

L'UTILISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES POUR LE RENFORCEMENT DES CHAUSSÉES – RETOUR D'EXPÉRIENCE DU PROJET « COST REIPAS »

GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT FOR ROAD PAVEMENT

Arnstein WATN¹, Grégoire PRIOL²

¹ SINTEF Soil and Rock mechanics, Trondheim, Norvège.

² NTNU Geotechnical department, Trondheim, Norvège.

RÉSUMÉ – Les géosynthétiques peuvent être utilisés dans la construction d'infrastructures routières soit dans la couche de base soit dans la couche d'asphalte ou la couche de béton. Malgré un certain nombre d'expériences satisfaisantes in situ, il manque encore des méthodes de dimensionnement reconnues ainsi que des recommandations nationales. Un projet européen, le COST REIPAS, a été initié pour étudier le renforcement des chaussées par des treillis métalliques et par des géosynthétiques. Ce papier présente un aperçu des résultats préliminaires du COST REIPAS, de quelques applications typiques et les solutions utilisées. Sont présentées aussi quelques expériences réalisées ainsi que quelques travaux de recherche et développement en cours en Europe.

Mots-clés : Renforcement, Chaussées, Géosynthétiques,

ABSTRACT – The geosynthetics reinforcement may be used in road pavement both in the unbound granular base and in the asphalt or concrete overlay. Despite a number of good experiences from the field, technically sound design methods and methods for verification of the effect in the field are still missing. Recommendations for use in road pavements in national guidelines to a large extent are also missing. A European research project, COST REIPAS, has been initiated to look into the use of reinforcement of pavements with steel meshes and geosynthetics. The paper presents an overview of some preliminary results from COST REIPAS, of some of the typical applications and solutions that are used. Finally some experiences that have been achieved and some ongoing work in Europe are shown.

Keywords: Reinforcement, Pavement, Geosynthetics.

1. Introduction

Depuis plus de 40 ans, les géotextiles sont employés dans la construction d'infrastructures routières pour le renforcement de la fondation granulaire ou directement pour celui du revêtement. Les précédents travaux de recherche ainsi que les essais *in situ* ont établi les effets bénéfiques du renforcement tant du point de vue des coûts de construction que de la durée de vie. Cependant, aucune méthode reconnue n'existe pour dimensionner le renforcement et pour choisir le type de géosynthétique à utiliser. A ce titre, un projet de recherche européen, le COST REIPAS (2002), a été initié afin d'étudier l'utilisation des géosynthétiques et des treillis métalliques pour le renforcement des chaussées. A partir des résultats préliminaires du projet, nous essaierons de présenter dans cet article un état de l'art sur les usages typiques, les solutions envisagées, ainsi que quelques expériences achevées et les recherches et développements futurs en Europe. La terminologie employée dans cet article est fondée sur les recommandations du COST REIPAS (2004b) et est présentée Figure 1.

Les géosynthétiques sont employés à des fins très variées telles que : *accroître la durée de vie et la résistance à la fatigue ; minimiser les tassements différentiels, et diminuer le tassement total ; réduire les ornières ; empêcher, limiter la fissuration réfléctive ; accroître la résistance au gel ; réduire les coûts de maintenance ; accroître la capacité portante ; créer des parachutes au dessus des vides ; bref construire une plateforme viable ...* Leur utilisation dépend des conditions locales telles que : la fondation, le type de matériaux granulaires, la nature des couches de formes, des conditions hydriques et thermiques, du trafic... Tous ces facteurs influent sur la structure, sur le type de renforcement utilisable et les effets produits par le renforcement.

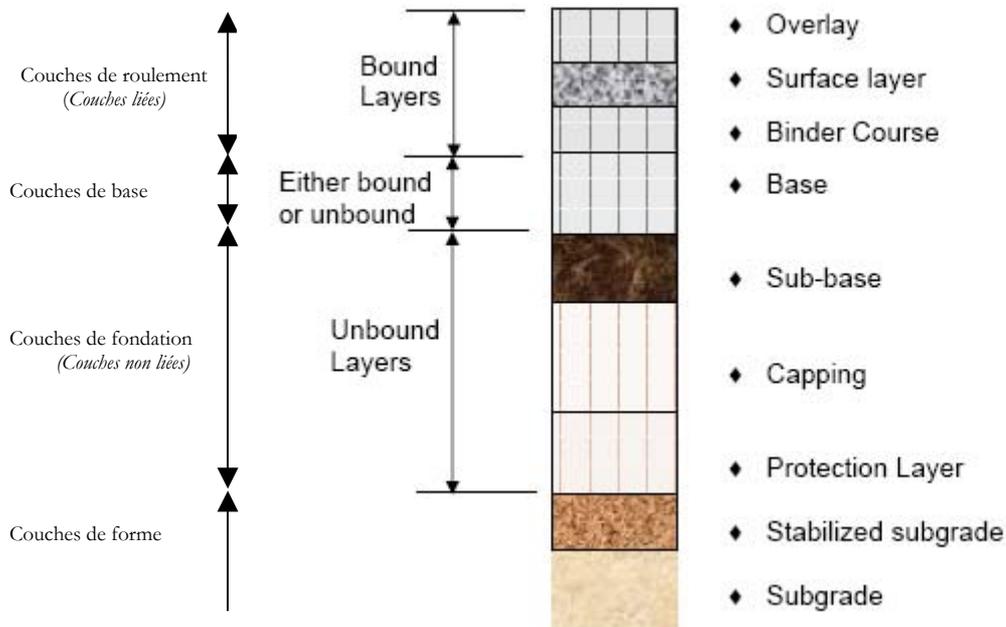


Figure 1 Terminologie internationale employée lors du projet COST REIPAS (2004a)

2. Applications courantes des géosynthétiques pour le renforcement des chaussées

2.1. Dans les couches non liées

Les géosynthétiques utilisés dans les couches non liées sont des géogrilles en polymère, des géotextiles et des géocomposites. La nappe de renfort est installée en dessous et parfois dans les couches de fondations (non liées) (*sub-base, capping, & protection layer*). Un récapitulatif des fonctions, du positionnement et du type de géosynthétique est présenté dans le Tableau I. Le renforcement peut être employé pour la construction de nouvelles routes ainsi que pour la réhabilitation et la revalorisation de routes existantes. Lorsqu'ils sont utilisés pour la construction de nouvelles chaussées, la fonction des géosynthétiques est communément d'augmenter la capacité portante du sol en améliorant la répartition sur le terrain des pressions résultant des charges verticales. Par conséquent, ils permettent de réduire la pression appliquée sur le terrain et de diminuer les tassements pendant la construction et pendant la durée de service (moins de tassements différentiels et d'ornières). Le renforcement est d'autant plus bénéfique que le terrain est mou et que les charges appliquées sont élevées. Dans le cas de sols très mous, généralement argileux ou tourbeux, plusieurs couches peuvent être employées, une ou deux couches pouvant être ajoutées lors de la réalisation de la chaussée (dans la couche de base). Par ailleurs, les géosynthétiques sont également employés pour pallier les vides en réalisant des « parachutes » dans des secteurs susceptibles aux effondrements, tels que d'anciennes zones minières. Typiquement dans les secteurs sensibles au gel, les anciennes chaussées en grave possèdent une capacité portante très basse lors du dégel. Avant la pose d'un nouveau revêtement, il est courant d'apposer une nappe géosynthétiques et une grille de renforcement sur l'ancienne route avant la réalisation de la nouvelle couche de fondation. Le principe du renforcement est, dans ce cas, de réduire la déformation de l'ancienne structure pour éviter l'apparition de larges ornières et des dégâts importants sur la nouvelle structure.

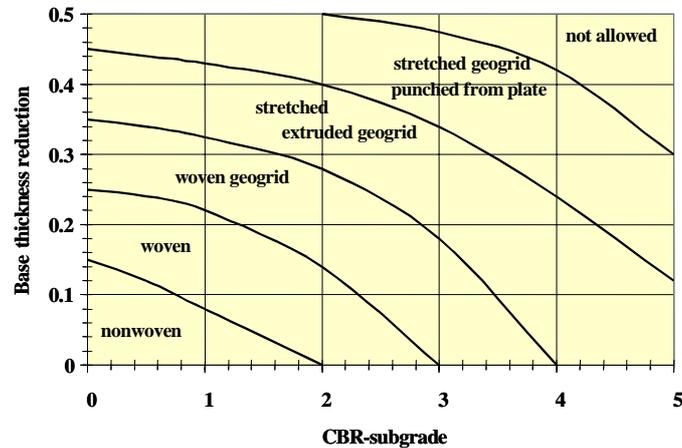
Tableau I Fonction, lieu et type de renforcement dans les couches non liées (COST REIPAS, 2004a)

*PG : Géogrille polymère, SF : Tissus métalliques, CPG : Composite Polymère Grilles/Géotextiles, G : Géotextiles

Fonction	Base Course	Subbase Course	Capping Layer	Stabilised Subgrade
Eviter l'orniérage	PG / SF / CPG*	PG / CPG / G	PG / CPG / G	PG / CPG / G
Augmenter la capacité portante	PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G	PG / CPG / G	PG / CPG / G
Eviter les fissures liées au gel	SF / PG	SF / PG		
Eviter les remontées de fissures lors des élargissements	PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G	
Eviter les fissures de fatigue	PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G	PG / CPG / G	
Contrôler la déformation du support		PG / CPG.	PG / CPG.	PG / CPG.
»Parachutes » au dessus des cavités		PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G	PG / SF / CPG / G

Construction de Plateforme	Normalement pas comme couche de base	PG / CPG / G	PG / CPG / G	PG / CPG / G
----------------------------	---	--------------	--------------	--------------

Un grand nombre de géosynthétiques sont employés dans et sous les couches de fondation possédant beaucoup de fonctions et d'avantages différents. Bien que tous ces géosynthétiques renforcent la chaussée, il n'est pas possible de déduire les effets produits à partir d'un essai standard de laboratoire. Une première tentative a été développée aux Pays Bas par CROW (2002) reliant les effets produits en terme de réduction de l'épaisseur de la couche de base, la nature du géosynthétique et le résultat d'un essai d'identification de la capacité portante du sol (CBR, *Californian Bearing Ratio*) (Figure 2).



(*nonwoven* : géosynthétique non tissé, *woven* : géosynthétiques tissés, *woven geogrid* : géogrilles tissées, *stretched extruded geogrid* : géogrilles extrudées et étirées ; *stretched geogrid punched from plate* : géogrilles étirées perforées, *not allowed* : non permis)

Figure 2 Diagramme proposé afin de quantifier les bénéfices du renforcement en terme de réduction d'épaisseur de la couche de fondation (CROW, 2002)

2.2. Dans les couches liées

Un nombre relativement important de matériaux est employé pour le renforcement des couches de roulement en réponse à des problèmes très variés. Les types de géosynthétiques utilisés dans les couches de roulement sont des géotextiles de polymère, des géogrilles de polymère, des grilles de verre et des géocomposites. Leur utilisation dans les couches de roulement est le plus généralement liée à la réhabilitation de chaussées et permet d'améliorer soit l'installation d'un nouveau revêtement sur une chaussée en grave soit le renouvellement de chaussées existantes dont la couche d'enrobés est détériorée par des fissures. Les problèmes les plus couramment rencontrés nécessitant l'utilisation de géosynthétiques sont : la fissuration due à la pression du gel (Figure 3), la remontée de fissures dans la couche d'enrobé, la fissuration due la présence d'ornièrre et la fissuration due à l'élargissement de la chaussée existante. A ce titre, le

Tableau II récapitule les différents emplois de géosynthétiques dans les couches de roulement.



Figure 3. Exemples typiques, fissurations réfléctive et due au gel

Tableau II Fonction, lieu et type de renforcement dans les couches liées (COST REIPAS, 2004a)

*SF : Tissus métalliques, PG : Géogrille polymère, PF : Géotextiles antifissure, GG : Grille de verre, SM : treillis métalliques

Function	Base Course	Binder Course	Surface Layer	Overlay
Eviter l'ornièrage		SF	SF / PG	SF / PG
Augmenter, maintenir, la capacité portante	SF / PF	SF / PF	PF	
Eviter les fissures liées au gel	SF	SF	SF	
Eviter les remontées de fissures	SF / GG / PG / PF			
Eviter les fissures de fatigue	SF / GG / PG / PF			
Contrôle des tassements différentiels »Parachutes » au dessus des cavités	SM / PG / PF / GG	SM / PG / PF / GG	SM / PG / PF / GG	
Construction de Plateforme	N/A	N/A	N/A	N/A

3. Principe et mécanismes du renforcement

3.1. Dans les couches non liées

La conception et l'optimisation des couches granulaires sont probablement une de problématiques les plus anciennes du génie civil. La pratique s'est améliorée depuis les routes antiques de Rome, notamment grâce à des gains importants en matière d'estimation des charges supportées, de contrôle des propriétés des matériaux, et globalement en matière de compréhension du comportement. En outre, le renforcement et la stabilisation de la fondation granulaire est une technique très ancienne ; et depuis l'Antiquité, différents matériaux sont insérés afin de renforcer la chaussée tels que : la paille, des pièces de bois ou de bambou... Les matériaux synthétiques se sont substitués récemment à ces matériaux naturels qui sont encore parfois utilisés en complément des géosynthétiques. La conception d'une structure de chaussée inclut une grande variété de paramètres, et par conséquent les modèles numériques pour décrire le comportement sont devenus très compliqués. L'ajout d'un géosynthétique ne simplifie pas la tâche ! Ainsi le dimensionnement du renforcement pour les couches granulaires est-il principalement fondé sur l'expérience, les modèles numériques essayant de reproduire au mieux les observations.

Pour les revêtements souples, l'approche élastique-linéaire-multicouche (semi-empirique) est largement répandue. Dans cette approche, la déformation au bas de la couche de roulement, l'effort vertical sur la couche granulaire et le tassement sont les paramètres déterminants. Les mécanismes possibles de renforcement dans des couches granulaires non liées sont (COST REIPAS, 2004b): l'augmentation de la résistance envers les déformations élastiques en augmentant les forces horizontales dans la structure ; l'augmentation de la capacité portante en distribuant la charge sur une plus grande surface de sol ; la réduction de la mobilisation du sol en diminuant la transmission du cisaillement ; l'augmentation de la résistance en retenant les déplacements horizontaux des granulats (confinement).

La modélisation du comportement doit tenir compte conjointement de l'effet sur la résistance des déformations élastiques et des déformations plastiques. Généralement, le renforcement dans les couches de fondation est lié à la résistance limite et à un moindre degré au comportement élastique. Dans la pratique, quand un concepteur désire employer un géosynthétique dans une couche de fondation, il doit estimer les mécanismes fonctionnels et leurs principaux effets. C'est-à-dire que la modélisation du comportement du renforcement doit tenir compte : des effets sur la rigidité de la couche granulaire ; des effets sur la fonction de transfert de la couche granulaire ainsi que les effets de la diminution de la mobilisation dans la couche sous-jacente. Puisque le renforcement produit dépend fortement des conditions locales d'emploi (charge d'exploitation, grave utilisé, flexibilité de la chaussée) ; aucune règle ou directive générale n'a été proposée. Généralement, le dimensionnement du renforcement par géosynthétiques dans la couche de fondation est fondé sur des principes semi-empiriques à partir des directives du fabricant ce qui rend la comparaison avec les méthodes plus conventionnelles de renforcement très délicate et qui explique l'absence de réglementations et de recommandations concernant leur emploi.

3.2. Dans les couches de roulement

La plupart des expériences avec le renfort géosynthétiques insérés dans les couches de roulement ont été effectuées dans la couche d'asphalte. Et le géosynthétique est utilisé tant pour la construction de nouvelles que pour la réhabilitation d'anciennes chaussées. Dans certains cas, le renfort est également utilisé contre la remontée de fissures lorsque une nouvelle couche d'asphalte est coulée sur un ancien revêtement. La fissuration peut être engendrée par trois mécanismes : *les charges verticales dues au trafic ; les variations de température ; et les mouvements inégaux du sol* (tassements, gonflements dus au gel). Deux mécanismes fonctionnels ont été identifiés concernant l'emploi de géosynthétiques dans les couches liées (COST REIPAS, 2004b): la réduction de la déformation en traction de l'asphalte par la

reprise des efforts de tension (mobilisation) dans la nappe de renforcement ; et le soulagement des couches intermédiaires évitant le transfert de tension aux couches de fondation. Puisque l'effet bénéfique du renforcement dépend fortement du type de fissuration, il est impossible de donner des orientations quant à une conception fondée sur des résultats de laboratoire. Une méthode de dimensionnement ou une norme de conception pour le renforcement dans les couches de roulement doivent tenir compte d'un grand nombre de paramètres tels que: le mécanisme de fissuration dominant ; les caractéristiques du trafic ; les variations de la température ; les propriétés de la chaussée ; les propriétés des matériaux granulaires ; des propriétés de la chaussée existante (en cas de réhabilitation) ; les propriétés du géosynthétiques ; les interactions entre le géosynthétique et le matériau environnant (asphalte) ; et les matériels et procédures de construction. Actuellement, il semble qu'aucun modèle ou méthode n'existe qui tienne compte de tous ces facteurs d'une manière cohérente. De même que lorsque le renfort est placé dans la couche de fondation granulaire, le dimensionnement est largement fondé sur l'expérience ("*ceci a fonctionné la dernière fois*") et les spécificités du produit. Les modèles et les procédures actuellement employés dans la pratique (Arcdeso, Bitufor, modèle de l'université de Nottingham) sont décrits plus en détail dans le COST REIPAS (2004b).

3.3. Validation des performances

Un grand nombre d'essais ont été exécutés pour évaluer l'effet de renforcement produit par le géosynthétique et les résultats sont en grande partie disponible. Cependant, peu sont suffisamment documentés de manière à constituer une base utilisable comme référence. Une part importante du projet du COST REIPAS a été consacrée à la recherche de différentes méthodes employées pour vérifier les effets du renforcement. L'investigation s'est attelée à examiner d'une part les méthodes de détermination des paramètres en avant-projet servant au dimensionnement du renforcement et d'autre part les méthodes de vérification et de détermination des paramètres sur le terrain. Un compte rendu de ces recherches est présenté dans le Tableau et le Tableau IV.

Tableau III Détermination des propriétés des matériaux de renforcement (COST REIPAS, 2004c)

Test de référence	Paramètre	Produit
Essai de traction grande largeur EN 10319	Résistance à la traction	Géotextiles
	Déformation à l'effort maximum	Géogrilles Géocomposites
Masse surfacique EN 965	Masse surfacique	Géotextiles Géogrilles Géocomposites
Poinçonnement statique (CBR) EN ISO 12236	Force maximale	Géotextiles Géocomposites
Perforation dynamique EN 918	Taille du trou	Géotextiles
Résistance de jonction * GR1/GG2	Résistance de jonction	Grilles en fibre de verre et composites anti-fissure
Résistance simple des fibres GR1/GG2 ASTM D6637	Résistance des fibres	Géogrilles Géocomposites
Résistance au pelage ASTM D 413	Résistance au pelage	Grilles en fibre de verre et composites anti-fissure
"Wheel tracking test" "Technische Universität München"	Géométrie Module horizontal, vertical	Tous produits

**Mesure la capacité d'adhésion entre les nappes successives, paramètre très important pour l'installation et la construction.*

Tableau IV Estimation de la performance en service de la chaussée (COST REIPAS, 2004c)

Nom du test	Test de référence	Paramètre	Application	Type de produit
Mesure du profil de surface		Etat de Surface-	Orniérage	tous
Poutre de Benkelman		Déflexion / Capacité portante	Capacité portante	tous
Control de profondeur	ISB HIL/II-Ferrosan		Orniérage Remontée de fissures	Tissus métalliques
Capacité portante, essai à la plaque	MSZ 2509/3:1989 MSZT	Module portant (MN/m ²) Taux de compactage	Sur le renforcement avec géotextile au dessus de la première couche support	
Essai d'ancrage	GRI - Geosynthetic Institute, USA,PA	Force d'ancrage, interaction	Sol renforcé	Géogrilles
Interaction et performance solgéosynthétique	BS + critères spécifiques de projet	Déformations de la géogrille geogrids	Sol renforcé pour remblais et murs	Géogrilles
Section expérimentale – chaussée renforcée en asphalte		Observation générale sur le long terme	Sections de voies rapides	Géogrilles - Tensar

Essai triaxial cyclique	Équipement de recherche	Déformations cumulées sous charges cycliques	Propriétés du matériau de couche de base renforcée	Géotextiles Géogrilles Géocomposites
Essai de modèle à grande échelle		Déformations cumulées sous charges cycliques	Support renforcé	Géogrilles Géotextiles
Essai de déflexion	Défecto-graphe			

3.4. Recommandations nationales

Comme décrit précédemment, In manque de méthodes de dimensionnement et d'évaluation des effets est un obstacle important à la reconnaissance et l'emploi des géosynthétiques pour le renforcement des chaussées. Quoiqu'un grand nombre de projets aient été accomplis utilisant les géosynthétiques comme renforcement de chaussées, peu de normes ou directives nationales y font référence et/ou légifèrent sur l'utilisation de ces matériaux synthétiques pour les chaussées contrairement à des matériaux plus conventionnels. Parmi celles-ci, quelques recommandations sont données sur l'utilisation du renfort géosynthétique pour les couches granulaires et pour les couches de roulement. Le Tableau V présente, à cet effet, une vue d'ensemble des directives nationales et des conditions d'utilisation existant en Europe et relevées par le projet COST REIPAS (2004c)

Tableau V Recommandations nationales

Pays	Référence	Contenu
Suède	ATB Väg 2004	Recommandations sur l'emploi structurel
Norvège	The use of reinforcement for strengthening of road structures and airfields. Proposal for guideline. SINTEF report STF69 A92025 (1992) (in Norwegian)	Recommandations pour le dimensionnement et la construction
	Handbook 018 Road construction. The Norwegian Directorate of roads (in Norwegian , revised editions planned autumn 2004)	Recommandations sur l'emploi structurel
Allemagne	Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Strassenbaus. Forschungsgesellschaft für strassen- und verkehrswesen (2003)	Recommandations sur les propriétés des géosynthétiques
Royaume-Uni	Pas de documents officiels	
Pays-Bas	CROW Report 157. Dunne asfaltverhardingen: dimensionering en herontwerp	Méthode de dimensionnement pour des chaussées fine en asphalte avec ou sans géosynthétiques

4. Expériences

Un nombre important d'essais a été réalisé afin d'étudier les effets des géosynthétiques incorporés à la fondation granulaire, ou dans les couches de forme. Parmi ceux-ci, seulement quelques exemples sont présentés ci-après afin de montrer la variété et l'étendue des recherches menées en Europe.

4.1. Réhabilitation d'une chaussée, Hitra (Norvège)

Le projet de recherche a porté sur l'effet des géosynthétiques dans le renforcement d'une ancienne chaussées en gravier fondée sur un sol mou sujet aux tassements et possédant une capacité portante faible en période de dégel. Le but de la réhabilitation était l'amélioration de la capacité portante de la chaussée afin de permettre l'accès à tout type de véhicule durant la période de dégel et de limiter les déformations afin d'éviter le faïençage de la couche d'asphalte. Le dimensionnement de la chaussée a été réalisé par la municipalité d'Hitra sous l'assistance de Statens Vegvesen (office national des routes) ; Sintef étant chargé de l'évaluation des résultats (Watn et Øiseth, 2000).

4.2. Essai de chargement, Allemagne

Willmers *et al.* (2003) présentent les résultats d'un essai de chargement réalisé sur une dalle d'essai. Trois types de géogrilles ont été soumis à des chargements simulant le trafic et la déformation totale ainsi que celles du renforcement ont été mesurées. La dalle d'essai a été aménagée de façon à pouvoir déplacer le "sous-sol", permettant ainsi d'évaluer les effets du renforcement avec une fondation sableuse relativement ferme ou sans support. Ceci a été permis au moyen d'un tunnel d'inspection qui a rendu aussi possible les mesures. L'essai de chargement à la plaque a été utilisé afin de déterminer les effets du renforcement vis-à-vis de la capacité portante.

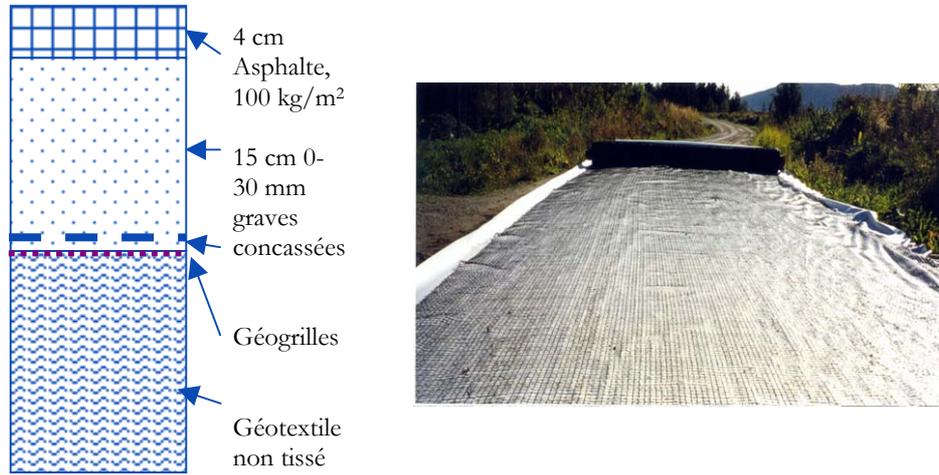


Figure 4 Installation de géogrilles pour le réhabilitation d'une chaussées (Watn et Øiseth, 2000)



Figure 5 Dalle d'essai et installation du géosynthétique avant chargement

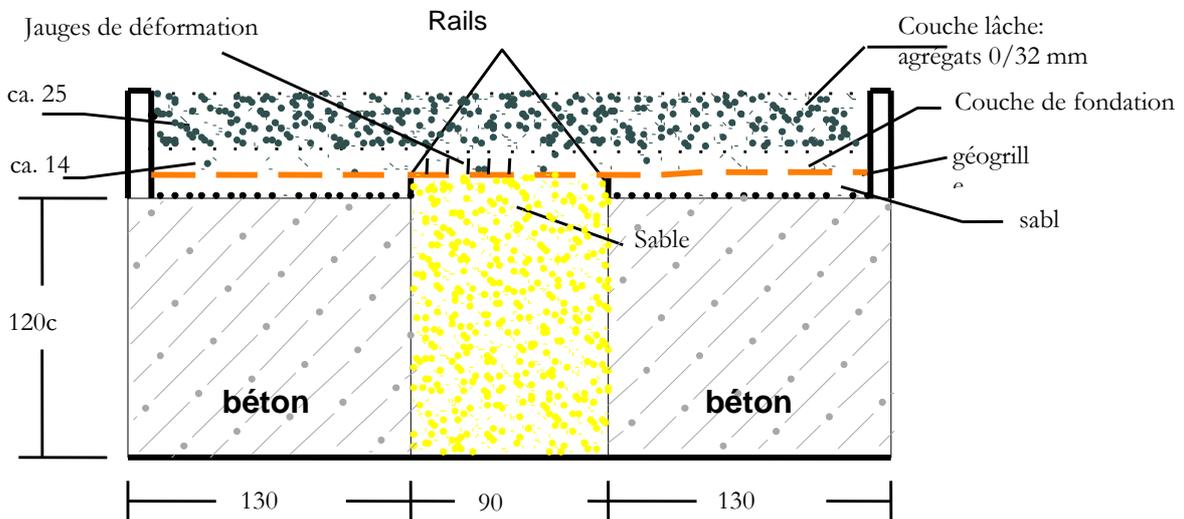


Figure 6 Schéma de l'essai de chargement.

Les déformations et les déplacements du géosynthétique sont enregistrés durant le chargement à la plaque après compactage de la couche d'agrégats et excavation du sable au centre du dispositif. Les principales conclusions de ces essais furent : *le système fonctionne quelque soit les géosynthétiques testés ; durant l'essai de chargement à la plaque avec le sable en support, des réactions sont perceptibles, mais le renforcement est négligeable ; lors de l'essai de chargement à la plaque sans appui, les géotextiles reprennent entièrement la charge après la rupture de la couche de fondation ; et, finalement, l'élongation de la nappe de géotextiles est telle qu'ils développent la force nécessaire pour supporter la charge, l'allongement dépend du module de traction du géosynthétique.*

D'autres essais sont en cours afin de simuler le trafic; cependant, il apparaît nécessaire d'identifier des essais de laboratoire appropriés permettant de caractériser les propriétés des matériaux de renforcement. Les mécanismes de renforcement et les interactions entre le géotextile et les agrégats sont encore peu connus et seront l'objet de futurs projets de recherche.

5. Conclusion et perspectives

Les géosynthétiques possèdent un potentiel très large pour le renforcement des chaussées, et produisent des effets bénéfiques permettant de réduire les coûts de construction et d'améliorer la performance de la chaussée. Dans cet optique, ils ont été employés depuis plus de 40 ans en Europe, ce qui démontre leurs capacités et leur efficacité. Cependant, en dépit d'un grand nombre de recherches et d'expériences positives, le renforcement par géosynthétiques n'est pas considéré comme une solution à l'égal des méthodes plus conventionnelles. Ceci est largement dû au manque de compréhension des mécanismes et au manque de modèles fiables de comportement du renforcement permettant le dimensionnement quelque soit le géotextile envisagé. Actuellement, la conception de chaussées est principalement fondée sur des modèles semi-empiriques ce qui rend difficile l'insertion de nouveaux matériaux. Un certain nombre de recherches ont tenté de développer des modèles et des méthodes, cependant de grandes zones d'ombre demeurent afin de proposer des méthodes rationnelles de dimensionnement. L'attention doit être portée sur l'accumulation d'expérience afin de vérifier les effets du renforcement et de proposer un modèle universel non relié à un type de produit. A partir de ces résultats, des méthodes de dimensionnement pourront être développées en tenant compte des conditions locales et des caractéristiques du renforcement. Par ailleurs, il existe très peu de documents nationaux en Europe réglant, ou même identifiant, les avantages économiques et techniques d'un renforcement de chaussée par géosynthétiques. Ces documents sont généralement des recommandations, et dans quelques pays l'utilisation de géosynthétiques pour le renforcement des chaussées en est exclue par manque de connaissance sur le sujet. Des initiatives telle le COST 348 sont essentielles afin de générer l'enthousiasme des autorités régulatrices. Le manque d'essais adéquats complique le dimensionnement et la compréhension des mécanismes de renforcement, et ceci constitue vraisemblablement le domaine de recherche et de développement le plus important. Lorsque la nécessité d'un renforcement particulier d'une chaussée sera appréhendée, alors les géosynthétiques pourront être envisagés comme matériaux de renfort et optimisés en vue de produire la performance désirée.

6. Références bibliographiques

- Cost Action 348 (2002). Memorandum of understanding for the implementation of a European Concerted Research Action Designated as COST Action 348 "Reinforcement of pavements with steel meshes and Geosynthehtics. (<http://cost.cordis.lu/src/whatiscost.cfm>)
- Cost Action 348 (2004a). Reinforcement of pavements with steel meshes and geosynthetics (REIPAS). Draft Report of WG 1 chaired by Chris Jenner.
- Cost Action 348 (2004b). Reinforcement of pavements with steel meshes and geosynthetics (REIPAS). Design Models and Procedures for Geosynthetics in Pavements, draft report of WG 4 chaired by Arian de Bondt.
- Cost Action 348 (2004c). Reinforcement of pavements with steel meshes and geosynthetics (REIPAS). Development and testing work, draft report of WG 3 chaired by Gudmund Eiksund.
- CROW Publicatie 157 (2002): Dunne asfaltverhardingen: dimensionering en herontwerp.
- Myhre J. (1985). *Strengthening of a road on peat using Tensor geogrid and Terram Geotextile*. SINTEF report STF61 F85011.
- Watn A., Øiseth E. (2000). *Geosynthetic reinforcement in roads – test road at Hitra, Sør-Trøndelag, Norway*. SINTEF report STF22 F00604.
- Wilmers (2003). Load bearing behaviour of geogrids – Large scale tests. Geotechnical Engineering with Geosynthetics, Proceedings of the third European Geosynthetics Conference.