

AVIS D'EXPERT

L'UTILISATION DES DISPOSITIFS D'ETANCHEITE PAR GEOMEMBRANE (DEG) DANS LES INFRASTRUCTURES LINEAIRES

24-09-2012

Par Renaud Benchet - Responsable technique et développement de la division génie civil France, SIPLAST-ICOPAL - Président de l'APRODEG (Association des producteurs de géomembranes).

Qu'est-ce qu'un Dispositif d'Etanchéité par Géomembrane (DEG) ?

Une géomembrane est un produit manufacturé adapté au génie civil, d'une largeur de 1,50 m (- 0,05 m) minimale, mince, souple, continu, étanche aux fluides à la sortie de la chaîne de fabrication, d'épaisseur effective de 1,00 mm minimum sur toute la surface du lé et soudable en continu, par soudure thermique, par vulcanisation ou par bandes adhésives autocollantes, selon la nature du produit. Les géomembranes doivent avoir un niveau d'étanchéité minimal de 10⁻⁵ m³/m²/j (prNF P84-500, 2012).

A ce jour, six familles chimiques de géomembranes sont principalement utilisées sur le marché français :

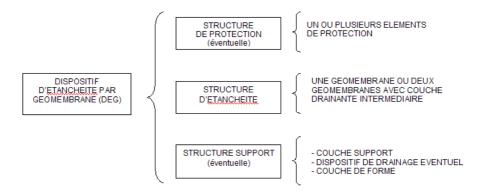
- géomembranes bitumineuses :
 - à base de bitume oxydé,
 - à base de bitume modifié par des polymères.
- > géomembranes polymériques :
 - PVC-P (polychlorure de vinyle plastifié),
 - PEHD (polyéthylène haute densité),
 - PP-F (polypropylène flexible),
 - EPDM (élastomère éthylène-propylène diène terpolymère).

Cependant, Il existe d'autres types de géomembranes telles que les géomembranes en PEBD (polyéthylène basse densité), et en TPO (Thermoplastic olefin)....

Les géomembranes peuvent présenter des états de surface plus ou moins lisses, voire très rugueux ; on parle alors de géomembranes texturées. Elles peuvent être armées ou également être associées à un ou plusieurs composants on parle alors de géomembranes composées, ...

Néanmoins, pour qu'une géomembrane puisse assurer la fonction d'étanchéité, compte-tenu des différentes contraintes de service et d'exploitation rencontrées sur les ouvrages, elle est systématiquement intégrée dans un dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG) comportant plusieurs structures ayant chacune une fonction comme indiqué sur la figure suivante.

Fonctions des différentes structures du dispositif d'étanchéité par géomembrane



Dans le cadre d'un DEG, la géomembrane peut-être associée à des produits perméables tels que les géotextiles et leur produits apparentés, ces derniers pouvant avoir pour fonction :

- ➤ la protection de la géomembrane contre le poinçonnement du support ou de la couche de protection,
- le drainage permettant d'annuler ou de limiter les contres pressions liées aux fluides (gaz ou liquide) en contact avec le DEG,
- le renforcement permettant de reprendre les efforts de traction imposés en talus par la couche de protection dans le cadre de végétalisation, d'enrochement ...

Quid des DEG dans les infrastructures linéaires ?

Les dispositifs d'étanchéité par géomembranes sont utilisés depuis les années 1950. D'abord timidement employés dans certains ouvrages hydrauliques et de protection de l'environnement, ces derniers sont aujourd'hui employés de manière croissante et quasi systématique dans quantité d'ouvrages, dont les infrastructures linéaires.

Ce terme désigne les ouvrages et équipement à usage collectif, nécessitant des fondations et permettant de soutenir une activité économique.

Ces ouvrages sont principalement dédiés au transport de l'énergie, de l'eau, des marchandises et des hommes.

Dans le cadre d'utilisation des DEG, Il s'agira principalement des fossés routiers, des plateformes routières et ferroviaires, des canaux, des ponts, des tunnels et tranchées couvertes.

L'intérêt porté à l'utilisation des géomembranes dans ces ouvrages sont multiples :

- elles offrent un niveau d'étanchéité bien supérieur à celui des solutions traditionnelles du type argile, béton de ciment ou béton bitumineux,
- leur mise en œuvre est facile, rapide et ne nécessite pas de matériel lourd,
- les permettent d'étancher efficacement les parties d'ouvrages difficilement accessibles (voiles verticaux, intrados de voute en tunnels),
- ce sont des produits techniquement fiables, qui sont contrôlés à la sortie de la chaine de fabrication et sont, pour la plupart, certifiés ASQUAL,
- elles possèdent des performances mécaniques leurs permettant de résister dans la mesure de leurs limites aux sollicitations mécaniques liées à la mise en œuvre et à l'exploitation de l'ouvrage,
- > elles possèdent une durabilité fonctionnelle éprouvée,
- Leur mise en œuvre peut également être contrôlée sur site ce qui accroît encore la fiabilité de ces systèmes d'étanchéité.

Les dispositifs d'étanchéité par géomembrane peuvent être utilisés dans les infrastructures linéaires, afin de retenir et canaliser des effluents (canaux, fossés routiers).

Dans cette optique et en fonction de l'ouvrage considéré, le choix du type de géomembrane dépendra de nombreux facteurs dont ses performances propres, sa nature, son épaisseur ainsi que les éléments entrant en interaction avec cette dernière. En France le CFG (Comité Français des Géosynthétiques) a émis

plusieurs Guides de Recommandations concernant l'utilisation des géomembranes dont le fascicule n° 10 « Recommandations Générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes ».

L'étanchéité des canaux par DEG : une solution pertinente de gestion des ressources en eau

De tous temps les hommes ont aménagé des voies artificielles permettant la circulation de l'eau, dans des buts très divers pouvant être :

- le transport des hommes et de matériaux (canaux à gabarit Freycinet),
- l'alimentation en eau d'une ville, ou d'un site industriel,
- le rejet des eaux usées ou d'eaux polluées par l'industrie,
- l'irrigation de cultures,
- le tourisme lié à la présence d'habitats et des espèces de faune et flore particulières, ancien chemin de halage.

Que ce soit dans le cadre de la construction de nouveaux canaux ou de la réhabilitation d'ouvrages plus anciens, l'étanchéité de ces ouvrages est primordiale. Et pour cause, les défauts d'étanchéité peuvent générer à terme des dégradations des berges par érosion ou éboulement (fontis), des inondations localisées dans les zones habitées contigües à l'ouvrage, mais surtout augmentent les besoins d'alimentation en eau des canaux qui ne sont pas ou peu alimentés de façon naturelle, dans un contexte où la gestion des ressources en eau est devenue un réel enjeu environnemental, économique, politique et touristique.

L'utilisation de DEG dans ces ouvrages de par leur adaptabilité, leur fiabilité technique et leur attrait économique offre des perspectives intéressantes comparativement aux solutions traditionnelles telles que les rideaux étanches (palplanche, injection de matériau argileux,...) intégrés dans le corps de digue ou le revêtement en surface de l'ouvrage (béton de ciment, béton bitumineux,...).

Le choix des éléments constitutifs du DEG découle de la conception de l'ouvrage lui-même. En effet, différentes solutions sont parfois envisageables en fonction de contraintes liées à l'ouvrage.

On peut citer parmi les éléments de conception à prendre en compte pour réaliser un choix pertinent de DEG :

- l'usage du canal (irrigation, navigation,...),
- le tirant d'eau du canal,
- la résistance chimique de la géomembrane en fonction de l'agressivité de l'effluent considéré,
- la nature de la protection mécanique éventuelle du DEG,
- > la nécessité de détection de fuite éventuelle (par drainage entre deux systèmes d'étanchéité),
- le raccordement à d'éventuels éléments béton ou métalliques (duc d'albes, quais, écluses,...),
- les contraintes liées à l'entretien (curage, gestion de la végétation,...).

On distingue généralement :

Les canaux dont la géomembrane assurant l'étanchéité est non protégée :

Cette solution est souvent envisagée, entre autres, pour l'étanchéité des canaux destinés à l'irrigation des cultures et plus généralement pour les canaux non navigables.

Bien qu'économiquement intéressante comparativement à une solution avec protection, elle possède le désavantage de solliciter la géomembrane de manière plus importante avec le risque d'altérer prématurément ses capacités d'étanchéité. Cette défaillance de l'étanchéité de l'ouvrage peut avoir de multiples causes telles que le vandalisme, l'action des animaux cherchant un point d'eau, les phénomènes de thermo-oxydation et de photo-oxydation, l'action du gel et les agressions chimiques éventuelles notamment dans la zone de marnage.



Canal d'irrigation étanché via une géomembrane en PVC-P exposée (source sur demande auprès du service de presse)

C'est pourquoi, afin de garantir la pérennité de l'étanchéité dans ces ouvrages, il est souvent conseillé de protéger le DEG contre les agressions extérieures.

Les canaux dont la géomembrane assurant l'étanchéité est protégée :

Cette solution est principalement retenue dans les canaux de section plus importante généralement navigable, pour lesquels il est nécessaire d'associer à la structure d'étanchéité une structure de protection adaptée en fond d'ouvrage et sur les talus.

Les canaux navigables de forme trapézoïdale à grand gabarit ou dont le gabarit a été harmonisé en France selon un modèle unique, basé sur les dimensions d'une péniche du nord (longueur 38 m) par le Baron de Freycinet dans le courant du XIX siècle offrent des problématiques plus complexes.

En effet, trois zones de risques sont identifiées :

- le fond du canal qui est sollicité par les phénomènes de turbulences générées par les hélices (cet effet est accentué au niveau des écluses), par la chute d'objet éventuelle (carcasse de voiture, etc...) et le contact accidentel avec des éléments des péniches (hélices, ancres,...). Cette partie du canal est également grandement sollicitée lors des opérations de curage en période de chômage qui peuvent se faire par dragage ou par l'intervention de pelles mécaniques après vidange d'un bief,
- la partie inférieure du talus reprend généralement les chocs liés à l'accostage des bateaux (cas des canaux à gabarit Freycinet),
- la partie supérieure du talus reprend les contraintes liées au batillage généré par le vent et la circulation des bateaux. Cette partie visible est généralement intégrée dans l'environnement ; ce paramètre est également à prendre en compte.
- Afin de répondre à ces contraintes, la structure de protection de l'étanchéité est généralement assurée par un géotextile anti-poinçonnant recevant :
- en fond de canal et en partie basse du talus: soit du béton bitumineux, soit du béton de ciment, soit de la grave non traitée avec de l'enrochement (au niveau des écluses pour pallier les jets d'hélices),
- en partie haute du talus on privilégie généralement les solutions intégrées dans l'environnement : grave avec de l'enrochement, géosynthétique alvéolaire permettant de limiter l'érosion de la couche de terre en attendant la végétalisation des talus.



Canal navigable à grand gabarit étanché par géomembrane en bitume élastomère protégée (source sur demande auprès du service de presse) L'utilisation des dispositifs d'étanchéité par géomembrane dans les canaux permet de répondre avec une grande souplesse aux contraintes économiques, mécaniques, et environnementales imposées par ce type d'ouvrage, et ce, avec une grande fiabilité technique et un vaste panel de solutions, ce qui fait du DEG une solution privilégiée pour l'étanchéité de ces ouvrages.

Les géomembranes : des barrières protectrices de l'environnement contre la pollution d'origine routière

La pollution générée par la circulation automobile impacte directement les écosystèmes et les ressources en eaux situés à proximité des voies de circulation. Dans le cadre du développement durable, la gestion de cette pollution et la protection des milieux récepteurs sont des enjeux essentiels qui nécessitent la mise en place de moyens fiables et pérennes permettant de collecter et d'évacuer les polluants vers des ouvrages dédiés entre autre à leur rétention, et à leur traitement.

La pollution d'origine routière peut avoir diverses origines :

- chronique par le biais des précipitations lessivant les chaussées polluées par les huiles de moteur, les hydrocarbures, l'usure des pneumatiques, mais également par l'usure des couches superficielles des chaussées,
- > saisonnière par l'utilisation de sel de déverglaçage ou de produits phytosanitaires,
- accidentelle, ce type de pollution peut être de nature variée et est généralement consécutif à un accident de circulation,
- Liée aux travaux comme le décapage des sols ou l'utilisation de liant hydraulique.

Les DEG sont exceptionnellement utilisés pour étancher des plates formes routières, mais sont plus souvent employés dans les ouvrages permettant de récolter et de canaliser la pollution tels les fossés routiers. Ces derniers ont une fonction hydraulique et une fonction de pré-traitement de la pollution. Ils peuvent avoir des géométries variées en fonction du type de pollution à collecter et des conditions météorologiques régionales (fossés enherbés, biefs de confinement, fossé subhorizontal enherbé).

Néanmoins, ces ouvrages ont tous pour point commun d'être constitués de bas en haut des trois structures suivantes :

- ➤ un revêtement peu perméable d'épaisseur variable constitué de matériaux granulaires dont la conductivité hydraulique est comprise entre 10⁻⁹ et 10⁻⁷ m.s⁻¹ selon l'ouvrage,
- un dispositif avertisseur pour éviter la dégradation du revêtement cité ci-dessus lors des opérations d'entretien,
- ➢ de la terre végétale dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 0,2 m et qu'il convient d'ensemencer pour éviter son érosion et favoriser la lutte contre les pollutions chronique et accidentelle.

Le niveau d'étanchéité requis pour ces fossés routiers est directement lié à la sensibilité de l'écosystème et des ressources en eaux contigus à l'ouvrage.

L'épaisseur et la conductivité hydraulique des matériaux granulaires mis en place doivent donc être compatibles avec les délais de dépollution de ces derniers lorsqu'ils sont souillés.

L'utilisation de ces matériaux granulaires est conditionnée par :

- > La disponibilité des matériaux à une distance inférieure à 30 km du lieu du chantier.
- L'atteinte des performances requises lors de leur mise en œuvre.
- > Le gain économique lié à leur utilisation.

Si ces trois conditions ne sont pas remplies, il convient alors d'appliquer un dispositif d'étanchéité par géomembrane dont la structure de protection sera constituée soit d'un géotextile soit d'un geoespaceur recevant la couche de terre végétalisable.



Géomembrane composée en PEHD + géotextile de protection (source sur demande)



Géomembrane en bitume polymère (source sur demande)

Ce type de dispositif est de plus en plus utilisé pour des raisons économiques, pour leurs performances démontrées quant à la rétention des polluants et pour leur mise en œuvre pratique. Le choix de la géomembrane s'effectura en particulier en fonction de la résistance chimique requise et des contraintes liées au chantier.

Les dispositifs d'étanchéité par géomembrane peuvent également être utilisés dans les infrastructures linéaires, afin de protéger certaines structures contre les infiltrations d'eau éventuellement chargées de pollution (voies ferrées, ouvrages d'art et ouvrages souterrains).

Dans ce cas, le choix de la géomembrane est généralement limité à quelques familles. Elle doit répondre à des critères de performance précis définis par des organismes tels que le SETRA (Services d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes), le CETU (Centre d'Etudes des TUnnels) ou la SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer Français).

Stabilisation par géomembrane des voies ballastées reposant sur un sol sensible : une solution technique et économique

Les vibrations et les contraintes dynamiques imposées aux voies ferrées ballastées par la circulation de convois génèrent une altération et un vieillissement des superstructures et infrastructures ferroviaires. Cette problématique peut être aggravée au niveau des plateformes argileuses suite à un défaut de drainage. En effet, l'argile rendue malléable par l'eau remonte dans le ballast déstabilisant ce dernier.

Jusque dans les années 1970, dans l'optique de pallier ce phénomène, il était mis en place entre la plateforme et le ballast, en fonction des régions, des matériaux de natures diverses allant des scories aux pierres concassées. Ces structures rapportées, si elles étaient d'épaisseur suffisamment conséquente, permettaient de contrer le phénomène de remontée de fines dans le ballast et permettant d'assurer de manière pérenne la tenue de la voie.

Dans les années 1970, l'épaisseur et la nature des couches d'assises ont été définies plus précisément, leur épaisseur dépendant de multiples facteurs tels que les caractéristiques du sol support, les conditions climatiques locales et la fréquence du trafic.

Quoi qu'il en soit, les sous-couches intégrées dans les couches d'assises, supportant le ballast et devant remplir les fonctions de drainage, d'anticontamination du ballast et de portance, présentent l'inconvénient majeur d'être de forte épaisseur.

Dans l'optique de réduire cette épaisseur des sous-couches reposant sur des sols sensibles à l'eau, il a été envisagé, à la même époque, d'utiliser des géomembranes, afin d'étancher ces zones, les protégeant ainsi des désordres causés par les précipitations atmosphériques.

Cette solution ne peut cependant être envisagée que dans les cas où les zones concernées ne sont pas soumises à des remontées de nappe phréatique, ou lorsque la nappe est, soit rabattue par un système de drainage, soit suffisamment basse.

De nombreuses géomembranes ont été testées dans cette optique avec une double contrainte :

> tester leur étanchéité suite à un essai de percement par granulats,

tester l'angle de frottement à l'interface géomembrane / granulat, afin de limiter la formation d'un plan de clivage à cet interface lors du freinage des trains.

Suite à différents essais, il s'avère qu'un seul type de géomembrane ait été apte à répondre aux sollicitations imposées par ce type d'ouvrage. Cette géomembrane en bitume oxydé d'une épaisseur supérieure à 5 mm répond de manière satisfaisante aux critères d'angle de frottement requis et d'étanchéité, en offrant l'avantage de rester étanche même en cas de percement par les granulats (le bitume oxydé enchâssant parfaitement le granulat à l'origine du poinçonnement statique).



Mise en place d'une géomembrane en bitume oxydé sur la ligne LGV Est (source sur demande)

Les géomembranes apportent dans le cadre de cette application qui reste relativement restreinte, une solution économiquement intéressante et techniquement fiable en reprenant des contraintes de cisaillement et de poinçonnement importantes. Ce type d'application est pérenne dans le temps, puisque l'on dispose de retour d'expérience positif de plus de 20 ans.

L'utilisation des DEG : une solution de protection efficace des éléments structurels des Ouvrages d'art et des Ouvrages enterrés

Les dispositifs d'étanchéité par géomembrane sont également intégrés dans les ouvrages permettant la jonction ou le croisement d'infrastructures linéaires routières, ferroviaires, souterraines ou fluviales.

Ces ouvrages peuvent être :

- des ponts béton (ouvrages ferroviaires uniquement),
- des ponts maçonnés (ouvrages routiers et ferroviaires),
- des tunnels,
- des tranchées couvertes avec ou sans emprise.

Ils sont étanchés via des DEG afin de protéger leurs éléments structuraux :

- béton, armature, câble de précontrainte dans le cas des ouvrages béton,
- matériaux de remplissage et liant des joints pour les ouvrages maçonnés,

contre la pénétration d'agents agressifs (principalement l'eau chargée de polluant ou de sel de déverglaçage).

L'étanchéité est un point capital permettant d'assurer de façon économique la pérennité de ces ouvrages, car si le coût de cette dernière représente 3% du coût de construction de l'ouvrage, une défaillance peut induire jusqu'à 25% du coût d'entretien de ce dernier.

Dans la majeure partie des cas, les ouvrages d'art qu'ils soient routiers, ferroviaires ou fluviaux sont étanchés via des systèmes en adhérence (résines ou membranes bitumineuses soudées en plein sur le support) ou en semi-indépendance (procédé asphalte 8+22, membranes bitumineuses semi-indépendantes sous asphalte ou sous enrobé). Ces procédés ont l'avantage de circonscrire les éventuelles fuites et de permettre leur localisation plus précisément qu'en utilisant des systèmes en indépendance du type DEG. De plus, dans le cadre de ce type d'ouvrage, l'étanchéité assure également la reprise des contraintes verticales (contre-pressions liées au dégazage du béton, fluage et poinçonnement statique lié à la circulation de véhicules routiers ou de convois ferroviaires) et tangentielles liées au trafic (cisaillement d'interface lié au freinage des véhicules routiers ou de convois ferroviaires, cas des ponts courbes, etc...),

c'est pourquoi les étanchéités en indépendance du type DEG ne sont généralement pas privilégiées.

Cependant, les DEG grâce à leur rapidité de mise en œuvre, peuvent être utilisés dans certains cas particuliers :

- réfection de l'étanchéité en position intermédiaire des ponts-routes en maçonnerie,
- réfection de l'étanchéité des ponts-rails béton ou maçonnés (directement sous ballast) lorsque les délais de mise en œuvre sont très courts (de l'ordre de quelques heures).

Dans le cas des ponts-routes, et des ponts-rails français, les dispositifs d'étanchéité par géomembranes utilisés incluent uniquement les géomembranes (composées ou non) en bitume polymère. La réglementation en vigueur, dans ces cadres d'utilisation, est définie par le SETRA (cas des ponts-routes) et la SNCF (cas des ponts-rails).



Pont routier en maçonnerie étanché via une géomembrane en bitume polymère (source sur demande)



Pont ferroviaire en maçonnerie étanché via une géomembrane en bitume polymère composée (source sur demande)

Contrairement aux ouvrages d'art, les DEG sont souvent utilisés en ouvrages enterrés car ils permettent d'étancher des parties d'ouvrages souvent délicates à traiter (voiles verticaux, radier,...) par l'utilisation d'autres systèmes.

En France, seuls deux systèmes d'étanchéité par géomembrane sont couramment utilisés :

- les dispositifs d'étanchéité par géomembranes en bitume polymère de 4 mm d'épaisseur (cas des tranchées couvertes sans emprise)
- les dispositifs d'étanchéité par géomembranes en PVC-P translucide (cas des tunnels, et des tranchées couvertes avec ou sans emprise).

En France les exigences performantielles relatives à ces procédés d'étanchéité sont définies par le CETU et il est à noter que l'AFTES publie fréquemment des recommandations liées aux ouvrages enterrés.



Tranchée couverte sans emprise étanché par géomembrane bitumineuse (source sur demande)



Tunnel étanché via une géomembrane en PVC-P translucide (source sur demande)

Les géomembranes permettent de protéger dans le temps les éléments de structure de ces ouvrages, et ce de façon économique. De plus, leurs nombreux avantages tels que leur fiabilité technique, leur

adaptabilité, leur rapidité de mise en œuvre permettant de répondre à des délais de réalisation restreints, font de l'utilisation des géomembranes une solution privilégiée dans ces types d'applications.

Les DEG sont des systèmes d'étanchéité techniquement fiables et pérennes qui ont fait leurs preuves dans de nombreuses applications intégrées dans les infrastructures linéaires.

Ils offrent au concepteur et à l'applicateur de vastes panels de solutions leur permettant de répondre au mieux aux contraintes technico-économiques imposées par des problématiques variées liées entre autres à la gestion des ressources en eau, à la protection de l'environnement, à la sécurité des usagers et à la protection des éléments structurels de certains ouvrages.



Renaud BENCHET est diplômé de l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Toulouse en Ingénierie de la dépollution. Il est coanimateur du groupe de travail chargé de la révision du fascicule 10 du **CFG** « Recommandations Générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes ». Dans le cadre de son activité professionnelle, il membre de plusieurs associations professionnelles dont le CFG et de plusieurs Commissions Techniques dédiées à l'étanchéité des ouvrages de Génie Civil.

- Représentant de l'APRODEG aux comités techniques ASQUAL (ASsociation pour la QUALité).
- Représentant de l'ANEPE (Association des NAPpes à Excroissances) à la commission des Avis Techniques du CETU (Centre d'Etudes des Tunnels).
- Représentant de la CSFE (Chambre Syndicale Française de l'Etanchéité) au sein de la commission des Avis Techniques du SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes).
- Membre du Groupe de Travail n°9 de L'AFTES (Association Française des Tunnels et Ensembles Souterrains

Références bibliographiques

AFNOR (2012) prNF P84-500. Géomembranes Terminologie.

Koerner.R, Designing with geosynthetics fifth edition. Upper Saddle River: Ed Pearson Prentice Hall, 2005, 796 p.

Fagon.Y et al., (1999) Bilan de 10 ans d'utilisation de dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques dans les canaux navigables Français ; Rencontres 1999, Bordeaux, Girard et Gourc éditeurs, tome 1, 187-192.

Potié G. (1999) Les géomembranes bitumineuses dans les canaux; Rencontres 1999, Bordeaux, Girard et Gourc éditeurs, tome 1, 201-208.

Imbert B., Breul B., Herment R., Plus de vingt ans d'expérience d'utilisation d'une géomembrane bitumineuse sous ballast SNCF; Rencontres 1997, Reims, Delmas et Gourc éditeurs, tome 1, 35-41.

Matichard Y et al., (1997) Déviation de Vittel : étanchéité de la plate forme routière ; Rencontres 1997, Reims, Delmas et Gourc éditeurs, tome 1,30-34.

Pollution d'origine routière. Bagneux : Ed du SETRA, 2007, 83 p. Ponts routes en maçonnerie. Bagneux : Ed du SETRA, 1992, 48 p.

Pour toute demande d'information concernant les crédits photos des différentes photographies présentes dans ce document, nous vous invitons à contacter l'attachée de presse du CFG :

Chrystelle REGANHA VP Communication Tel: 01 40 22 088 66

Email: creganha@vp-communication.com