



ABR|BWV



Tradecowall

La valorisation de vos ressources

# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

Retours d'expérience du CRR



Centre de recherches routières  
Ensemble pour des routes durables

Audrey Van der Wielen

# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

- Situation actuelle
- Utilisation élargie des recyclés dans des chantiers pilotes
- Cas particulier: chantier du Ridias

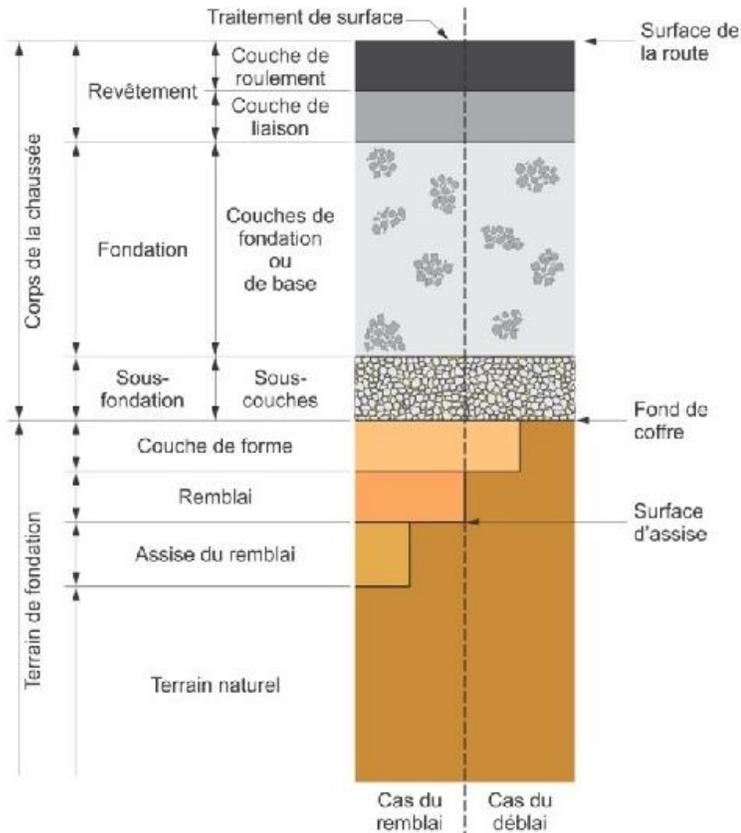


# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

- **Situation actuelle**
- Utilisation élargie des recyclés dans des chantiers pilotes
- Cas particulier: chantier du Ridias



# > Situation actuelle (Qualiroutes)



© CRR/OCW

## Revêtement

Sous-couches des revêtements en enrobés

Jusque 10 à 50 % de substitution par des AEB (agrégats d'enrobé bitumineux)

## Fondation

Fondation non liée

Recyclés de béton ou hydrocarbonés

Fondation en béton maigre

Recyclés de béton

Grave-bitume

Jusque 10 à 50 % de substitution par des AEB

Fondation en produit de scalpage traité

Tous matériaux recyclés - Réseau IIIb uniquement

## Sous-fondation

Types 1, 2 et 3

Tous matériaux recyclés - 100 % de substitution

# > Situation actuelle

- L'utilisation des granulats recyclés est permise dans Qualiroutes  
Les exigences techniques dépendent de l'application visée
  - Certaines limitations subsistent:
    - Pas de recyclés mixtes dans les fondations
    - Pas de recyclés dans les revêtements en béton
    - Pas de recyclés dans les couches de surface en enrobé
- ➔ Possibilité d'élargir les applications pour les recyclés dans les routes
- ➔ Projets de recherche
- ➔ Planches d'essais

# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

- Situation actuelle
- **Utilisation élargie des recyclés  
dans des chantiers pilotes**
- Cas particulier: chantier du Ridias



# > Chemin bi-bande à la Panne

Béton de revêtement avec 100 % de granulats de béton recyclé

- Route de liaison destinée aux vélos, piétons, cavaliers et véhicules agricoles
- Substitution à 100 % des gros granulats (8/20) par des granulats de béton recyclé de haute qualité
- 400 kg/m<sup>3</sup> de ciment, E/C de 0,45
- Mise en œuvre par coffrage glissant
- Bonne résistance en compression
- Résistance au gel-dégel satisfaisante malgré une absorption d'eau légèrement trop élevée



<https://bouw.grondstoffencatalogus.be/voorbeeldprojecten/automatische-concepten/>

# > De circulaire Weg (Veurne, 2018)

Maximisation du taux de recyclage d'une ancienne chaussée

- Démolition sélective du béton et traitement dans un centre à proximité, pour obtenir un granulats de béton de haute qualité 8/20, ainsi qu'un sable de béton 0/6.3
- Fondation 100 % recyclée réalisée en mélangeant l'ancienne fondation 0/40 avec du sable de béton et des granulats de bétons recyclés
- Béton de revêtement incluant 47% de granulats de béton 8/20. Très bonnes performances mécaniques et de résistance au gel/dégel
- 85,4% des matériaux de l'ancienne chaussée ont pu être réutilisés



[www.de-brabandere.be/januari-2018-de-circulaire-weg](http://www.de-brabandere.be/januari-2018-de-circulaire-weg)

# > Augmentation du taux de recyclage dans les enrobés

- Projet Re-Race: planche d'essais à Vaulx (Stadsbader+ CRR, 2017)
  - Jusque 70% d'AEB dans les couches de liaison
  - Jusque 50% d'AEB dans les couches de roulement
  - Utilisation de rejuvénant pour récupérer les propriétés du liant d'origine
- Rédaction de recommandations en cours
- Route 100 % recyclée (Vinci, France, 2018)
  - 1 km de la A10
  - Recyclage à chaud dans une usine mobile
  - Taux de recyclage de 97 % de chaque couche

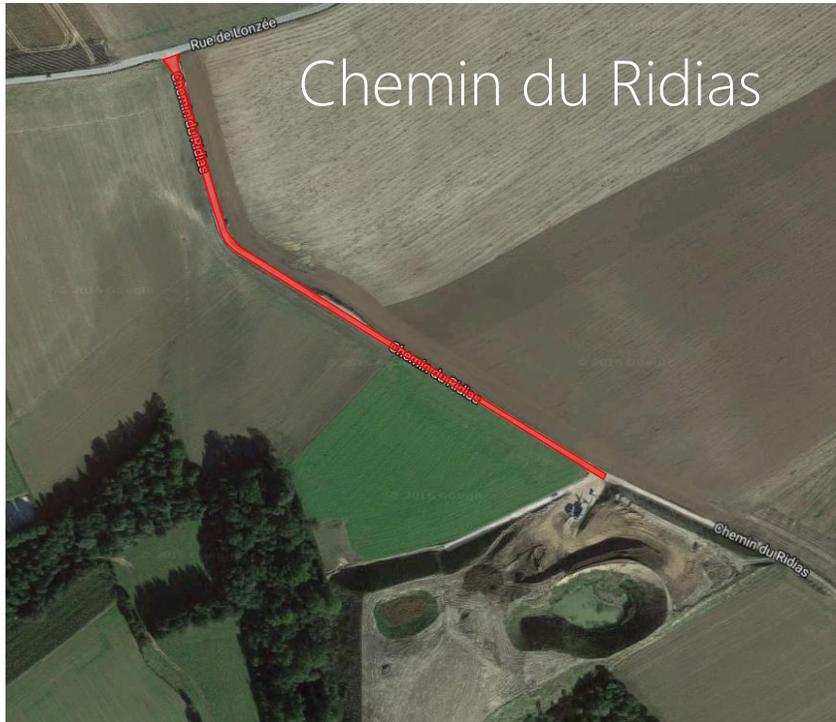


[www.construction21.org/france/infrastructure/h/la-route-100-recyclee.html](http://www.construction21.org/france/infrastructure/h/la-route-100-recyclee.html)

# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

- Situation actuelle
- Utilisation élargie des recyclés dans des chantiers pilotes
- **Cas particulier: chantier du Rидias**



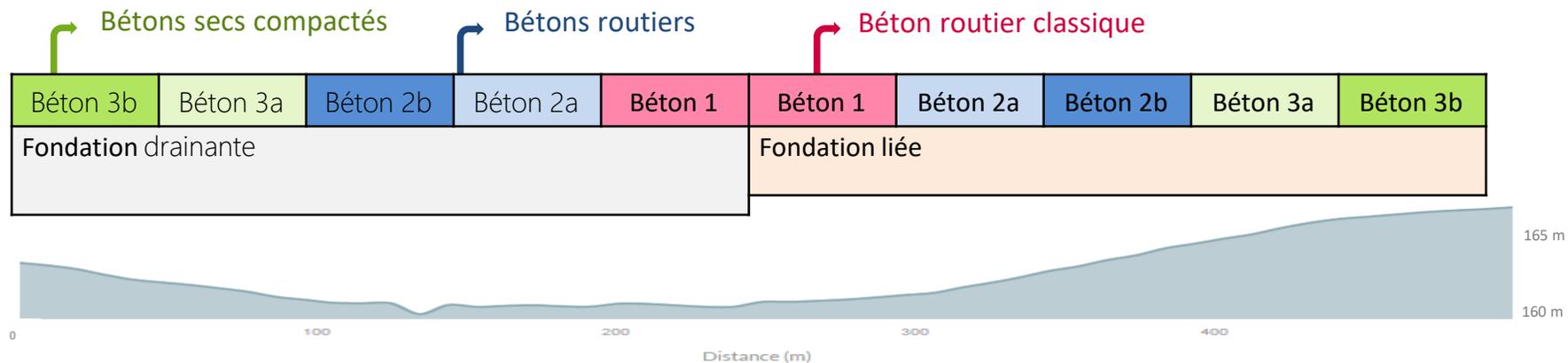


# Chemin du Ridias



# > R.I.D.I.A.S: Route Innovante et Durable Incluant des Agrégats en Seconde vie

- Rénovation par Tradecowall du chemin du Ridias à Gembloux
  - ➔ Possibilité de planche d'essais pour tester des solutions maximisant l'utilisation de recyclés mixtes dans une voirie à faible trafic



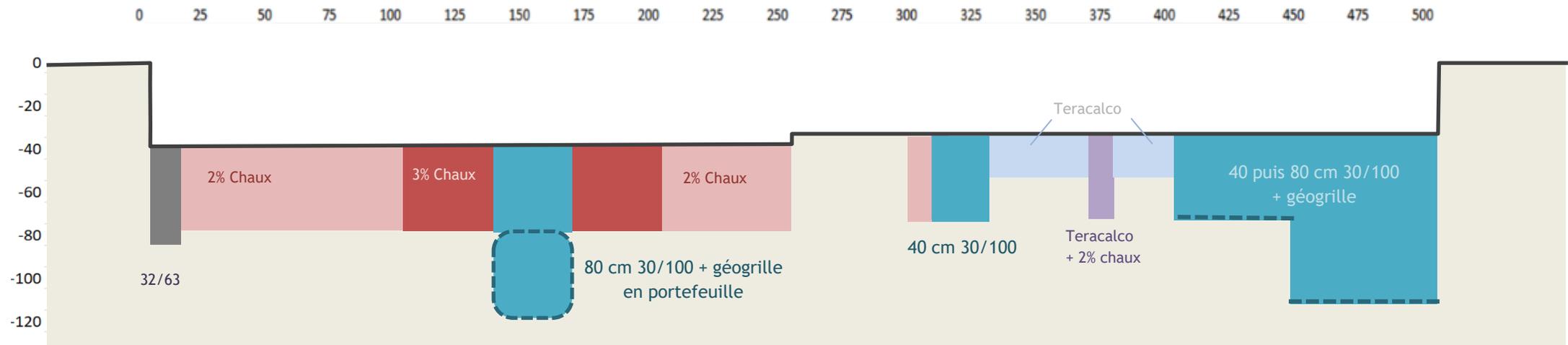
- Longueur totale de 500 m sur une largeur revêtue de 3 m
- Projet subsidié par la DGO6

# > Préparation du sol-support

- Terrassement, élimination des pavés et substitution par du Terracalco
- Amélioration du sol – support à la chaux
  - Traitement à 2% (3% dans le tournant) sur 40 cm
- Substitution du sol par un empierrement mixte /géotextile + localement géogrille



# > Préparation du sol-support



→ Portance du fond de coffre néanmoins insuffisante localement (contrôle régulier à l'essai à la plaque dynamique allemande)

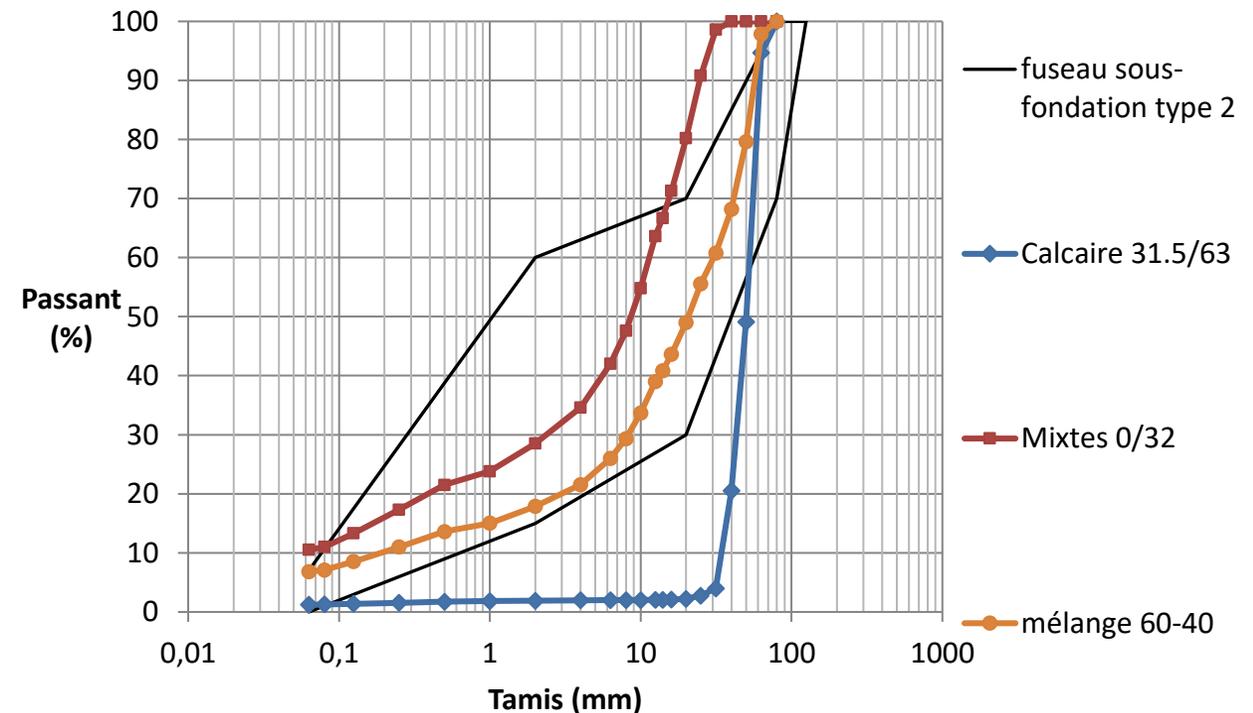
# > Fondation non liée

Recyclés mixtes 0/32 (60%) + Calcaire 32/63 (40%)

Rôle drainant → fines < 7% (6,8%)

Teneur en fines  
mesurée sur chantier: 2,89 %

- Bonne perméabilité
- Difficultés potentielles pour la mise en œuvre



# > Fondation non liée



# > Fondation liée

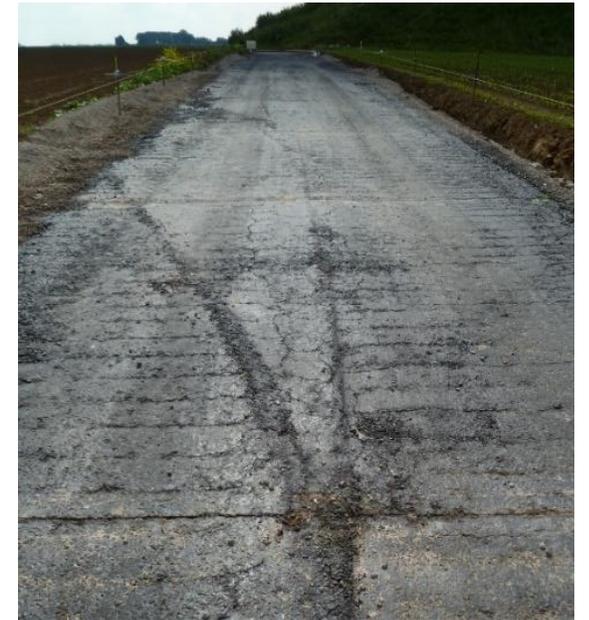
Mixtes 0/20 liés au ciment (15 cm)

- Fondation en produit de scalpage traité (Qualiroutes §F.4.9.2.3.)
  - Rc 8 MPa à 7 jours sur éprouvettes CBR compactées à l'OPM avec 6% de ciment.
- La résistance à l'immersion à 14 j des éprouvettes doit également être vérifiée.

Fondation liée Ridias	Composition massique (matériaux secs)	
	%	kg/m <sup>3</sup>
Débris mixtes 0/20	84,0	1871,7
CEM III B 42,5 HSR	5,0	112,3
eau	10,9	243,3
Total	100,0	2227,3

# > Fondation liée

- Pose à la finisseuse
- Protection par une émulsion bitumineuse
- Sciage des joints



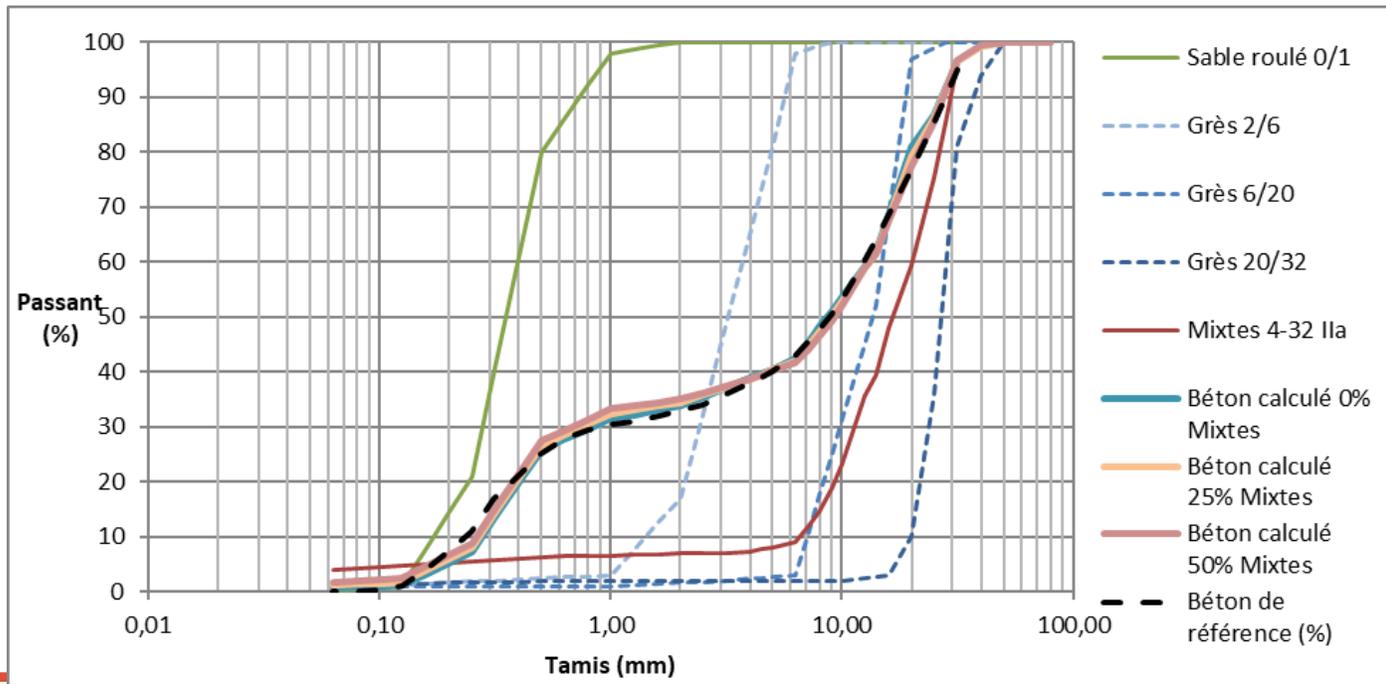
# > Fondation liée

- Essais in situ

		Proctor in situ				Gamma-densimètre	Rc Moyenne sur carotte	
	<i>Labo</i>	Camion 1	Camion 2	Camion 3	<i>Moyenne</i>	<i>Moyenne</i>		
Masse volumique sèche	1,995	1,984	1,980	1,936	1,967	1,88		
Teneur en eau	10,9 %	10,39 %	9,9 %	12,36 %	10,9 %	12,38 %		
% compactage						94,32 %		
Rc 7 jours (MPa)	10,67	/	15,5	13,9	14,7			
Rc 90 jours (MPa)		18,9	15,4	18,6	17,7		22,2 27,7 17,6	22,5

# > Bétons riches

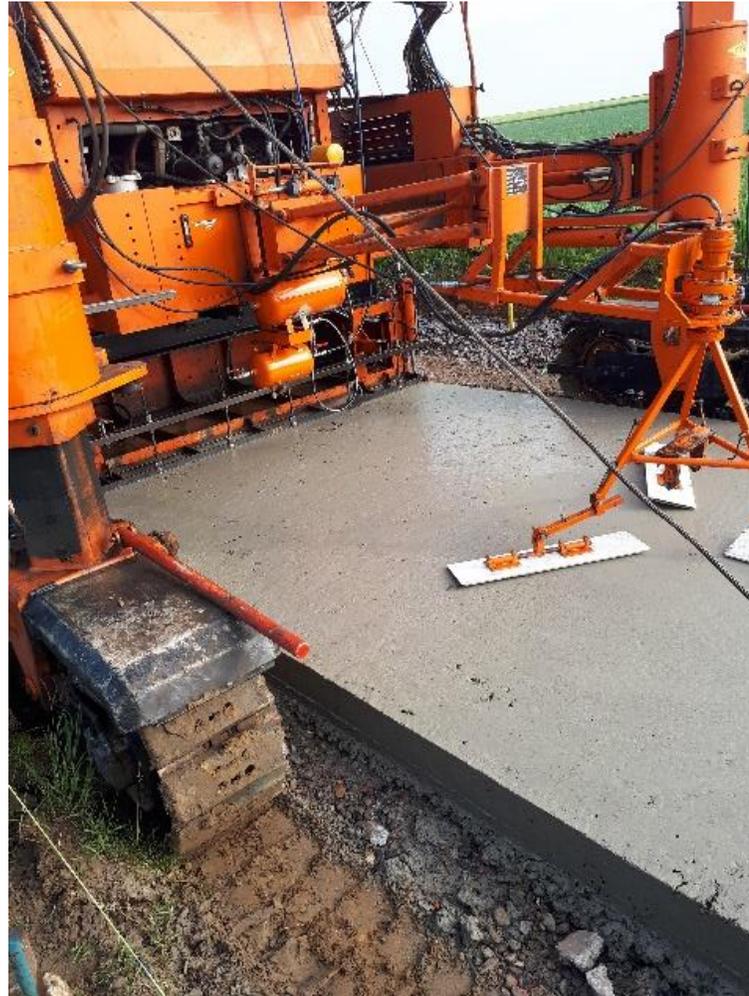
- Epaisseur 18 cm, dalles de 4 m de long



Type de granulats	Calibre	Compo de référence kg / m <sup>3</sup>	Compo 50% mixtes kg / m <sup>3</sup>
<b>Granulats</b>			
Grès	2/6	185.6	129.9
Grès	6/20	723.8	343.3
Grès	20/32	371.2	167.0
Débris Mixtes (IIa)	4/32		531.6
<b>Sable</b>			
Sable roulé Liège	0/1	577.5	577.5
<b>Ciment</b>			
CEM III/A 42,5 LA	CBR Lixhe	350	350
<b>Eau</b>			
Eau utile		168	168
Eau absorbée		9.4	44.8
Masse volumique théorique		2385	2312

# > Béton riche

- Mise en œuvre



# > Béton riche

- Essais sur le béton frais

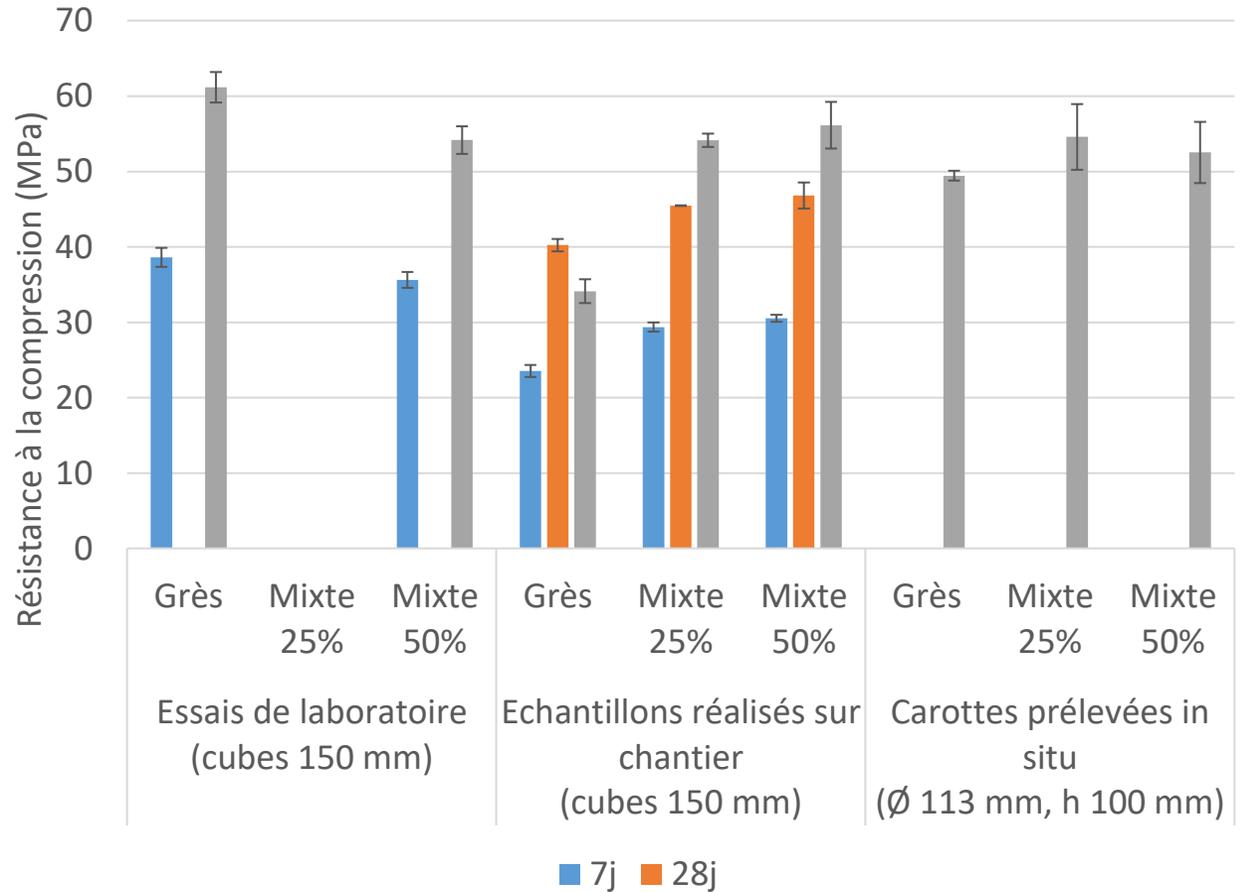
	Référence			25 vol% mixtes			50 vol% mixtes.			Objectif
	centrale	chantier	carottes	centrale	chantier	carottes	centrale	chantier	carottes	
Affaissement (mm)	35-55	25-45		30-60	15-40		30-40	15-50		25-40 à la centrale
Teneur en air moyenne (%)	1.6	1.7		1.7	1.8		1.7	2.6		-
Teneur en eau (% par brûlage) (W/C+G)	10.0 9.8	-		10.7 9.9	-		10.3 11.0	9.9 10.4		Réf: 8.1 25%: 9.1 50%: 10.1



$E/C=0,58$  au lieu de  $0,48$

# > Béton riche

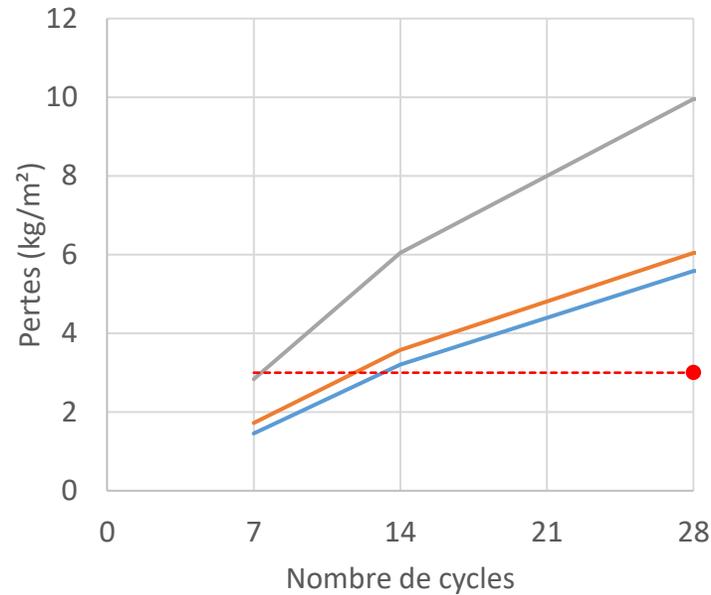
- Résistance en compression
- Rc du béton de référence faible, surtout sur éprouvettes in situ
  - Prélèvement sur un seul camion
- Rc satisfaisants avec recyclés mais écart-type plus élevé



# > Béton riche

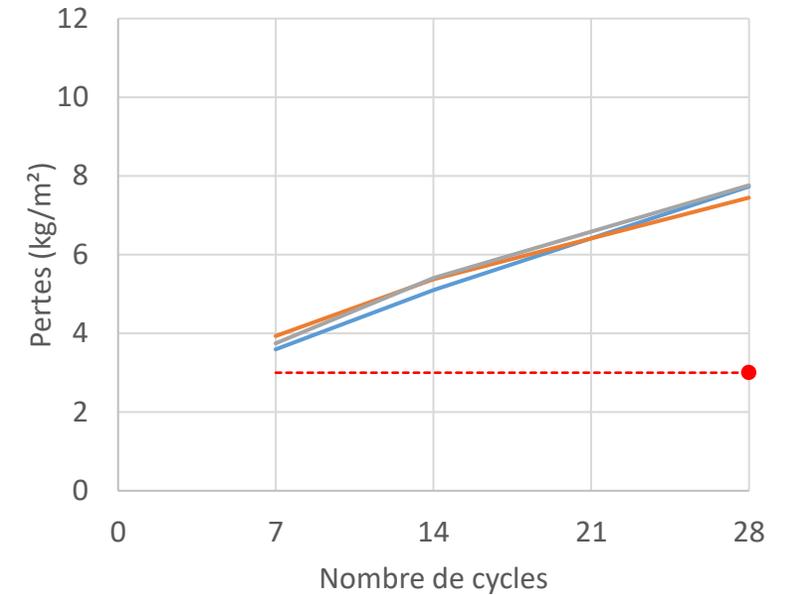
- Résistance au gel/dégel
  - Résultats insuffisants pour tous les bétons
    - ➔ Ok car réseau III sans épandage
    - ➔ Pourrait être améliorée avec de l'entraineur d'air
- Performances liées à la  $R_c$

Slab test (éprouvettes chantier – surface coffrée)



— 19-0337 50% mixte  
— 19-0339 25% mixte  
— 19-0340 100% grès  
- - - Limite (estimation de l'équivalent ISO-DIS)

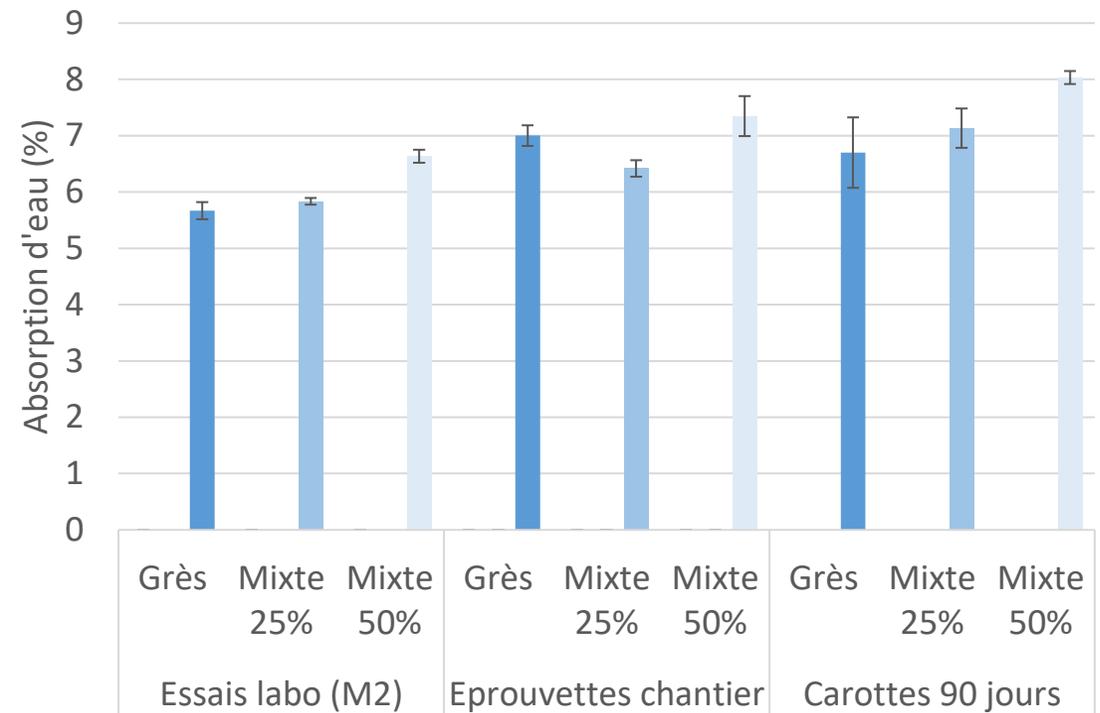
Slab test (carottes 90 jours – surface brossée)



— 50% mixte  
— 25% mixte  
— 100% grès  
- - - Limite (estimation de l'équivalent ISO-DIS)

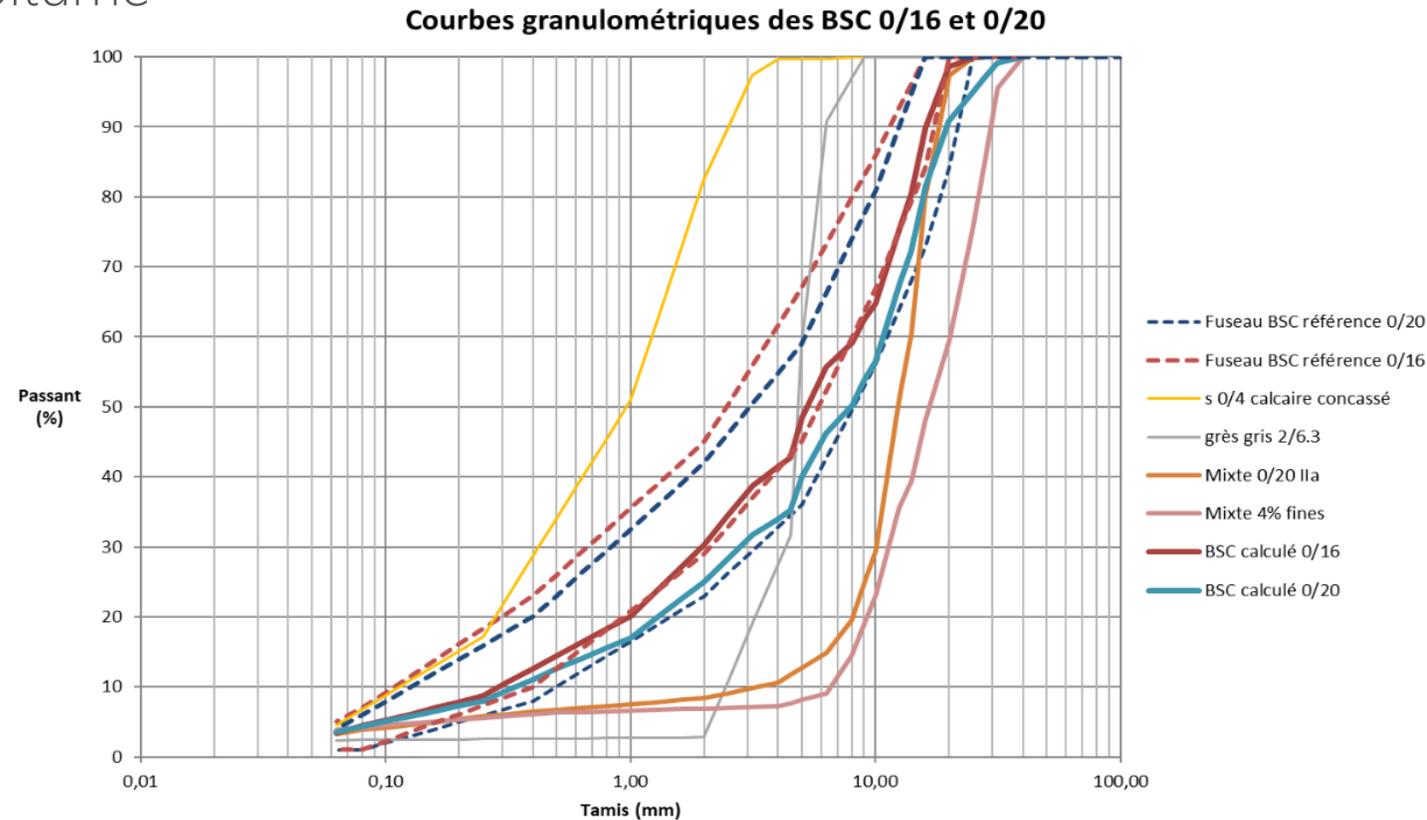
# > Béton riche

- Absorption d'eau
  - Absorption trop importante pour tous les matériaux
  - Augmentation de l'absorption avec la teneur en recyclés mixtes



# > Béton sec compacté

- Epaisseur 18 cm, dalles de 4m de long
- Recouvert d'une émulsion de bitume + gravillonnage
- Objectif RC: 30 MPa
- 2 granulométries:
  - BSC 0/20 (0/32)
    - ➔ Plus résistant
    - ➔ Moins riche en fines
  - BSC 0/16 (0/20)
    - ➔ Mise en oeuvre plus aisée



# > Béton sec compacté

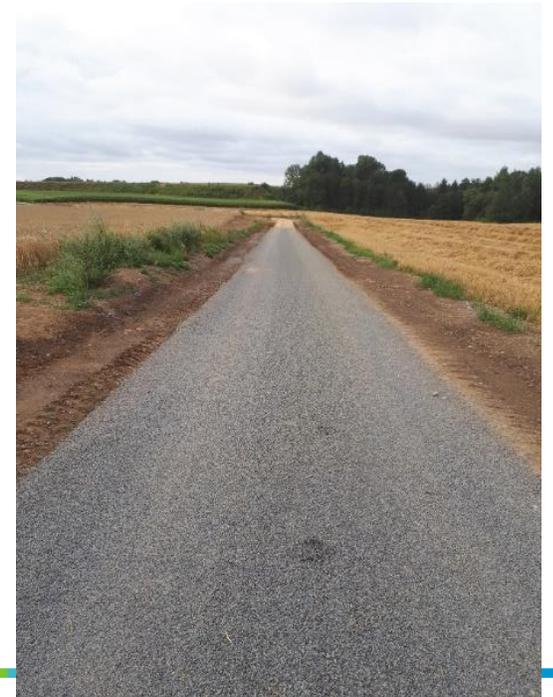
	BSC chantier 0/32		BSC chantier 0/20	
	% Masse	kg/m <sup>3</sup> (appr.)	% Masse	kg/m <sup>3</sup> (appr.)
Mixte 4/32	25.9	600.25		
Mixte 0/20	25.9	600.25	47.9	1114.59
Grès 2/6	7.1	165.27	10.7	247.86
Sable calcaire 0/4	20.1	464.77	20.9	485.82
CEM III A 42,5 LA (CBR Lixhe)	12.3	285	12.3	285
Eau	8.6	198	8.3	193
Total		2313.8		2325.9
% volumique recyclés (excl sable)		70 (89.7)		65 (84)
Teneur en fines (%)		3.3%		4.6%

# > Béton sec compacté

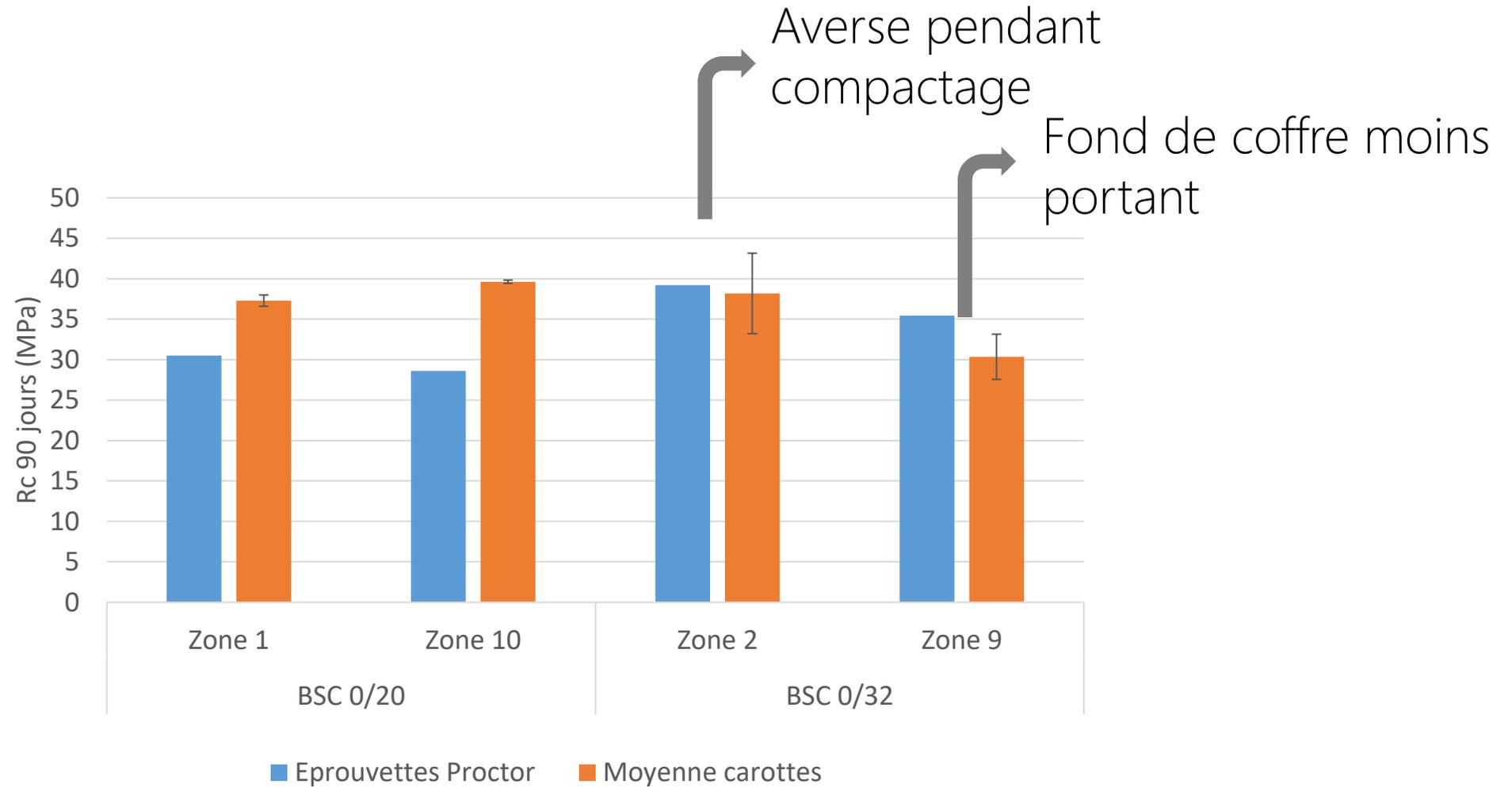


# > Béton sec compacté

- Emulsion de bitume + simple gravillonnage



# > Béton sec compacté

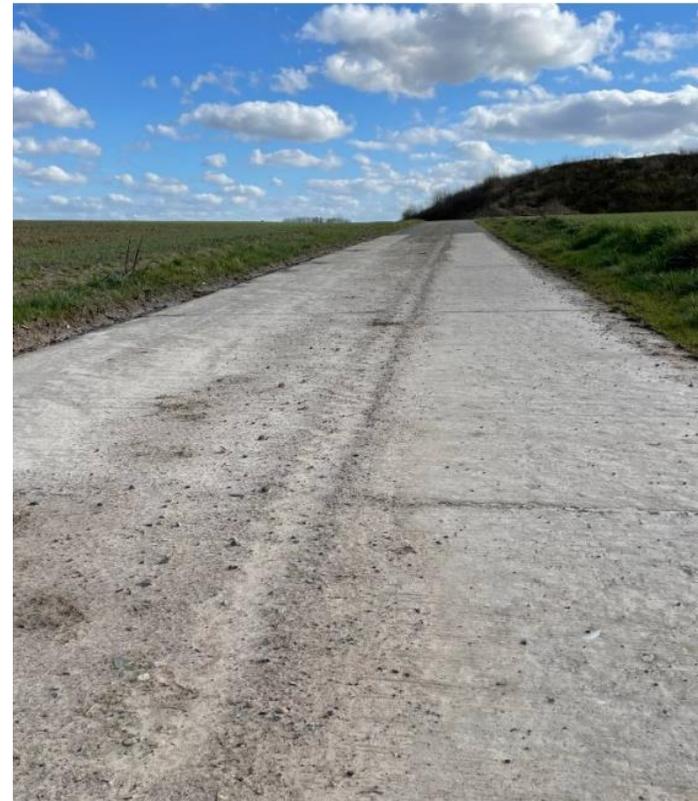


# > Aspect visuel

- 2020



- 2022



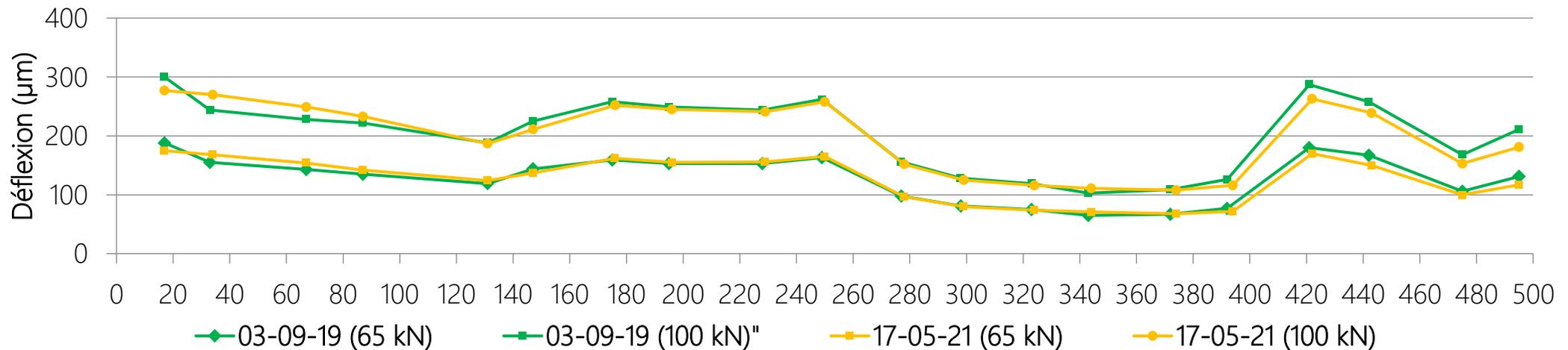
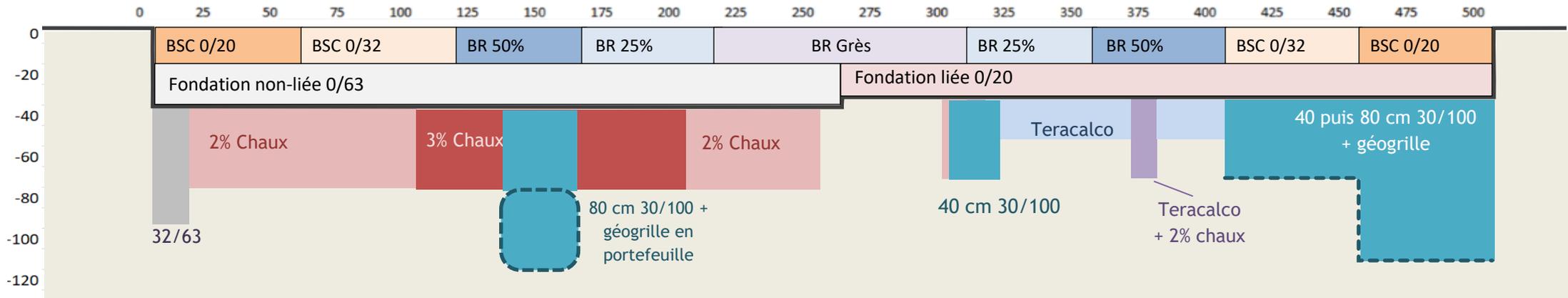
## > Aspect visuel

- Point d'attention: léger écaillage local en surface causé par les céramiques



# > Mesures FWD

- Pas d'évolutions dans les déflexions mesurées au FWD



# > Conclusions du chantier du Ridias

- L'utilisation des recyclés mixtes
    - N'a pas nécessité de modification dans la mise en œuvre
    - A permis d'obtenir des résultats satisfaisants en termes de performances
  - Le bon comportement des matériaux, malgré la faible portance initiale du fond de coffre, devra être confirmé par des observations à plus long terme
  - La résistance au gel-dégel en présence de sels de déverglaçage
    - Doit être vérifiée par des essais préliminaires
    - Nécessite probablement l'utilisation d'entraîneur d'air
-

# Valorisation des granulats : les alternatives à la sous-fondation

- Situation actuelle
- Utilisation élargie des recyclés dans des chantiers pilotes
- Cas particulier: chantier du Ridias



# > Conclusions

- Beaucoup de solutions ont été étudiées et testées afin d'augmenter les applications pour les granulats recyclés dans les chaussées
    - Les solutions pour intégrer les fractions sableuses sont actuellement moins avancées
  - Ces chantiers pilotes visent des taux de substitution très élevés  
Les résultats observés sont très encourageants:
    - Performances satisfaisantes
    - Mise en œuvre comparable à celle des matériaux naturelsAttention spécifique aux mélanges
    - Etude détaillée des granulats et compositions
- ➔ Possibilité de réduire les risques en diminuant les taux de substitution
- ➔ Les chantiers pilotes contribuent à définir des balises pour les taux de substitution qui pourraient être autorisés en toute sécurité à l'avenir

## > CONTACT

 Audrey Van der Wielen

 02 766 0387

 [a.vanderwielen@brrc.be](mailto:a.vanderwielen@brrc.be)

