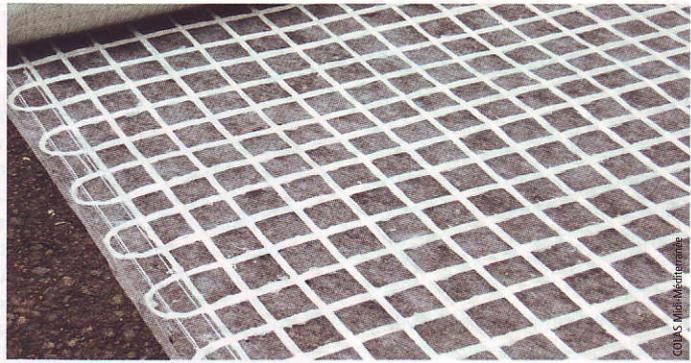


## AUTEURS

Frédéric Gileni  
Directeur technique adjoint  
COLAS Midi-Méditerranée

Eric Godard  
Directeur technique  
Direction des laboratoires  
Campus scientifique et technique (CST)  
COLAS S.A.



## COLGRILL R dans l'Aude

### 15 ans de retour d'expérience sur l'enrobé armé

COLAS a une longue expérience de l'emploi des grilles de verre en renforcement de chaussée. Dès 1993, une méthode par calcul rationnel est établie grâce à la réalisation d'essais de fatigue en laboratoire. Cette méthode est depuis employée pour dimensionner les renforcements de chaussée à l'aide du produit COLGRILL R. Elle permet, le plus souvent, de réduire considérablement les épaisseurs d'enrobés par rapport à une solution traditionnelle. En 1998, le département de l'Aude opte pour une variante de Colas permettant d'économiser 10 cm de grave-bitume tout en conservant une section témoin avec la structure classique. Ce chantier sera suivi pendant sa durée de vie par le LRPC de Toulouse désigné par le SETRA, service central représentant le ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, et chargé de piloter l'expérimentation. A 15 ans d'âge, la structure a atteint sa durée de vie calculée, sans aucun travaux, et les deux structures ont un comportement identique. La chaussée est encore en bon état structurel bien que de la fissuration visible témoigne des premiers signes de fatigue. Cette réalisation exemplaire valide la méthode de dimensionnement COLAS pour le COLGRILL R en vraie grandeur et à long terme ; elle est également confirmée par les nombreux chantiers menés avec succès depuis vingt ans. COLGRILL R est une solution très économique pour le renforcement des chaussées fatiguées. Lauréat du concours de soutien à l'innovation routière en 2010, plusieurs chantiers s'inscrivant dans ce cadre font l'objet d'un suivi annuel par le CEREMA.

## Une tradition d'innovation au CG de l'Aude

Dans le cadre de l'entretien et du renforcement du réseau routier dont il a la charge, le conseil général de l'Aude a toujours mené une politique de soutien aux initiatives et à l'innovation sous réserve qu'elle réponde mieux à ses besoins et à ceux des usagers. Il fait ainsi partie des premiers départements de France à s'engager dans une convention d'engagement volontaire (CEV) locale.

Confronté à une diminution importante des ressources naturelles adaptées aux travaux routiers (roches massives, matériaux granulaires non traités) le conseil général s'est orienté vers des techniques économes et innovantes (traitement des sols en place aux liants hydrauliques, retraitement en place à froid des anciennes chaussées).

Dans le cadre de cette opération d'entretien de la RD 624, le conseil général a opté pour la variante COLGRILL R proposée par l'entreprise car elle répondait non seulement à ses objectifs mais il s'agissait aussi d'une expérimentation qui allait faire l'objet d'un protocole de suivi, sur une quinzaine d'années, avec des organismes neutres et compétents (LR de Toulouse et Sétra).

Au niveau technique, le conseil général était très favorable à cette expérimentation car elle permettait également de valider une méthode de dimensionnement prenant en compte ce matériau innovant.

Compte tenu du bon comportement de la chaussée de la section test, le conseil général a souhaité poursuivre en 2012 cette expérimentation sur un nouveau chantier d'entretien de la RD 118 entre Carcassonne et Limoux, sur une 2 x 2 voies supportant un trafic plus élevé et qui présente la particularité d'avoir une structure souple dans un sens et une structure avec assise en matériaux traités aux liants hydrauliques dans le sens inverse.

Il s'agit également d'un chantier retenu dans le cadre de la procédure de soutien à l'innovation routière du ministère et rattaché au thème « matériaux durables ». Ce chantier innovant a fait l'objet d'un protocole de suivi sur 5 ans avec le Sétra (devenu CEREMA).

**Denis Vaucher, responsable du laboratoire du CG de l'Aude**

## Historique de COLGRILL R

Depuis 1990, Colas a adopté le principe du renforcement des couches d'enrobés par grille de verre. Le travail conjoint avec la société Chomarat, dans un premier temps, puis 6D Solutions a permis à Colas d'acquérir une grande expertise dans cette technique.

Sur la base d'une grille de verre thermocollée associée à un film polyester, le produit COLGRILL a été développé pour la lutte contre tous les types de fissuration. Après quelques années, il est apparu intéressant de traiter différemment la fissuration de retrait thermique d'une part et la fissuration de fatigue d'autre part. Ainsi COLGRILL AF (anti-fissure) possède une trame de verre moins résistante mais plus serrée et un voile polyester plus épais. Ce produit a donné satisfaction et continue d'être employé pour la lutte anti-fissure de retrait. Il a été validé comme très efficace à l'essai de retrait flexion du LRPC d'Autun et par le retour d'expérience. Facile à raboter par ailleurs, il est recyclable.

COLGRILL R, dont il est question dans la suite de cet article, a été optimisé pour le renforcement structurel des chaussées. Il augmente très sensiblement la résistance à la fatigue de l'enrobé. Pourvu d'un film polyester non-tissé anti-collant, il permet un dosage optimal de couche d'accrochage sans risque de collage aux roues des engins.

Avant le lancement de COLGRILL R, Colas a fait réaliser des études au laboratoire néerlandais Netherland Pavement Consultants (NPC) qui avait déjà travaillé avec les produits Chomarat, avait publié des résultats encourageants sur le sujet [1, 2] et possédait un matériel pour réaliser des essais de fatigue sur dalle d'enrobé armé. Des essais de fatigue en flexion 4 points ont été notamment menés, ce qui a permis à Colas de proposer une méthode de dimensionnement dans le cadre de la méthode rationnelle française. Cette méthode, valable avec un type de grille sélectionné, a permis d'établir de nombreuses structures de chaussées qui ont tenu leurs promesses au cours du

## COLGRILL R : l'enrobé armé

Les matériaux de construction routière travaillent en flexion sous le passage des véhicules, principalement des poids lourds. La déformation maximale en traction se situe à la base de la couche liée la plus profonde si les interfaces intermédiaires sont bien collées. Le matériau concerné supporte cette déformation de façon répétée jusqu'à sa limite d'endurance, la rupture. C'est le phénomène de fatigue du matériau dont l'étude est à la base de la méthode de dimensionnement rationnelle française.

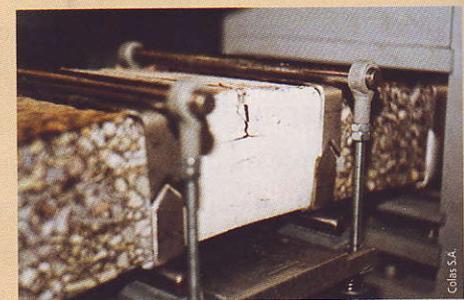
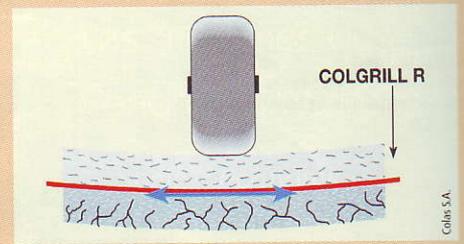
Le principe du COLGRILL R est d'armer l'enrobé bitumineux à la base de cette couche dont la rupture programmée est à l'origine de la durée de vie de la chaussée. La mise en place de cette armature augmente, à l'endroit où cela est le plus nécessaire, la résistance au phénomène de fatigue. La durée de vie de la chaussée s'en trouve améliorée. Mais il est aussi possible de diminuer l'épaisseur de matériau sus-jacent pour obtenir une durée de vie identique à moindre coût. Ce principe d'armature par augmentation de la tenue en fatigue de l'enrobé est particulièrement efficace sur des renforcements de chaussées fatiguées présentant des déflexions élevées en regard du trafic supporté. Les réductions d'épaisseurs sont conséquentes et peuvent conduire à la suppression d'une couche d'assise, comme dans le cas de la RD 624.

Fruit de la compétence de 6D Solutions en matière de grilles de verre et de la recherche Colas, COLGRILL R est un produit optimisé pour cet usage. Il peut également être employé dans certains cas en construction neuve, par exemple sur des supports très déformables.

COLGRILL R est constitué d'une grille de verre de maille 40 mm x 40 mm favorisant un excellent encaissement de l'enrobé dans les mailles de la grille. Le verre est le matériau le plus efficace du fait de sa forte capacité d'allongement et de son module élastique élevé. La fibre de verre est pourvue d'ensimage adapté et est assemblée par tissage et thermocollage avec une colle styrène butadiène réticulée, ce qui lui confère les caractéristiques mécaniques nécessaires pour supporter un allongement répété, encaisser une partie des efforts supportés par l'enrobé, mais aussi lors de la mise en œuvre afin de résister au trafic de chantier.

Un voile de polyester non tissé est placé contre la grille de verre. Il empêche le collage des pneus de camion et des engins de chantier lors de la phase de mise en œuvre sur la couche d'accrochage. Ce voile se déchire sous la pression de l'enrobé et n'est pas préjudiciable au collage de l'enrobé sur son support.

La réalisation d'essais en flexion 4 points sur des dalles d'enrobé renforcé par COLGRILL R a permis d'établir les règles de dimensionnement employées pour le calcul structurel du renforcement.



temps, depuis plus de vingt ans. Aujourd'hui les économies réalisables avec COLGRILL R font l'objet d'un regain d'intérêt de la part des gestionnaires de réseau, dans le contexte de budgets contraints et de dégradation de l'état structurel des chaussées françaises. Lauréat au concours pour le soutien à l'innovation en 2010, COLGRILL R a fait depuis l'objet de plusieurs chantiers de démonstration, en cours de suivi. Grâce au conseil général de l'Aude, un chantier expérimental en tout point comparable à la démarche de charte innovation a été suivi de près en veille technologique par le Sétra et Colas, depuis sa réalisation en 1998 jusqu'à aujourd'hui, soit sur une période de plus de quinze ans.



Photo 1  
Vue générale de la RD 624 aujourd'hui  
General view of highway RD 624 today

Cet article présente le contexte du chantier, les solutions retenues et les différentes phases de suivi aboutissant au constat de l'état de cette chaussée au terme de sa durée de vie calculée.

## RD 624 à Castelnaudary : le projet

Dans le cadre du renforcement de la RD 624 (photo 1) située entre Castelnaudary (Aude) et Revel (Haute-Garonne), le conseil général de l'Aude a lancé en 1998 un appel d'offres pour la section comprise entre les PR 10+150 et 11+520.

Il s'agissait d'un chantier expérimental afin d'évaluer la technique consistant à renforcer cette chaussée 2 x 1 voie à base d'un enrobé armé par une grille de verre. L'expérimentation consistait à mettre en œuvre, sur une moitié environ du chantier, une solution de renforcement classique à base de grave-bitume (GB) et de béton bitumineux semi-grenu (BBSG) et à laisser la possibilité aux entreprises de proposer une variante sur l'autre moitié du chantier.

Une auscultation de chaussée comprenant des carottages et des mesures de déflexion avait été réalisée conjointement par le laboratoire du conseil général de l'Aude et le Cete de Toulouse. Ces éléments faisaient partie du dossier de consultation des entreprises (DCE). La structure en place était ainsi constituée par un enduit superficiel, 4 à 7 cm de béton bitumineux (BB) sur 35 à 60 cm de grave naturelle 0/60. La déflexion caractéristique était globalement inférieure à 100 1/100 mm sur près de 90 % du tracé. Le relevé de dégradations effectué par le laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Toulouse avait fait apparaître de la fissuration et des déformations.

### Types de dégradations avant chantier

Trois sections ont été précisément repérées. Le relevé des dégradations de la section témoin et de la section innovante était identique. Il faisait apparaître :

- Des déformations, principalement dues à de l'orniérage sur les rives, la plus touchée étant la rive gauche entre les PR 10+175 et 10+625 où il atteignait 2 à 3 cm. Après le PR 10+625, l'orniérage n'était plus apparent car masqué par des réparations localisées (déflachage). La rive droite présentait de l'orniérage localisé avec une tendance à l'affaissement. Il s'agissait des zones où les déflexions étaient les plus élevées (> à 100 1/100 mm).
- De la fissuration, constituée par du faïençage. Celui-ci était pratiquement généralisé sur les 2 rives, malgré « l'écran » formé par l'enduit superficiel.

En début de section (PR 10+175 à PR 10+300), des boues blanches apparaissaient au travers du faïençage.

- Des dégradations de surface, de type arrachements (importants) par plaques et ressuage. Ils pouvaient aussi concerner localement toute la surface de la chaussée et constituer localement le début de la création de nids-de-poules. En fin de section (PR 11+150 à 11+520), on notait du ressuage sur la voie de gauche.

Des comptages étaient également communiqués. Le trafic pris en compte en 1998 était de 400 PL/jour/sens (T1) avec un taux de croissance annuel égal à 4 %. La durée de service retenue était égale à 15 ans.

L'appel d'offres a été remporté par Colas Midi-Méditerranée, avec une proposition consistant à réaliser une section innovante à base du procédé COLGRILL R permettant de réduire considérablement l'épaisseur du renforcement ainsi que son coût au mètre carré. Cette section innovante serait comparée à une section témoin de mêmes caractéristiques initiales mais renforcée classiquement. Leur suivi serait assuré dans le cadre d'un protocole de veille technique avec le Séttra, et suivi par le laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Toulouse.

### Le chantier

La consistance des travaux, finalement arrêtée par section de 600 m chacune, est la suivante :

- **Section témoin et section témoin complémentaire** : mise en œuvre de 0,10 m de GB3 et 0,06 m de BBSG ;
- **Section expérimentale** : reprofilage de la chaussée actuelle à raison de 50 kg/m<sup>2</sup> (2 cm) de BB 0/6, pose du COLGRILL R puis mise en œuvre de 0,06 m de BBSG 0/10.

Les deux sens de circulation de cette chaussée bidirectionnelle ont été renforcés de façon identique par section. Sur ce chantier, un reprofilage de 2 cm a été prévu sur l'ancienne chaussée orniérée et déformée, afin d'assurer une planéité convenable pour la mise en œuvre de la géogrille.

## Des hypothèses de calcul confortées par l'expérience terrain

Le chantier innovation de la RD 624 entre Castelnaudary et Peyrens est l'occasion de voir le comportement à long terme d'une solution innovante de renforcement des chaussées.

Le suivi sur 15 ans du procédé COLGRILL R, soit la durée de vie exacte de la solution de renforcement calculée à l'origine du projet, nous permet de tirer de précieux enseignements. En effet, les différents essais réalisés sur la planche expérimentale et sur la planche témoin (déflexions, relevé visuel des dégradations, détermination des profils en travers, TUS) traduisent un comportement similaire de ces deux planches.

Après 15 ans de trafic, l'état de ces deux planches est globalement satisfaisant même si nous pouvons noter l'apparition de quelques dégradations comme de la fissuration et de l'orniérage. Ces dégradations sont homogènes sur les deux planches et logiques au vu de la durée de vie du renforcement.

Cela signifie que les hypothèses de calcul prises à l'origine du projet qui sont à la base du procédé innovant de l'entreprise Colas, sont confortées par le terrain. Il appartient aux assistants techniques que nous sommes, de convaincre les maîtrises d'ouvrage de la nécessité du renforcement de chaussée trop souvent négligé car coûteux à court terme.

Le procédé COLGRILL R qui associe une géogrille armaturée et une couche de roulement épaisse, représente donc une alternative intéressante pour les maîtres d'ouvrage qui désirent renforcer leur chaussée dans un contexte budgétaire contraint.

**Henri Péjouan, Responsable chaussées au sein du CEREMA/DALETT(ex-LR de Toulouse)**

Le chantier s'est déroulé sans problème particulier en septembre et octobre 1998 et a fait l'objet de contrôles réalisés selon le plan d'assurance qualité (PAQ). Ils ont notamment porté sur :

- la fabrication de la GB, du BB de reprofilage et du BBSG de roulement, et
- la mise en œuvre : mesures du pourcentage de vides au gammadensimètre sur GB et BBSG de roulement et mesures de rugosité sur le BBSG de roulement.

Les résultats obtenus étaient en tous points conformes aux objectifs du marché.

De plus, en fin de chantier les épaisseurs des enrobés ont été vérifiées par carottages. Les constats sont les suivants :

- section témoin : 6,6 cm de BBSG + 10,2 cm de GB3 ;
- section expérimentale : 6,5 cm de BBSG + géogrille + 2,6 cm BB de reprofilage.

### Suivi du chantier

Il a été réalisé au point zéro, à 1 an, 2 ans, 6 ans, 12 ans et 15 ans. Ce suivi a été complété en fin de vie par un relevé réalisé par le centre d'expertise du CST de Colas, avec un appareil d'auscultation à grand rendement, le *Road Eagle Colas (REC)*.

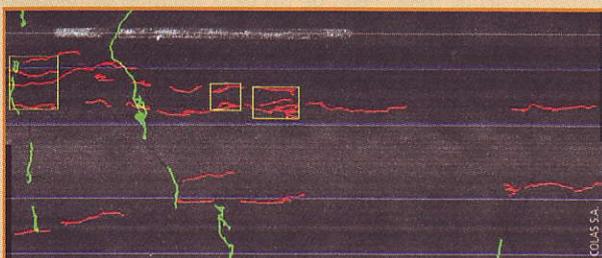
## Le REC, Road Eagle Colas Matériel d'auscultation à grand rendement

### Détection des fissures, principe de mesure

- Illumination de la section transversale par les 2 lasers IR
- Récupération des images par caméra linéaire haute résolution
- Résolution de 1 mm, acquisition jusqu'à 28 000 lignes/sec., 4 096 pts/ligne
- Vitesse remorque jusqu'à 80 km/h

### Traitement des images (4 m x 10 m)

- Fissures classées selon leur orientation, leur position et leur gravité
- Faiénçage matérialisé par des rectangles jaunes



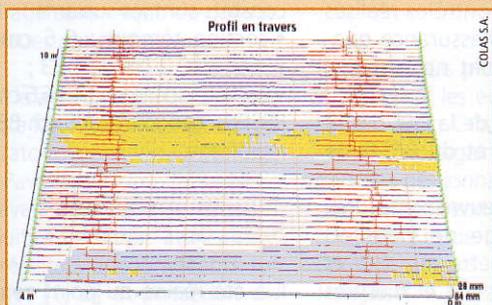
La longueur de chaussée sur chaque image est de 10 mètres, la position des bandes de roulement est figurée par les lignes bleues. Les fissures à orientation transversale apparaissent en vert alors que les fissures à orientation longitudinale apparaissent en rouge. Ici on note la fissuration du joint axial, le début de faiénçage du revêtement et le développement de fissures orientées transversalement. Sur cette chaussée souple, il n'y a pas de fissuration de retrait, la fissuration transversale accompagne le phénomène de fatigue.

### Détection des ornières

Le profil laser frappe la surface de la chaussée avec une certaine incidence.

La déformation du trait lumineux est proportionnelle à la profondeur et à la forme de l'ornière.

- Précision de 1 mm en profondeur
- 1 280 points/profil
- Acquisition d'un profil tous les 20 cm jusqu'à 80 km/h



### Enregistrement de l'environnement

- Une caméra positionnée dans le véhicule et couplée à un GPS enregistre les images de l'environnement tous les 5 m.

### Traitement des données

- Les bords de route sont identifiés automatiquement par le marquage au sol et le relief, ou bien manuellement
- Les ornières petit rayon gauche et droite sont mesurées
- Les ornières grand rayon et affaissements de rive sont déterminés par niveau de gravité

## Relevé visuel à 15 ans

Le relevé visuel effectué dans le cadre du suivi à 15 ans met en évidence que les sections témoin et expérimentale évoluent de façon similaire. Leur état satisfait aux besoins du trafic malgré quelques dégradations relevées, essentiellement de la fissuration et un faible orniérage dans les bandes de roulement (photos 2 et 3).



Photos 2 et 3  
Détails représentatifs de l'état de fatigue de la RD 624 15 ans après  
Representative details of fatigue on highway RD 624 15 years after

## Suivi des déflexions

Les déflexions caractéristiques obtenues depuis le point zéro (1998) et le suivi à 15 ans sont présentées figures 1 et 2.

Il convient de noter un niveau de déflexion globalement plus faible pour la section témoin dû à la présence de la GB. On constate, après une baisse jusqu'en 2010, que les déflexions caractéristiques repartent à la hausse en 2013 pour les deux sections. C'est peut-être le signe d'un début de fatigue des deux structures en fin de durée de vie, confirmé également par les dégradations constatées.

Dans tous les cas, la tendance est la même entre la section témoin et la section expérimentale.

## Suivi avec le REC

Au mois d'août 2013, soit à l'issue de la durée de service qui avait été retenue pour le calcul des structures de chaussées, un relevé de dégradations a été effectué avec le REC sur l'ensemble de la section réalisée en 1998 (figures 3 et 4).

Les paramètres mesurés et enregistrés sont :

- le profil transversal pour les déformations,
- la fissuration par traitement d'images à haute définition.

L'exploitation du relevé porte sur :

- les fissures orientées longitudinalement,
- les fissures orientées transversalement,
- le faiénçage,
- l'orniérage à petit rayon.

Les mesures réalisées par le REC confirment l'appréciation visuelle, à savoir un comportement similaire des sections témoins et des sections expérimentales avec COLGRILL R mais sans grave-bitume.

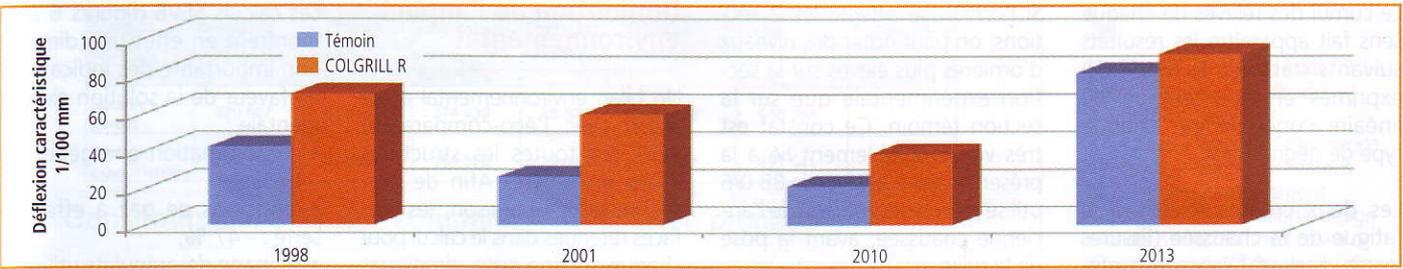


Figure 1 (source : suivi 2013 LRPC de Toulouse)  
 Evolution des déflexions sur 15 ans PR croissants  
 Evolution of deflections over 15 years - in increasing milestone direction

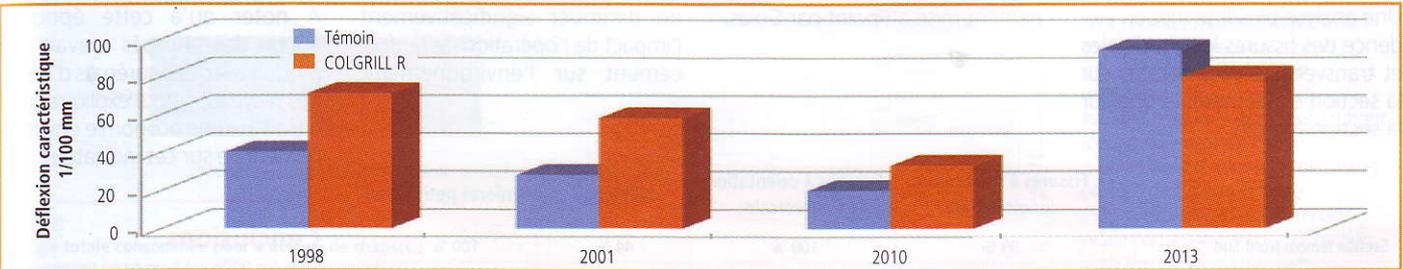


Figure 2 (source : suivi 2013 LRPC de Toulouse)  
 Evolution des déflexions sur 15 ans PR décroissants  
 Evolution of deflections over 15 years in decreasing milestone direction



Figure 3  
 Présentation graphique de l'auscultation au REC sens des PR décroissants  
 Graphical view of pavement surveying with REC trailer in decreasing milestone direction



Figure 4  
 Présentation graphique de l'auscultation au REC sens des PR décroissants  
 Graphical view of pavement surveying with REC trailer in decreasing milestone direction

Le cumul des relevés de chaque sens fait apparaître les résultats suivants (tableau 1, figure 5), exprimés en pourcentage du linéaire concerné par chaque type de dégradation.

Les deux critères relatifs à la fatigue de la chaussée (fissures longitudinales & faïençage) confirment un meilleur comportement de la section expérimentale par rapport à la section témoin. Une analyse plus fine met en évidence des fissures longitudinales et transversales plus courtes sur la section expérimentale que sur la section témoin.

Si l'orniérage affecte les 2 sections, on peut noter des niveaux d'ornières plus élevés sur la section expérimentale que sur la section témoin. Ce constat est très vraisemblablement lié à la présence des 2 à 3 cm de BB 0/6 utilisé pour le reprofilage de l'ancienne chaussée, avant la pose de la grille.

Le chantier de la RD 624 à Castelnau-d'Aud permet donc de valider la méthode de dimensionnement mise au point par Colas.

## Diminution de l'impact environnemental

Un bilan environnemental a été établi avec l'éco-comparateur SEVE sur toutes les structures mises en œuvre. Afin de permettre la comparaison, les surfaces retenues dans le calcul pour chaque section sont identiques (4 000 m<sup>2</sup>). Par rapport à la solution de base, la solution innovante avec COLGRILL R permet de diminuer significativement l'impact de l'opération de renforcement sur l'environnement.

Les calculs SEVE (figures 6 à 8) montrent en effet une diminution importante des indicateurs en faveur de la solution expérimentale :

- consommation énergétique : - 46 %,
- émissions de gaz à effet de serre : - 47 %,
- tonnage de granulats utilisés : - 51 %,
- transport en tonnes kilométriques : - 46 %.

A noter qu'à cette époque, aucun des enrobés n'avait été produit avec des agrégats d'enrobés recyclés, ce qui explique qu'il n'y ait aucune économie environnementale sur cet indicateur.

	Fissures à orientation longitudinale	Fissures à orientation transversale	Faïençage	Ornières petit rayon
Section témoin Nord-Sud	99 %	100 %	44 %	100 %
Section expérimentale Nord-Sud	70 %	100 %	30 %	100 %
Section témoin Sud-Nord	95 %	100 %	21 %	99 %
Section expérimentale Sud-Nord	57 %	100 %	28 %	100 %
<b>TOTAL linéaire Sections témoins</b>	<b>97 %</b>	<b>100 %</b>	<b>32 %</b>	<b>99 %</b>
<b>TOTAL linéaire Sections expérimentales</b>	<b>63 %</b>	<b>100 %</b>	<b>29 %</b>	<b>100 %</b>

Tableau 1  
Pourcentage du linéaire affecté par chaque type de dégradation, par section et cumulé  
Percentage of distance affected by each type of deterioration, by section and cumulated

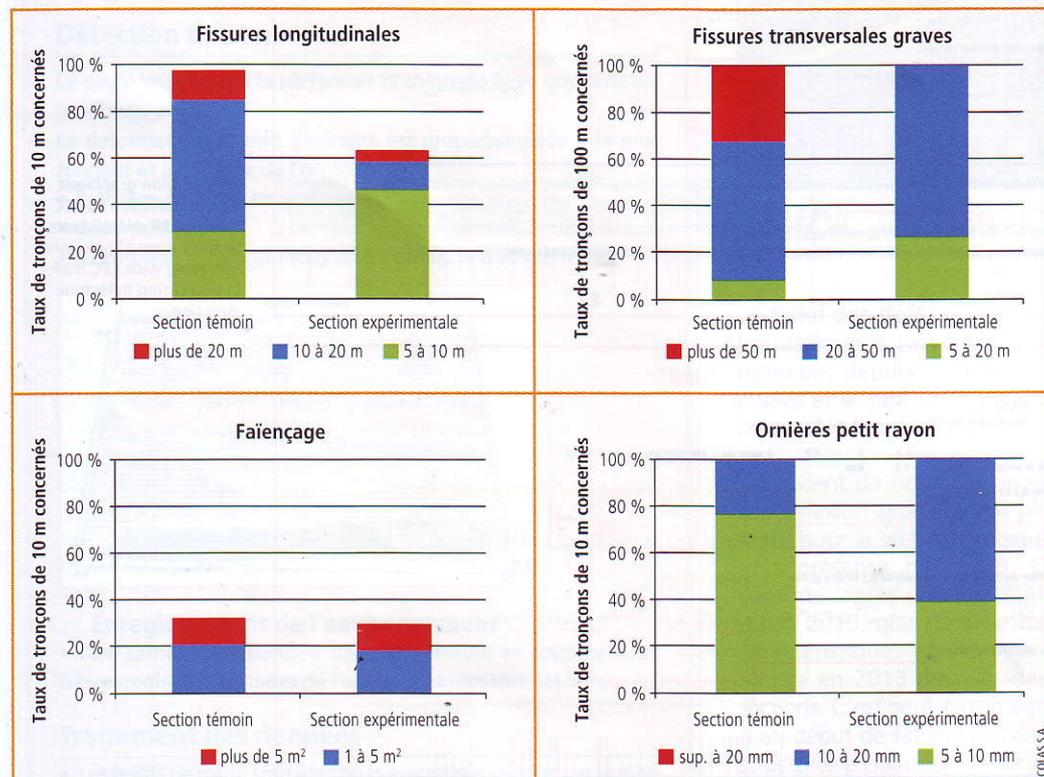


Figure 5  
Détail de la gravité des dégradations par type de section, sur la totalité du linéaire (sens nord-sud + sens sud-nord)  
Detail of degree of deterioration by type of section over the entire distance (north-south direction + south-north direction)

## Conclusions

Cet exemple de chantier innovant suivi sur toute sa durée de service a validé la méthode de dimensionnement de chaussée proposée par Colas pour une structure armée de la géogridde COLGRILL R, au moins dans ce cas de figure, représentatif de nombreuses chaussées fatiguées nécessitant un renforcement. La durée de vie prévue par la méthode rationnelle a été assurée de manière équivalente pour les deux types de structures : classique et innovante avec COLGRILL R. La réussite technique de cette expérimentation confirme la validation de ce type de structure, combinant le caractère économique et la diminution de l'impact environnemental de l'opération de renforcement. Ces solutions devraient significativement être prescrites à l'avenir.

Solution	Matériaux	Transport en amont	Fabrication des mélanges	Transport chantier	Mise en oeuvre	Total	Comparaison / Base
Section témoin	370 667	91 810	374 439	45 390	34 162	916 268	
Section expérimentale	215 135	51 089	184 570	23 665	17 081	491 541	-46,4 %

### Consommations totales comparées en énergie procédé

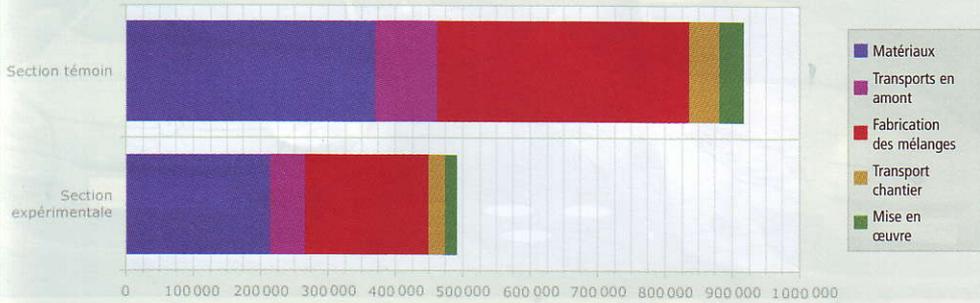


Figure 6  
Énergie totale consommée pour 4 000 m<sup>2</sup> de chaussée  
Total energy consumed for 4000 m<sup>2</sup> of pavement

Solution	Matériaux	Transport en amont	Fabrication des mélanges	Transport chantier	Mise en oeuvre	Total	Comparaison / Base
Section témoin	22,2	7,4	30,9	3,7	2,6	66,7	
Section expérimentale	13,0	4,1	15,2	1,9	1,3	35,5	-46,7 %

### Emissions totales de gaz à effet de serre comparées

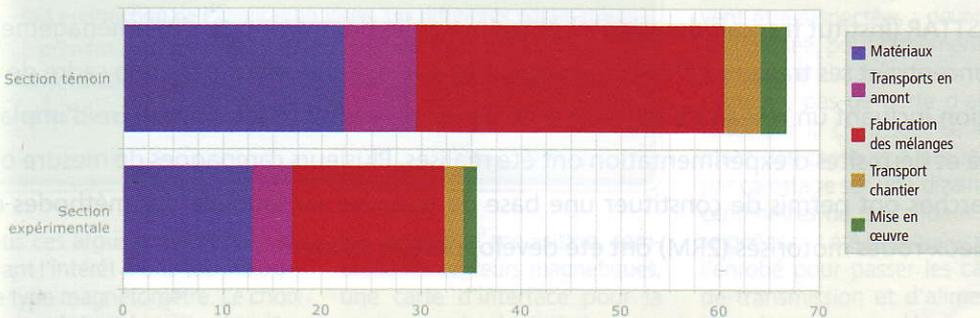


Figure 7  
Émission totale de GES pour 4 000 m<sup>2</sup> de chaussée  
Total greenhouse gas emission for 4000 m<sup>2</sup> of pavement

Solution	Transport en amont	Transport chantier	Total	Comparaison / Base
Section témoin	90 694	44 369	135 063	
Section expérimentale	50 578	22 720	73 298	-45,7 %

### Tonne.kilomètre comparées

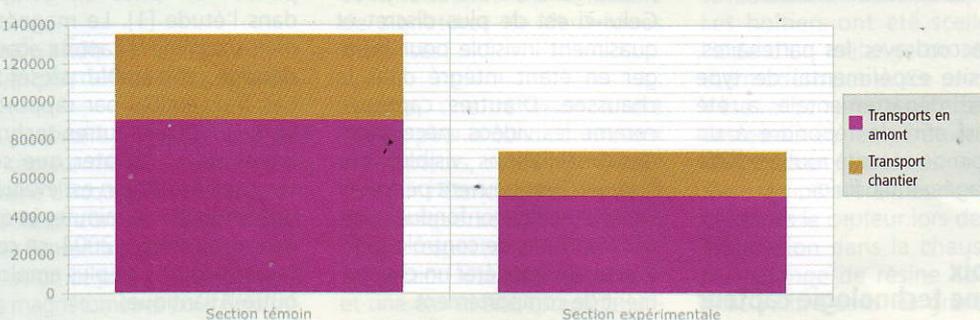


Figure 8  
Volume de transport pour 4 000 m<sup>2</sup> de chaussée  
Transport volume for 4000 m<sup>2</sup> of pavement



### COLGRILL R in France's Aude region 15 years of feedback on reinforced asphalt

COLAS has a wealth of experience in the use of fibre-glass meshes for pavement reinforcement. As early as 1993, a rational design method was established based on the completion of laboratory fatigue tests. This method has since been used for the dimensional design of pavement reinforcements by means of COLGRILL R. This product makes it possible to significantly reduce asphalt mix thicknesses compared with conventional methods. In 1998, France's Aude department (county-like region) opted for a Colas variant allowing the saving of 10 cm of grave-bitume (asphalt-treated base material) while conserving a control section with the classical structure. After 15 years, the new structure reached its design life without any additional works, and the two structures exhibited identical performance. The pavement is still in good structural condition even though visible cracking reflects the first signs of fatigue.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Utilisation de fibres de verre pour renforcer les enrobés – T. Coppens – Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 695, avril 1992, [www.rgra.fr](http://www.rgra.fr)
  - [2] Dynamic testing of glass fibre grid reinforced asphalt – MHM Coppens, PA Wiering – Reflective cracking in pavement – RILEM 1993
- Etude du renforcement des chaussées à l'aide de grilles en fibre de verre - Arsenie Ioana Maria - Prix Jeunes Chercheurs « René Houpert ». E.N.S. Cachan, 29 au 31 mai 2013
  - Modélisation du comportement en fatigue d'un béton bitumineux renforcé par géogridde - Ioana-Maria Arsenie, Cyrille Chazallon, Andrea Themeli, Jean-Louis Duchez, Daniel Doligez - XX<sup>e</sup> Rencontres Universitaires de Génie Civil. Chambéry, 6 au 8 juin 2012
  - Enrobés renforcés par des grilles de verre – test sur le manège de fatigue de l'IFSTTAR – Kerzreho Jean-Pierre, Jean-Paul Michaut, Pierre Hornych - Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 890, décembre 2010-janvier 2011
  - Dossier de presse – Ministère de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat - Innovation routière : les propositions lauréates rendues publiques - 28 octobre 2010
  - Vieillessement par fatigue d'un enrobé renforcé d'une armature en fibres de verre - T. Coppens, D. Doligez – Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 710, septembre 1993 [www.rgra.fr](http://www.rgra.fr)
  - Enrobé armé d'une grille en fibres de verre, comportement à la fatigue - E. Godard, T. Coppens, D. Doligez – Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 713, décembre 1993 [www.rgra.fr](http://www.rgra.fr)