

ENDUIT SUPERFICIEL RENFORCÉ PAR GÉOTEXTILE (ESRG) : RETOURS D'EXPÉRIENCE APRÈS 20 ANS

GEOTEXTILE REINFORCED ROAD SURFACE DRESSING: EXPERIMENTAL ASSESSMENT AFTER 20 YEARS

Matoren KHAY¹, Dominique LOZACH¹, Guy MOREL², André RIGOT³, Bernard LOSTIE DE KERHOR⁴,
Jean-Baptiste DUQUET⁵

¹ CETE Normandie Centre - Centre d'Expérimentation et de Recherche CER, ROUEN, France

² Expert routier

³ Consultant

⁴ Direction Départementale de l'Équipement de Guyane, France

⁵ TENCATE GEOSYNTHETICS, Bezons, France

RÉSUMÉ - Le comportement et la durabilité de l'enduit superficiel renforcé par un géotextile non tissé de filaments continus sont examinés à partir d'investigations effectuées sur des routes âgées d'une vingtaine d'années. Le premier cas concerne le revêtement d'une route en terre à trafic faible sous climat équatorial (RN 2 en Guyane Française réalisée en 1985 et 1987) et le second, celui d'une route départementale à trafic moyen en France métropolitaine (RD 65 en Seine Maritime). L'examen de l'état des chaussées ainsi que des essais effectués sur des prélèvements d'échantillons de la couche de roulement avec une faible épaisseur de la partie sous-jacente ont permis d'observer le collage du géotextile sur son support et celui des gravillons sur le géotextile et de caractériser les qualités résiduelles du bitume et du géotextile.

Mots-clés : chaussées – enduits superficiels – géotextile – entretien routier.

ABSTRACT - The behaviour and the long term durability of the road surface dressing layer reinforced with a non woven geotextile of continuous filaments are discussed on the basis of investigations carried out on two road sections after twenty years service life. The first case history concerns an earth road under tropical climate (RN2 – French Guyana – 1985 and 1987), the second one a regional road with medium traffic in France (RD65 – Seine Maritime). Observations on the pavement and tests results on samples extracted from the wearing course enabled to assess the bonding of the geotextile on the base course surface and of the gravel on the geotextile and to determine the residual characteristics of the bitumen and of the geotextile.

Keywords: pavement – surface dressing – geotextile – road maintenance.

1. Introduction

Le renforcement des couches de roulement en enduits superficiels par un géotextile saturé de bitume pour en améliorer les performances et en élargir le domaine d'emploi a fait l'objet de nombreuses recherches et expérimentations à partir de l'année 1980, notamment au Centre d'Expérimentation Routière de Rouen (Khay et al., 1982 ; Morel et al., 1990). Celles-ci ont été conduites en collaboration et avec l'aide de divers partenaires (Direction des affaires économiques et internationales du ministère de l'équipement, Laboratoire central des ponts et chaussées, Service d'études techniques des routes et autoroutes, Centre d'études du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts, industriels, entreprises routières, services territoriaux en France, Université de Cauca en Colombie,...). Ces actions réalisées en laboratoire et en site contrôlé se sont enrichies d'applications variées, aussi bien en termes géotechnique et climatique (France Métropolitaine 1982 –1984 – 1988 et 1989, Guyane 1985 et 1987, Colombie 1985, Madagascar 2004 et 2006, Sénégal 2005, ...) qu'en termes d'application (bitumage de routes non revêtues, entretien de chaussée à faible trafic, voirie urbaine, entretien de chaussée à trafic moyen).

L'examen de l'état et des performances résiduelles des structures après une vingtaine d'années de service présenté ci-après permet de préciser la durée de vie et d'établir des stratégies d'entretien de l'ESRG (Enduit Superficiel Renforcé par un Géotextile). Les conclusions de cette étude peuvent être utilisées pour la comparaison – au plan économique – de l'ESRG avec les autres solutions techniques existantes (béton bitumineux, enrobés coulés à froid ...) en prenant en compte, outre les coûts

d'investissements, les coûts d'entretien dont on connaît l'importance en matière d'infrastructures routières.

2. Caractéristiques des routes étudiées

2.1. Objectifs visés par la technique ESRG.

Le premier cas concerne le bitumage d'une route en terre (Morel et al., 2007), la route nationale n°2 (RN2) en Guyane, reliant Cayenne à la frontière brésilienne. L'ESRG a été réalisé lors de trois chantiers sur un linéaire d'environ 1,8 km en 1985, 1986 et 1987.

Le second concerne l'entretien périodique d'une route départementale en Seine-Maritime (Khay et al., 2006) réalisé en 1989 sur environ 200 m de longueur. Le but de l'expérimentation visait à comparer la technique ESRG à la technique des enrobés coulés à froid (ECF), généralement pratiquée à l'époque par le département de Seine-Maritime (France).

2.2. Conditions de structure

Le bitumage de la RN 2 est réalisé après reprofilage de la chaussée existante avec un apport de graveleux latéritique relativement argileux (indice de plasticité de 30 à 35 et 40% de passants à 80 μ m) sur une épaisseur variable de pratiquement 0 à 30 cm. Le sol support est généralement un sol fin argileux de classe A2 ou A3 (Guide SETRA-LCPC, 2000). Il en résulte une portance faible et hétérogène de la chaussée ; les déflexions sous essieu de 13 tonnes varient, en effet, de 60 à 400/100ème de mm avec des valeurs pouvant atteindre 800/100ème de mm. Le profil en long de la chaussée présente une pente moyenne de l'ordre de 5% sur les deux premiers chantiers et de 10% sur le troisième.

Le cas de la RD 65 représente une chaussée souple, ancienne, normalement entretenue par des enduits superficiels d'usure (méthode du point à temps), avec des déflexions comprises entre 30 et 70 ¹/₁₀₀ mm au moment des travaux.

2.3. Conditions de trafic

Pour la RN 2, le trafic est faible avec actuellement 250 véhicules/jour dont 20 à 30 poids lourds. Il convient, cependant, d'indiquer que certains grumiers peuvent être assez largement en surcharge et qu'ils circulent, le plus souvent, durant la saison des pluies (les silhouettes des camions sont normalement des semi-remorques de 26 tonnes et des grumiers de 38 tonnes). Pour la RD 65, le trafic est de 1200 véhicules/jour avec 15% de poids lourds (T2 – T3, classification française).

3. Formulations et mise en œuvre de l'ESRG

D'une façon générale, l'ESRG est un enduit classique monocouche ou bicouche à la partie inférieure duquel est incorporé un géotextile saturé de bitume pur (Setra -Lcpc, 1995 ; Khay et al., 2006). Sur la RN 2, le géotextile utilisé est un non tissé aiguilleté polyester de filaments continus de masse surfacique 125 g/m², qui présente une résistance à la traction de 3 kN/m pour une déformation à la rupture de l'ordre de 40%. Le liant est une émulsion anionique à 65% de bitume « trinidad » ; le dosage total en bitume varie de 1,9 à 2,2 kg/m² selon les chantiers. Le gravillonnage est effectué à raison de 11 l/m² de 10/14 et 9 l/m² de 4/6. Sur la RD 65, trois géotextiles ont été utilisés : celui mentionné ci-dessus, ainsi que deux aiguilletés polypropylène de masse surfacique 125 et 160 g/m², présentant respectivement une résistance à la traction de 10,2 et 10,4 kN/m pour 80% et 38% de déformation à la rupture. Le liant est une émulsion acide à 69% de bitume. Le dosage en bitume pur varie de 2,1 à 2,3 kg/m² et le gravillonnage est effectué à raison de 7 l/m² de 6/10 et 6,5 l/m² de 4/6.

La mise en œuvre de l'enduit s'est généralement déroulée de la façon suivante :

- *préparation du support (identique à celle pratiquée pour un enduit classique),*
- *épandage de la quantité d'émulsion nécessaire à la saturation en bitume pur du géotextile,*
- *pose du géotextile,*
- *réalisation de l'enduit bicouche classique.*

Sur le dernier chantier de Guyane, le gravillonnage en 10/14 est intervenu immédiatement après la pose du géotextile, de façon à éviter les plis engendrés par le passage de l'épandeur de bitume sur le géotextile. Dans ce cas, 80% du dosage en bitume correspond à cette suppression du passage de l'épandeur et ce manque a été ajouté au dosage de l'émulsion répandu sur le 10/14. Selon les techniciens, cette méthode a donné de très bons résultats dans la conduite du chantier.

4. Les investigations réalisées

4.1. Examen visuel de l'état de surface des chaussées

D'une façon générale, les ESRG restent en bon état après 17 ans sur le CD 65 et 19 et 21 ans sur la RN 2 en Guyane. Exception faite des zones où existe une insuffisance notable de la portance, aucune dégradation de l'ESRG n'est observée (figure 1) sur la RN 2. Sur les zones à très faible portance qui peuvent être rencontrées en rive, il est possible de décrire le mode de dégradation qui commence par des déformations de surface et se poursuit par le départ des gravillons et l'usure du géotextile (figure 2).



Figure 1. Bon état général de l'enduit.



Figure 2. Dégradation en rive (19 ans de service)

Le service chargé de l'entretien a souligné l'intérêt de l'ESRG quant à la gestion de l'itinéraire. Le délai entre l'apparition de déformations excessives et l'arrachement des gravillons est relativement long. De plus, une fois les gravillons arrachés, le géotextile saturé de bitume conserve encore ses propriétés et protège toujours la couche de base contre la pénétration de l'eau de pluie. Lorsque se produisent les nids de poules, ceux-ci restent de dimensions modestes. D'une façon générale, il est confirmé que l'ESRG joue un rôle « d'avertisseur » et de « temporisateur » qui laisse au gestionnaire un temps relativement long pour intervenir en matière d'entretien. Tant que les conditions de portance du support ne sont pas assurées, l'entretien par enduit superficiel d'usure est à préférer à toute autre technique (béton bitumineux ou ECF en particulier).

Il est également observé que l'ESRG reste bien collé à la couche de base, y compris lorsqu'il est posé directement sur de la latérite argileuse.

Dans le cas de la RN 2, le gravillon 4/6 a été rapidement rejeté, en tout cas, au bout d'une vingtaine d'années, seul le gravillon 10/14 reste collé au géotextile ; il constitue une mosaïque de grains jointifs très homogènes (figure 1).

4.2. Prélèvement de l'enduit superficiel renforcé

Des prélèvements de 1m x 1m ont été réalisés sur chacune des sections investiguées. Après découpage sur environ 6 cm de profondeur de la couche de roulement, il est procédé au cisaillement à la pelle ou au marteau-piqueur de la couche support de façon à pouvoir transporter l'ESRG en laboratoire.

Dans tous les cas, l'épaisseur de la couche support restant adhérente au géotextile est plus ou moins importante, mais elle existe toujours ; la liaison n'est pas détruite par les différentes manipulations du prélèvement.

4.3. Liaison ESRG – support

Dans le cas de la RD 65 où le support de l'ESRG est constitué d'anciens enduits superficiels, il est observé que les granulats (silex) de l'ancienne couche de roulement restent bien collés au géotextile saturé de bitume. L'enlèvement de ces granulats, opéré à la spatule, est difficile et n'est pas complet. Quelques gravillons de faibles dimensions (2 à 3 mm) restent incrustés. Après cette opération, la partie inférieure du géotextile laisse apparaître une surface légèrement « gaufrée » (figure 3).

Dans le cas de la RN 2, la couche de base adhère bien au géotextile sur toute la surface de chacun des prélèvements. Il est parfois possible d'arracher des « nodules » (agglomérat compact de sable et de fines) ou des éléments grossiers. Du bitume reste alors collé à la latérite ; celui-ci est très brillant, de même que la surface correspondante du géotextile. Il est constaté sur cette dernière des filaments de géotextile qui ont été tirés lors de l'extraction de la latérite. Le plus souvent des grains de sable et surtout des fines restent adhérents au géotextile saturé de bitume malgré un brossage énergique de la face inférieure de l'ESRG.



Figure 3. Aspect « gaufré » du géotextile saturé de bitume après suppression des gravillons 6/10 (RD 65)

Figure 4. Arrachement des gravillons du géotextile (RN 2)

4.4. Liaison gravillons / géotextile saturé

Il est toujours difficile d'arracher le gravillon 6/10 ou 10/14 au géotextile saturé de bitume (figure 4). Pour y parvenir, il faut parfois opérer gravillon par gravillon. La surface du gravillon arraché en contact avec le géotextile saturé, est presque toujours revêtue de bitume et sa remise en place provoque toujours un nouveau collage. Des filaments tirés lors de l'enlèvement du gravillon sont souvent visibles. L'aspect gaufré laissé par les gravillons de l'ESRG est toujours plus marqué que celui obtenu après enlèvement des éléments du support.

L'empreinte laissée par le gravillon dans le géotextile est plus ou moins marquée et peut atteindre 4 à 5 mm de profondeur. Ces observations permettent de caractériser la liaison gravillons/géotextile par trois effets (figure 5) :

- le collage par l'intermédiaire du bitume
- l'attache par certains filaments
- le sertissage des gravillons dans l'épaisseur du géotextile saturé.

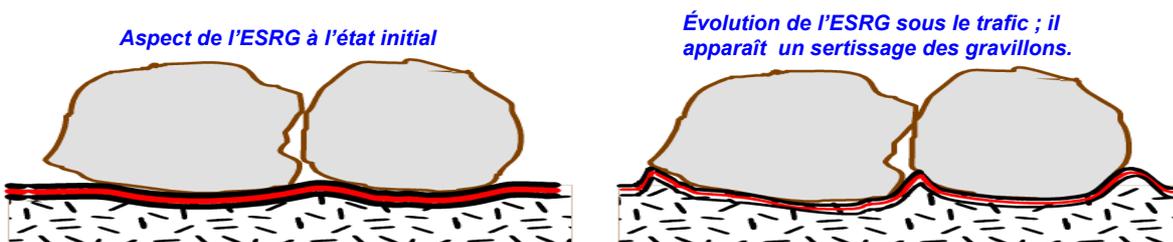


Figure 5. Empreinte des gravillons dans le géotextile saturé.

4.5. Caractéristiques résiduelles du géotextile

De façon à caractériser la capacité de renforcement de l'enduit apporté par le géotextile, des essais de traction (Norme NF EN ISO 10319) ont été réalisés :

- directement sur l'ESRG après avoir enlevé les gravillons correspondants à la partie de l'éprouvette serrée par les mors (figure 6) ;
- sur le géotextile après lavage au perchloréthylène de l'ESRG (figure 7) ;
- sur le géotextile saturé de bitume (après enlèvement soigné des gravillons et des éléments du support sur toute l'éprouvette).



Figure 6. Essai de traction sur ESRG



Figure 7. Essai de traction sur géotextile après lavage au perchloréthylène

Les résultats présentés dans le tableau 1 montrent que, dans le cas de la RD 65, les caractéristiques, aussi bien en déformation qu'en résistance à la rupture, sont peu affectées par les 17 ans de service de l'ESRG. Dans le cas de la RN 2, les conditions climatiques et de sol support (latérite argileuse) plus sévères ont, sans doute, apporté une altération de la résistance à la traction du géotextile (division par un facteur de 2,5 de la résistance à la traction du géotextile lavé par rapport à la valeur initiale), mais celui-ci conserve relativement une grande capacité de déformation à la rupture.

Tableau 1. Résultats des essais de traction

Chantiers	RD 65 Seine Maritime				RN2 Guyane		
	160 g/m ²		125 g/m ²		125 g/m ²		
Essai sur	Géotextile initial	ESRG 17 ans	Géotextile initial	ESRG 17 ans	Géotextile initial	Géotextile saturé 20 ans	Géotextile lavé 21 ans
Résistance à la traction (kN/m)	10,4	9 à 13	6,9	6,0	3,0	6,0	1,2
Déformation (%)	36	25 à 50	38	30	40	15	35

En service, le module de la nappe de géotextile saturé de bitume est nettement supérieur à celui du géotextile initial, mais la déformation à la rupture reste relativement élevée (15%). Cette dernière constatation est cohérente avec l'augmentation sensible de la dureté du bitume (cf 4.6).

4.6. Caractéristiques résiduelles du bitume

La bonne adhésivité des granulats et du géotextile saturé de bitume observée lors de l'enlèvement des granulats de l'enduit et la possibilité de recollage d'un gravillon arraché confirment bien l'intérêt de l'ESRG en termes de durabilité de l'enduit. En effet, ces observations valident la quasi-impossibilité de la formation de nids de poules dans des conditions normales d'exploitation.

L'arrachement ponctuel des gravillons de surface par excès de contraintes de cisaillement est remédié par une auto-réparation par fixation de nouveaux gravillons sous la circulation de la route. Bien entendu, ceci ne peut se produire que tant que les propriétés du bitume saturant le géotextile le permettent. Si, visuellement, celles-ci apparaissent – à dire d'expert – tout à fait satisfaisantes après 17 et 21 ans de service, il est apparu utile de réaliser des essais sur le bitume extrait du géotextile afin de caractériser son vieillissement.

L'analyse du bitume résiduel a porté sur la mesure de la pénétrabilité à 25°C et celle de la température bille et anneau et également sur le spectre infra-rouge. Les résultats des analyses de

bitume résiduel sont donnés dans le tableau 2. Les résultats montrent que les caractéristiques du bitume (35/50) utilisé sur la RD 65 ne sont pratiquement pas altérées après 17 ans de service. Le bitume utilisé sur la RN 2 (cas du chantier 3) a durci après 19 ans de service. Ce durcissement explique la raideur relativement importante observée sur les essais de traction du géotextile saturé de bitume (tableau 1).

Tableau 2 Caractéristiques du bitume après 17 à 21 ans de service

Chantiers	RD 65 Seine Maritime		RN2 Guyane		
	Essai	n°1	n° 2	Chantier 2	Chantier 3
Pénétrabilité à 25°C en 1/10 mm NF EN 1426		43	46	19	10
Température bille & anneau °C (bain glycérine) NF EN 1427		52	50	64	72
Teneur en bitume %		≈ 60	≈ 55	44	51

5. Conclusions

D'une façon générale, dans le cas des chaussées souples à trafic moyen (T2 – T3), il peut être estimé qu'après 20 ans de service un ESRG bicouche n'est pas sensiblement altéré. Bien sûr, il est difficile d'extrapoler une durée de vie garantie pour une telle couche de roulement, mais tout en restant du côté de la sécurité, il est possible de viser une durée de vie de 30 ans pour ce contexte de climat, matériaux, structure et trafic. La grande souplesse de l'ESRG évite tout déchirement du complexe géotextile-bitume, même au droit des fissures de l'ancienne chaussée. Les filaments de la nappe de géotextile jouent un rôle dans la liaison géotextile saturé/gravillons et l'améliorent. La qualité de l'adhésivité (gravillons/géotextile saturé) et les propriétés de résistance et déformation de l'ESRG permettent de proposer la réduction de la dimension des granulats. Celle-ci est intéressante pour réduire le bruit des pneumatiques et aussi pour diminuer les poinçonnements du géotextile engendrés, dans un premier temps, par les matériels de mise en œuvre et dans un second temps par le trafic poids lourds. Il peut aussi être envisagé de remplacer la technique du bicouche par celle du monocouche.

Pour le bitumage des routes en terre, l'ESRG après 20 ans d'usage, sous trafic et climat équatorial, est en bon état et ne présente que peu de dégradations. Le complexe géotextile-bitume possède encore des caractéristiques mécaniques suffisantes pour protéger les assises des agressions du trafic et de l'eau de pluie. La formulation de l'ESRG utilisé en Guyane peut donc être retenue à savoir : un non-tissé aiguilleté de filaments continus de l'ordre de 130 g/m² saturé de bitume sur lequel est réalisé un enduit superficiel « classique ».

Pour des trafics faibles, il apparaît qu'un enduit monocouche est suffisant. Il est donc possible de recommander un ESRG monocouche 6/10 ou 10/14. Une telle solution permet de diminuer le coût du premier investissement (ce qui est généralement fortement recherché pour ce type de chaussées) sans augmenter sensiblement le coût de l'entretien ultérieur.

Dans le cas de routes dites économiques pour lesquelles le tracé accepte de fortes pentes (de l'ordre de 10%) et des virages à faible rayon, il est judicieux de prévoir sur ces zones spécifiques un gravillon 10/14 et sur les parties courantes une granulométrie plus fine (4/6 ou 6/10). Il est confirmé que l'ESRG peut être mis en œuvre sur des structures de faible portance (*déflexion sous essieu de 13 tonnes jusqu'à 200 ¹/₁₀₀ mm par exemple*). Le renforcement de l'enduit par le géotextile, autorise tout à fait des déformations importantes résultant du trafic.

Le « renforcement » de la structure de chaussée intervient par « consolidation », due à l'action de la circulation des poids lourds dans le temps, des matériaux de couche de base, bien protégés par l'ESRG des eaux superficielles.

Des défauts de portance localisés et importants, par exemple déflexion supérieure à 300 ¹/₁₀₀ mm (*sols argileux humides*), conduisent à des fortes déformations permanentes sous trafic qui aboutissent à des dégradations de l'ESRG. Il y a donc lieu d'apporter le plus grand soin à la préparation du sol support et/ou de la couche de base devant recevoir l'ESRG. La détection des points faibles peut être réalisée visuellement par un technicien expérimenté, ou mieux par un indicateur de portance en continu (*portancemètre, ou compacteur vibrant équipé*). Les points faibles sont à traiter en termes de purges et/ou de drainage interne. Ce travail réalisé à temps est nettement moins coûteux et beaucoup plus efficace que ce qui peut être fait par des travaux d'entretien courant.

Outre la réparation des défauts localisés (*qui peuvent toujours intervenir suite à un manque de surveillance lors de la réalisation du support ou de l'ESRG proprement dit*), un entretien périodique par un monocouche 4/6 après 20 ou 30 ans de circulation, selon le trafic et la portance de la plate-forme de

chaussée, peut être retenu pour les comparaisons économiques avec d'autres techniques. Il est également confirmé que la technique ESRG est beaucoup moins contraignante, en termes de délai d'intervention pour effectuer les travaux d'entretien, que les autres techniques de couches de roulement (*enrobés, ECF, ou enduit superficiel classique*).

Le bon collage du géotextile sur des matériaux argileux (latérite), y compris en bord de chaussée, autorise à proposer une technique intéressante pour traiter la solution de continuité avec les accotements, ce qui améliore l'évacuation des eaux lorsque les conditions météorologiques sont particulièrement défavorables. Pour ce faire, il serait nécessaire de prévoir un débordement de 30 cm ou plus, du géotextile imprégné au moment de la réalisation de l'ESRG sur la chaussée. Dans ces conditions, la partie sur accotements serait sablée avec des matériaux identiques à ceux des rives, (éventuellement choisis pour éviter une trop grande proportion de fines ou d'éléments grossiers), de façon à obtenir un aspect visuel unique pour la totalité de la largeur des accotements. Cette façon de faire peut être appliquée à la totalité de la largeur de l'accotement dans les points bas du profil en long de la route.

Le développement et l'emploi de cette technique se poursuit principalement dans le domaine des routes en terre et des routes à trafic moyen. Les enseignements tirés de ces retours d'expérience ont permis de mieux préciser son domaine d'emploi et les conditions techniques pour la mise en oeuvre de l'enduit renforcé. Sur le plan normatif, la technique est gérée depuis 2008 par la norme d'application NF EN 15381.

6. Références bibliographiques

- AFNOR (2008). NF EN 15381 : Géotextiles et produits apparentés – Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les chaussées et couches de roulement en enrobés.
- AFNOR (2008). NF EN ISO 10319 Géosynthétiques – Essai de traction des bandes larges.
- Khay M., Morel G., Rigot A. (2006). Retours d'expérience : cas de la RD 65 en Seine-Maritime
Rapport CETE Normandie Centre, CER.
- Leflaive E., Morel G., Khay M. (1982). L'emploi des géotextiles dans les enduits superficiels sur les chaussées souples. Actes, 2^{ème} Congrès des géotextiles, Las Vegas, Etats-Unis, pp. 507-510.
- Morel G., Perrier H., Requirand R., Perfetti J. (1990). Geotextile reinforced surface dressing
Proc. 4th International Conference on Geotextiles and Geomembranes, The Hague, Netherland.
- Morel G., Rigot A., Khay M., Lostie de Kerhor B. (2007). Enduit superficiel renforcé par géotextile ESRG – Retours d'expériences – Cas de la RN2 en Guyane. Rapport CETE Normandie Centre, CER.
- LCPC (1989). Les enduits superficiels et les routes économiques.
- SETRA-LCPC (1995). Enduits superficiels d'usure - Guide technique.
- SETRA-LCPC (2000). Réalisation des remblais et des couches de forme fascicules 1 et 2
Guide technique

