

CARACTÉRISATION DE L'ENDOMMAGEMENT DE GÉOTEXTILES TISSÉS DANS LES OUVRAGES COURANTS

DAMAGE CHARACTERIZATION OF WOVEN GEOTEXTILES IN CURRENT STRUCTURES

Ali BAGHDAD¹, Oriane JENCK², Pierre BREUL², Claude BACCONNET²

¹ Mécaroute, Nanterre, France

² Université Blaise Pascal, Aubière, France

RÉSUMÉ – En vue d'une meilleure compréhension du fonctionnement des ouvrages courants (plates-formes ou structures routières simples) incorporant des géotextiles tissés, des planches d'essais *in situ* sont réalisées. L'objectif est d'appréhender, d'un point de vue géotechnique, les fonctions de séparation et de filtration de ces géotextiles ainsi que leur comportement mécanique et hydraulique après mise en œuvre. La capacité portante des structures réalisées est déterminée par des essais à la plaque puis les planches sont démontées afin d'analyser les géotextiles en laboratoire. Afin de fournir une première évaluation qualitative de l'endommagement, une méthodologie d'analyse visuelle des défauts est élaborée, qui sera par la suite complétée par des essais mécaniques et hydrauliques pour déterminer les caractéristiques résiduelles.

Mots-clés : Géotextile tissé, essais *in situ*, endommagement.

ABSTRACT – Installation test sections using woven geotextiles were built, in order to better understand the behaviour of current structures. The aim is to assess the separation and filtration functions of those geotextiles in a geotechnical point of view, as well as their mechanical and hydraulic behaviour when implemented. The bearing capacity of the structures is determined using plate tests, then the test sections are dismantled and the geotextiles are analysed in the laboratory. In order to furnish a first evaluation of the damage, a visual analysis methodology of the defects is developed, that will be completed by mechanical and hydraulic tests in order to determine the residual characteristics.

Keywords: Woven geotextile, in situ testing, damage.

1. Introduction

L'utilisation croissante des géotextiles dans les travaux routiers ainsi que la diversité des produits proposés pour ces applications rend le choix difficile. Les différents critères conduisant au choix du géotextile sont le sol de fondation, la nature et l'épaisseur de la couche de sol d'apport, les contraintes dues à la mise en œuvre, le trafic et le niveau de service (Mezazigh et Blivet, 1998). Certains pays ont proposé des recommandations, comme les Etats-Unis (normes AASHTO), l'Allemagne (Wilmers, 2005), la Norvège (SINTEF) ou encore la Suisse. Cependant, il n'existe actuellement pas, en France, de méthodologie unanimement reconnue, même si des recommandations sont en cours d'élaboration (Magnan, 2006). Ainsi, la compréhension du fonctionnement d'ouvrages courants incorporant des géotextiles, notamment des géotextiles tissés, demande des améliorations.

Cette étude s'intéresse aux fonctions de séparation et filtration ainsi qu'au comportement mécanique de géotextiles tissés mis en œuvre dans des structures routières type. Il s'agit de compléter les essais existants sur le produit géotextile en lui-même et qui font l'objet de normes. Pour cela, des planches d'essais *in situ* ont été réalisées à Égletons, en partenariat avec la Plateforme Technologique Travaux Publics du Limousin et l'École d'Application des Travaux Publics d'Égletons.

2. Campagne d'essais *in situ*

L'étude de l'endommagement de nappes géotextiles a été effectuée par la mise en œuvre de planches d'essais *in situ*, qui permettent de s'approcher des conditions réelles de mise en œuvre tout en contrôlant certains paramètres importants. L'endommagement mécanique des géosynthétiques survient principalement à la mise en œuvre et se stabilise ensuite (Khay et Giraud, 2004), c'est donc l'endommagement lors de cette phase qui a été analysé.

2.1. Protocole expérimental

Les planches ont été réalisées sur le chantier d'une carrière à chevaux « Les Écuries de Ventadour » dont la plateforme est constituée de limons sableux classé B2 selon le Guide des Terrassements Routiers GTR (SETRA, 2000). Afin de se rapprocher des différentes configurations que présentent les ouvrages courants de type piste, voie à faible trafic, couche de forme et base de remblai, 16 plots d'essais, indiqués dans le tableau I, ont été réalisés.

Les planches ont été implantées sur trois types de sol support, dénotés P0, P1 et P2, correspondant aux classes d'arases AR0 ($E_{V2} < 20$ MPa) AR1 ($20 < E_{V2} < 50$ MPa) et AR2 ($E_{V2} > 50$ MPa) en référence au GTR.

Afin de déterminer les zones de la carrière correspondant aux classes de portance requises, des essais à la Dynaplaque 2 ont été réalisés.

Des géotextiles tissés de bandelettes de polypropylène, appartenant à la gamme Propex, ont été utilisés. Trois types de géotextiles ont été mis en œuvre, présentant des résistances à la traction de 16 kN/m, 20 kN/m et 25 kN/m, et une déformation à l'effort de traction maximal de 28 %, selon la norme NF EN ISO 10319 (AFNOR, 1996).

Deux types de sol d'apport ont été mis en œuvre :

- un sol dit « agressif », constitué de granulats 0/100 (C2 dans la classification GTR), matériau anguleux très charpenté.
- un sol dit « non agressif » constitué de granulats 0/31,5 (B3 dans classification GTR).

Des épaisseurs de couche d'apport de 20, 40 ou 60 cm ont été mises en œuvre.

Des plots de référence, sans géotextile, ont été réalisés afin d'examiner l'apport du géotextile sur la capacité portante des structures.

Des configurations de structures représentant des cas usuellement rencontrés sur chantier ont été testées (Tableau 1) : un géotextile 25 kN/m est associé à une épaisseur de couche d'apport de 20 cm, un géotextile 20 kN/m est associé à une épaisseur de couche d'apport de 20 cm ou 40 cm et un géotextile 16 kN/m est associé à une épaisseur de couche d'apport de 40 cm ou 60 cm, selon la portance de la couche de sol support.

Tableau I. Plots d'essais réalisés

N° plot	Portance sol support	GTX (kN/m)	épaisseur couche d'apport (cm)	Type sol d'apport	Module dynamique des plateformes finales (MPa)
1	P0	25	20	0/100	<20
2		20	40		20
3		16	60		29
4		sans gtx	40		23
5	P1	25	20	0/100	24
6		20	40		31
7		16	60		51
8		sans gtx	40		41
9		20	20	0/31,5	32
10		16	40		42
11	P2	20	20	0/100	37
12		16	40		54
13		16	60		70
14		sans gtx	60		69
15		16	20	0/31,5	66
16		16	40		64

2.2. Mise en œuvre des planches d'essai

Chaque plot a une taille de 5 m par 5 m. Les nappes de géotextiles ont été découpées et implantées sur les zones désignées. Le matériau d'apport, approvisionné à la chargeuse et régalié à la pelle mécanique, est compacté au rouleau vibrant V3 par couches de 20 cm, en respectant le nombre de passes préconisé par le GTR (Figure 1).



Figure 1. Mise en place du matériau d'apport et compactage au rouleau vibrant

Les plots ont été caractérisés par des essais à la plaque (Figure 2, six à neuf essais par plot) dont les résultats sont analysés dans le paragraphe suivant.



Figure 2. Essais à la Dynaplaque 2 effectués par le LRPC de Clermont-Ferrand

Les plots ont ensuite été démontés afin de prélever les géotextiles et d'analyser leur endommagement en laboratoire (Figure 3). La couche de granulat en contact avec le géotextile a été enlevée avec précaution à la pelle à main et au balai, afin de ne pas apporter des contraintes supplémentaires au géotextile.

Lors du démontage, une première analyse visuelle montre que l'on ne retrouve pas de trace de matériau d'apport sous le géotextile malgré l'endommagement constaté et étudié plus en détail en deuxième partie (Figure 4). Celui-ci a donc rempli sa fonction de séparation sous sollicitation de mise en œuvre.



Figure 3. Démontage des planches d'essai



Figure 4. Sol support après démontage

2.3. Analyse de la campagne d'essais de portance

Les résultats des essais à la Dynaplaque effectués sur les planches compactées sont synthétisés dans le tableau I, dont la dernière colonne donne la moyenne des six à neuf essais réalisés sur chacun des plots.

En phase de mise en œuvre, pour une même classe de portance de sol support, les valeurs de portance montrent que l'épaisseur et la qualité des matériaux de la couche d'apport sont des éléments prépondérants par rapport aux caractéristiques propres du géotextile. Par exemple, en comparant deux à deux les plots 2-4 ; 6-8 et 13-14, on constate qu'il n'y pas d'amélioration de portance due au géotextile. Il faut cependant ajouter que les structures concernées présentent des hauteurs de couche de 40 et 60 cm : le géotextile est susceptible d'être moins sollicités car les efforts sont principalement repris par la couche d'apport.

Néanmoins, si l'on n'observe pas d'amélioration de la portance à court terme, le géotextile, par ses capacités de séparation, évite le mélange du matériau d'apport avec le sol support et permet à la structure de conserver sa capacité portante à long terme. Il apparaît alors important que les capacités de séparation ne soient pas altérées par la mise en œuvre.

3. Analyse visuelle de l'endommagement

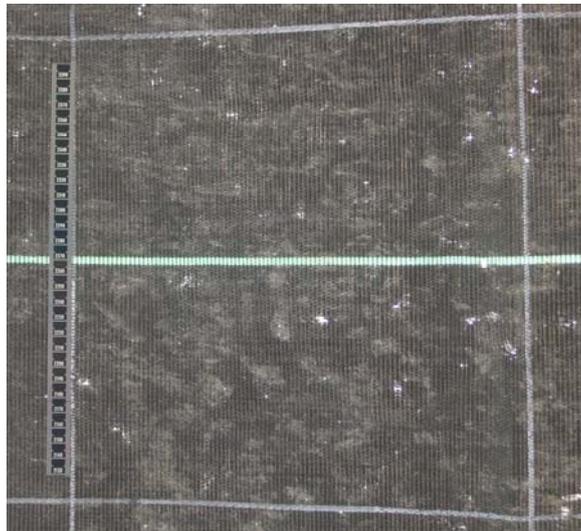
Afin de caractériser l'endommagement des géotextiles, chaque échantillon prélevé sur le site a dans un premier temps été analysé de manière visuelle en laboratoire.

Des études existent concernant la caractérisation visuelle de l'endommagement des géomembranes (CFG, 2001) mais la nomenclature est liée à ce type de géosynthétique et au domaine d'utilisation particulier des géomembranes au sein des dispositifs d'étanchéité par géomembranes. Une nomenclature adaptée au problème des géosynthétiques utilisés pour leurs fonctions de séparation et de filtration est alors élaborée. On définit deux niveaux d'endommagement, se rapprochant de l'étude de Koerner et Koerner (1990) :

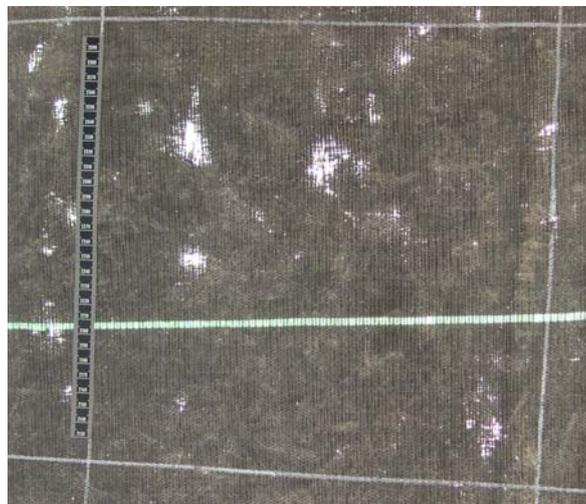
- Endommagement superficiel : abrasion sans percement, noté E,
- Percement, noté P :
 - un trou $\phi > 5$ mm
 - déchirure due au démontage.

Cette méthode s'apparente à celle décrite par Koerner (1999) pour définir la porosité des géotextiles tissés en mesurant la proportion surfacique des ouvertures (Percent Open Area) par analyse d'images.

Pour chaque échantillon prélevé, une zone d'étude de taille fixe de 1,20 m x 3 m est définie. Les défauts sont comptabilisés à partir d'un quadrillage de 30 cm x 30 cm. La Figure 5 donne un exemple de zone de 30 cm x 30 cm qui a été analysé visuellement. La Figure 5a correspond à une zone sur laquelle 8 endommagements superficiels ont été relevés et la Figure 5b correspond à une zone sur laquelle 10 endommagements superficiels et 5 percement (dont une déchirure) ont été relevés.



a. Zone issue du plot n°16 (E=8, P=0)



b. Zone issue du plot n°2 (E=10, P=5)

Figure 5. Analyse visuelle de l'endommagement du géotextile (zone de 30 cm x 30 cm)

Le Tableau II synthétise les résultats de l'analyse visuelle et donne, pour chaque échantillon, le nombre d'endommagements superficiels et de percements par unité de surface (la plupart des échantillons sont analysés sur une surface de 3,6 m²).

Les géotextiles recouverts de sol agressif 0/100 sont plus endommagés que ceux recouverts de sol non agressif 0/31,5 et présentent notamment beaucoup plus de percements.

Les échantillons présentant l'endommagement le plus important sont les géosynthétiques qui ont été mis en œuvre sur le sol support P2 et recouvert du sol agressif. Cependant, des géosynthétiques de moins bonnes caractéristiques ont été mis en place sur ce sol support. Néanmoins, en comparant par exemple les plots 3 et 13, qui concernent un géotextile 16 kN/m recouvert de 60 cm de sol agressif, la quantité d'endommagement, et notamment le nombre de percements, est plus important pour le plot 13 édifié sur un sol P2 que pour le plot 3 édifié sur le sol P0.

L'épaisseur de la couche d'apport a une faible influence sur l'endommagement du géotextile car le compactage s'est effectué par passes de 20 cm dans tous les cas, alors que le GTR préconise un compactage par couches de 40 cm au maximum (pour le matériau agressif 0/100 classé C2), auquel cas l'endommagement aurait probablement été moindre. Nous nous sommes ainsi situés dans un contexte plus strict.

Tableau II. Analyse visuelle de l'endommagement

N° plot	Sol support	GTX	Epaisseur couche d'apport	Type sol d'apport	E (Nb/m ²)	P (Nb/m ²)	E+P (Nb/m ²)
1	P0	25	20	0/100	63	12	75
2		20	40		73	23	96
3		16	60		59	14	73
4		sans gtx	40		/	/	/
5	P1	25	20	0/100	83	21	104
6		20	40		81	55	136
7		16	60		71	45	116
8		sans gtx	40		/	/	/
9	P2	20	20	0/31,5	61	5	66
10		16	40		52	1	53
11		20	20	0/100	86	83	169
12		16	40		65	50	115
13	16	60	77		50	127	
14	sans gtx	60	/	/	/		
15	16	20	0/31,5	61	9	70	
16	16	40		42	9	51	

L'analyse visuelle donne une caractérisation qualitative de l'endommagement, dont les résultats sont subjectifs car liés à l'appréciation de l'opérateur. Cette première analyse ne permet pas de conclure objectivement si le géotextile remplit correctement ses fonctions de séparation- filtration, même si l'on a constaté que tous les échantillons avaient conservé une certaine intégrité.

Afin d'obtenir des résultats quantitatifs, des essais de laboratoire mécaniques et hydrauliques sont nécessaires, afin de juger de la performance des géotextiles pour la fonction séparation-filtration. Ces essais sont actuellement en cours de réalisation.

4. Conclusions

L'étude présentée dans cette communication vise à caractériser l'endommagement de géotextiles tissés généré par la phase de mise en œuvre dans des structures routières types.

Des planches d'essais *in situ* incorporant des géotextiles tissés dans des ouvrages courants ont été réalisées afin de qualifier les fonctions de séparation et filtration de ces géosynthétiques. Les planches ont été réalisées sur trois types de sol support classés AR0, AR1 ou AR2, mettant en œuvre trois types de géotextile et deux types de sol d'apport, en se rapprochant de cas de structures usuellement rencontrées.

L'analyse des résultats d'essais à la plaque réalisés sur les planches d'essais a mis en évidence que la présence des géotextiles testés ne permettait pas d'augmenter la portance des ouvrages courants lors la phase de mise en œuvre. Cependant, le géotextile, par ses capacités de séparation, évite le mélange du matériau d'apport avec le sol support et permet à la structure de conserver sa capacité portante à long terme. Il s'agit alors notamment de déterminer, par le démontage des planches, si cette fonction est effectivement assurée.

Une première analyse visuelle des échantillons prélevés permet une estimation qualitative de l'aptitude des géotextiles à remplir les fonctions de filtration-séparation. Pour réaliser cette analyse, une nomenclature spécifique à l'endommagement des géotextiles mis en œuvre dans les ouvrages courants est définie. Les termes d'endommagement superficiel et de percement de diamètre supérieur à 5mm ont été proposés. La pertinence de ces indicateurs pourra être validée au vu des résultats finaux de cette étude, par confrontation avec les essais mécaniques et hydrauliques prévus sur les échantillons de géotextile endommagé.

L'analyse visuelle montre que l'intégrité des géosynthétiques n'est que très partiellement altérée, malgré la mise en œuvre de sol d'apport très agressif (0/100) et par couches de faible épaisseur. Cependant, les constatations visuelles seules ne sont pas suffisantes pour évaluer l'état réel de l'endommagement des géosynthétiques.

Cette étude sera ainsi poursuivie par des essais de caractérisation mécanique et hydraulique de l'endommagement. L'endommagement mécanique des géosynthétiques à la mise en œuvre est déterminé principalement par la mesure de la perte de la résistance à la traction après sa mise en place dans l'ouvrage (Khay, 1999). C'est donc l'essai de traction sur bandes large qui sera privilégié afin de caractériser les géotextiles prélevés sur les plots expérimentaux. Des essais de poinçonnement statique et dynamique sont également prévus, ainsi que des essais d'ouverture de filtration.

5. Remerciements

Nous remercions l'École d'Application des Travaux Publics (EATP) d'Egletons, l'IUT d'Egletons ainsi que la Plate Forme Technologique du Limousin d'avoir rendu possible la réalisation des planches d'essais *in situ*. Nous remercions M. Khay du CER de Rouen pour ses conseils.

6. Références bibliographiques

- AFNOR (1996). NF EN ISO 10319 : Géotextiles – Essai de traction des bandes larges.
- CFG (2001). Guide pour la réalisation de planches d'essais d'endommagement. *Comité Français des Géosynthétiques*.
- Khay M., Giraud H. (2004). Voies de circulation et fondations : derniers développements. Actes des Rencontres géosynthétiques 2003/2004, p. 175-179.
- Khay M. (1999). Endommagement mécanique à la mise en œuvre des géotextiles : observations sur sites et résultats des essais de laboratoire selon la norme européenne XP ENV ISO 10722-1. Actes des Rencontres Géosynthétiques 99, Bordeaux, vol. 2, p 287-291.
- Koerner R.M. (1999). Designing with geosynthetics. *Prentice Hall*. 761p.
- Koerner G.R., Koerner R.M. (1990). The installation survivability of getotextiles and geogrids. Proc. 4th IGS Conf. on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Rotterdam, Balkema, pp. 597-602.
- Magnan J.P. (2006). Les géotextiles dans les ouvrages courants. Actes des Rencontres Géosynthétiques 2006, Montpellier, p. 327-332.
- Mezazigh S., Blivet, J.C. (1998). Emploi des géotextiles dans les ouvrages courants. *Comité Français des Géosynthétiques*.
- SETRA (2000). Réalisation des remblais et couches de forme. Fascicule I, principes généraux.
- Willmers W. (2005). Geosynthetics in road construction – german regulations. www.gb.bv.tum.de.