belgique, nous avons plusieurs atouts à offrir. Certainement dans le contexte bruxellois, je ressens quotidiennement comment chaque culture a sa particularité, aussi – et peut-être surtout – quand il s'agit de communication. Les différences dépass-

sent les différences de langage et il importe d'en tenir compte dans l'élaboration d'une stratégie de la communication. En outre, je pense qu'il est important de signaler que les développements actuels en matière de mobilité et de travaux d'infrastructure peuvent offrir des opportunités et défis importants à l'organisation et à ses membres.

*Quels messages/réponses espérez-vous ramener de cette commission pour la Belgique en général et de l'ABR en particulier*

Ma première expérience m'apprend qu'un meilleur échange d'informations entre l'association nationale et internationale de la route semble primordiale. Les différents groupes de travail techniques réalisent un gros travail, mais il est trop peu mis en valeur. Une meilleure valorisation au sein des associations nationales me semble une tâche importante pour les représentants dans la commission de communication. En fait, tous les représentants dans l'organisation devraient se comporter en ambassadeur de l'AIPCR dans leur propre pays.

Philippe Lemoine  
*Commission des Finances*

Philippe Lemoine est attaché à la Direction générale des Routes du Service public de Wallonie (SPW) depuis 1995. Il travaille au centre PEREX, dans le domaine des Systèmes de Transport Intelligents (ITS). Depuis 2001, il participe aux activités et manifestations de l'ABR, entre autres l'organisation des Congrès belges de la route. Depuis trois ans, il est aussi le trésorier de l'ABR. De plus, il était auparavant

actif au sein de l'Association mondiale de la route (AIPCR), en tant que membre de la *Communications and International Relations commission* entre 2005 et 2013.

*Comment voyez-vous votre rôle dans cette commission?*

Les commissions de l'AIPCR, et spécialement la commission des Finances, jouent un rôle d'appui pour le Comité exécutif et pour le Président. Mon engagement dans cette commission visera avant tout à soutenir l'action de Claude Van Rooten et, à travers lui, la volonté du Comité national belge de redynamiser une Association qui compte plus d'un siècle d'existence et de lui donner tout son sens pour les prochaines années.

*Quels messages/questions/attentes emmenez-vous de la Belgique en général et de l'ABR en particulier pour cette commission?*

La Belgique est un pilier de l'AIPCR. Je pense qu'elle a un rôle à jouer dans le maintien de la pérennité de l'Association, qui passe par des finances saines et aussi dans ses choix stratégiques pour le futur, par l'affectation des ressources financières à des projets d'avenir intéressants pour ses membres et pour l'ensemble de la communauté routière.

*Quels messages/réponses espérez-vous ramener de cette commission pour la Belgique en général et de l'ABR en particulier?*

Les spécialistes envoyés dans les comités techniques de l'AIPCR par la Belgique, par l'intermédiaire de son comité national, l'ABR, s'investissent énormément dans le partage des connaissances et des techniques. Il est important que l'AIPCR dis-

pose des ressources et fasse les choix adéquats pour faire connaître et pour valoriser ce travail.

Peter De Backer  
*Commission du Plan stratégique*

Peter De Backer est ingénieur civil en architecture de formation et membre du conseil de direction de l'*Agentschap Wegen en Verkeer* (AWV). En tant que chef de division, il a la gestion quotidienne de la division *Wegen en Verkeer Oost-Vlaanderen*.

Bien qu'il ne soit pas actif au sein de l'ABR, il s'est porté candidat pour pouvoir représenter l'AWV au niveau stratégique au sein de l'AIPCR. Il espère ainsi non seulement entrer en contact avec ce qui se passe dans d'autres administrations routières, mais aussi aider à diriger et donner des pistes à l'administration des routes de l'avenir.

Le transport par route est face à un bouleversement titanesque. Les véhicules électriques, mais aussi les véhicules autonomes, seront plus vite la norme que nous le pensons. Et la manière dont nous devons nous y préparer, c'est ça qui est important pour la pertinence de nos organisations.



Nous souhaitons aux trois membres belges fraîchement arrivés dans les commissions AIPCR plein succès dans l'exercice de leur nouvelle fonction.



## 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](http://www.linkedin.com/company/brrc)



[www.youtube.com/c/BrrcBe](http://www.youtube.com/c/BrrcBe)

### Siège social

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

Fax: 02 772 33 74  
[brrc@brrc.be](mailto: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

