

# Bulletin CRR

85



## Centre de recherches routières

### AGENDA

#### Cycle de formation hivernale 2011 ▶ 3

##### Jour 1 – Jeudi 13 janvier

*Prise en compte du concept de développement durable en construction routière*

##### Jour 2 – Mardi 25 janvier

*Infrastructure routière – Maîtrise des terrassements, des matériaux d'apport et de l'eau*

##### Jour 3 – Jeudi 10 février

*Techniques d'entretien et de réparation des revêtements bitumineux*

##### Jour 4 – Mardi 22 février

*Mise en oeuvre, entretien et réparation des routes en béton*

#### Après-midi d'information ▶ 5

*VIABEL pour une gestion efficace de la route*

#### Symposium ▶ 5

*Revêtements minces, revêtements du futur?*

1 Etude en laboratoire d'un sol limoneux traité aux liants hydrauliques routiers ▶ 6

2 Guidance technologique VALODECH ▶ 11

3 Caractérisation des matériaux granulaires non liés (naturels ou recyclés/secondaires) par l'essai triaxial cyclique ▶ 14

4 Gestion des mauvaises herbes – Etude sur le parking expérimental du CRR ▶ 20

5 Travaux routiers et nuisances – Un bilan intermédiaire du CRR ▶ 25

6 Le CRR, partenaire d'une mission du secteur belge de la construction en République démocratique du Congo ▶ 28



La mobilité coopérative:  
évolution ou révolution?

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30.1.1947

## Siège social

Boulevard de la Woluwe 42  
1200 BRUXELLES  
Tél.: 02 775 82 20 - Fax: 02 772 33 74

## Laboratoires

Fokkersdreef 21  
1933 STERREBEEK  
Tél.: 02 766 03 00 - Fax: 02 767 17 80

Avenue A. Lavoisier 14  
1300 WAVRE  
Tél.: 010 23 65 00 - Fax: 010 23 65 05

E-mail: [brrc@brrc.be](mailto:brrc@brrc.be)

## Rédaction

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



[www.crr.be](http://www.crr.be)

## Agenda

### 26 & 27 janvier 2011

Park & Road – *Salon professionnel de la mobilité, du parking et de la sécurité routière*, Courtrai  
<http://www.parkandroad.be/>

### 16-17 mars 2011

Deutscher Strassenausstattertag 2011, Düsseldorf (Allemagne)  
[www.strassenausstattertag.de](http://www.strassenausstattertag.de)

### 5-7 avril 2011

Mobitrafic 2011 – *Salon international du trafic et de l'exploitation routière*, Lille (France)  
[www.mobitrafic.com](http://www.mobitrafic.com)

### 7-8 avril 2011

Fit to Drive – *5th International Traffic Expert Congress*, La Haye (Pays-Bas)  
[www.fit-to-drive.com](http://www.fit-to-drive.com)

### 25-27 mai 2011

FIT – *Forum International des Transports*, Leipzig (Allemagne)  
<http://www.internationaltransportforum.org/homefr.html>

### 8-12 août 2011

9th Symposium on High Performance Concrete *Design, Verification & Utilization* Christchurch (Nouvelle-Zélande)  
[www.hpc-2011.com/nz](http://www.hpc-2011.com/nz)

### 26-30 septembre 2011

24<sup>ème</sup> Congrès mondial de la route de l'AIPCR, Mexico City (Mexique)  
[www.aipcr.mexico2011.org/index.php?lang=en](http://www.aipcr.mexico2011.org/index.php?lang=en)

Reportez-vous également à la rubrique AGENDA de notre site web [www.crr.be](http://www.crr.be)

## Dossier 9 – La mobilité coopérative: évolution ou révolution?



Au cours des décennies écoulées, la recherche combinée dans les domaines du transport, de l'information et des communications s'est attaquée au triple problème de l'insécurité routière, de la congestion des routes et des impacts environnementaux. La vision? Créer, par le biais de technologies nouvelles, une authentique coopération entre conducteurs, leurs véhicules et l'infrastructure de transport.

Pour réaliser cette vision, une collaboration sans précédent a réuni l'industrie automobile, les équipementiers, les autorités publiques, les opérateurs routiers, les gestionnaires de flottes de transport (public ou de marchandises) et une kyrielle de fournisseurs de services et de contenus.

Après un bref historique de l'évolution de la recherche européenne et une description des systèmes coopératifs, ce dossier traite en détail de l'enjeu du projet CVIS, auquel le CRR a également collaboré. Enfin, quelques exemples du déroulement de la recherche CVIS sont décrits.

► R. Jacobs: 010 23 65 30;  
[r.jacobs@brrc.be](mailto:r.jacobs@brrc.be); [safety@brrc.be](mailto:safety@brrc.be)



## Cycle de formation hivernale 2011

13 & 25 janvier - 10 & 22 février 2011



Les bonnes traditions méritent d'être maintenues.

Au CRR, pour la huitième année consécutive, l'hiver est synonyme de cycle de formation à l'intention de la profession, selon une formule de cours de base. Nous avons le plaisir de vous inviter à nous rejoindre dans l'auditorium de Sterrebeek.

Nous souhaitons cette année mettre l'accent sur la qualité de l'exécution et des techniques d'entretien et de réparation, car le CRR a résolument pris la voie de la construction durable. En effet, dans le contexte social, économique et environnemental actuel, les projets d'infrastructure doivent s'inscrire dans une démarche de développement durable aux divers stades de tout projet, qu'il s'agisse de nouvelles constructions ou de rénovations/réparations d'infrastructures existantes. Cet hiver, nous vous proposons d'examiner les sujets abordés au cours d'un cycle de quatre jours.

## Day 1 13 Jan. 2011



*Prise en compte du concept de développement durable en construction routière*

9.00	Accueil (avec café)	
9.30	Mot de bienvenue	<i>Claude Van Rooten</i>
9.35	Les infrastructures routières durables – Etat de l'art et perspectives	<i>Alain Leuridan</i>
	<b>Construction durable</b>	
10.00	La texture des revêtements – Un paramètre important dans la lutte contre le bruit et les gaz à effet de serre	<i>Luc Goubert</i>
10.20	Les revêtements perméables pour stocker temporairement l'eau de pluie	<i>Anne Beeldens</i>
10.40	Une approche durable et écologique – Evacuation séparée des eaux usées et pluviales	<i>Francis Poelmans</i>
11.00	Pause-café	
11.20	Le recyclage pour préserver les ressources – Choix des matériaux et analyse du cycle de vie	<i>Luc De Bock</i>
	<b>Mobilité durable</b>	
11.40	Réduire la gêne au trafic due aux chantiers – Accessibilité et mobilité des zones de chantier	<i>Hinko Van Geelen</i>
12.00	Gestion des chantiers: exemples de bonnes politiques	<i>Wanda Debauche</i>
12.20	Pause de midi	
	<b>Sécurité durable</b>	
13.30	Les principes clés de la sécurité durable dans la conception routière	<i>Xavier Cocu</i>
13.55	Evaluer la sécurité – Audits et inspections	<i>An Volckaert</i>
14.15	Equiper la route et protéger l'utilisateur	<i>Kris Redant</i>
14.35	Problématique de la signalisation des chantiers	<i>Erik Caelen (AVCB - VGSB)</i>
14.45	Réaliser une signalisation réfléchie aux divers stades du projet	<i>Jean-Pierre Van De Winckel</i>
15.15	Les outils des évaluations globales – Les développements actuels	<i>Renaud Sarrazin</i>
15.35	Questions – réponses et clôture	

## Day 2 25 Jan. 2011



*Infrastructure routière – Maîtrise des terrassements, des matériaux d'apport et de l'eau*

9.00	Accueil (avec café)	
9.30	Introduction de la journée	<i>Bernard Dethy</i>
9.40	Structure d'une chaussée	<i>Luc De Bock</i>
10.10	L'eau et la route	<i>Régis De Bel</i>
10.30	Pause-café	
10.50	Essais de sol en laboratoire et sur chantier	<i>Patrick Tonné</i>
11.20	Maîtrise des terrassements	<i>Frank Theys</i>
11.50	Traitement des sols	<i>Colette Grégoire</i>
12.30	Questions et réponses	
12.45	Pause de midi	
13.45	Caractérisation des granulats	<i>Benoît Janssens</i>
14.15	Utilisations des granulats dans les (sous-)fondations	<i>Luc De Bock</i>
14.45	Géosynthétiques en construction routière	<i>Frank Theys</i>
15.15	Questions – réponses et clôture	

## Day 4 22 Feb. 2011



*Mise en oeuvre, entretien et réparation des routes en béton*

9.00	Accueil (avec café)	
9.15	Introduction de la journée	<i>Anne Beeldens</i>
9.20	Conception et exécution des routes en dalles de béton non armé	<i>Anne Beeldens</i>
9.55	Réparation des routes en dalles de béton non armé	<i>Sergio Perez</i>
10.30	Pause-café	
11.00	Composition optimale pour un béton durable	<i>Claude Ployaert (Febelcem)</i>
11.50	Joints, conception et exécution	<i>Pascal Buys (Robuco)</i>
12.20	Questions et réponses	
12.30	Pause de midi	
13.30	Conception, exécution et réparation de routes en béton armé continu	<i>Olivier De Myttenaere</i>
14.25	Pause-café	
14.45	Contrôle de la qualité lors de l'exécution	<i>Anne Beeldens</i>
15.15	Caractéristiques de surface des routes en béton actuelles	<i>Luc Goubert</i>
15.45	Pathologie des routes en béton sur base d'études de cas	<i>Luc Rens (Febelcem)</i>
16.30	Questions – réponses et clôture	

## Day 3 10 Feb. 2011



*Techniques d'entretien et de réparation des revêtements bitumineux*

9.00	Accueil (avec café)	
9.30	Introduction de la journée	<i>Ann Vanelstraete</i>
9.35	Choix des techniques d'entretien	<i>Pierre-Paul Brichant</i>
10.25	Etapas préparatoires, couches d'accrochage et particularités lors de recouvrements	<i>Emmanuel Van Damme (Aswebo)</i>
11.10	Pause-café	
11.30	Réparations locales	<i>Pierre-Paul Brichant</i>
12.25	Questions et réponses	
12.30	Pause de midi	
13.30	Enduits et MBCF	<i>Bart Beaumesnil</i>
14.25	Entretien des complexes étanchéité-revêtement de ponts – Partie 1: Particularités du cas des ponts	<i>Lieve Glorie</i>
14.45	Pause-café	
15.15	Entretien des complexes étanchéité-revêtement de ponts – Partie 2: Approche pratique	<i>Régis Lorant</i>
15.45	Recouvrements de revêtements en béton à l'aide d'enrobé et d'une interface antifissure	<i>Ann Vanelstraete</i>
16.25	Questions – réponses et clôture	

### Lieu

Auditorium du CRR, Fokkersdreef 21, 1933 Sterrebeek.

### Itinéraire:

[www.ocw.be/maps/Sterrebeek\\_fr.pdf](http://www.ocw.be/maps/Sterrebeek_fr.pdf)

En raison d'une étude en cours, le parking à l'intérieur de l'enceinte n'est pas accessible, mais places disponibles en suffisance en voirie.

### Langues

Français et néerlandais avec traduction simultanée. Les slides des présentations seront disponibles en français et en néerlandais. Chaque participant en recevra un exemplaire dans sa langue.

### Participation aux frais

Membres CRR: 175 € / journée / participant.

Non-membres: 220 € / journée / participant.

Ces prix comprennent les pauses-café, les syllabus et le lunch. Ils s'entendent TVA comprise.

### Inscriptions

Au plus tard une semaine avant le jour concerné, au moyen du formulaire on-line sur notre site internet [www.brrc.be/winterCourse](http://www.brrc.be/winterCourse)

### Informations

Mme Leen Bosmans, tél.: 02 766 03 55, fax: 02 767 17 80, e-mail: [L.bosmans@brrc.be](mailto:L.bosmans@brrc.be)

Les membres CRR sont les membres ressortissants (entrepreneurs en construction routière) et les membres adhérents (y compris les collaborateurs du SPW, de Bruxelles Mobilité et du MOW).



## Après-midi d'information *VIABEL pour une gestion efficace de la route* Mardi 18 janvier 2011

Comme mentionné dans le Bulletin CRR 81 (p.15), le CRR et KOAC-NPC, riches de leur expérience, ont élaboré conjointement VIABEL, un nouveau système de gestion des réseaux routiers communaux.

Pour permettre aux professionnels du secteur de se familiariser avec ce nouveau logiciel, une après-midi d'information est organisée le mardi 18 janvier 2011 dans l'auditorium du CRR à Sterrebeek. La session d'information s'adresse aux maîtres d'ouvrages publics (villes, communes, provinces, régions) et aux gestionnaires de surfaces importantes (terrains industriels, etc.).

### ► Programme

12h30	Accueil (avec café et sandwich)
13h30	Présentation du logiciel <i>VIABEL</i> pour la gestion de réseau – Contexte théorique et possibilités d'application
14h45	Pause-café
15h15	Inspection visuelle pour la gestion de réseau et démonstration du logiciel <i>VIABEL</i>
16h30	Clôture

### ► Informations pratiques

#### Lieu

Auditorium du CRR, Fokkersdreef 21, 1933 Sterrebeek.

Itinéraire: [www.ocw.be/maps/Sterrebeek\\_fr.pdf](http://www.ocw.be/maps/Sterrebeek_fr.pdf)

En raison d'une étude en cours, le parking à l'intérieur de l'enceinte n'est pas accessible, mais des places sont disponibles en suffisance en voirie.

#### Langue

La langue véhiculaire est le néerlandais. Une après-midi d'information en français sera organisée ultérieurement en 2011.

#### Inscription

La participation est gratuite. Pour des raisons d'organisation, il est impératif de vous inscrire en envoyant un mail reprenant vos nom, prénom, fonction, organisation et coordonnées à [duffel@koac-npc.com](mailto:duffel@koac-npc.com)

#### Informations

C. Van Geem, tél.: 010 23 65 22, fax: 010 23 65 05, e-mail: [c.vangeem@brrc.be](mailto:c.vangeem@brrc.be)



## Symposium *Revêtements minces, revêtements du futur?* Mardi 29 mars 2011

Les revêtements bitumineux minces sont rentables du point de vue du coût et au niveau environnemental, possèdent une rugosité excellente, réduisent le bruit de roulement et peuvent être mis en œuvre rapidement. Ils sont utilisés en Europe et ailleurs depuis une quinzaine d'années déjà, bien qu'ils présentent quelques points faibles, comme une certaine sensibilité au plumage et un risque de détachement de la sous-couche.

Afin d'optimiser les connaissances et les performances de ces revêtements, les connaissances et expériences actuelles ont été rassemblées sous l'acronyme *OPTHINAL (Optimization Thin Asphalt Layers)*. On a également étudié l'impact que peuvent avoir le choix des matériaux et la formulation du mélange sur les performances des revêtements minces. Le projet a été réalisé dans le cadre d'*ERA-NET ROAD* par un consortium regroupant le DRI (Danemark) comme chef de projet, ainsi que le VTI (Suède) et le CRR en tant que partenaires. Il s'est terminé en décembre 2010.



H. Bendtsen

Le mardi 29 mars 2011, les membres de l'équipe de projet présenteront les résultats de recherche dans l'auditorium du CRR à Sterrebeek. La langue véhiculaire sera l'anglais. Le symposium s'adresse à tous les professionnels de la route – entrepreneurs, producteurs d'enrobés, bureaux-conseils, gestionnaires routiers régionaux, provinciaux et communaux, etc.

## ► Programme

9.00	Accueil (avec café)	
10.00	Mot de bienvenue	C. Van Rooten (CRR)
10.10	ERA-NET ROAD	C. Pecharda (FFG)
10.20	Defining the OPTHINAL project	M. Wendel (STA)
10.35	Carrying out the OPTHINAL project	J. Kragh (DRI)
10.50	An overview of the use of TAL <sup>1</sup>	U. Sandberg (VTI)
11.15	Pause-café	
11.35	Mix design and application	E. Nielsen/E. Olesen (DRI)
12.00	Case study: TAL in Switzerland	A. Jacot (SACR Zürich)
12.15	Débat	
12.25	Pause de midi	
13.25	Life Cycle Costing (LCC) of TAL	R. Karlsson (VTI)
13.50	Environment and safety aspects of TAL	
	- Sustainability	E. Nielsen (DRI) / B. Kalman (VTI)
	- Surface properties:	L. Goubert (CRR)
	- Noise / Rolling resistance	
	- Work environment	B. Kalman (VTI)
14.35	The way forward: optimization of TAL	S. Vansteenkiste (CRR)
15.05	Pause-café	
15.25	Recommendations	E. Nielsen/E. Olesen (DRI)
15.45	Débat	
16.15	Clôture	

<sup>1</sup> TAL = Thin Asphalt Layer = Revêtement bitumineux mince.

## ► Informations pratiques

### Lieu

Auditorium du CRR, Fokkersdreef 21, 1933 Sterrebeek.

### Itinéraire:

[www.ocw.be/maps/Sterrebeek\\_fr.pdf](http://www.ocw.be/maps/Sterrebeek_fr.pdf)

En raison d'une étude en cours, le parking à l'intérieur de l'enceinte n'est pas accessible, mais des places sont disponibles en suffisance en voirie.

### Langue

La langue véhiculaire est l'anglais; il n'y a pas de traduction simultanée prévue.

### Participation aux frais

Membres CRR: 160 € / participant.

Non-membres: 200 € / participant.

Ces prix comprennent la TVA, les pauses-café, le lunch, le syllabus et un exemplaire du rapport final.

### Informations et inscription

Mme Leen Bosmans, tél.: 02 766 03 55, fax: 02 767 17 80, e-mail: [L.bosmans@brrc.be](mailto:L.bosmans@brrc.be)

Les membres CRR sont les membres ressortissants (entrepreneurs en construction routière) et les membres adhérents (y compris les collaborateurs du SPW, de Bruxelles Mobilité et du MOW).

## 1 Etude en laboratoire d'un sol limoneux traité aux liants hydrauliques routiers

### ► Contexte

La géotechnique a toujours constitué un point d'intérêt important dans les activités du CRR.

Le traitement des sols est une technique ancienne qui jouit actuellement d'un regain d'intérêt suite au renforcement des lois environnementales et de la pression croissante sur les matières premières. Cette technique offre une solution technique, économique et écologique à la problématique des terres de déblais, tant pour les petits que pour les grands chantiers.

Pour cette raison, le Centre souhaite promouvoir le traitement des sols dans le cadre d'une approche durable de la route.

Dans le cadre de son mémoire de fin d'études, défendu le 18 mai 2010 à l'ULB (Université Libre de Bruxelles), Cédric Detavernier a étudié le comportement mécanique d'un sol traité aux liants hydrauliques routiers (réf. 1). Pour ce faire, une partie des essais a été réalisée au CRR sous la supervision de Régis De Bel (chercheur dans la division Environnement - Routes en béton - Géotechnique - Caractéristiques de surface).

Par ailleurs, le CRR a débuté le 1<sup>er</sup> septembre 2009 le projet «Caractérisation des performances mécaniques des sols traités aux liants hydrauliques routiers». Ce projet de recherche d'une durée de deux ans est subsidié par le Bureau de Normalisation (NBN) et a pour objectif de préciser les méthodologies d'essai

propres aux normes relatives aux performances mécaniques des sols traités aux liants hydrauliques routiers.

Les liants hydrauliques routiers ont été introduits dans la nouvelle version du *Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques* (CRR, réf. R81/10) et les quatre guides pratiques y afférents (réf. 2 à 6) publiés récemment par le CRR. Afin de présenter ces nouvelles publications CRR et également d'offrir aux concepteurs et aux exécutants un aperçu des connaissances actuelles en matière de traitement des sols, le CRR a organisé le 7 octobre 2010 une journée d'étude consacrée à ce thème, dans l'auditorium de Sterrebeek. Le grand nombre de participants (environ cent cinquante inscrits!) confirme l'intérêt du secteur routier pour ce sujet d'actualité.



Les membres ressortissants et adhérents du CRR ont reçu ces publications gratuitement. Les non-membres peuvent les commander auprès du CRR (publication@brrc.be)

### ► Qu'est-ce qu'un liant hydraulique routier (LHR)?

Les liants hydrauliques routiers (LHR) sont destinés au traitement des granulats et des sols pour la réalisation de fonds de coffre, de couches de sous-fondation, de talus, etc. Leur composition varie selon les spécificités de chacun. Les principaux constituants d'un LHR doivent être sélectionnés parmi les matériaux suivants: clinker Portland, laitier granulé de haut fourneau, matériaux pouzzolaniques (pouzzolanes naturelles, argiles et schistes argileux activés thermiquement), cendres volantes siliceuses et calciques, schistes calcinés, calcaire, chaux, cendres volantes calciques non éteintes contenant au moins 15 % d'oxyde de calcium réactif. En outre, certains LHR contiennent un pourcentage élevé de chaux (jusqu'à 30 %). Il est également possible d'ajouter des constituants secondaires dans une proportion n'excédant pas 5 % en masse et du sulfate de calcium peut être additionné au cours de la fabrication.

<sup>1</sup> Ces projets de normes peuvent être obtenus auprès du NBN.

Les exigences mécaniques, physiques et chimiques des liants hydrauliques routiers LHR, ainsi que les critères de conformité et les méthodes d'évaluation que le fabricant applique sont actuellement spécifiés dans le document normatif prENV 13282. Cette norme sera remplacée par la série de normes EN 13282-1, -2 et -3, prévue pour 2012<sup>1</sup>.

### ► Caractérisation des matériaux

Dans le cadre du mémoire de fin d'études, un limon quaternaire provenant de la couche de couverture de la carrière de Tellier-des-Prés, située à l'intersection des communes de Soignies, Braine-le-Comte et Ecaussinnes, a été retenu.

Les principales caractéristiques de ce limon sont reprises au tableau 1.

Limon d'Ecaussinnes		
Granulométrie	< 2 µm	15 %
	< 63 µm	74 %
	< 2 mm	100 %
Valeur au bleu de méthylène (MB)	18 g MB / 1 000 g	
Limite de plasticité $w_p$	22 %	
Limite de liquidité $w_L$	32 %	
Indice de plasticité $I_p$	10 %	
Teneur en matières organiques (NBN 589-207)	0,15 %	

Tableau 1 – Identification du limon étudié

Deux types de liants ont été choisis pour cette étude. Il s'agit du ROC TR et du ROC AS.

Le fabricant indique que l'action du ROC TR est assurée par une combinaison d'une fraction de chaux vive et d'une fraction hydraulique à prise rapide.

Selon les indications du fabricant, le ROC AS est un liant «polyvalent», constitué majoritairement de laitier de haut-fourneau associé à un activant spécifique. Ce liant est fréquemment associé à un prétraitement à la chaux vive ou au ROC TR.

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de sol non traité ainsi que sur des éprouvettes de sol traité selon l'un des trois traitements suivants:

- limon + 3 % ROC TR;
- limon + 6 % ROC AS;
- limon + 1,5 % ROC TR (prétraitement) + 6 % ROC AS.

Les dosages en liant correspondent aux dosages recommandés par le fabricant. Vu le temps imparti pour le mémoire de fin d'études, il n'était pas possible d'envisager un plus grand nombre de traitements ou de réaliser une pré-étude afin d'optimiser les dosages en liant.

### ► Campagne d'essais

Dans un premier temps, des essais Proctor ont été réalisés sur le sol non traité et traité afin de déterminer l'optimum Proctor (OPN) de chacun des mélanges (figure 1).

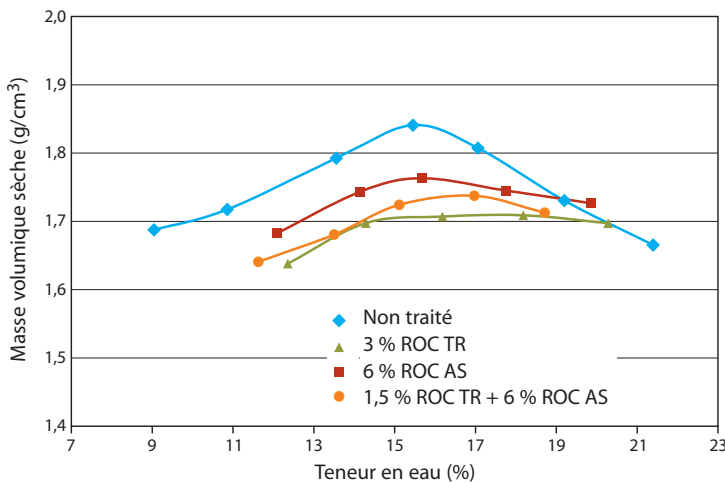


Figure 1 – Courbes Proctor du sol non traité et traité

Les masses volumiques sèches maximales  $\rho_d$  et les teneurs en eau à l'optimum  $w_{OPN}$  sont indiquées dans le tableau 2.

OPN	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$w_{OPN}$ (%)
Non traité	1,84	15,4
3 % ROC TR	1,71	18,2
6 % ROC AS	1,76	15,7
1,5 % ROC TR + 6 % ROC AS	1,74	17,0

Tableau 2 – Optimum Proctor Normal des différents mélanges

Le comportement mécanique des différents mélanges, en termes de résistance et de rigidité, a été étudié, pour des temps de cure allant jusqu'à cinquante-six jours, sur des éprouvettes confectionnées à 100 % de l'OPN.

Pour l'étude de la résistance, deux essais ont été envisagés. Il s'agit de la résistance à la compression

$R_c$  (NBN EN 13286-41) et de la résistance à la traction indirecte  $R_{it}$  (NBN EN 13286-42).

La mesure de la résistance à la compression  $R_c$  permet de caractériser le comportement en résistance du matériau traité aux faibles temps de cure (quelques jours à quelques semaines). C'est notamment ce critère qui permet d'évaluer à partir de quel moment la couche de sol traité peut être ouverte au trafic de chantier.

La résistance à la traction est évaluée par la résistance à la traction indirecte  $R_{it}$  car la mise en œuvre de l'essai de résistance à la traction directe  $R_t$  est laborieuse. Pour les sols traités, la relation à retenir est (réf. 7):

$$R_t = 0,8 R_{it}$$

La mesure de la résistance à la traction indirecte  $R_{it}$  permet de caractériser le comportement en résistance à long terme du matériau traité (jusqu'à plusieurs mois, voire années).

Par ailleurs, il existe également un critère de résistance à la traction indirecte, défini empiriquement, pour vérifier la stabilité au gel du matériau traité au liant hydraulique.

L'étude du comportement en déformabilité est quant à elle basée sur l'essai de traction indirecte avec détermination du module d'élasticité  $E_{it}$  et du coefficient de Poisson  $\nu$  (NBN EN 13286-43). Pour ce faire, un dispositif spécifique est utilisé lors de l'essai de traction indirecte afin de mesurer les déplacements selon deux axes (0° et 60° par rapport à l'horizontale) lors de l'écrasement de l'éprouvette.



Figure 2 – Dispositif pour la détermination du module  $E_{it}$  et du coefficient de Poisson  $\nu$

Ces mesures sont effectuées à l'aide de deux paires de capteurs de type LVDT<sup>2</sup> disposées sur un double étrier (figure 2).

Grâce aux mesures des déplacements pendant l'essai, il est possible de déterminer le module  $E_{it}$  et le coefficient de Poisson  $\nu$ . Comme ces deux paramètres sont nécessaires pour les calculs de dimensionnement de structure de chaussée, la détermination de leurs valeurs peut représenter un avantage technique et économique.

Les résultats présentés par la suite expriment les valeurs moyennes obtenues sur cinq éprouvettes. Celles-ci présentent un diamètre de 5 cm et une longueur de 5 cm et ont été confectionnées par compression axiale (NBN EN 13286-53).

### ► Résultats

Les résultats montrent un effet bénéfique du traitement sur la résistance du matériau. Après 24 h de cure, les résistances obtenues pour les éprouvettes de sol traité sont de 2,4 à 3,7 fois plus élevées que pour le sol non traité en fonction du traitement.

De plus, l'action du traitement se poursuit avec une augmentation significative de la résistance en fonction du temps de cure. L'allure des courbes indique que la résistance maximale n'est pas atteinte après cinquante-six jours de cure. A ce stade, les gains de résistance sont de l'ordre de vingt fois supérieures pour le double traitement ROC TR (1,5 %) et ROC AS (6 %) par rapport au sol non traité. Selon le type de traitement, les cinétiques sont quelque peu différentes, ce qui peut s'expliquer par le dosage en liant et par la nature de celui-ci.

Il est à noter que, dans le cas d'une stabilisation de sol, une valeur de résistance à la compression ( $R_c$ ) minimale est nécessaire pour l'ouverture du chantier au trafic (réf. 4). Cette valeur dépend de l'importance du trafic cumulé supporté pendant la réalisation du chantier. Elle est de:

- 1 MPa lorsque le trafic est inférieur à 20 PL<sup>3</sup>;
- 1,2 MPa pour un trafic compris entre 20 et 500 PL;
- 1,5 MPa si le trafic est supérieur à 500 PL.

Au vu des résultats, du critère, et en considérant un trafic supérieur à 500 PL, l'ouverture au trafic est dès lors autorisée après quatre jours pour le sol ayant subi un double traitement ROC TR (1,5 %) et ROC AS (6 %). Dans le cas des deux autres traitements (3 % ROC TR et 6 % ROC AS), un délai d'environ dix jours est nécessaire pour autoriser le trafic de

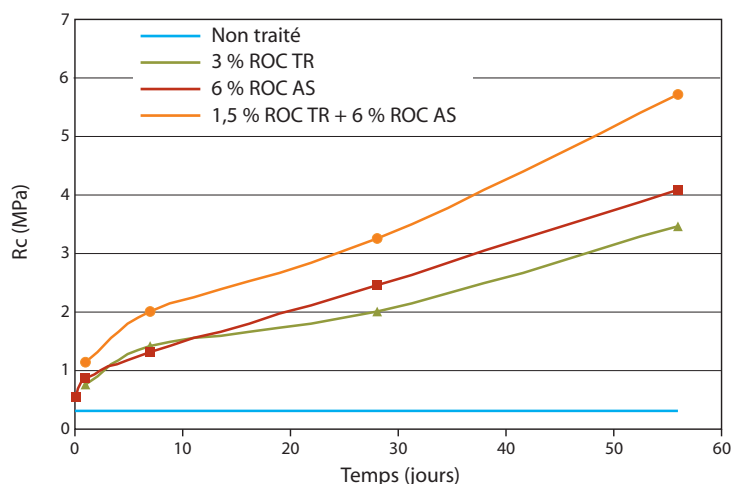


Figure 3 – Résistance à la compression  $R_c$  en fonction du temps

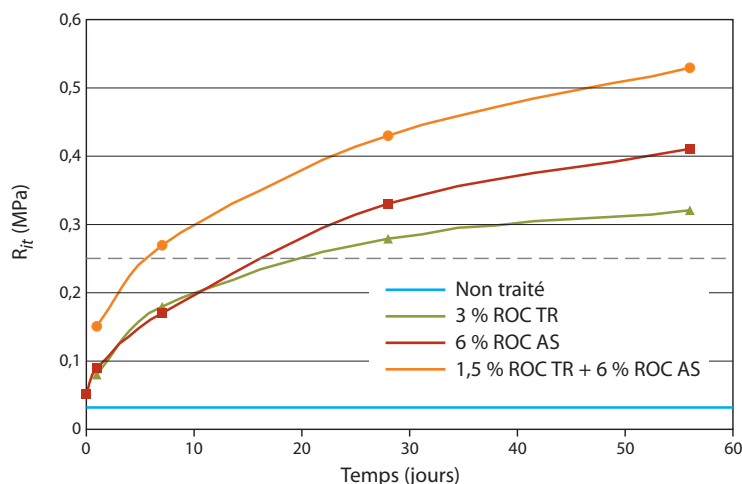


Figure 4 – Résistance à la traction indirecte  $R_{it}$  en fonction du temps

chantier. Pour de plus petits chantiers (trafic < 20 PL), ces délais ne s'élèvent respectivement qu'à 24 h et trois jours.

Pour la réalisation d'une fondation de plate-forme industrielle à haute performance (réf. 6), une résistance à la compression de 1,5 MPa doit également être atteinte après vingt-huit jours (critère de portance). Comme le montre la figure 3, les trois traitements satisfont amplement à ce critère.

L'évolution de la résistance à la traction indirecte  $R_{it}$  en fonction du temps est représentée à la figure 4, pour les différents temps de cure.

Les évolutions de résistance à la compression (figure 3) et celles de résistance à la traction indirecte

<sup>2</sup> LVDT: Linear Variable Differential Transformer

<sup>3</sup> PL = poids lourds dont le poids total est au moins égal à 35 kN.

(figure 4) sont comparables. Les conclusions sont donc similaires pour ces deux essais.

Pour vérifier la stabilité au gel d'un sol traité au liant hydraulique, une relation empirique a été établie en fonction de la résistance à la traction indirecte. Celle-ci doit être supérieure à 0,25 MPa (réf. 4). Cette résistance au gel doit être atteinte à l'âge correspondant à la date d'apparition présumée du gel sur chantier (tout en tenant compte du fait que l'évolution peut être plus lente dans la couche traitée in situ par rapport aux conditions de laboratoire à 20 °C, ce qui entraîne des écarts entre les résultats de laboratoire et le chantier).

Dans le cas de ces essais, les différents traitements permettent d'atteindre la valeur de 0,25 MPa relativement rapidement, de l'ordre d'une vingtaine de jours pour le limon traité au ROC TR (3 %) à moins de sept jours pour le limon ayant subi un double traitement ROC TR (1,5 %) et ROC AS (6 %). Ces résultats sont très satisfaisants.

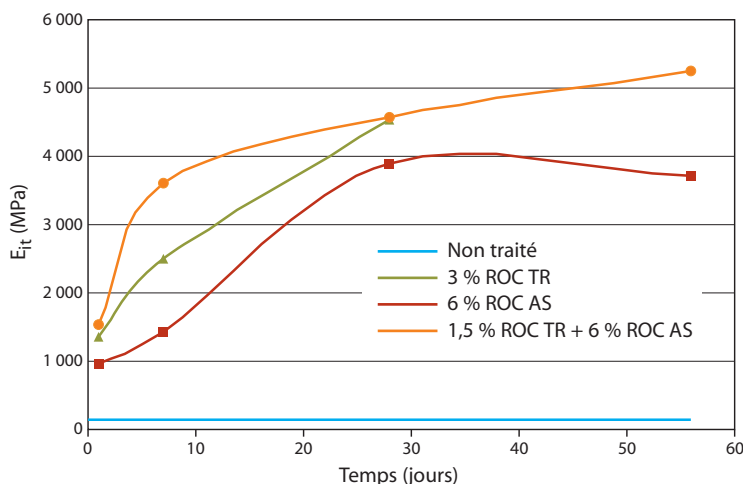


Figure 5 – Module d'élasticité  $E_{it}$  en fonction du temps

La figure 5 montre les valeurs de module d'élasticité  $E_{it}$  obtenues pour les différents traitements en fonction du temps de cure.

Tout comme pour les essais de résistance, cette figure met en évidence l'effet positif du traitement sur la rigidité avec une augmentation importante du module d'élasticité  $E_{it}$ . Grâce au traitement, des valeurs élevées de  $E_{it}$ , de l'ordre de 4 000 MPa, sont atteintes après seulement vingt-huit jours.

Les valeurs obtenues sont très intéressantes du point de vue du dimensionnement, par exemple dans le cas de la mise en œuvre de ce sol traité aux LHR en couche de sous-fondation.

Le coefficient de Poisson  $\nu$  est de 0,30 pour le sol non traité alors qu'il oscille aux alentours de 0,15 pour les sols traités. Une dispersion importante des résultats a cependant été observée, ce qui peut s'expliquer par des valeurs de déplacement très faibles, entraînant un manque de précision des résultats. Une étude est actuellement en cours afin de déterminer si la réalisation des essais sur des éprouvettes de taille plus importante (diamètre 10 cm, hauteur 10 cm) permet d'atteindre une meilleure précision.

## ► Conclusions

Cette étude avait pour objectif de déterminer, au moyen d'essais de laboratoire, l'effet du traitement d'un limon aux liants hydrauliques routiers sur les performances mécaniques. Pour ce faire, trois types de traitements ont été appliqués: 3 % de ROC TR, 6 % de ROC AS et 1,5 % de ROC TR + 6 % de ROC AS.

Les essais de résistance, à la compression et à la traction indirecte, ont montré l'efficacité de ce type de liant pour le traitement d'un sol limoneux. En effet, les critères de traficabilité et de stabilité au gel sont atteints dans des délais conformes aux impératifs de chantier.

Lors de cette campagne d'essais, il a toutefois été mis en évidence qu'un défaut de malaxage ou de compactage pouvait réduire considérablement les performances mécaniques du sol traité. Lors du malaxage, il faut veiller à ce que le mélange soit homogène et à ce qu'il y ait une granulation des particules de sol grâce au liant. Si le sol traité est mal compacté, les niveaux de résistance mécanique atteints restent nettement insuffisants, même après un long temps de cure. Concrètement, cela signifie que, sur chantier, une attention particulière doit être portée à la mise en œuvre de la couche de sol traité.

Cette étude souligne aussi l'utilité du dispositif spécifique complémentaire permettant de suivre les déplacements lors de l'essai de traction indirecte afin de déterminer le module d'élasticité  $E_{it}$  et le coefficient de Poisson  $\nu$ . Cet équipement présente donc un intérêt important pour effectuer des calculs de dimensionnement de chaussée.

Il est à noter que les résultats présentés dans cet article ne sont valables que pour le sol étudié et pour les traitements appliqués. Ces résultats ne peuvent être généralisés à d'autres sols. Pour chaque chantier dans lequel un traitement de sol est prévu, une étude préalable en laboratoire est nécessaire afin de déterminer la nature du ou des sols, de vérifier l'aptitude du sol à être traité, de

déterminer le liant le plus approprié et d'optimiser le dosage en fonction de l'application visée.

L'utilisation des liants hydrauliques routiers pour la stabilisation des sous-fondations et fondations est une technique largement répandue dans les pays voisins dont la France et l'Allemagne.

L'étude décrite dans cet article et le projet NBN en cours au CRR permettront de faire progresser le

savoir-faire belge dans ce domaine (faisant l'objet de la récente mise à jour du Code de bonne pratique R81/10 – réf. 2).

- 
- ▶ *Cédric Detavernier (Norpac): cedric.detavernier@gmail.com*
  - Régis De Bel: r.debel@brrc.be*
  - Colette Grégoire: c.gregoire@brrc.be*
  - Jean-Claude Verbrugge (ULB, promoteur du mémoire de fin d'études): jverbrug@ulb.ac.be*

### Références bibliographiques

1. Cédric Detavernier  
*Valorisation des sols en construction routière par traitement au liant hydraulique routier (LHR)*  
Mémoire de fin d'études, ULB, 2009-2010
2. *Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques* – R81/10 (ce document est une version revue du *Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou au ciment* – R74/04 de 2004)  
Centre de recherches routières, 2010
3. Guide pratique 1 *Amélioration des sols pour le remblayage des tranchées d'égouts et l'enrobage des tuyaux* – Complément au R81/10 (ce document est une version revue du Guide pratique 1 de 2004)  
Centre de recherches routières, 2010
4. Guide Pratique 2 *Stabilisation des sols pour couches de sous-fondation* – Complément au R81/10 (ce document est une version revue du Guide pratique 2 de 2004)  
Centre de recherches routières, 2010
5. Guide pratique 3 *Amélioration des sols pour terrassements et fond de coffre* – Complément au R81/10 (ce document est une version revue du Guide pratique 3 de 2004)  
Centre de recherches routières, 2010
6. Guide Pratique 4 *Plates-formes industrielles – Fondations par traitement de sol* – Complément au R81/10 (ce nouveau guide pratique a paru au début 2010)  
Centre de recherches routières, 2010
7. Guide technique *Conception et dimensionnement des structures de chaussées*  
SETRA-LCPC, 1994

## 2 Guidance technologique VALODECH

Depuis janvier 2010, l'ancienne guidance technologique VALDECHE (*Valorisation des déchets en construction routière*) que géraient en commun le CRR et le Centre Terre et Pierre (CTP), a intégré la guidance technologique VALODECH (*Valorisation des Déchets*) dirigée par RECYWALL.

Ce Groupement d'Intérêt Economique (GIE) spécialisé dans la valorisation des déchets industriels, regroupe sept centres de recherches, dont le CRR, et est actif dans les domaines du bois, de la cérami-

que, de la construction, de la construction routière, du coating, des plastiques, du textile et du verre.

Les déchets traités sont aussi bien des résidus issus de la production que tout autre type de déchets générés au sein d'une entreprise. RECYWALL facilite la collaboration des centres de recherches, ce qui permet de confondre les secteurs, d'envisager des transferts de déchets d'un secteur à l'autre et de multiplier les possibilités de valorisation.



En partenariat avec le CTP, ce panel d'experts propose des solutions innovantes dans le traitement des déchets et œuvre pour:

- éviter la mise en enfouissement technique d'un déchet non ultime;
- donner une valeur ajoutée aux déchets;
- réduire les coûts d'élimination et de gestion;
- réduire la production des déchets du processus;
- favoriser le développement durable;
- réduire la consommation de matière première brute.

Ce service de guidance subsidiée par la Région Wallonne permet d'apporter une assistance technique individualisée aux entreprises en les accompagnant tout au long de leur démarche de valorisation des déchets.

Trois points essentiels sur lesquels cette partie de la guidance s'appuie, concernent:

- la bonne connaissance de ces matériaux non traditionnels;
- le transfert des connaissances et des technologies relatives à leur utilisation;
- le transfert d'informations concernant les nouvelles législations (wallonnes, européennes).

Pourquoi le CRR y participe-t-il?

Les travaux routiers sont de gros consommateurs de matériaux et la possibilité de recyclage conduit à une économie substantielle de ressources de matériaux naturels.

Pour garantir une exécution durable des infrastructures routières, il faut bien entendu que les matériaux issus du recyclage puissent répondre aux différents critères de qualité tant d'un point de vue géotechnique qu'environnemental, et ce selon le domaine d'utilisation envisagé.

De plus, le transfert d'informations concernant les nouvelles législations (wallonnes, européennes) en matière de mise à jour du cahier des charges et de protection de l'environnement constitue un apport



essentiel pour les entrepreneurs routiers et les maîtres d'ouvrages en leur fournissant des éléments supplémentaires d'aide à la décision.

Le sol dont les performances de portance ne sont pas suffisantes peut éventuellement aussi être recyclé au moyen d'un traitement spécifique.

### ► **Recyclage de granulats**

Plus particulièrement, en collaboration avec le CTP, le CRR aide les industriels à valoriser leurs déchets et sous-produits dans l'infrastructure routière en les accompagnant dans toutes les démarches et étapes nécessaires:

- la recherche de filières de valorisation;
- la préparation du matériau;
- la caractérisation du matériau;
- la validation du matériau;
- l'élaboration éventuelle d'un manuel d'utilisation exigée par l'Office Wallon des Déchets pour certains matériaux (mâchefers d'incinérateur d'ordures ménagères, etc.);
- l'analyse technico-économique et l'orientation dans le choix décisionnel;
- le lien entre les producteurs de déchets en amont et les valorisateurs finaux;
- la promotion du produit.

Deux volets doivent être abordés lors de tout projet de valorisation d'un déchet:

- l'analyse géotechnique du matériau, pour garantir l'aptitude du matériau à une utilisation déterminée;
- l'analyse environnementale, pour garantir que le matériau valorisé n'apporte aucune pollution lors de son emploi en construction routière.

L'expertise du CRR dans le domaine des essais sur matériaux de voirie permet de définir le programme d'essais, de réaliser les essais géotechniques dans ses laboratoires et de fournir une interprétation des différents essais pour en déterminer les applications possibles.



Les déchets sont rarement directement utilisables dans leur état initial de production et certains traitements sont nécessaires pour transformer ces déchets en un produit valorisable. C'est là que l'expertise du CTP est importante, dans la définition et la mise au point du processus de traitement de ces produits. Le CTP utilise ses propres pilotes d'installation permettant de simuler le traitement industriel futur pour produire des petites quantités de matériaux prêts à être testés.

La combinaison des activités du CRR et du CTP permet d'obtenir une optimisation du traitement global pour arriver à fournir et à garantir un matériau répondant à tous les critères nécessaires pour une application en construction routière. Le but final est de préparer un document précisant les phases initiales de traitement, les propriétés minimales du matériau ainsi que le contrôle, allant jusqu'à la fréquence de réalisation des différents essais. Ce document, ainsi que l'analyse environnementale, permettent de rédiger un éventuel certificat d'utilisation (exigé pour certains déchets) qui sera soumis à l'OWD pour validation.

L'étape suivante est l'approbation du matériau pour le cahier des charges type wallon RWD par les différents groupes de travail.

### ► Traitement des sols

En complément à la valorisation des déchets et sous-produits industriels, la recherche de techniques innovantes de traitement de terres excavées, contaminées ou non, en vue de leur utilisation en travaux de terrassement constitue également un aspect important du service de guidance, vu le problème de plus en plus pressant des surplus considérables de terres et les différentes nuisances (*bruit, fluidité du trafic, détérioration du réseau routier par le passage de nombreux camions*) liées aux mouvements de ces terres.

Ces techniques de traitement permettent de conserver les ressources de matières premières pour une utilisation plus noble.



Le traitement de sol a deux fonctions distinctes suivant l'application concernée:

- l'**amélioration** permet d'améliorer à court terme les caractéristiques de portance d'un sol trop humide dans des conditions de mise en place et de compactage satisfaisantes: réduction de la teneur en eau, passage en phase solide plutôt que plastique. Cette opération permet ainsi d'améliorer sensiblement la traficabilité des engins de chantier et d'autoriser la mise en œuvre en remblais de sols qui, sans traitement, devraient être évacués du chantier;
- la **stabilisation** permet d'augmenter les performances à moyen et long terme pour garantir les fonctions demandées aux (sous-)fondations. En particulier, la durabilité à long terme (sensibilité à l'eau et aux cycles de gel-dégel) doit être assurée par des études de formulation appropriée.

L'expertise du CRR dans le traitement des sols porte notamment sur les analyses préalables qui définissent le dosage du liant en fonction de la nature du sol et de sa teneur en eau.

VALODECH joue également un rôle de promotion de la technique afin de mieux faire connaître cette solution auprès des prescripteurs et des auteurs de projet.

Cette guidance est ouverte à tous les intervenants de la notion de recyclage, tant du côté des producteurs de déchets, que du côté des entrepreneurs et des prescripteurs de projets routiers.

Grâce aux compétences de ses différents experts, la guidance VALODECH mène cette mission avec une vision multisectorielle. Elle tente de trouver une seconde vie aux déchets, et ce de manière inter ou intrasectorielle et de proposer des voies d'élimination alternatives.

► B. Janssens: 02 766 03 91;  
b.janssens@brrc.be

### 3 Caractérisation des matériaux granulaires non liés (naturels ou recyclés/secondaires) par l'essai triaxial cyclique

#### ► Introduction

Depuis juin 2007, le CRR est équipé d'un appareil triaxial cyclique, fourni par le *Centro para a Valorização de Resíduos – CVR* (Guimarães, Portugal). Le but de cet équipement est de déterminer en laboratoire les propriétés mécaniques de matériaux granulaires non liés utilisés en fondations ou sous-fondations routières. Cet équipement, qui est un prototype, est opérationnel depuis janvier 2008 pour la réalisation de tests à pression de confinement constante. Un équipement de telles dimensions, permettant l'étude de matériaux 0/32 mm, est unique en Belgique.

Ces granulats recyclés ou secondaires sont issus principalement de déchets provenant du secteur de la construction, des industries métallurgiques et de l'incinération des déchets ménagers. Certains matériaux sont acceptés par les cahiers des charges types (mâchefers traités, scories d'aciérie, scories inox, granulats de débris de béton, granulats de débris mixtes, etc.).



Pour utiliser ces matériaux en fondations ou sous-fondations, la détermination de leurs propriétés mécaniques, englobant le module résilient de déformation et le comportement à long terme, est primordiale pour réaliser un calcul de dimensionnement correct et pour évaluer le comportement à long terme de la structure routière. Une meilleure connaissance de ces matériaux permet de les utiliser de manière optimale tout en assurant les critères de durabilité.

Un projet de recherche de quatre ans (deux biennales), subsidié par le SPF Economie, s'est terminé le 1<sup>er</sup> septembre 2010. La première biennale s'est consacrée à l'étude des déformations réversibles et modules résilients des matériaux recyclés et secondaires. La seconde biennale s'est consacrée au comportement à long terme de ces matériaux (déformations permanentes liées à l'orniérage).

#### ► Principe de l'essai triaxial cyclique

Cet essai, décrit dans la norme NBN EN 13286-7 *Graves traitées aux liants hydrauliques et graves non traitées – Partie 7: Essai triaxial sous charge cyclique pour mélanges sans liant hydraulique*, permet de simuler en laboratoire l'effet du trafic routier. Une éprouvette cylindrique de 16 cm de diamètre et 32 cm de hauteur est soumise à une force axiale cyclique dont l'amplitude et la fréquence sont définies au préalable.

Les essais sont réalisés soit à pression de confinement constante (méthode B), soit à pression de

confinement variable (méthode A). Dans ce cas, la pression de confinement est en phase avec la force axiale. Pour les essais à pression de confinement variable, le système de mise en pression est entièrement hydraulique afin de mieux contrôler la force axiale et la pression de confinement. Le système est équipé

de deux actuateurs distincts. L'eau désaérée est alors utilisée comme fluide de confinement.

Pour les essais à pression de confinement constante, l'actuateur axial est contrôlé par un système hydraulique et la pression de confinement dans la cellule est contrôlée par un système pneumatique. L'air est alors utilisé comme fluide de confinement.

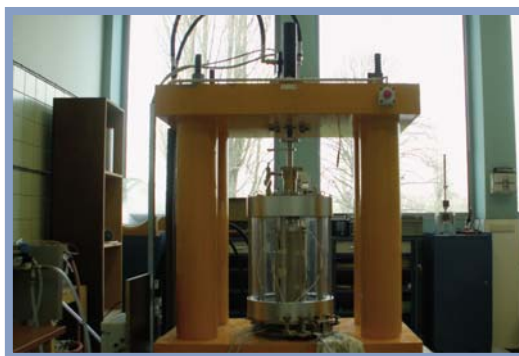
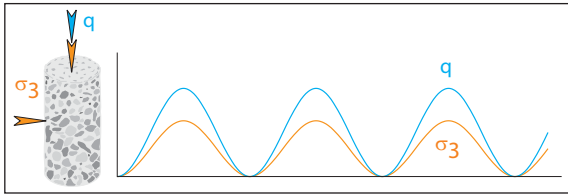


Figure 1 – Equipement triaxial cyclique du CRR



**Figure 2** – Principe de l'essai à pression de confinement variable

Un capteur de force (25 kN) placé dans la cellule directement au-dessus de l'éprouvette mesure la force axiale appliquée. Un capteur de pression mesure la pression de confinement dans la cellule triaxiale. La cellule est équipée d'un circuit de drainage.

Ces méthodes d'essai permettent de déterminer des propriétés mécaniques qui peuvent être utilisées pour classer les matériaux suivant leurs performances mécaniques, et pour effectuer des calculs de structures de chaussées.

### ► Détermination des déformations

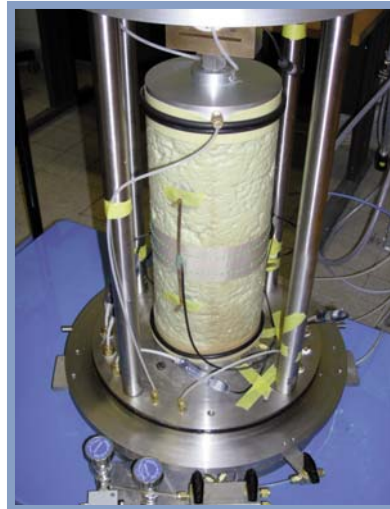
Les déformations réversibles axiales et radiales de l'éprouvette sont mesurées grâce à des LDT (*Local Deformation Transducer*). Ces capteurs ont été développés à l'université de Tokyo et ne sont pas commercialisés de manière standardisée. Les LDT permettent de mesurer des déplacements correspondant à des déformations de  $10^{-5}$  jusqu'à 2 %.

Les LDT sont constitués de lames munies de quatre jauges de déformations montées en pont de Wheatstone. Le voltage de sortie du pont est lié à la distance entre les supports du LDT et donc à la déformation de l'éprouvette. On distingue:

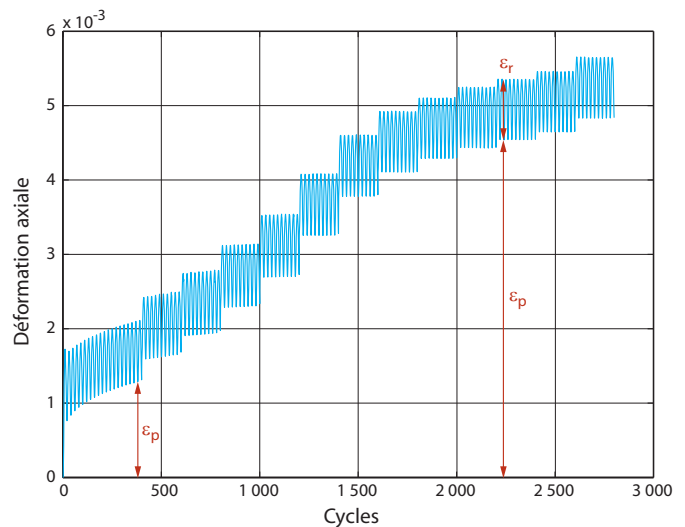
- trois LDT (170 mm x 5 mm) pour les déformations axiales, placés dans le tiers central de l'éprouvette;
- un LDT (70 mm x 5 mm) pour la déformation radiale, placé à mi-hauteur de l'éprouvette.

Afin de résoudre les problèmes d'étanchéité des capteurs d'origine (pour les essais à pression de confinement variable), le CRR a contacté une firme belge qui s'est avérée compétente pour réaliser des capteurs étanches après avoir testé plusieurs solutions.

Lorsque les déformations sont supérieures à 2 %, les déplacements sont mesurés par un capteur de déplacement externe de type LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*). Celui-ci a une course de 25 mm.



**Figure 3** – Éprouvette instrumentée



**Figure 4** – Définition des déformations réversibles et permanentes

Le graphique de la figure 4 montre les déformations développées par l'éprouvette durant un essai en fonction du nombre de cycles. Deux types de déformations apparaissent: les déformations réversibles ( $\epsilon_r$ ) et les déformations permanentes ( $\epsilon_p$ ). Les déformations réversibles permettent de calculer les modules résilients utiles pour un calcul de dimensionnement. Les déformations permanentes décrivent le comportement à long terme du matériau et le risque d'orniérage. Les déformations permanentes augmentent rapidement en début de test et se stabilisent ensuite (si le niveau de contraintes appliqué est inférieur au niveau de contraintes critique, propre au matériau). Pour des niveaux de contraintes supérieurs au niveau critique, les déformations permanentes ne se stabilisent pas et croissent jusqu'à rupture du matériau.

## ► Résultats de l'étude réalisée

La recherche réalisée s'est limitée à l'étude de deux matériaux recyclés/secondaires: un granulat de débris de béton 0/32 mm et une scorie d'aciérie 0/32 mm. Un nombre important d'essais a aussi été réalisé sur un matériau de référence: un calcaire 0/20 mm. L'influence de paramètres tels que la teneur en eau, le taux de compactage, la méthode de compactage ou la fréquence de chargement a été étudiée.

### Etude des déformations réversibles – modules résilients de déformation

Les modules résilients d'un matériau de référence (calcaire) et de deux matériaux secondaires (granulats de débris de béton et scories d'aciérie) ont été déterminés en réalisant des essais à pression de confinement constante, suivant la méthode B de la norme NBN EN 13286-7 (niveau de contraintes élevé).

Pour un matériau donné, les éprouvettes sont préparées de manière à avoir la même courbe granulométrique, en mélangeant les différentes fractions dans des proportions définies.

Les éprouvettes ont été compactées par le marteau vibrant (NBN EN 13286-51 *Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques - Partie 51: Méthode de confection par compactage au marteau vibrant des éprouvettes de matériaux traités aux liants hydrauliques*) en six couches. Un conditionnement de 20 000 cycles à une fréquence de chargement de 2Hz est appliqué afin de stabiliser les déformations permanentes. Ensuite, vingt-neuf niveaux de contraintes successifs sont appliqués à l'éprouvette (100 cycles par niveau de contraintes à une fréquence de chargement de 1 Hz). Ce type d'essai requiert quasi une journée ouvrable entière:

- 2 à 3 h pour la préparation et l'instrumentation de l'éprouvette;
- environ 2 h pour le conditionnement;
- 1 h pour l'application des vingt-neuf niveaux de contraintes;
- environ une ½ h pour le démontage de l'éprouvette (avec prise d'échantillon pour la mesure de la teneur en eau).

La figure 5 reprend ces différents chemins de contraintes réalisés pour les tests à pression de confinement ( $\sigma_3$ ) constante en terme de contrainte moyenne  $p$  et contrainte déviatorique  $q$ , définies par:  $p = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$  et  $q = (\sigma_1 - \sigma_3)$  avec  $\sigma_1$  = la contrainte verticale.

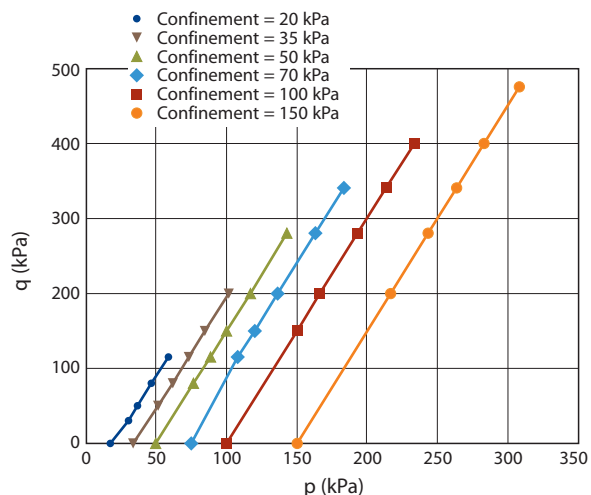


Figure 5 – Niveaux de contraintes appliqués pour l'étude des déformations réversibles (NBN EN 13286-7)

Les modules résilients sont calculés en divisant la contrainte déviatorique par la déformation axiale réversible mesurée. Une valeur de module résilient est donc calculée pour chaque niveau de contraintes appliqué. La figure 6 présente les modules résilients pour les différents niveaux de contraintes (définis par la contrainte verticale) pour les trois matériaux testés, préparés à la teneur en eau optimale ( $w_{OPM}$  définie selon le Proctor modifié) et compactés à la densité optimale ( $\rho_{OPM}$ ).

Pour les trois matériaux, les modules résilients augmentent avec la contrainte verticale. Pour un même niveau de contraintes, les modules résilients des scories d'aciérie sont plus élevés que ceux des granulats de débris de béton et du calcaire.

La figure 7 montre l'influence du taux de compactage et de la teneur en eau (définie par rapport à la teneur en eau optimale) sur le module résilient. Les modules résilients augmentent avec le taux de compactage. Cet effet est plus marqué pour les scories qui ont une densité plus élevée. Les modules résilients des trois matériaux diminuent avec la teneur en eau. Les matériaux secondaires/recyclés sont plus sensibles à la teneur en eau puisque l'on observe une diminution plus importante du module lorsque la teneur en eau augmente. Il est d'ailleurs à noter que pour les scories, il n'a pas été possible de réaliser une éprouvette à la teneur en eau  $w_{OPM} + 1\%$ .

Ces résultats montrent que le module résilient d'un matériau est lié au niveau de contraintes, au taux de compactage et à la teneur en eau. Quelques essais

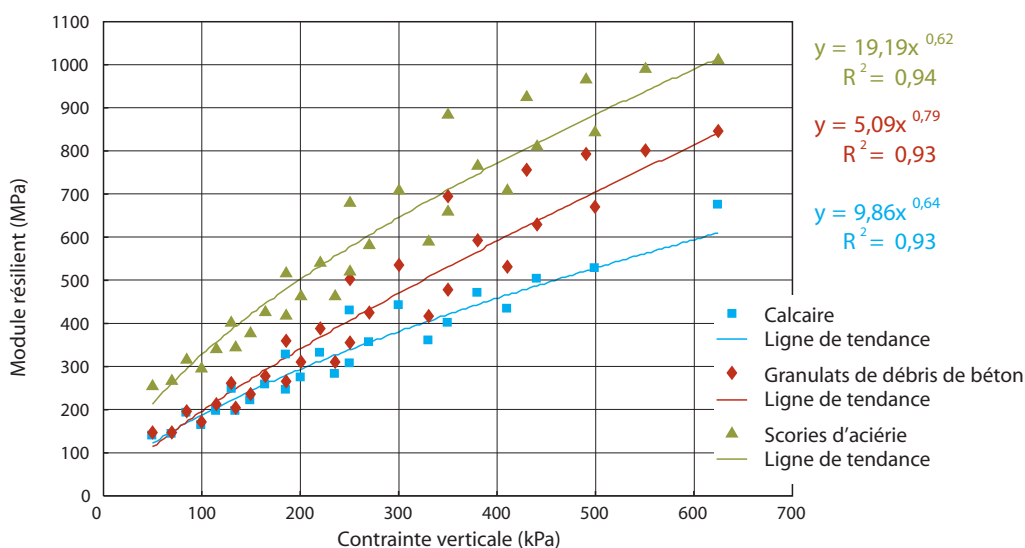


Figure 6 – Modules résilients en fonction de la contrainte verticale (échantillons préparés à  $w_{OPM}$  et  $\rho_{OPM}$ )

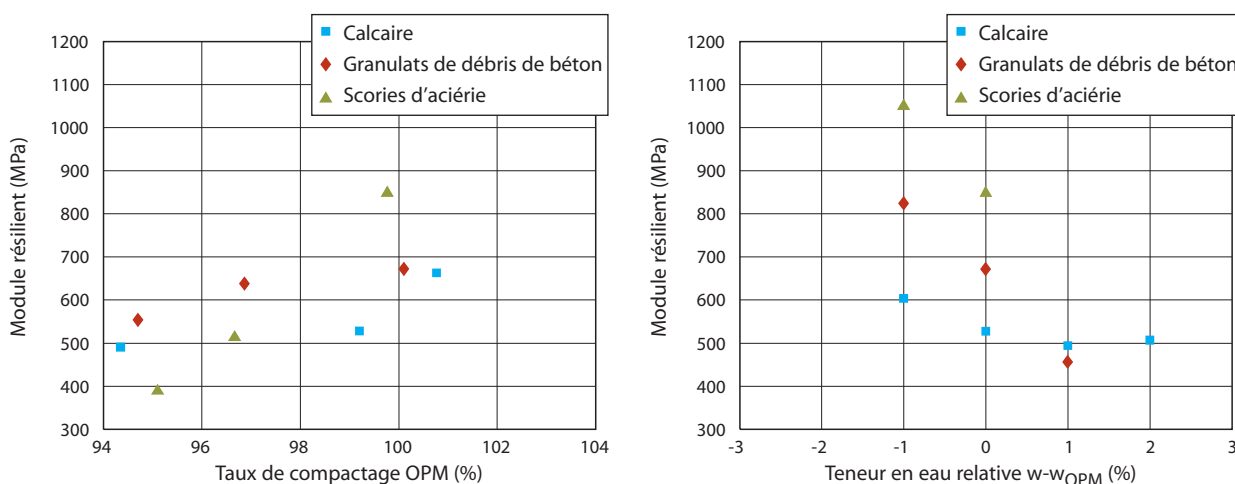


Figure 7 – Influence du taux de compactage et de la teneur en eau sur les modules résilients

non présentés dans cet article ont montré que le module résilient est influencé par la granulométrie du matériau mais pas par la méthode de compactage ou la fréquence de chargement.

Les niveaux de contraintes dans les couches de fondations sont liés aux sollicitations, aux caractéristiques du revêtement (module et épaisseur) et aux modules des fondations. Pour un calcul de dimensionnement classique, il sera donc nécessaire de définir un module résilient moyen pour un matériau déterminé.

### Etude des déformations permanentes

Les déformations permanentes des trois matériaux cités précédemment ont été étudiées. Des essais à un niveau de chargement (une pression de confi-

nement constante définie et une force axiale cyclique définie) en appliquant 100 000 cycles ont été effectués, ainsi que des essais par paliers (trois niveaux de chargement successifs, avec en général 50 000 cycles par palier). La fréquence de chargement utilisée est de 3 Hz. Les essais à 100 000 cycles durent deux jours puisqu'ils sont réalisés durant les heures de travail en présence du personnel.

Le tableau 1 (page 18) résume les niveaux de contraintes appliqués pour les essais à un niveau de chargement. Ces niveaux de contraintes sont représentatifs des niveaux de contraintes développés dans une structure routière classique sollicitée par un trafic moyen.

Comme le montre la figure 8 (page 18), les déformations permanentes mesurées à 100 000 cycles

	Niveau(x) de contraintes	Pression de confinement ( $\sigma_3$ )	Contrainte déviatorique ( $\sigma_d$ ou $q$ )	Contrainte verticale ( $\sigma_1$ )	Nombre de cycles
Uniquement calcaire	1	20	40	60	100 000
Pour les trois matériaux	2	20	100	120	100 000
Pour les trois matériaux	3	70	140	210	100 000
Pour les trois matériaux	4	70	350	420	100 000
Pour les trois matériaux	5	100	200	300	100 000

Tableau 1 – Niveaux de contraintes appliqués pour l'étude des déformations permanentes

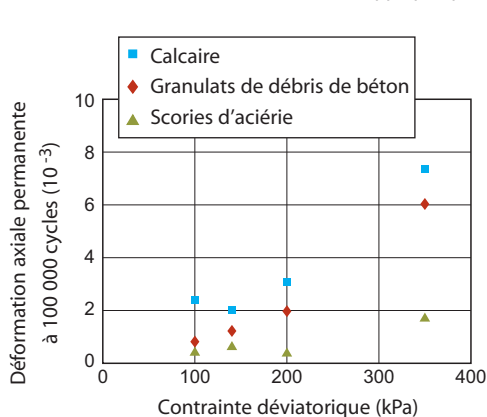


Figure 8 – Influence du niveau de contraintes sur les déformations permanentes à 100 000 cycles

sont liées au niveau de contraintes appliqué. Pour des éprouvettes compactées à la densité optimale et ayant une teneur en eau optimale, il est à noter que les déformations permanentes du calcaire sont plus élevées que celles des scories d'aciérie et du granulats de débris de béton.

L'influence de la teneur en eau sur les déformations permanentes a été étudiée. (figure 9) Les essais ont été réalisés à une pression de confinement de 70 kPa et une contrainte déviatorique de 350 kPa. Pour les trois matériaux, les déformations permanentes augmentent avec la teneur en eau. Cet effet est plus marqué pour les matériaux recyclés ou secondaires et surtout pour les scories. Pour les scories, un essai réalisé à la teneur en eau optimale + 1 % a été interrompu car les déformations développées ont dépassé la course du piston.

Les essais par paliers ont été réalisés en appliquant trois niveaux de contraintes successifs. 50 000 cycles ont été appliqués pour chaque palier, soit 150 000 cycles par éprouvette. Un essai a été réalisé en appliquant 80 000 cycles pour le troisième palier (soit 180 000 cycles au total). L'avantage de cet essai est qu'il ne nécessite qu'une seule éprouvette pour étudier l'effet de plusieurs niveaux de contraintes.

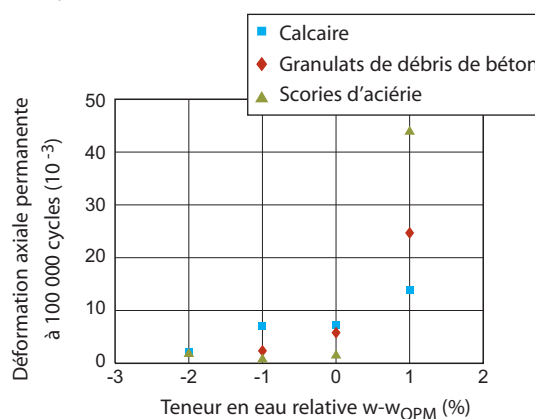


Figure 9 – Influence de la teneur en eau sur les déformations permanentes à 100 000 cycles

La figure 10 présente les résultats des essais relatifs au calcaire de référence. On note que l'on ne retrouve pas les mêmes niveaux de déformations que dans le cas des essais à un niveau de chargement. Néanmoins cet essai donne une tendance du comportement du matériau (stabilisation ou non des déformations permanentes). Pour une étude approfondie, l'essai à un niveau de chargement reste la référence.

Les essais réalisés ont montré une influence de la méthode de compactage sur les déformations permanentes. Deux méthodes ont été comparées: le compactage par le marteau vibrant et le compactage par vibrocompression (NBN EN 13286-52 *Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 52: Méthode de confection par vibrocompression des éprouvettes de matériaux traités aux liants hydrauliques*). Les déformations permanentes des éprouvettes compactées suivant la deuxième méthode sont plus élevées. L'effet est plus marqué sur le calcaire, pour les niveaux de contraintes élevés. Des essais se poursuivent sur ce sujet dans le cadre d'un travail de fin d'études d'un étudiant de l'ULB (année académique 2010-2011). Le travail est intitulé «Influence du mode de compactage sur le comportement mécanique des granulats liés et non liés utilisés en fondations routières».

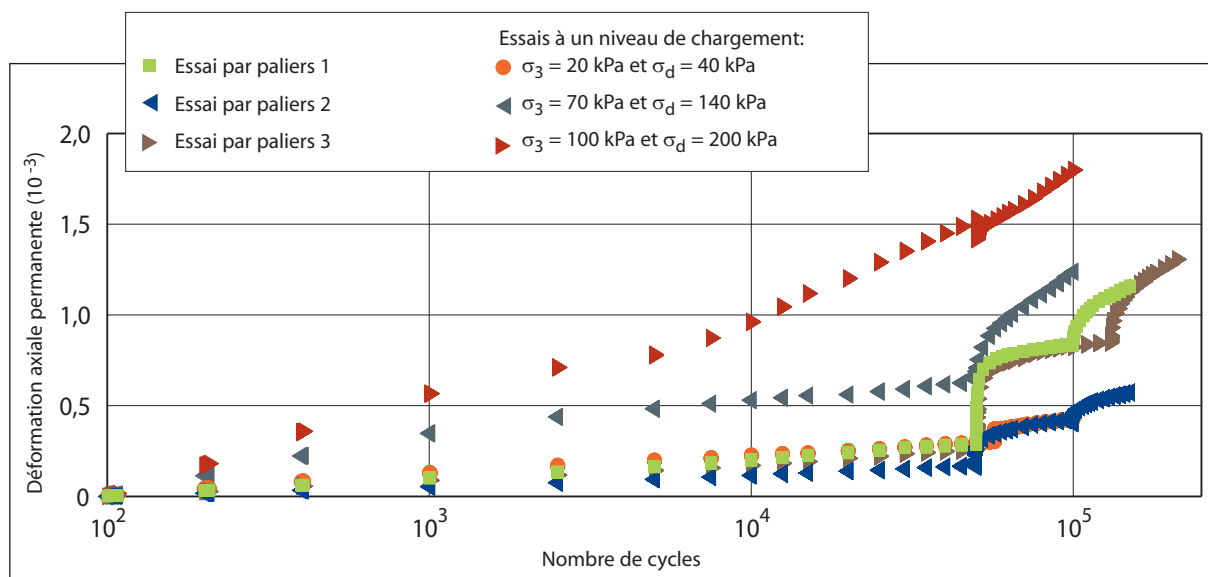


Figure 10 – Déformations permanentes axiales: essais à un niveau de chargement et essais par paliers

### ► Conclusions et perspectives

Les essais réalisés au triaxial cyclique ont permis de comparer trois matériaux granulaires (calcaire naturel 0/20 mm, granulats de débris de béton 0/32 mm et scories d'aciéries 0/32 mm) selon leurs modules résilients et leur résistance aux déformations permanentes. L'influence de la teneur en eau des éprouvettes ainsi que d'autres paramètres tels que le taux de compactage ou la méthode de compactage a été mise en évidence.

A teneur en eau optimale et densité optimale, les scories présentent les modules résilients les plus élevés et une meilleure résistance aux déformations permanentes. Néanmoins, ces mêmes scories sont beaucoup plus sensibles à la teneur en eau que le calcaire de référence et une augmentation de celle-ci induit une chute significative de leurs performances. Les granulats de débris de béton ont un comportement intermédiaire. Relativement au calcaire, les modules sont plus élevés et les déformations permanentes sont un peu moins élevées. Les granulats de débris de béton sont aussi plus sensibles à l'eau que le calcaire. Notons que quelques essais réalisés sur un calcaire 0/32 mm ont montré des modules résilients similaires à ceux du granulats de débris de béton 0/32mm.

Le calcaire de référence présente des modules résilients moins élevés et une résistance aux déformations permanentes moins élevée, mais ce matériau est moins sensible à la teneur en eau que les deux matériaux recyclés/secondaires testés.

Ces résultats montrent que la mise en œuvre de matériaux recyclés/secondaires sur chantier devra être d'autant plus soignée (vérifier que les teneurs

en eau et les densités sont proches des valeurs à l'optimum).

Bien que les résultats n'aient pas été présentés dans cet article, quelques essais à pression de confinement variable ont été effectués sur le calcaire de référence. Ces essais vont se poursuivre afin de comparer les résultats à ceux des essais à pression de confinement constante.

Les essais vont aussi se diversifier sur d'autres matériaux secondaires, ce qui permettra d'évaluer leur comportement mécanique et d'établir une classification. La sensibilité à l'eau de ces matériaux sera aussi évaluée.

Quelques modélisations simplifiées ont été réalisées avec le logiciel FLAC 3D<sup>1</sup> pour calculer les niveaux de contraintes dans une structure classique de route et les comparer à ceux proposés par la norme NBN EN 13286-7. D'autres modélisations plus complexes seront réalisées afin d'améliorer l'interprétation des essais de laboratoire.

Enfin, il est évident que les résultats obtenus par cet appareillage unique en Belgique devront être comparés à ceux obtenus lors de planches d'essais en grandeur réelle.

Appel est ainsi fait à nos membres ressortissants pour nous permettre d'organiser ces mesures in situ et mettre à jour notre connaissance des matériaux granulaires recyclés/secondaires et naturels afin de concevoir et dimensionner des routes durables.

- C. Grégoire: 02 766 03 19; c.gregoire@brrc.be
- R. De Bel: 02 766 03 91; r.debel@brrc.be
- B. Dethy: 02 766 03 58; b.dethy@brrc.be

<sup>1</sup> FLAC 3D: Fast Lagrangian Analysis of Continua in Three Dimensions.

## 4 Gestion des mauvaises herbes – Etude sur le parking expérimental du CRR

### ► Introduction

Le projet VIS-CO *Gestion des mauvaises herbes: méthodes préventives et curatives pour un aspect optimal de la rue* recherche des solutions au problème actuel de la gestion des mauvaises herbes. Depuis 2001, l'utilisation de pesticides dans le domaine public est interdite par la loi en Flandre. La période de transition au cours de laquelle il est toutefois possible d'en utiliser, de manière motivée, s'étend jusqu'en 2015. Il existe des méthodes alternatives mais les connaissances sur l'efficacité et sur la fréquence d'application des techniques de désherbage non chimiques sont encore limitées. En outre, une conception adaptée et une exécution correcte peuvent aider de manière préventive à diminuer, voire à éviter les mauvaises herbes. Des directives et des recommandations claires font néanmoins encore défaut. C'est la raison pour laquelle le CRR, en collaboration avec l'unité d'enseignement et de recherche *Plant aardige Productie* de l'UGent, a lancé un projet de recherche portant

sur une gestion «optimale» des mauvaises herbes sur les revêtements (voir figure 1).

Pour de plus amples informations sur le programme et sur les principaux résultats des groupes de tâches (WP) 1 et 2, relatifs aux aspects préventifs, nous renvoyons au Bulletin CRR 81 (pp. 3-9). Dans les lignes qui suivent, nous décrivons l'état d'avancement des WP 3 et 4.

### ► Efficacité des techniques curatives

L'étude de l'efficacité des techniques curatives se déroule selon différentes phases. Sur base d'un essai préliminaire, un choix a été fait parmi la gamme de techniques disponibles de lutte contre les mauvaises herbes, et on a déterminé la vitesse à laquelle ces appareils devaient rouler pour obtenir un traitement homogène. Ensuite, les techniques choisies ont été évaluées et comparées sur le parking expérimental du CRR à Sterrebeek.

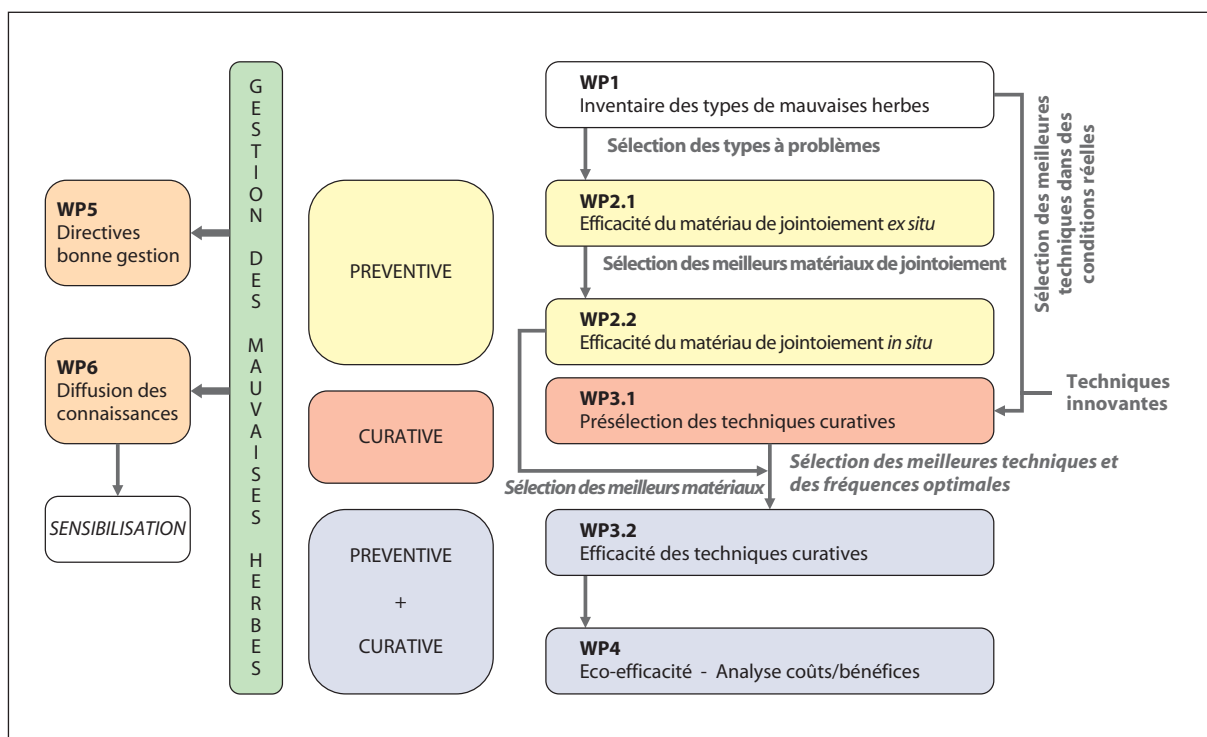


Figure 1 – Programme du projet VIS-CO sur la gestion des mauvaises herbes

WP 3.1–  
Essais préliminaires: détermination de la  
relation dose-réponse et optimisation  
des techniques



Brosse de désherbage



Brûleur à choc thermique



Brûleur à air chaud



Eau chaude dirigée par capteurs  
(capteurs de fluorescence)

Figure 2 – Techniques étudiées de lutte contre  
les mauvaises herbes

En raison de l'éventuelle complémentarité des techniques pour lutter contre les changements de flore<sup>1</sup>, aucune technique n'a été écartée. Ainsi, ont été prises en compte tant des techniques bien connues que des techniques plus innovantes: *le broyage, le feu (flamme nue), l'air chaud et l'eau chaude dirigée par capteurs* (voir figure 2). Bien qu'il ait fallu choisir certains appareils pour les essais, nous souhaitons souligner le fait que ce projet a pour but de favoriser non pas des marques mais bien des scénarios de lutte contre les mauvaises herbes (voir figure 2 et WP 3.2).

Les techniques ont d'abord été testées sur les revêtements modulaires couverts de mauvaises herbes de sites d'essais externes, afin de déterminer la dose nécessaire pour une application à Sterrebeek<sup>2</sup>. L'objectif est bien sûr d'obtenir un effet uniforme mais acceptable pour toutes les techniques, à savoir la fameuse *ED80*, la dose effective qui permet d'éliminer 80 % des plantes en surface.

A cet effet, chaque technique a été appliquée sur plusieurs bandes, et le dosage a été adapté en fai-

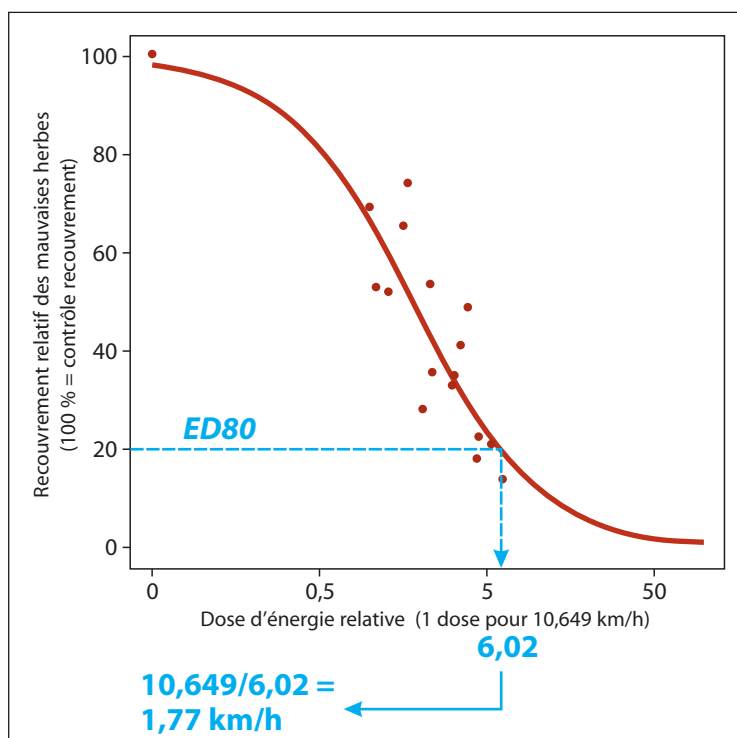


Figure 3 – Exemple de courbe dose-réponse pour la technique du broyage

<sup>1</sup> Comme démontré dans le WP 1 (voir Bulletin CRR 81, pp. 3-9).

<sup>2</sup> Sauf pour la technique à l'eau chaude. L'appareil adapte automatiquement le flux d'eau à la vitesse de passage de la machine, afin que la dose ne dépende pas de la vitesse de passage. Pour cette machine, une vitesse par défaut de 1,2 km/h a été choisie, comparable aux autres techniques.

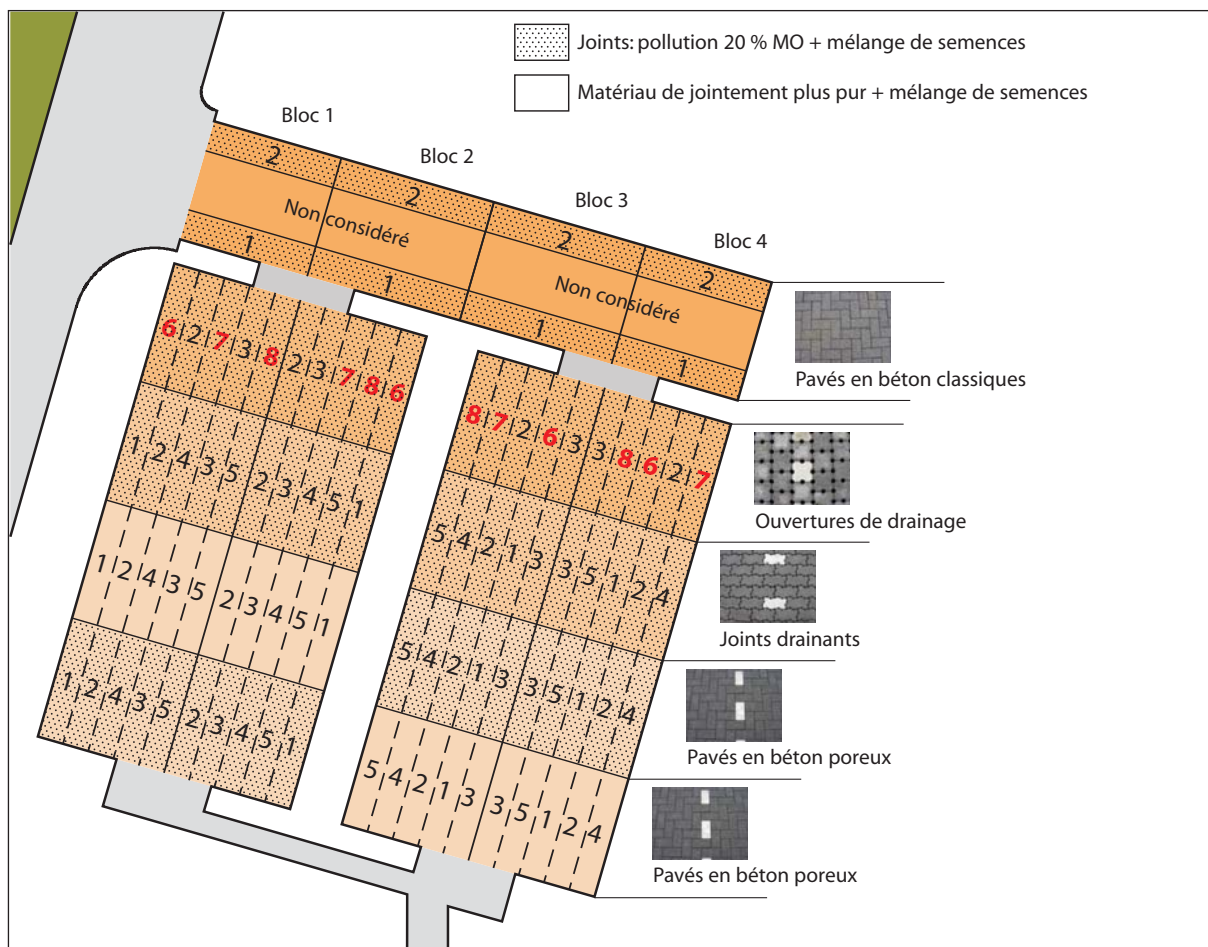


Figure 4 – Plan d'essais du WP 3.2 avec scénarios selon le tableau 1

SCENARIO		
Pavés sans ouvertures de drainage	1	BROSSAGE EN CONTINU
	2	AIR CHAUD EN CONTINU
	3	EAU CHAUDE EN CONTINU
	4	BROSSAGE/AIR CHAUD/BROSSAGE/AIR CHAUD/etc.
	5	Répétition du cycle: BROSSAGE + AIR CHAUD après 14 jours
Pavés avec ouvertures de drainage	2	AIR CHAUD EN CONTINU
	3	EAU CHAUDE EN CONTINU
	6	BRULAGE EN CONTINU
	7	BRULAGE EN CONTINU EN PLUS FAIBLE DOSE (VITESSE PLUS ELEVEE)
	8	BRULAGE EN CONTINU AVEC CRITERE DE SCORE D'ASPECT PLUS SEVERE (PLUS FREQUEMMENT)

Tableau 1 – Scénarios suivis

sant varier la vitesse de passage des machines [7 doses (= 6 vitesses différentes + 1 bande non traitée) x 3 répétitions = 21 bandes par technique, de 10 m de longueur chacune]. Ensuite, on a mesuré l'étendue des mauvaises herbes avant et après traitement, afin de pouvoir établir la courbe dose-réponse (voir figure 3, page 21). Celle-ci permet de déduire la dose requise (à savoir la vitesse de passage) pour obtenir un pourcentage d'élimination donné (élimination des plantes en surface!).

Sur base des premiers essais, les appareils peuvent être réglés de manière optimale, avec un dosage adapté, et être utilisés pour le WP 3.2.

### WP 3.2 – Efficacité des techniques curatives (combinées ou non) de désherbage

L'objectif est de déterminer le meilleur scénario à long terme. Les scénarios comprennent aussi bien des applications unilatérales d'une technique donnée que des séquences de techniques.

Ainsi, on a semé en octobre 2009 une sélection de mauvaises herbes (constituée de plantes qui poussent fréquemment sur les revêtements modulaires) sur le parking expérimental du CRR, accompagnée d'une partie de pollution organique (terreau de bouturage). Ce parking est constitué de différentes planches d'essai ayant toutes des types de pavés différents (voir figure 4) et deux produits de jointoiement: porphyre 2/6,3 pour les joints larges et du sable de Lustin 0/2 pour les joints étroits.

Le parking a préalablement été divisé en quatre blocs (quatre répétitions). Chaque bloc a ensuite été subdivisé en cinq bandes afin de pouvoir réaliser cinq scénarios différents (voir figure 4). Les blocs ont été dimensionnés de manière à avoir une largeur de travail suffisante pour les différentes techniques. Le tableau 1 présente les scénarios suivis.

Les scénarios 4 et 5 combinent une technique mécanique et une technique thermique et font à la fois de la lutte et de la prévention (en enlevant la biomasse morte). Le scénario 5 étudie s'il est utile d'exposer les points de croissance d'une plante avant d'appliquer un traitement thermique. De plus, le brûlage ne se produit que sur du tissu végétal très jeune, qui est plus facile à traiter de manière thermique qu'un tissu plus âgé. Dans le scénario 4, l'air chaud (en alternance avec le brossage) n'est pas utilisé après un délai fixe de quatorze jours, mais lorsqu'une certaine quantité de mauvaises herbes (ou un score d'aspect) est dépassée. C'est également le cas dans les scénarios 1, 2 et 3. Dans le



Figure 5 – Parking expérimental du CRR à Sterrebeek en mai 2010

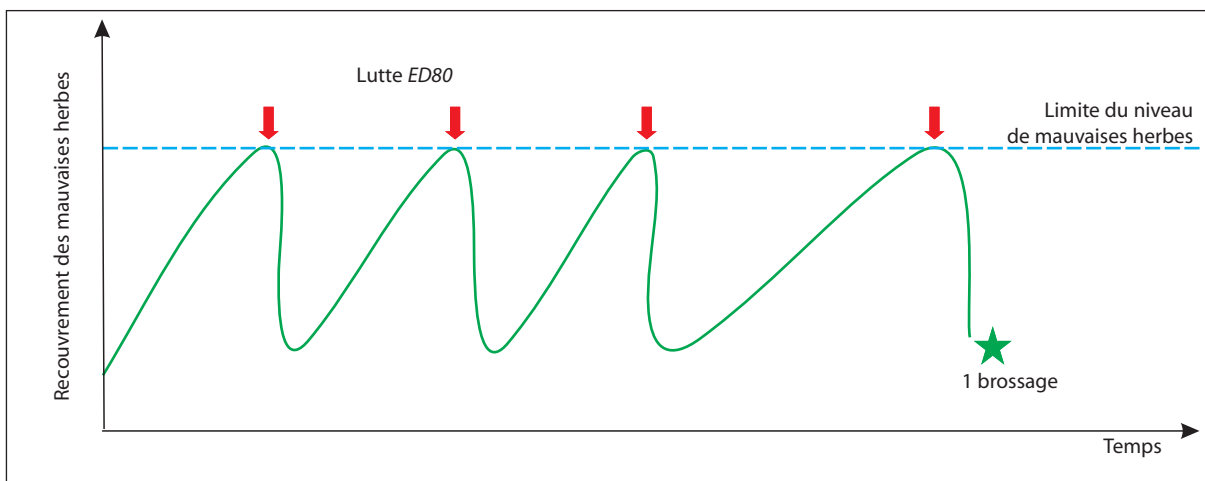
scénario 5, le cycle complet «brossage + air chaud après 14 jours» est toujours répété en cas de dépassement de la quantité de mauvaises herbes préalablement établie.

Etant donné qu'il est possible que du matériau de jointoiement disparaisse lors du brossage de revêtements avec ouvertures de drainage (voir figure 4), cette technique n'est pas applicable dans la pratique. C'est pourquoi les scénarios pour ce type de revêtements ont été adaptés (voir tableau 1).

Comme alternative, on utilise un brûleur à choc thermique (scénarios 6, 7 et 8). Complémentairement, l'effet du brûlage à plus petite dose (vitesse plus élevée) est aussi étudié. Pour cette technique, on teste également l'«ED60» (dose qui élimine 60 % des plantes en surface) (scénario 7). Enfin, un scénario avec un critère de score d'aspect plus sévère (scénario 8) est ajouté. Avec une limite plus sévère, les traitements successifs s'enchaîneront plus rapidement. Les scénarios 6, 7 et 8 permettent de déduire l'influence de la vitesse et du score d'aspect souhaité sur la fréquence finale de traitement requise et sur la consommation d'énergie totale.

Au total, ce sont donc huit scénarios différents qui ont été réalisés. A chaque dépassement de la limite de mauvaises herbes préétablie, ils sont répétés (voir figure 6). Les appareils utilisés sont:

- brûleur à air chaud Zacho UKB 1000/1200, monté sur un porte-outil Egholm 2200T;
- balayeuse Egholm 2200 (également montée sur un porte-outil Egholm 2200T) avec aspiration des saletés;



**Figure 6** – Exemple de cycle de lutte

- brûleur Ecoflame City Comfort Plus 100 (flamme nue), montée sur un porte-outil Multi One;
- machine à eau chaude dirigée par capteurs WAVE.

A la fin de la saison de croissance, un balayage est toujours réalisé, afin que les sections expérimentales soient «propres» pour entamer l'hiver. Pour exclure une éventuelle influence du trafic (passages de véhicules irréguliers, pollution, sels de déverglaçage, etc.), le parking a été fermé fin mai 2010 et le restera jusqu'à la fin de l'étude.

#### ► **WP 4 – Eco-efficacité et analyse coûts/bénéfices**

Parallèlement aux essais du WP3, on collecte au sein du WP4 des informations pour déterminer l'éco-efficacité et le prix de revient de chaque méthode. A cet effet, les paramètres suivants ont été mesurés ou enregistrés:

- consommation d'énergie (LPG pour les brûleurs, diesel pour WAVE, etc.);
- consommation d'eau (WAVE);
- fréquence de traitement (capacité, horaires, etc.);
- usure du pavage.

Pour étudier l'éventuel impact sur le revêtement, on a réalisé avant les premiers traitements des mesures approfondies:

- de l'adhérence (au pendule SRT);
- du profil de texture (au profilomètre laser);
- des coordonnées chromatiques  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (au colorimètre).

L'évolution de ces paramètres dans le temps permet de déterminer l'usure (due p. ex. au brossage) et les changements de couleur des pavés. Ces mesures seront régulièrement répétées.

#### ► **Perspectives d'avenir**

Une première application (simultanée) des scénarios a eu lieu en mai 2010. Lors de la première saison de croissance, on a déjà dû intervenir à plusieurs reprises (une à cinq fois, selon le type de revêtement) pour rester sous le niveau de mauvaises herbes à ne pas dépasser. Parallèlement aux traitements, différentes mesures des consommations de gaz, de diesel et d'eau ont été réalisées, afin de pouvoir établir un lien entre leur efficacité contre les mauvaises herbes et leur efficacité économique et écologique. Cette phase de recherche se poursuit au cours de la deuxième année (2010-2011), afin de pouvoir étudier l'effet à long terme sur les mauvaises herbes et de pouvoir formuler des conclusions étayées d'un point de vue statistique.

Les résultats serviront à établir des recommandations pour une gestion préventive et curative des mauvaises herbes dans la pratique. Nous vous en tiendrons informés dans les pages du Bulletin CRR et d'autres publications, ainsi qu'à l'occasion de journées d'étude.

- 
- *A. Beeldens: 02 766 03 43; a.beeldens@brrc.be*  
*E. Boonen: 02 766 03 41; e.boonen@brrc.be*  
*M. Fagot (UGent): 09 264 90 65; maureen.fagot@ugent.be*  
*B. De Cauwer(UGent): 09 264 90 64;*  
*benny.decauwer@ugent.be*  
*D. Reheul (UGent): 09 264 60 96; dirk.reheul@ugent.be*

## 5 Travaux routiers et nuisances – Un bilan intermédiaire du CRR

Dans le Bulletin CRR 80 (pp. 8-11), nous avons traité en détail de la réduction des nuisances dans le cas de travaux routiers. Nous déclarions que ce thème méritait évidemment l'attention du CRR. Nous argumentions qu'il y avait au moins trois bonnes raisons de s'y intéresser:

- 1) l'image véhiculée par les travaux: l'importance d'informer les usagers de l'essence des travaux tout au long des différentes phases;
- 2) l'augmentation du trafic: l'ampleur du trafic routier et le facteur temps qui aggrave les nuisances;
- 3) le développement durable: l'importance de mettre en relation les impacts temporaires et les impacts permanents.

Plus d'un an plus tard, le moment est venu de remettre pleins feux sur ce thème.

### ► Le CRR et la réduction des nuisances

Le CRR souscrit avec conviction au concept de développement durable et veut dans ce cadre collaborer à un système routier *Greener* (plus vert), *Safer* (plus sûr) et *Smarter* (plus intelligent). Limiter les nuisances dans le cas de travaux routiers s'inscrit dans l'idée de mettre l'utilisation de la route au centre des débats lors de la réalisation d'un tel système routier.

Le CRR souhaite souligner le caractère réalisable d'un point de vue pratique de mesures visant à réduire les nuisances. Les conditions de base que sont la sécurité et la qualité technique constituent pour ce faire le point de départ essentiel. Cette approche pratique va toutefois de pair avec une vision claire des implications financières et une description précise des responsabilités.

Selon la vision du CRR sur la réduction des nuisances, la collaboration est la clé du succès. Plusieurs parties ont un rôle à jouer dans la réduction des nuisances: les usagers, les gestionnaires, les bureaux-conseils, les entrepreneurs et, derniers acteurs et non des moindres, les chercheurs.

Tout *usager de la route* – qu'il s'agisse de piétons, de cyclistes, de transports en commun, de voitures ou encore de poids lourds – doit pouvoir se déplacer de manière sûre sur la partie de la voie publique qui lui est destinée. Cela revient à dire que les différents



types d'usagers de la route ne peuvent pas engendrer de gêne inutile aux autres. Cette règle est toujours d'application, mais devient d'autant plus importante si une situation d'exception se présente, comme des travaux ayant un impact sur le domaine public.

Les gestionnaires routiers (régions et communes) doivent veiller à ce que les routes soient dans un état permettant une utilisation sûre et aussi fluide que possible. Au moyen de plans, on opte en règle générale pour la complémentarité des moyens de transports, où l'on essaie de restreindre l'utilisation de la voiture au profit d'autres moyens de transport. Le principe STOP mis récemment en avant dans les plans en est une variante actuelle.

---

Le principe STOP est présenté comme une nouvelle manière d'appréhender la mobilité. Dans un premier temps, l'attention doit se tourner vers les piétons, les cyclistes, puis les transports en commun, puis seulement vers les voitures personnelles. L'idée est que l'attention portée aux voitures n'est justifiable qu'après avoir envisagé les trois premières alternatives.

---

Les *bureaux-conseils* et *entrepreneurs* ont eux aussi une fonction importante. En imaginant les travaux de manière réfléchie dans une phase de conception, en accordant une attention particulière à la réduction des impacts sur le système routier, les bureaux-conseils, en concertation avec les gestionnaires routiers, jouent un rôle primordial. Les entrepreneurs sont eux aussi importants, puisqu'ils peuvent faire jouer leur connaissance pratique spécifique dans les phases ultérieures afin que les travaux puissent se dérouler sans encombres et sans empiéter sur la sécurité routière.

t  
Le thème des nuisances est un thème évolutif par excellence. Il est en relation directe avec la société en pleine évolution. Comme la *recherche* progresse, les gestionnaires routiers, les bureaux-conseils et les entrepreneurs sont soutenus dans les choix qu'ils opèrent lorsque des travaux routiers s'imposent. La recherche est impérative si l'on ne veut pas prendre du retard; c'est une condition sine qua non pour arriver à une constante amélioration des mesures visant à éviter les nuisances, à les réduire et à les atténuer.



C'est ainsi qu'il y a pour les entrepreneurs en particulier de nombreux sujets dignes d'être étudiés. En voici quelques exemples:

- *Que peut faire l'entrepreneur de son côté pour réduire les nuisances? Quels aspects sont à prendre en considération (organisationnels, techniques, réglementaires, etc.)? Quel rôle joue l'entrepreneur dans les différentes phases d'un projet?*
- *Existe-t-il des différences en fonction de la forme de contrat? A quelles conditions l'entrepreneur peut-il être soumis?*
- *Quelles différences y a-t-il en fonction du lieu où sont effectués les travaux ou de l'ampleur des travaux? Quelles différences fondamentales y a-t-il entre des travaux réalisés à la voirie et des travaux de construction engendrant des nuisances sur la voirie?*
- *Quels avantages l'entrepreneur peut-il tirer de sa contribution à la réduction des nuisances?*

Le CRR élargit de plus en plus ses connaissances sur le phénomène des nuisances. La réduction des nuisances occupe dans ce cadre le premier plan. L'attention que le CRR porte au sujet se reflète dans les activités de ses différentes divisions. L'article paru dans le Bulletin CRR 80 en donnait déjà une indication. Depuis lors, les activités du CRR sur le thème des nuisances se sont articulées autour de trois axes:

- intérêt pour les techniques de construction;
- intérêt pour les techniques de circulation;
- intérêt pour la mission sociale.

### ► Intérêt pour les techniques de construction

Les nuisances engendrées par des travaux routiers peuvent évoluer en termes de durée ou d'occupation de la voirie. Une bonne exécution des travaux

est un élément crucial, avec des techniques qui causent aussi peu d'embarras que possible pour chacun (riverains, entreprises, touristes, etc.). Les travaux nécessaires peuvent être optimisés si l'on recourt à des techniques créant le moins de nuisances possible. Et si, en plus des connaissances nécessaires sur les techniques de construction, on a une vision suffisante de la problématique de mobilité, ce n'est pas plus mal. Connaître la signification de termes comme «mobilité», «réduction des nuisances», «développement durable» et «principe STOP» aidera sûrement à reconnaître l'importance de l'utilisation de ces techniques aptes à réduire les nuisances.

En préparation d'une guidance technologique, des chercheurs des divisions concernées du CRR ont établi un synopsis de techniques de construction susceptibles de réduire les nuisances et peu, voire pas, utilisées. L'avancement de la connaissance en matière de techniques de construction potentiellement aptes à réduire les nuisances est ainsi déclenché. Les techniques de construction se concentrent sur quatre composantes: l'utilisation des matériaux, les enrobés, le béton et les travaux d'égouttage. Les techniques sont très variées: recyclage in situ, techniques innovantes de rénovation des égouts, utilisation d'éléments préfabriqués, matériaux auto-compactants réexcavables, etc.

### ► Intérêt pour les techniques de circulation

Les entrepreneurs sont également confrontés à des techniques qui ne sont pas tant des techniques de construction que des techniques de circulation. Dans le cadre d'un contrat de type DBFM<sup>1</sup> certainement, un entrepreneur peut avoir un input sur la manière d'aborder un projet, en cherchant déjà des solutions dès la phase de conception. Dans de pareils cas, l'entrepreneur a un rôle actif à jouer, en supportant un preneur d'initiative ou un gestionnaire routier. Un entrepreneur peut ainsi se retrouver impliqué dans la mise au point d'un plan «de réduction des nuisances».

Pour des travaux, des règles doivent être appliquées selon un système de classification vis-à-vis du placement de la signalisation. Une signalisation correcte peut permettre d'éviter toute une série de nuisances pour le trafic. A ce propos, dans le contexte urbain, une attention particulière est requise pour la signalisation à l'attention des usagers faibles. En outre, l'aspect sécurité joue également un rôle, que ce soit pour les usagers de la route ou pour les ouvriers effectuant les travaux. Il convient de faire particulièrement attention à la catégorisation de la

<sup>1</sup> DBFM: Design, Build, Finance and Maintain.

route, aux facteurs de déviation et peut-être aussi à l'adaptation temporaire des feux de signalisation.

Le choix de dévier ou non le trafic est essentiel. Il peut aussi s'avérer préférable de ne pas prévoir de déviation, mais d'installer des feux de signalisation temporaires. Le choix dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité de trafic, ou la possibilité d'emprunter d'autres routes.

Le principe STOP met les piétons et les cyclistes tout en haut de la liste des préoccupations premières. L'aménagement du chantier doit en tenir compte. Il faut concevoir que ce principe n'est pas nécessairement envisageable dans tous les cas. Dès lors, l'entrepreneur, en concertation avec le preneur d'initiatives, doit pouvoir appliquer des méthodes permettant d'estimer les nuisances pour les différents types d'usagers. Pour ce faire, il existe différentes méthodes (comptages, calculs de capacité, modèles de trafic). Il ne s'agit pas simplement de la route où sont réalisés les travaux, mais également des routes qui en subissent les conséquences. Par définition, l'aménagement du chantier, c'est aussi: la place occupée sur la voie publique, le choix du phasage des travaux, la manière de gérer le stockage, etc.

A l'avenir, de tels sujets seront mis sur le tapis aux divers moments auxquels le CRR sera initiateur ou acteur.

### ► Intérêt pour la mission sociale

S'attaquer aux nuisances est aussi une mission sociale qui va plus loin que le choix des techniques de construction et de circulation. La connaissance du processus et le contexte dans lequel il se déroule sont également des aspects nécessaires. Communication, coordination et évaluation sont quelques-uns des thèmes occupant une place importante dans l'élaboration d'une approche réussie des nuisances.

Le CRR a reconnu purement et simplement cette donnée sociale, qui se répercute notamment dans quelques activités de la division Mobilité. Ainsi, au cours du premier semestre 2010, une table ronde Mobilité durable réunissant différents acteurs a été organisée. Cet événement a été largement commenté dans nos Bulletins CRR 83 (pp. 16-17) et 84 (pp. 16-22). Lors des sessions de l'après-midi, les discussions s'articulaient autour de trois thèmes: Planning et préparation, Exécution et réalisation, Gestion, évaluation et adaptation). Ce n'est pas un hasard si ces thèmes ont été choisis sur base d'un phasage par lequel passe tout projet. De nombreux



sujets traités lors de cette journée passionnante étaient en relation avec les nuisances (inévitables) engendrées par des travaux routiers.

La division Mobilité représentait aussi le CRR dans l'association momentanée *Minder Hinder Vlaanderen*. Cette association avec Tritel, Arcadis, Research Analysis, Connect et Libost a élaboré pour le VIM (*Vlaams Instituut voor Mobiliteit*) un *draaiboek Minder hinder* (scénario *Réduction de nuisances*), et a établi parallèlement à ce scénario des recommandations pour la politique. Le CRR a fourni, tant pour le scénario que pour la note de recommandations une expertise contextuelle et a assuré le contrôle de qualité (du contenu).

Les recommandations visent à provoquer des adaptations dans la stratégie d'action, pour stimuler davantage l'application de *Minder Hinder* et l'uniformiser. Le scénario pratique opte pour une progression systématique selon les phases par lesquelles passe un projet, et accorde beaucoup d'attention au rôle des entrepreneurs<sup>2</sup>. Plusieurs outils pratiques ont été développés, notamment un test «réduction des nuisances». Ce test vise à aborder de manière simple les nuisances potentielles engendrées par des travaux routiers lors de la phase de planning.

### ► Perspectives

On peut déduire de ce qui précède que le thème de la réduction des nuisances bénéficie au CRR de l'intérêt qu'il mérite. Sur les trois plans (technique de construction, technique routière et social), des progrès ont été réalisés. Les informations fournies par cet article doivent être considérées comme un bilan intermédiaire. A plusieurs niveaux, la réduction des nuisances exige encore de nombreuses recherches. Le CRR choisit de poursuivre sur la voie dans laquelle il s'est engagé, pour faire progresser les connaissances sur des projets routiers optimum avec un minimum de nuisances.

► H. Van Geelen: 02 775 82 39;  
h.vangeelen@brrc.be

<sup>2</sup> Le scénario *Minder Hinder Vlaanderen* est disponible sur le site web du VIM: [www.vim.be](http://www.vim.be)

## 6 Le CRR, partenaire d'une mission du secteur belge de la construction en République démocratique du Congo

La Belgique a reçu en septembre 2008 une mission économique congolaise du secteur Construction.

A la demande de l'Ambassade de Belgique à Kinshasa, le CRR avait accueilli la délégation congolaise dans ses installations de Sterrebeek en rappelant les vingt-cinq ans de collaboration entre le CRR et le secteur routier congolais et en confirmant son ouverture à des partenariats futurs.

Robert de Mùelenaere, Administrateur délégué de la Confédération Construction, présent à cette réunion au CRR, avait élargi cette proposition de partenariat à l'ensemble du secteur de la construction.

L'organisation d'une mission économique multisectorielle belge en République démocratique du Congo (RDC) en novembre 2010 à l'initiative des



Rencontre des délégations congolaise et belge sous la présidence de Théo Ntela (Cellule Infrastructures) et en présence de Yves Hanoteau (Coopération technique belge - CTB).

Régions a créé l'opportunité d'une rencontre à Kinshasa de la Confédération Construction représentées par son Président, Jacques De Meester et son Administrateur délégué, Robert de Mùelenaere avec les organisations professionnelles congolaises de la construction.

Vu les thèmes prioritaires exprimés par la partie congolaise, à savoir formation, normalisation et contrôle des travaux, la Confédération Construction a sollicité la présence à ses côtés des deux centres de recherche collectifs le CSTC et le CRR.

Le CRR a volontiers répondu présent.

La mission économique belge s'est déroulée du 15 au 19 novembre 2010. Les deux moments forts de cette mission pour notre secteur furent:

- la tenue d'une table ronde *Construction* avec les représentants des acteurs publics et privés congolais permettant d'exposer les propositions de réponse que la Belgique est prête à offrir aux besoins exprimés par les partenaires congolais. Dans son intervention, Michel Servranckx, pour le CRR, a rappelé une expérience de vingt-cinq ans de collaboration dans le domaine de la formation et la réactivation récente de la coopération en matière de renforcement du *Laboratoire National des Travaux Publics (LNTP)* (voir Bulletin CRR 84, pp. 28-31 et Bulletin CRR 83, pp. 21-22);
- une réunion de travail réunissant les décideurs des parties belge et congolaise, en vue d'établir un projet de protocole d'accord destiné à assurer une dynamique et des actions concrètes de tous les signataires du protocole.



Ce projet de protocole a été signé le 17 novembre 2010. Il présente deux volets:

- la promotion des actions de formation;
- la mise en place d'un projet structuré pour la rédaction de cahiers de charges et de normes adaptés aux conditions congolaises (climat, matériaux, sols, etc.).

A ce stade des discussions, il est encore prématuré de vouloir préciser le contenu concret de ce protocole.

Il va de soi que s'agissant d'un véritable projet sur le moyen terme, ce projet doit trouver un financement spécifique auprès des autorités belges (Coopération) et/ou des bailleurs de fonds internationaux.

► M. Servranckx: 02 775 82 50;  
m.servranckx@brrc.be