

ERASMUS

Optimisation globale du
renforcement d'une chaussée
avec un trafic de 100PL/Jour



20ème forum - 14 & 15 juin 2018

Objectif: améliorer la résistance en fatigue des enrobés et réduire les épaisseurs de renforcement



GRILLES DE VERRE + ENROBÉS POUR LA RÉHABILITATION DES CHAUSSÉES

Qualification des grilles

Repose sur l'évaluation en laboratoire de :

- La résistance à l'endommagement (déchirures, plis, etc.) subie lors de la mise en œuvre à l'aide d'un simulateur de trafic type « Orniéreur grand modèle ».
- Après 500 passes, mesures de la résistance en traction directe sur le fil extrait ; comparaison avec des fils neufs dans les deux orientations de la grille (trame et chaîne)

Apport structurel de la grille

- Essais de flexion 4 points avec charge cyclique unilatérale sur un complexe :
 - Enrobé support + couche d'accrochage + grille + 7cm BBSG
- La charge $F(t)$ à la fréquence de 10Hz est appliquée jusqu'à rupture pour une température de 15°C
- On obtient des courbes d'évolution du module réduit et du déplacement relatif en fonction du nombre de cycles

Dispositif epsilon

Le dispositif d'essais de la figure 3 est un banc de fatigue 4PB à grandes dimensions, spécialement conçu pour tester les poutres renforcées.

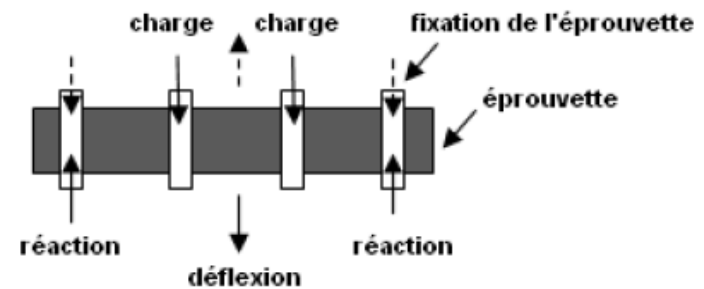


Figure 3. Banc de fatigue 4PB à Epsilon. **Figure 4.** Principe de l'essai 4PB.

Dispositif INSA EPSILON

3.2 Essais de flexion en quatre points 4PB

3.2.1. Principe de l'essai 4PB

Des essais de fatigue pilotés en déformation (déplacement constant) avec une onde sinusoïdale ont été effectués à l'aide du banc de flexion 4PB. Dans la configuration représentée schématiquement dans la figure 4, la poutre est fléchie d'une manière alternée dans son plan. Les rotations et les translations horizontales dans les 4 points sont libres. Le déplacement vertical est bloqué. La déflection de la poutre est mesurée avec un capteur de type « linear variable differential transducer » (LVDT). La réponse du matériau et l'angle de phase sont mesurés tout au long de l'essai.

3.2.2. Résultats des essais 4PB sur les poutres en béton bitumineux témoins et renforcées

Les résultats des essais 4PB sont présentés en terme de durée de vie en fatigue [EN 12] dans le tableau 1. Les courbes moyennes d'évolution d'endommagement en fatigue (E/E_i) des poutres bitumineuses témoins (T) et renforcées (R) sont présentées dans la figure 6. D'après les résultats d'essais, l'augmentation en durée de vie apportée par la grille est plus significative quand la durée de vie de l'éprouvette est importante, respectivement le niveau de chargement est faible.

Résultats

Etude du renforcement des chaussées à l'aide de grilles en fibre de verre

5

ε $\mu\text{m/m}$	Durée de vie N_f [cycles] à				Augmentation %	
	$E/E_i = 0,5$		$E/E_i = 0,3$		$(N_fR - N_fT) \times 100 / N_fT$	
	N_fT	N_fR	N_fT	N_fR	$E/E_i = 0,5$	$E/E_i = 0,3$
135	414752	738861	511319	830339	78.15%	62.39%
150	257824	369943	276227	448011	43.49%	62.19%

Tableau 1. *Durée de vie moyenne (sur 6 éprouvettes) des poutres T et R et augmentation apportée par la géo-grille.*

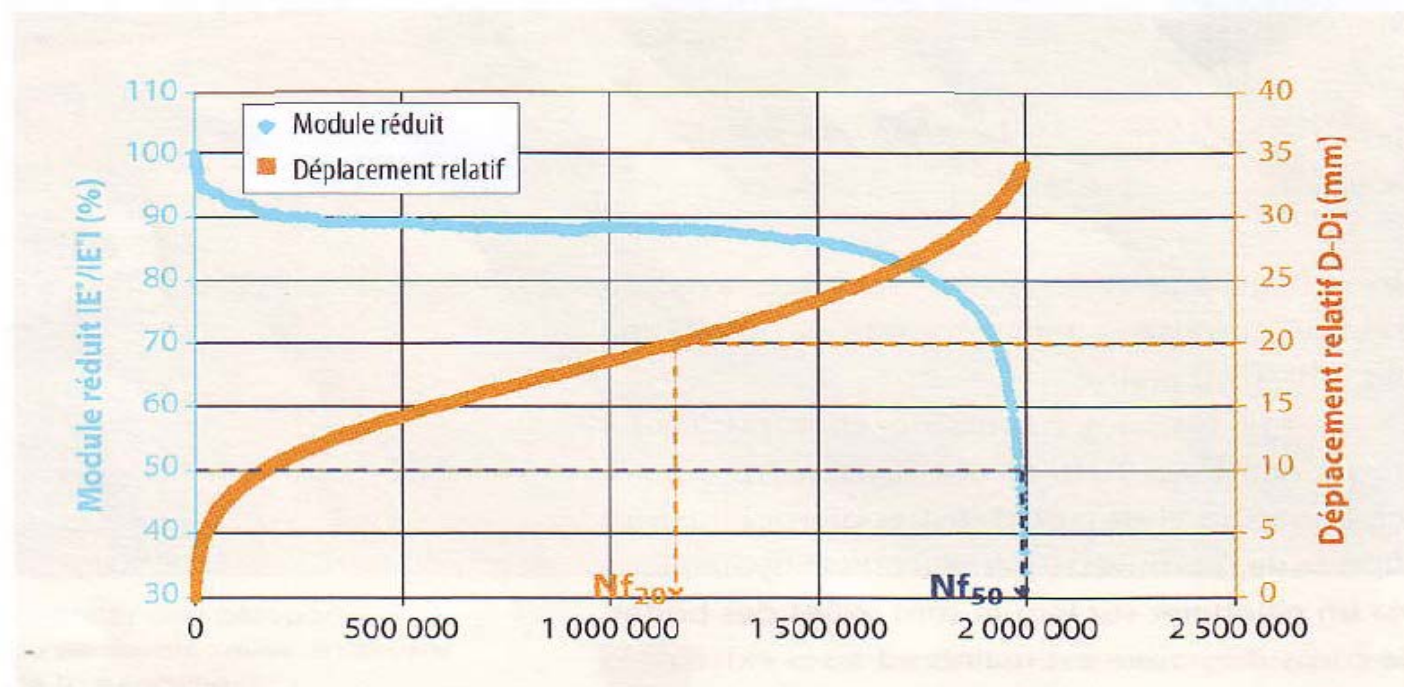
La valeur de déformation ε_6 estimée par les résultats expérimentaux est de 111 $\mu\text{m/m}$ pour les poutres témoins et de 128.5 $\mu\text{m/m}$ pour les poutres renforcées.

Essai F4Pu (COLAS)

-Figure 2-

Essai F4Pu : exemple de courbes d'évolution du module réduit et du déplacement relatif.

La **figure 2** est un exemple des courbes d'évolution en fonction du nombre de cycles du module réduit $|E^*|/|E^*_i|$ et du déplacement relatif $D-D_i$, exprimés respectivement en pourcents et en mm, où $|E^*_i|$ et D_i représentent les valeurs initiales du module complexe E^* et du déplacement D .



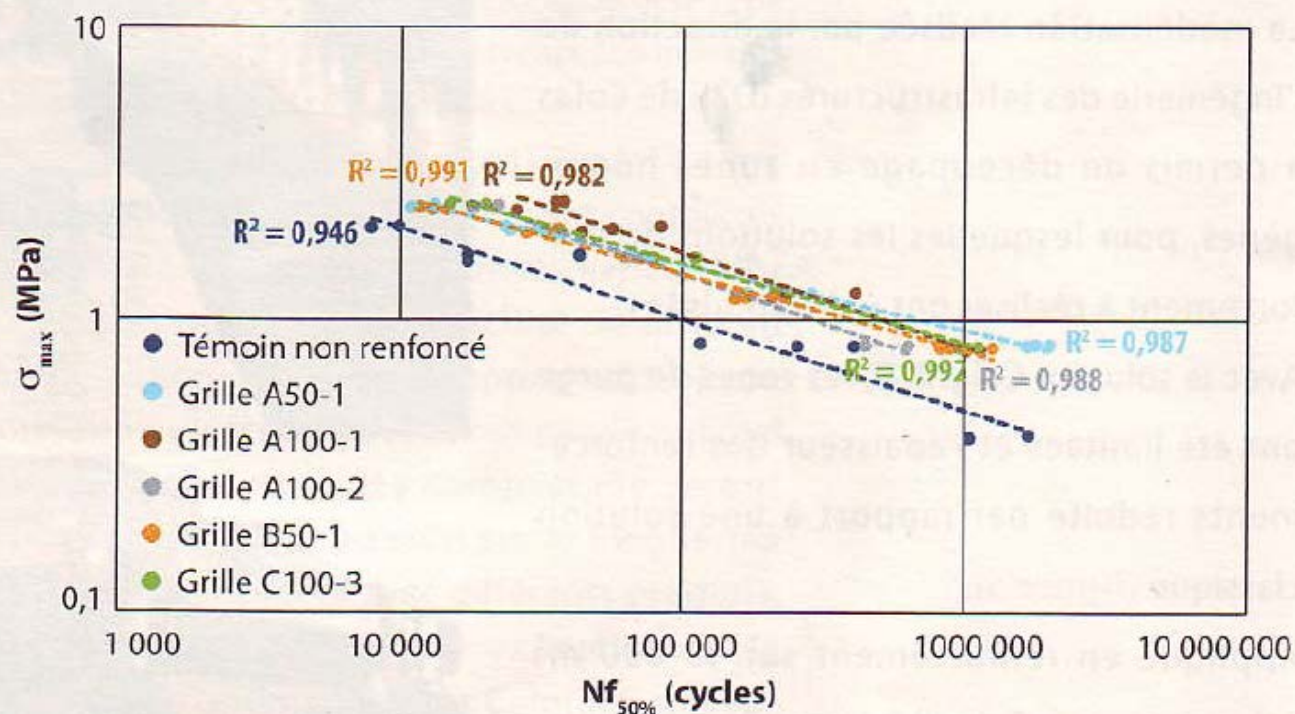
Essai F4Pu COLAS

- Essais réalisés à 3 ou 4 niveaux de force pour 2 à 3 essais par niveau.
- Les points expérimentaux sont reportés dans un espace bi-logarithmique $\log(\sigma_{\max})$ - $\log(N_f)$ courbes de Wohler.
- Douze grilles ont été testées au WTD, les grilles non enduites ont été écartées
- La représentation des courbes de Wohler figure sur le graphique ci-après.

Essai F4Pu COLAS

-Figure 4-

Courbes de Wöhler : critère $Nf_{50\%}$.



Essai F4Pu COLAS

- Le comparatif par rapport à un témoin non renforcé montre que celles dont la résistance à la traction est de 100kn/m sont plus performantes pour les fortes sollicitations.
- Le tableau ci-après regroupe les résultats des essais F4Pu.

Résultats des essais F4Pu

-Tableau 2-

Résultats des essais F4Pu :
coefficients de renforcement.

Grilles	$\sigma_6 / \sigma_6 \text{ témoin}$		$\bar{Nf} / \bar{Nf} \text{ témoin}$	
	$Nf_{50\%}$	Nf_{20}	$Nf_{50\%}$	Nf_{20}
A50-1	1,87	1,8	6,03	4,59
A100-1	1,65	1,62	5,20	4,31
A100-2	1,36	1,35	2,97	2,99
B50-1	1,60	1,50	3,62	2,97
C100-3	1,69	1,75	4,73	4,80

© COLAS

Cohérence des résultats COLAS/INSA

- L'examen des résultats et les expérimentations effectuées par COLAS montrent que la raideur du matériau avec grille est peu impactée, par contre la déformation ϵ_6 cycles peut être augmentée de 30 à 40%
- L'apport d'une grille en fibre de verre étant bénéfique, quelles applications ont été expérimentées ?

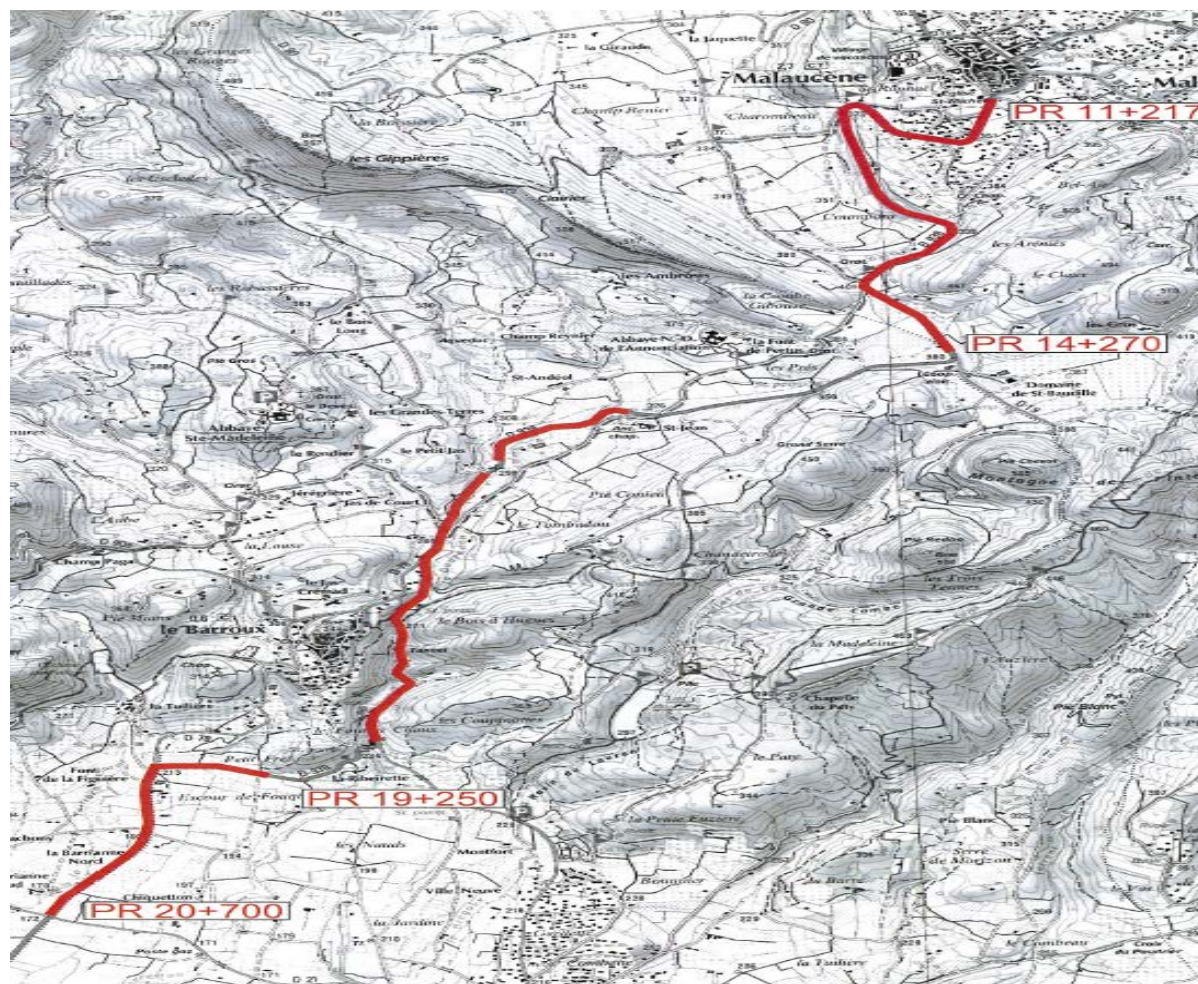
Applications COLAS

- 1. Chantier : Aéroport de BEAUVAIS (juin 2014)
 - 18000 m²
 - Témoin : 7BBME3 + 8GB4
 - Variante : 7BBME3 + grille
 - Suivi envisagé

- 2. ColgrillR dans l'Aude RD624 entre Castelnaudary et Peyren (1998)
 - *Déflexion caractéristique < 100mm/100 avec fissuration et déformations*
 - Témoin : 10GB3 + 6BBSG
 - Innovation : reprofilage 2BB0/6
 - Pose du ColgrillR + 6BBSG/10
 - Après 15 ans de trafic T1 (400PL/j), le bilan est globalement satisfaisant

Le cas

RD 938 Malaucène-Le Barroux (CD 84)



Le cas

RD 938 Malaucène-Le Barroux (CD 84)



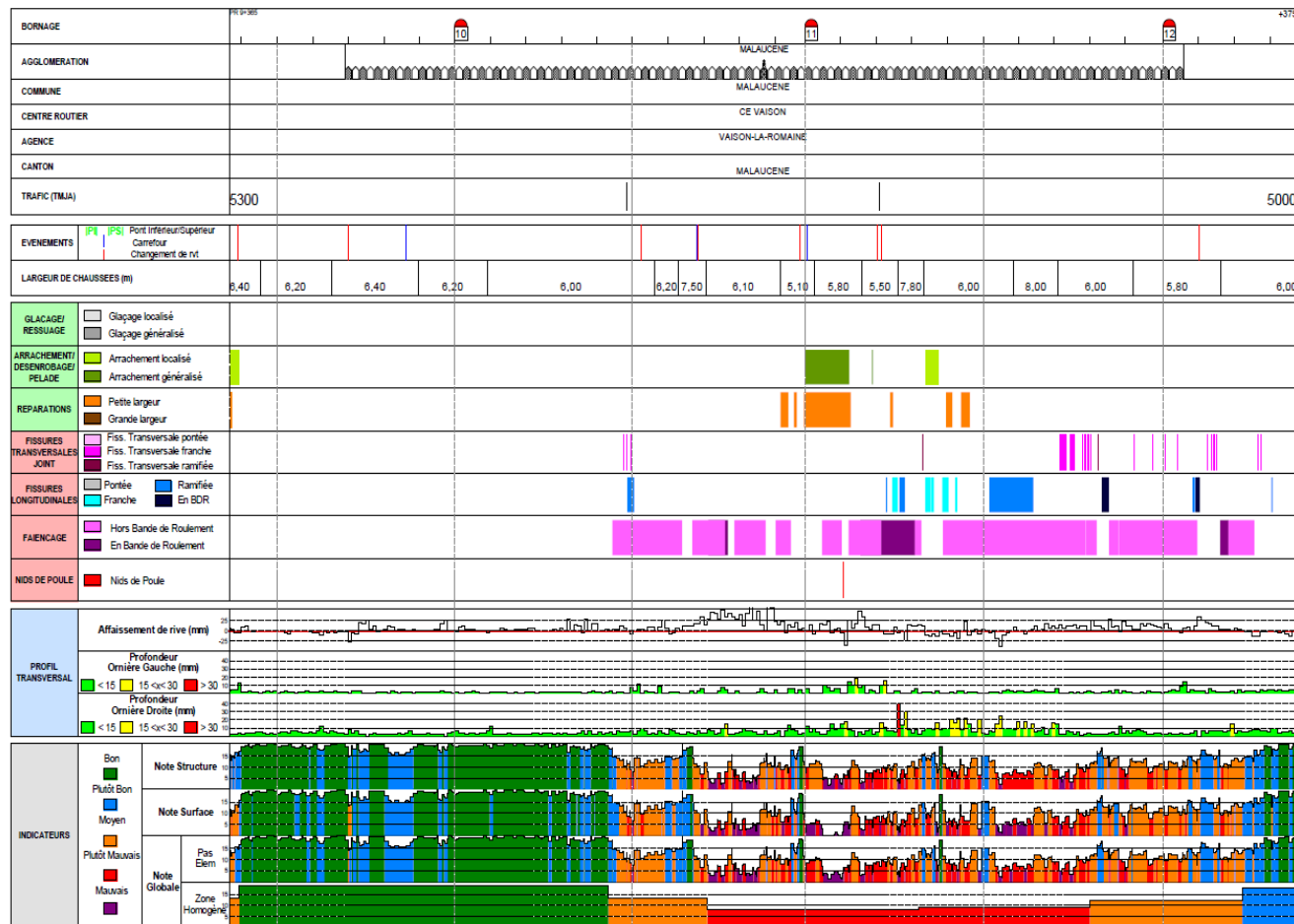
- Il s'agit d'un tronçon de la liaison Carpentras - Vaison la Romaine.
- RD à vocation touristique
- Trafic : 95 à 125PL/J/sens

Les Données



CG 84 : Relevé de dégradations et Notation 2013 - Catégorie 1
84 D0938

Du PR 9 + 365 au PR 12 + 375



28 Novembre 2013 Affaire Vectra IR 12104

Page 87 / 368

Les données

- On dispose de schémas itinéraires de 2013 (Vectra)
 - Comprenant : un relevé des dégradations, l'établissement du profil transversal et la production d'indicateurs de structure et de surface.
- Ces données ont été utilisées pour un découpage en zones homogènes

Mesures complémentaires du LD

- L'étude du LD a consisté en la réalisation de carottages (21) et de mesures de déflexion au BLI.
- Ces données ont été introduites dans ERASMUS-Etudes pour déterminer des solutions de travaux.
- A priori il n'y a pas de contraintes de seuils

Solutions envisagées par le BE

- Retraitements
- Rechargement
- Renforcement avec des enrobés intégrant une grille en fibre de verre

Les données ERASMUS

- Le niveau des mesures de déflexion est très hétérogène
 - Moyenne : 107,8 mm/100
 - N = 21 sigma 44,4
 - Étendue : 46-194 mm/100

Les données ERASMUS

- Cette chaussée est faiblement structurée, les épaisseurs d'enrobés très variables localement, ces enrobés sont très dégradés en particulier dans le petit rayon des virages.
- L'accotement localement très étroit ne permet pas le calage des rives

Hypothèses

- En l'absence de données sur l'épaisseur du corps de chaussée, de l'état et de la nature du sol support, il a été traité 2 à 3 cas d'épaisseur du corps de chaussée : 30, 40, et 20cm.

Photos



Photos



Photos



Quelles solutions de réhabilitation ?

- Recaler les rives en envisageant la construction d'un épaulement ou d'un busage des fossés ?
- Envisager un retraitement avec un LH ou avec une émulsion ?
- Effectuer un renforcement en consolidant les rives localement pour limiter le coût d'une remise en état ?

Quelles solutions de réhabilitation ?

- Avec ERASMUS plusieurs solutions ont été calculées :
 - Cas 1 : Corps de chaussée = 40cm
 - Cas 2 : Corps de chaussée = 30cm
 - Cas 3 : Corps de chaussée = 20cm

Résultats solutions envisagées

bbsg_grille - 6,0 cm	bbsg_grille - 8,0 cm	BBSG-0/10-CLASSE-2 - 6,0 cm	bbsg_grille - 6,0 cm	BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE - 4,0 cm	bbsg_grille - 6,0 cm	BBSG-0/10-CLASSE-2 - 6,0 cm
Structure actuelle	Structure actuelle	GB_0/14_grille - 8,0 cm	BBémulsion_type_GE - 3,0 cm	RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 - 15,0 cm	RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M1 - 30,0 cm	GB_0/14_grille - 10,0 cm
		Structure actuelle	Structure actuelle	Structure actuelle	Structure actuelle	Structure actuelle

Résultats (GNT=40cm)

2018: bbsg_grille (6.0 cm)																					
2018: bbsg_grille (8.0 cm)																					
2018: bbsg_grille (6.0 cm) 2018: BBémulsion_type_GE (3.0 cm)																					
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (8.0 cm)																					
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (10.0 cm)																					
2018: BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (4.0 cm) 2018: RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (15.0 cm)																					
2018: bbsg_grille (6.0 cm) 2018: RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M1 (30.0 cm)																					

Résultats (GNT=30cm)

2018: bbsg_grille (6.0 cm)																				
2018: bbsg_grille (8.0 cm)																				
2018: bbsg_grille (6.0 cm) 2018: BBémulsion_type_GE (3.0 cm)																				
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (8.0 cm)																				
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (## cm) 2018: RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (15.0 cm)																				
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (10.0 cm)																				
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M1 (30.0 cm)																				

Résultats (GNT=20cm)

<p>Vue panoramique</p> <p> Vue gamme de solutions</p> <p> Export Xls Export Synthèse Pdf Export Détail Pdf</p>	C6	C7	C5	C8	C4	C3	C9	C2	C10	C1	C11	C21	C20	C19	C12	C18	C13	C14	C17	C15	C16
	9,7 (20) 4,3 (30) 3,8 (40) 20 (58)	4,5 (20) 5,4 (30) 6,1 (40) 20 (58)	8,5 (20) 7,5 (30) 20 (58)	5 (20) 5,3 (30) 4,7 (40) 4,3 (40) 20 (58)	4 (20) 5,4 (30) 20 (58)	4 (20) 5,3 (30) 20 (58)	4 (20) 4,7 (30) 20 (58)	5,1 (20) 4 (30) 20 (58)	4,7 (20) 3,6 (30) 6,4 (40) 20 (58)	5,9 (20) 4,8 (30) 6,2 (40) 20 (58)	7 (20) 5,4 (30) 20 (58)	6,5 (20) 8 (30) 20 (58)	3 (20) 7,5 (30) 20 (58)	5 (20) 5,5 (30) 5,5 (30) 6,5 (40) 6,5 (40) 20 (58)	4,5 (20) 3,5 (30) 2 (40) 20 (58)	7 (20) 4 (30) 20 (58)	4 (20) 4 (30) 20 (58)	5 (20) 3,5 (30) 20 (58)	7,5 (20) 20 (58)	4 (20) 3 (30) 20 (58)	1 (10) 7 (20) 1,5 (30) 20 (58)
2018: bbsg_grille (8.0 cm) 2018: BBémulsion_type_GE (2.0 cm)													X								X
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (8.0 cm)													X								X
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: GB_0/14_grille (10.0 cm)													X								X
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (15.0 cm)													X								X
2018: BBSG-0/10-CLASSE-2 (6.0 cm) 2018: RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M1 (30.0 cm)													X								X

Les techniques à retenir

- Il apparaît clairement qu'un simple rechargement n'est pas très réaliste.
- De la même manière, un retraitement en place à l'émulsion paraît peu adapté eu égard aux hétérogénéités structurelles et aux variations du support.
- Quant au retraitement avec un liant routier, il devra être effectué sur au moins 30cm d'épaisseur avec à court terme l'apparition de fissures transversales de retrait.

Les techniques à retenir

- Les retours d'expérience montrent que l'incorporation de grilles de fibres de verre, dans l'enrobé de surface ou de renforcement donne des résultats intéressants.

Solutions envisageables

- La solution envisageable :
8GB0/14 + grille + 6BBSG(C2)
- avec une réserve sur 2 zones :
 - PR 12+600 à 13+100
 - PR 18+500 à 20+700
 - où l'épaisseur de GB devra être portée à 10cm.

Solutions envisageables

- La solution envisageable:
 - 8cm de GB 0/14 +grille +6BBSG (C2)
 - avec une réserve sur 2 zones
 - PR 12+600 à 13+100 et
 - PR 18+500 à 20+700 ou l'épaisseur de GB devra être portée à 10cm.
- Cette RD dont le tracé est assez homogène est soumise à un trafic PL, assez faible .Les efforts des services ont consisté sans trop de moyens à élargir la chaussée au détriment des travaux d'accompagnement (calage des rives, accotements et curage des fossés)

Bibliographie

- RGRA N°923 (Oct. Nov. 2014) « Colgril R dans l'Aude » F.Gileni, E.Godard
- RGRA N°944 (Mars 2017) « Qualification des grilles en laboratoire et exemple d'application » CST COLAS
- Prix jeunes chercheurs ENS Cachan « Etude du renforcement des chaussées à l'aide de grilles en fibre de verre » Arsenie Ioana Maria INSA Strasbourg, +EPSILON
- IFSTTAR-LAMES « Utilisation et impact des geogrilles dans le renforcement des chaussées » P.Hornych, M.Low Nguyen, Maissa Gharbi

Merci de votre attention

