



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

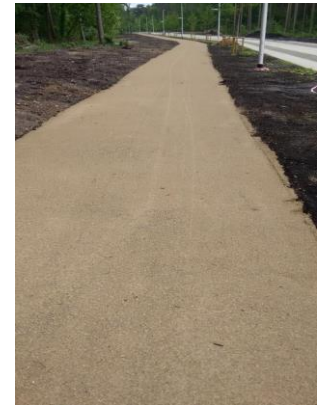
LEUVEN • 4-7.04.2022

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

- F_1 : le liant est un biopolymère d'origine végétale
- F_2 - M_1 : le liant est minéral, mais n'est pas à base de ciment
- F_2 - M_2 : le mélange n'est pas lié, mais fréquemment utilisé en Belgique
- F_3 - M_1 : le liant est d'origine végétale
- F_3 - M_2 : le liant est d'origine végétale





Plan

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



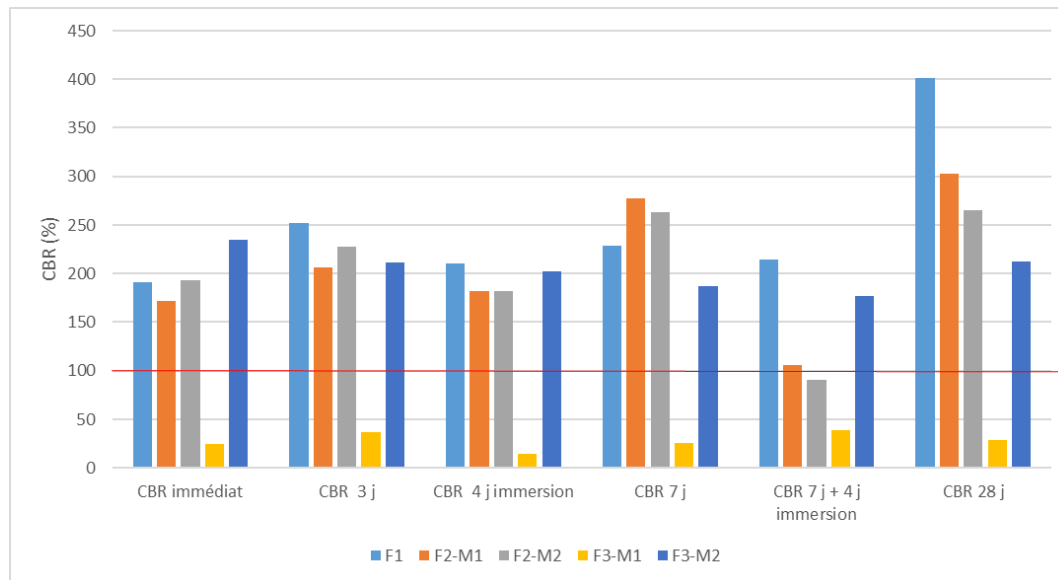
Essais de laboratoire

- 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

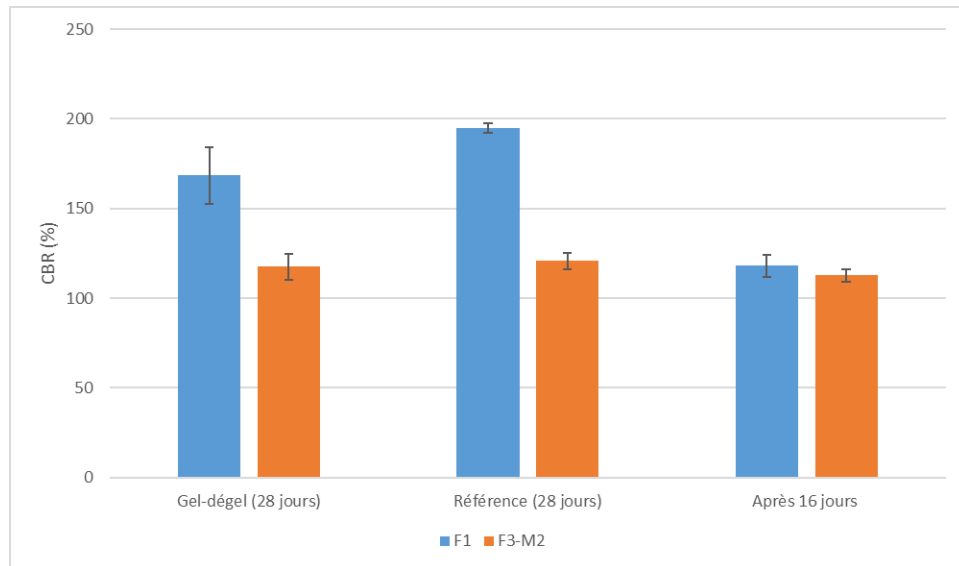
Vérification de la portance après des cycles gel/dégel

- 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



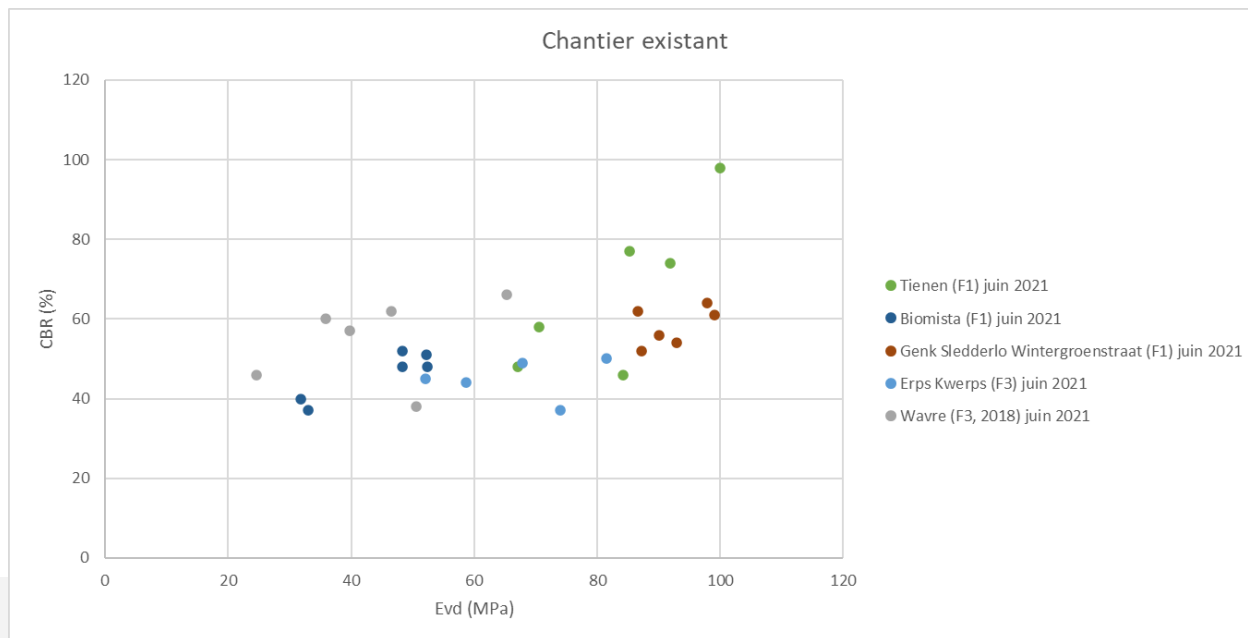


| Lieu/Fournisseur | Mise en oeuvre | Mesure | Nombre de mesures | Valeur essai double anneau |
|------------------------------|-----------------------------|------------|-------------------|---|
| Sledderlo - F ₄ | Mei 2016 | 10/7/2020 | 2 | pas mesurable |
| | | 22/9/2016 | 3 | k ₁ = 4,1*10 ⁻⁵ m/s k ₂ = 1,7*10 ⁻⁵ m/s k ₃ = 4,0*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*10 ⁻⁶ m/s |
| Erps kwerps - F ₃ | Septembre 2015 | 10/9/2020 | 1 | 3,56*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

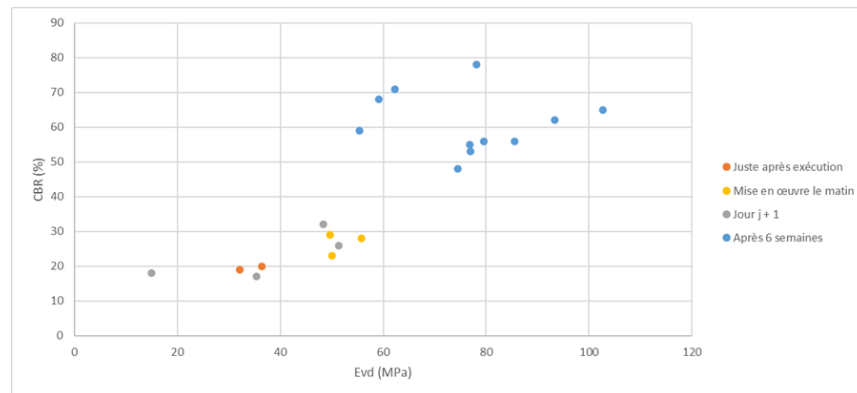


- densité sèche OPN = $1,9392 \text{ g/cm}^3$
- CBR = 111 %
- teneur en eau = 9,49 %



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



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



FBEV

Fédération Belge des Entrepreneurs de Travaux de Voirie asbl



Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Contact

👤 Colette Grégoire

☎ 02 766 0319

✉ c.gregoire@brrc.be

