



Belgisch **Wegen**congres Congrès belge de la **Route**

LEUVEN · 4-7.04.2022

Performances des revêtements semi-durs – résultats du projet **NoMaVert**





Projet NoMaVert – new materials for sustainable ‘green’ road structures

- Revêtements semi-durs - granulats avec liants naturels - pour structures peu sollicitées ou structures drainantes
- Mélanges terre-pierres ('bomengranulaten') - utilisés en sous-fondations pour des revêtements autour d'arbres





Plan

- Objectifs
- Matériaux
- Essais de laboratoire
- Essais in situ
- Conclusions



Objectifs

- Etudier les **performances** de ces matériaux afin d'établir des prescriptions et des recommandations pour les CCT



Plan

- Objectifs
- Matériaux
- Essais de laboratoire
- Essais in situ
- Conclusions



Matériaux

Mélanges étudiés en laboratoire



- F₁ : le liant est un biopolymère d'origine végétale
- F₂- M₁ : le liant est minéral, mais n'est pas à base de ciment
- F₂- M₂ : le mélange n'est pas lié, mais fréquemment utilisé en Belgique
- F₃- M₁ : le liant est d'origine végétale
- F₃- M₂ : le liant est d'origine végétale



Plan

- Objectifs
- Matériaux
- Essais de laboratoire
- Essais in situ
- Conclusions



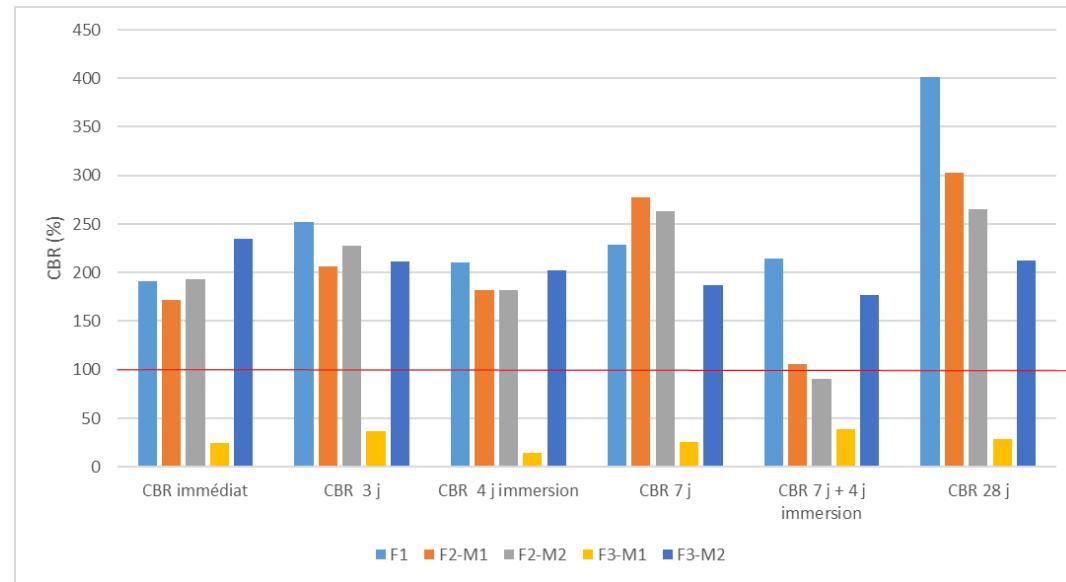
Essais de laboratoire

- CBR différés (conservation en chambre climatique à 20°C et/ou en immersion)
- Cycles conditions sèches/humides
- Cycles gel/dégel



CBR différés

- OPM





CBR obtenus sur des éprouvettes compactées à l'OPN / OPM

Mélange	F ₁	F ₃ -M ₂	F ₁	F ₃ -M ₂
Type de compactage	OPN	OPN	OPM	OPM
CBR immédiat	99	75	127	235
CBR 4 j immersion	À mesurer	86	210	203
CBR 7 j	188	121	229	187
CBR 7 j + 4 j immersion	121	121	214	177
CBR 28 j	227	146	401	213



Cycles secs-humides

Vérification de la portance après une alternance de périodes sèches et humides

- 14 jours de cure en étuve avec 20°C et 60 % RH
- 4 jours de cure en immersion
- Alternance de 10 cycles de 24 h en étuve sous conditions sèches - 24 h en immersion
- Mesure de l'indice CBR à l'issue des 10 cycles, après 28 jours



Cycles secs-humides - Résultats

	CBR 28j après cycles secs-humide (OPN)	CBR 28j (OPN)
F_1	129 % +/- 13,9	227 %
F_3-M_2	97 % +/- 15,3	146 %

- Diminution du CBR mais les valeurs restent satisfaisantes



Cycles gel-dégel

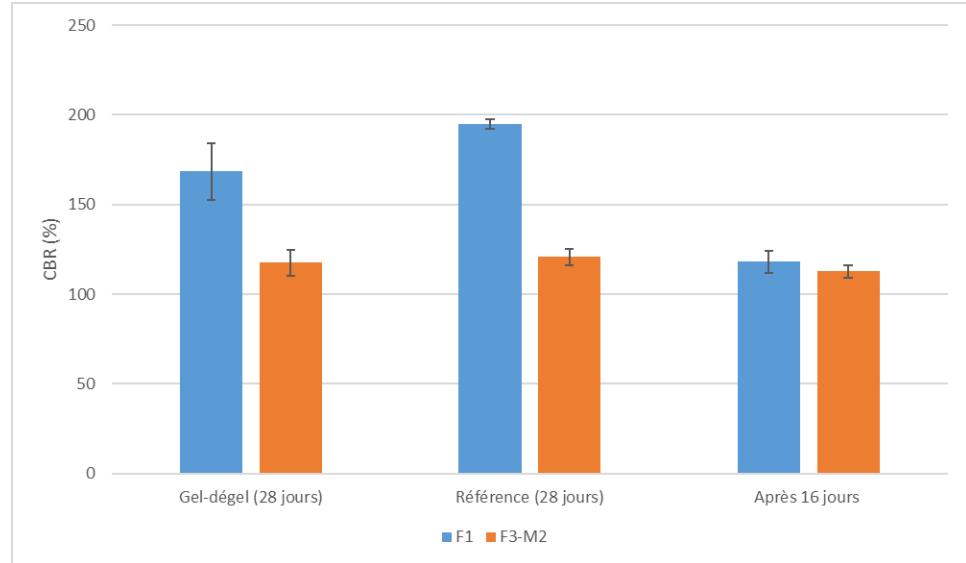
Vérification de la portance après des cycles gel/dégel

- 3 séries : conservation de 14 jours chambre climatique + 2 jours en immersion
- Série 1 : 10 cycles gel/dégel + 2 jours en chambre climatique (20°C, 60 % RH)
– CBR testé à 28j
- Série 2 : 12 jours en chambre climatique (20°C, 60% RH) – CBR testé à 28j
- Série 3 : CBR testé à 16 jours (directement après la première cure)



Cycles gel-dégel

- CBR restent élevés après les cycles gel/dégel
- La prise se poursuit durant les cycles gel/dégel (significatif pour le matériau F₁)
- Les matériaux testés ont une bonne résistance au gel





Plan

- Objectifs
- Matériaux
- Essais de laboratoire
- Essais *in situ*
- Conclusions



Essai in situ : mesures de perméabilité sur chantiers existants





Lieu/Fournisseur	Mise en oeuvre	Mesure	Nombre de mesures	Valeur essai double anneau
Sledderlo - F ₄	Mei 2016	10/7/2020	2	pas mesurable
		22/9/2016	3	$k_1 = 4,1 \cdot 10^{-5}$ m/s $k_2 = 1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s $k_3 = 4,0 \cdot 10^{-6}$ m/s
Tienen - F ₁	2017 (ph. 1) - 2019 (ph. 2)	10/8/ 2020	2 (phase 1)	pas mesurable
Genk - F ₁	2018 (ph. 1) - 2019 (ph. 2)	10/8/ 2020	2	pas mesurable
Antwerpen - F ₁	2015	12/8/ 2020	2	pas mesurable
Borgerhout - F ₁	Fin 2019	12/8/ 2020	2	pas mesurable
Tervuren - F ₃	2017	10/9/ 2020	2	pas mesurable
			1	$3,79 \cdot 10^{-6}$ m/s
Erps kwerps - F ₃	Septembre 2015	10/9/2020	1	$3,56 \cdot 10^{-4}$ m/s
			2	pas mesurable

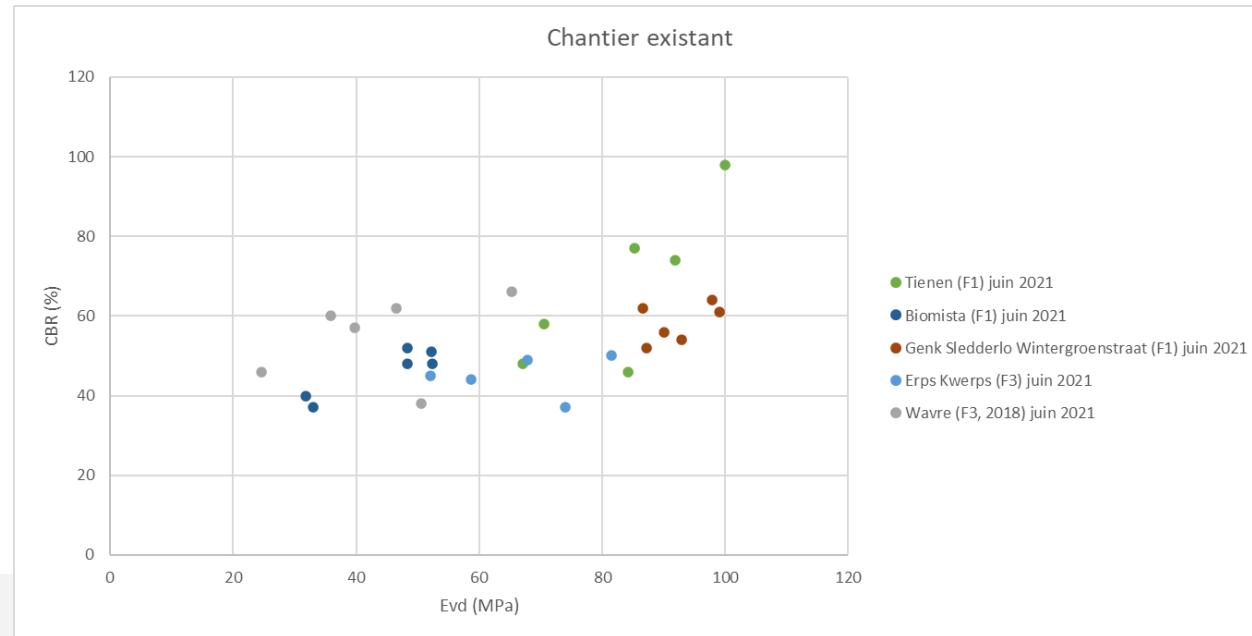


CBR in situ / Plaque dynamique allemande





Indices CBR in situ / Evd sur des chantiers existants





Chantier de Wavre (F_3 - M_2)

- 20 cm de recyclés mixtes 20/56 mm
- 4 cm de recyclés mixtes 4/20 mm
- Couche de lave +/- 1 cm après compactage
- Revêtement semi-dur de 5 cm après compactage



- densité sèche OPN = 2,0339 g/cm³
- CBR = 75 %
- teneur en eau = 8,32 %



Chantier de Wavre (F_3-M_2) – essais in situ

	Résultats
CBR labo OPM	235 % (w=6,85 %)
CBR immédiat labo OPN	75 % (w=6,92 %)
CBR Prélèvement sur site OPN	75 % (w=8,32 %)
w sur prélèvement sur site	8,32 %
Wavre EVD jour 0	36 MPa +/- 9,5
Wavre EVD jour 32	60 MPa +/- 5,50
Wavre EVD après 8 mois (juin)	75 MPa +/- 12,2
CBR in situ après 8 mois (juin)	62 % +/- 11,8
Taux de compactage jour exécution	99,9 % OPN



Chantier de Wavre – mesure de perméabilité

- 3 mesures avec l'essai double anneau (2 sur partie 2020 ; 1 sur la partie de 2018)
- Perméabilité trop faible pour être mesurée par cet essai





Chantier de Meise (F_1)

- Fondation en empierrement
- Revêtement semi-dur de 6 cm après compactage
- Compactage plaque vibrante + compacteur à rouleau

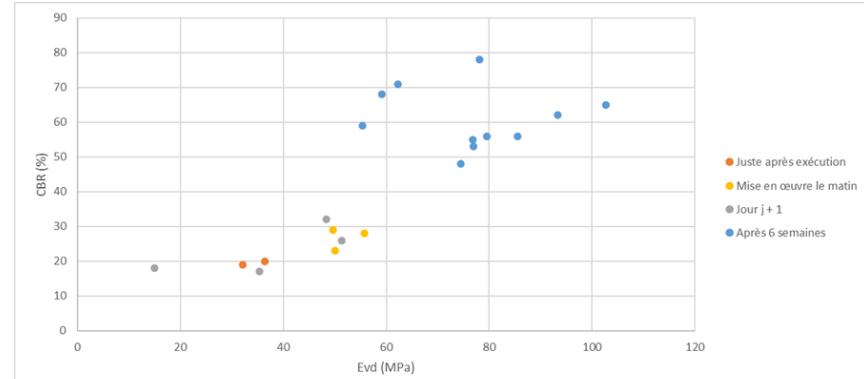


- densité sèche OPN = $1,9392 \text{ g/cm}^3$
- CBR = 111 %
- teneur en eau = 9,49 %



Chantier de Meise (F_1)

	Résultats
CBR labo OPM	191 (11,35 %)
CBR immédiat labo OPN	99 (10,4 %)
CBR prélèvement sur site OPN	111 (9,49 %)
w prélèvement sur site	9,49 %
Meise EVD jour 0 ou J+1	41,6 MPa +/- 12,9
Meise EVD après 6 sem	75,1 MPa +/- 14,2
CBR in situ jour 0	23,7 % +/- 5,1
CBR in situ après 6 sem	61 % +/- 8,8
Taux de compactage jour 0 ou J+1	91,7 % OPN





Chantier de Meise – mesure de perméabilité

- 4 mesures avec l'essai double anneau en septembre 2021 (2 mesures sur une partie mise en œuvre quelques années plus tôt ; 2 mesures sur la partie mise en œuvre en juin 2021)
- Perméabilité trop faible pour être mesurée par cet essai sauf 1 valeur $9,22 \times 10^{-5} \text{m/s}$ sur l'ancien revêtement





Plan

- Objectifs
- Matériaux
- Essais de laboratoire
- Essais in situ
- Conclusions



Conclusions

- **En laboratoire:** bonnes performances en termes de portance, résistance à l'eau, résistance aux cycles gel/dégel
- **In situ :**
 - Disparité dans les CBR in situ; modules dynamiques influencés par la couche sous-jacente
 - Durcissement des mélanges dans le temps
 - Pas de dégâts apparents : les portances mesurées sont suffisantes pour des applications piétonnes
 - Peu perméables



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**
LEUVEN • 4-7.04.2022



UNE ORGANISATION



ABR

Association
Belge de la Route



**AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER**

AVEC LE SOUTIEN DE



Centre de
recherches routières



BRUXELLES MOBILITÉ
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES

 **Wallonie**
mobilité infrastructures
SPW



FBEV
Fédération Belge des Entrepreneurs de Travaux de Voirie asbl



Contact

 Colette Grégoire

 02 766 0319

 c.gregoire@brrc.be

