

ÉTUDE SUR LE LONG TERME DU PHÉNOMÈNE D'INTRUSION DES FILTRES DANS LES GÉOCOMPOSITES DE DRAINAGE

LONG TERM FILTER INTRUSION PHENOMENON IN SEVERAL TYPES OF DRAINAGE STRUCTURES

Guillaume STOLTZ¹, Didier CROISSANT², Alain HERAULT³

¹ Irstea UR RECOVER, Aix-en-Provence, France

² Irstea UR HBAN, Antony, France

³ Low and Bonar, Antony, France

RÉSUMÉ – L'impact de l'intrusion des filtres géotextiles dans les âmes drainantes des géocomposites de drainage est pris en compte dans les dimensionnements en considérant les conditions aux limites adaptées (rigide/mousse ou mousse/mousse) dans l'essai de capacité de débit dans le plan (NF EN ISO 12958). Cependant, ce dernier est réalisé sur un temps court ce qui ne permet pas de considérer l'impact du fluage des filtres. La diminution de la capacité de débit dans le plan sur le long terme dépendra principalement de la contrainte normale et du géocomposite (type de l'âme drainage, taille de l'ouverture de l'âme drainante, caractéristiques mécaniques du filtre). Cette étude évalue expérimentalement l'impact sur le long terme du phénomène d'intrusion des filtres de 3 géocomposites. Mots-clés : Capacité de débit, fluage en compression, ouverture de l'âme drainante, effet voûte.

ABSTRACT – Short term intrusion phenomenon of fleeces in the drainage cores is taken into account in the product performances by using the appropriate contact surfaces Rigid/Foam or Foam/Foam in the plane water flow capacity test (EN ISO 12958). The consequences of both these options on the hydraulic performances of the drainage products depend on the normal stress, the type of the drainage core, the space between fleece/core contact areas and the properties of the fleece. This paper is based on testing program designed to follow the intrusion phenomenon on the long term under a normal stress of 100 kPa. Several drainage composites with various drainage core structures are tested.

Keywords: Water flow capacity, compressive creep, drainage core aperture size, arching effect.

1. Introduction

La déclaration de Performance (DoP, anciennement document d'accompagnement) et la certification Asqual le cas échéant, requièrent la capacité de débit dans le plan pour l'utilisation des géotextiles et produits apparentés en filtration et drainage. Elle peut être mesurée en laboratoire selon la norme NF EN ISO 12958 (AFNOR 2010), elle dépend de la contrainte normale de confinement du produit et du gradient hydraulique ; une mesure est donc toujours associée à une contrainte et un gradient. Pour simuler un sol au contact du géosynthétique dans un ouvrage, il est utilisé dans l'essai de capacité de débit dans le plan une mousse ayant une compressibilité normalisée. Dans le cas d'un contact avec un matériau plan non déformable (par exemple un mur en béton), une plaque rigide est utilisée dans l'essai de capacité de débit dans le plan. Il n'est cependant pas prévu dans la norme la mesure de la capacité de débit dans le plan du produit entre deux plaques rigides.

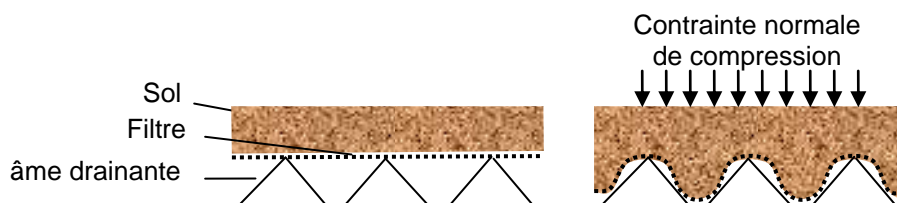


Figure 1. Phénomène d'intrusion d'un filtre dans une âme drainante (Touze-Foltz et al., 2014).

Le dimensionnement des systèmes de drainage par géosynthétiques suivant la norme NF G 38-061 (AFNOR 2016) considère deux phénomènes qui conduisent à une réduction de la capacité de débit

dans le plan des produits : (i) la diminution d'épaisseur des géosynthétiques en fonction du temps due au fluage en compression, (ii) l'intrusion du filtre géotextile dans l'âme drainante du produit (Fig.1). L'impact de ces deux phénomènes peut être évalué simultanément en appliquant une compression avec les conditions aux limites adaptées (rigide/mousse ou mousse/mousse) et en mesurant sur le long terme la capacité de débit dans le plan. Ces deux phénomènes peuvent également être considérés séparément par l'intermédiaire de deux coefficients de réduction appliqués sur la capacité de débit dans le plan mesurée sur le court-terme. Le coefficient de réduction relatif au fluage en compression de l'âme drainante dépend principalement du temps et les valeurs trouvées dans la bibliographie sont comprises entre 1,1 et 4,2 (Jarousseau et Gallo, 2004). Touze-Foltz et al. (2014) ont montré que le second coefficient de réduction relatif au phénomène d'intrusion du filtre dans l'âme drainante (face en contact avec du sol) dépend du type d'âme drainante. Selon ces auteurs, ce facteur de réduction peut augmenter avec le temps (évolution mesurée sur sept jours) mais l'effet sur le plus long terme n'est pas connu.

Un groupe de travail lié à la normalisation internationale ISO tente de définir la meilleure méthodologie pour évaluer la capacité de débit dans le plan des géocomposites de drainage à long terme, et particulièrement en lien avec l'intrusion du filtre géotextile. Il y a consensus pour considérer que l'amplitude de l'intrusion du filtre dépend de la contrainte normale de compression, de la rigidité du filtre géotextile, de la structure de l'âme drainante particulièrement liée à l'espace entre les points de contact du filtre géotextile avec l'âme drainante. La problématique est de définir le temps d'essai correspondant au « long terme », le matériau en contact avec le géocomposite durant le fluage en compression et enfin le meilleur moyen de simuler les conditions de site pendant l'essai de capacité de débit dans le plan.

2. Programme expérimental

2.1 Dispositif de compression

Des dispositifs spécifiques ont été utilisés pour appliquer sur les éprouvettes de géosynthétiques (200 mm x 320 mm) un fluage en compression sous une contrainte normale constante de 100 kPa (Fig.2). Trois types de surfaces de contact ont été considérés dans cette étude :

- Rigide/rigide (R/R) : les plaques rigides utilisées sont indéformables sous la contrainte appliquée ;
- Mousse/mousse (M/M) : deux plaques de mousses répondant aux spécificités de la norme NF EN ISO 12958 sont placées entre deux plaques rigides ;
- Sol/sol (S/S) : deux couches de sol (décrites au § 2.2) de 30 mm d'épaisseur retenues par un périmètre en polystyrène compressible sont placées entre deux plaques rigides.

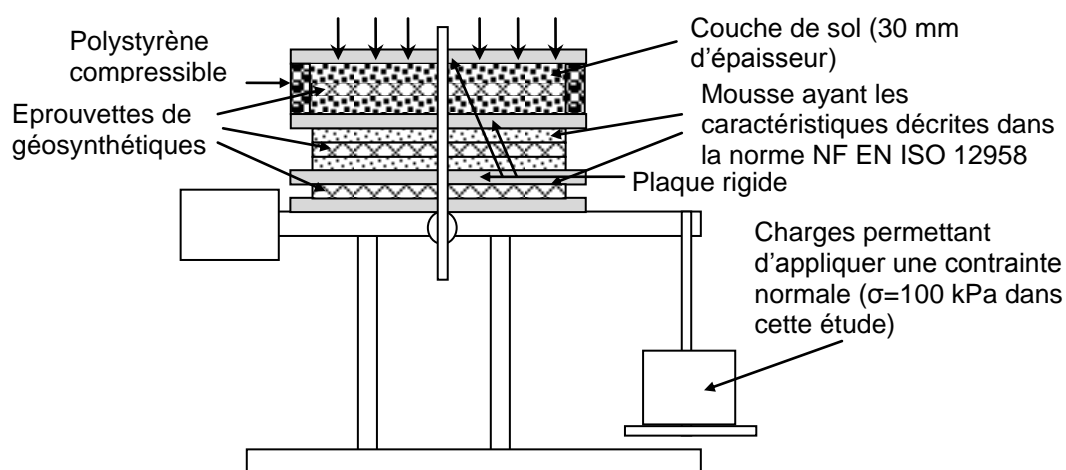


Figure 2. Dispositif permettant de réaliser un fluage en compression sur 3 éprouvettes de géosynthétiques pour 3 conditions aux limites (rigide/rigide, mousse/mousse, sol/sol).



Figure 3. Banc d'essai pour la détermination de la capacité de débit dans le plan.

Les essais de capacité de débit dans le plan ont été réalisés dans un dispositif répondant aux spécificités de la norme NF EN ISO 12958 (Fig.3), sous une contrainte de 100 kPa et pour un gradient hydraulique de 1.

2.2 Matériaux

2.2.1 Sol utilisé pour le fluage en compression

Pour simuler au mieux les conditions réelles in-situ, un sol de type sable sec a été utilisé ; les caractéristiques granulométriques de ce sable correspondent à celles requises dans la norme d'essai de détermination de l'ouverture de filtration NF EN ISO 12956. L'épaisseur de chaque couche de sable de part et d'autre de l'éprouvette de géosynthétique est de 30 millimètres de façon à permettre le développement d'un possible effet d'arche (ou effet voûte) pour les produits testés en considérant une ouverture de l'âme drainante de l'ordre du centimètre. La densité du sable n'est pas considérée comme un paramètre significatif sur le comportement des éprouvettes de géosynthétiques.

2.2.2 Conditions aux limites pour l'essai de capacité de débit dans le plan

Les essais de capacité de débit dans le plan sont tous effectués avec une mousse de chaque côté de l'éprouvette (condition mousse/mousse notée M/M dans la suite) dont les caractéristiques répondent à celles de la norme NF EN ISO 12958.

2.2.3 Géocomposites testés

Trois types de géocomposites ayant des structures d'âmes drainantes différentes ont été testés ; deux produits avec une structure mono-filamentaire 3D et un produit avec une structure de type grille :

- La grille incompressible (Fig.4) est associée à deux géotextiles non-tissés aiguilletés de masse surfacique 120 g/m^2 (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9864) et a une épaisseur de 5,8 mm (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9863-1) ;
- La structure 3D mono-filamentaire irrégulière (Fig.5), semi-compressible, est associée à deux géotextiles non-tissés aiguilletés de masse surfacique 120 g/m^2 (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9864) et a une épaisseur de 5 mm (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9863-1) ;
- La structure 3D mono-filamentaire plus uniforme (Fig.6), semi-compressible, est associée à deux géotextiles non-tissés aiguilletés de masse surfacique 110 g/m^2 (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9864) et a une épaisseur de 4,2 mm (valeur de la fiche technique mesurée selon la norme NF EN ISO 9863-1).

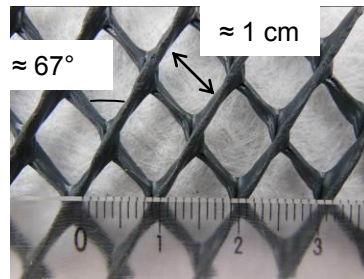


Figure 4. Vue de dessus de l'âme drainante type grille.

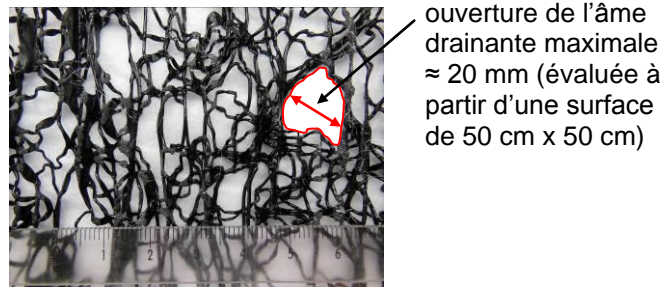


Figure 5. Vue de dessus de la structure 3D mono-filamentaire irrégulière.

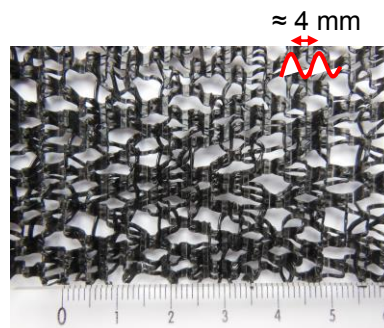


Figure 6. Vue de dessus de la structure 3D mono-filamentaire plus uniforme.

2.3 Procédure expérimentale

Pour chaque géocomposite testé, il a été appliqué sur les 3 éprouvettes par l'intermédiaire du dispositif de compression (Fig.2) une contrainte normale de 100 kPa. Ce fluage en compression se rapproche de l'essai selon la norme NF EN ISO 25619-1 à la différence que les tassements des éprouvettes ne sont pas mesurés dans le temps et que le temps d'application est de 6 mois soit une durée nettement supérieure à 1 000 h.

Les éprouvettes sont extraites du dispositif de fluage en compression à différents temps afin de mesurer, sous la même contrainte que celle de l'essai de fluage en compression, soit 100 kPa, leur capacité de débit dans le plan selon la norme EN ISO 12958 pour un gradient hydraulique $i = 1$ et avec une condition aux limites mousse/mousse pour toutes les éprouvettes. A la fin de l'essai de capacité de débit dans le plan, les éprouvettes sont réinstallées dans le dispositif de fluage en compression.

Les résultats permettent ainsi d'évaluer l'impact du phénomène d'intrusion de filtre en fonction du temps et ceci pour 3 différentes structures d'âmes drainantes de géocomposites et pour 3 types de conditions aux limites : rigide/rigide, mousse/mousse et sol/sol.

3. Résultats

3.1 Méthodologie d'analyse

Quatre paramètres sont définis pour l'analyse des résultats :

q_0 : capacité de débit initial dans le plan obtenue avec la condition aux limites mousse/mousse.

q : capacité de débit à long terme obtenue avec la condition aux limites mousse/mousse.

R_{Fin} : coefficient de réduction de la capacité de débit dans le plan vis-à-vis de l'intrusion du filtre dans l'âme drainante du géocomposite, due au fluage en traction du géotextile lorsqu'un matériau déformable (mousse ou sol) est au contact du géotextile.

R_{Fcr-Q} : coefficient de réduction de la capacité de débit dans le plan vis-à-vis du fluage en compression de l'âme drainante.

Dans la mesure où l'eau de ville filtrée à 5 microns est utilisée pour les essais, il peut être considéré que les phénomènes de colmatage chimique et biologique n'ont pas d'impact mesurable sur les résultats. En conséquence, les coefficients de réduction R_{Fcc} et R_{Fbc} correspondants sont pris égaux à 1.

Sur ces bases, il peut être écrit $q/q_0 = 1 / (R_{Fin} \times R_{Fcr-Q})$ avec $R_{Fin} = 1$ quand le fluage en compression est réalisé entre deux plaques rigides. De plus, en considérant que la condition aux limites du géocomposite (rigide, mousse ou sol) n'a pas d'impact sur la réduction d'épaisseur de l'âme drainante, R_{Fcr-Q} est identique pour les trois conditions aux limites. Ainsi R_{Fin} peut être calculé par les ratios :

$$R_{Fin} (M/M) = \frac{q/q_0 (R/R)}{q/q_0 (M/M)} \quad (1)$$

$$R_{Fin} (S/S) = \frac{q/q_0 (R/R)}{q/q_0 (S/S)} \quad (2)$$

3.2 Structure rigide de type « grille »

Quand la condition aux limites du fluage en compression est rigide/rigide, la réduction de la capacité de débit dans le plan (mesurée en condition mousse/mousse) pour ce géocomposite est égale à $1 - q/q_0(R/R)$ soit 36 % après 6 mois (Fig.7). Elle passe à 66 % (soit $1 - q/q_0(M/M)$) quand la condition aux limites du fluage en compression est mousse/mousse et 77 % (soit $1 - q/q_0(S/S)$) quand la condition aux limites du fluage en compression est sol/sol. Le coefficient de réduction dû à l'intrusion du filtre sur le long terme est compris entre 1,9 (cas mousse/mousse) à 2,8 (cas sol/sol). A 6 mois, les valeurs issues de la condition mousse/mousse étant relativement proches de celles de la condition sol/sol et significativement distinctes de la condition rigide/rigide, il peut être conclu qu'il n'y pas d'effet voûte dans le sol entre les sommets de l'âme drainante du produit.

3.3 Structure mono-filamentaire irrégulière

La réduction de la capacité de débit dans le plan (mesurée en condition mousse/mousse) pour ce géocomposite est égale à 31 % après 6 mois quand la condition aux limites du fluage en compression est rigide/rigide (Fig.8). Elle passe à 45 % quand la condition aux limites du fluage en compression est mousse/mousse et 49 % quand la condition aux limites du fluage en compression est sol/sol. Le coefficient de réduction dû à l'intrusion du filtre sur le long terme est compris entre 1,3 (cas mousse/mousse) à 1,4 (cas sol/sol). Les valeurs issues de la condition mousse/mousse étant proches de celles de la condition sol/sol, il peut être conclu qu'il n'y pas d'effet voûte dans le sol entre les sommets de l'âme drainante du produit.

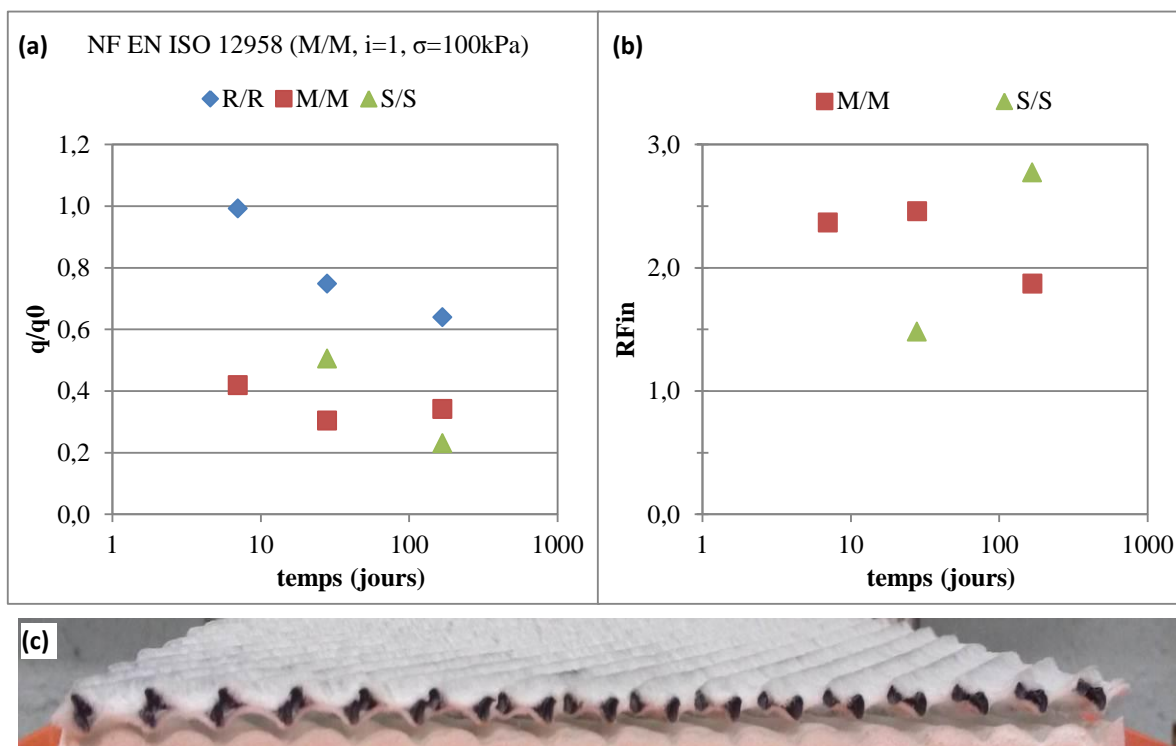


Figure 7. (a) Réduction de la capacité de débit dans le plan (Mousse/Mousse, $i = 1,0$, 100 kPa) pour la structure rigide de type « grille » pour les 3 conditions aux limites (rigide/rigide – mousse/mousse – sol/sol) et (b) coefficient de réduction RFin correspondant. (c) Vue en coupe après 1 mois de fluage en compression ($\sigma = 100 \text{ kPa}$) avec la condition aux limites mousse/mousse.

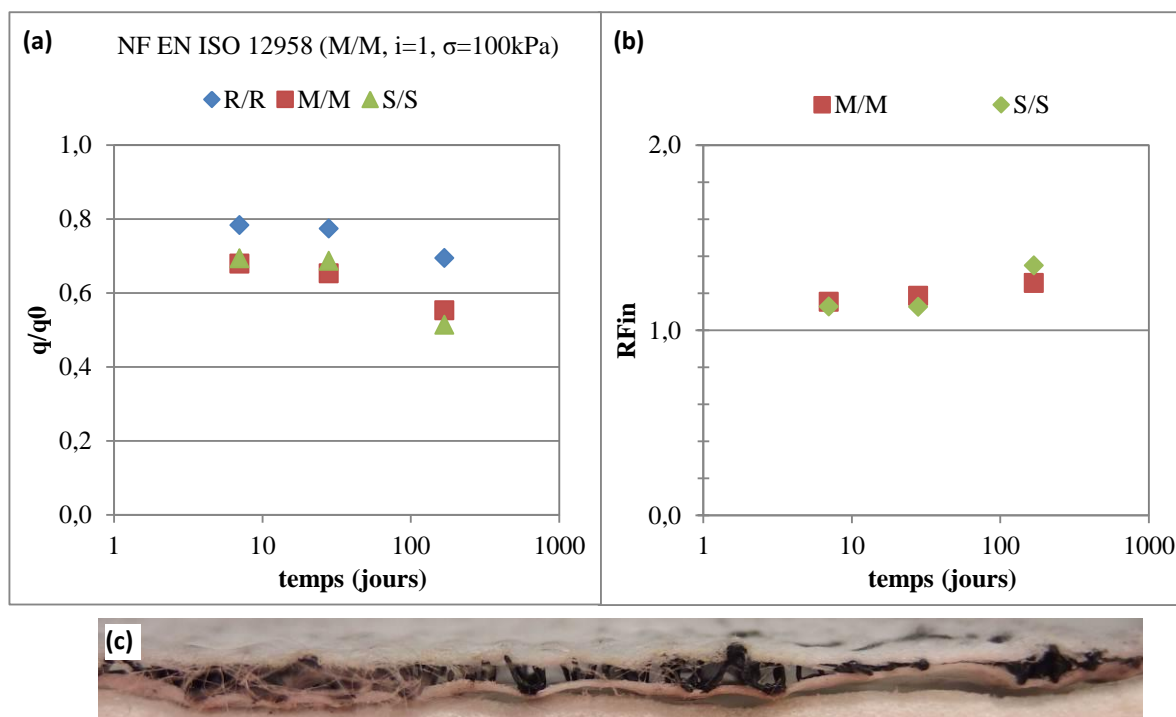


Figure 8. (a) Réduction de la capacité de débit dans le plan (Mousse/Mousse, $i = 1,0$, 100 kPa) pour la structure mono-filamentaire irrégulière pour les 3 conditions aux limites (rigide/rigide – mousse/mousse – sol/sol) et (b) coefficient de réduction RFin correspondant. (c) Vue en coupe après 1 mois de fluage en compression ($\sigma = 100 \text{ kPa}$) avec la condition aux limites mousse/mousse.

3.4 Structure mono-filamentaire uniforme

La réduction de la capacité de débit dans le plan (mesurée en condition mousse/mousse) pour ce géocomposite est égale à 9 % après 6 mois quand la condition aux limites du fluage en compression est rigide/rigide (Fig.9). Elle passe à 37 % quand la condition aux limites du fluage en compression est mousse/mousse et 21 % quand la condition aux limites du fluage en compression est sol/sol. Le coefficient de réduction dû à l'intrusion du filtre sur le long terme est compris entre 1,2 (cas mousse/mousse) à 1,5 (cas sol/sol). On observe, au terme de 7 et 28 jours de fluage en compression, des valeurs de capacité de débit dans le plan en condition Sol/Sol proches de celles des conditions Rigide/Rigide, avec un $R_{Fin} = 1,0$. Ceci est probablement dû à la proximité des points de contact structure filamentaire/géotextile et au développement d'un effet voûte dans le sol entre les sommets de l'âme drainante du produit (Fig.6). Cet effet disparaît après la réinstallation de l'éprouvette à 28 jours de fluage en compression. Sur toute la durée du fluage en compression, la condition aux limites mousse/mousse conduit toujours à une valeur conservatrice de la capacité de débit dans le plan par rapport à la condition aux limites sol/sol.

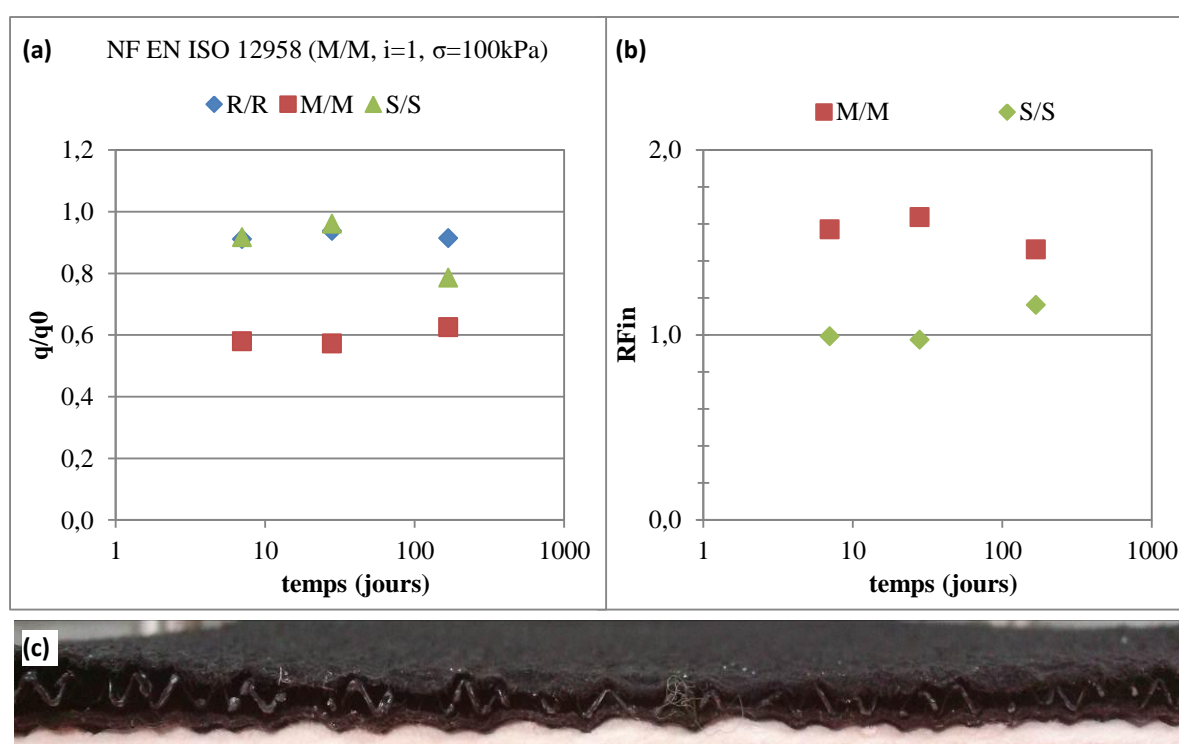


Figure 9. (a) Réduction de la capacité de débit dans le plan (Mousse/Mousse, $i = 1,0$, 100 kPa) pour la structure mono-filamentaire uniforme pour les 3 conditions aux limites (rigide/rigide – mousse/mousse – sol/sol) et (b) coefficient de réduction R_{Fin} correspondant. (c) Vue en coupe après 1 mois de fluage en compression ($\sigma = 100$ kPa) avec la condition aux limites mousse/mousse

4. Conclusion

Cette étude expérimentale présentée permet d'évaluer l'impact à long terme du phénomène d'intrusion du filtre dans 3 structures d'âmes drainantes différentes. Il est montré qu'une surface de contact appropriée doit être utilisée pour le fluage en compression tout comme pour l'essai de détermination de la capacité de débit dans le plan du produit. Si ces conditions ne sont pas respectées, la capacité de débit dans le plan à long terme peut être significativement surestimée pour certaines structures de géocomposite. La capacité de débit dans le plan d'un produit géocomposite au contact de deux mousses selon la norme EN ISO 12958 mesurée après fluage en compression du produit au contact de deux plaques rigides donne des valeurs toujours plus élevées par rapport aux conditions aux limites « souples » pour le fluage en compression (mousse/mousse ou sol/sol).

L'effet de la mousse sur les résultats du fluage en compression d'un géocomposite a été évalué. Cette condition aux limites conduit à des valeurs de capacité de débit dans le plan conservatives par rapport aux conditions in-situ lorsqu'un effet voûte peut se produire dans le sol au contact d'une âme drainante de faible ouverture entre points de contact. Dans les autres cas, le contact avec un sol aboutit à des résultats comparables voire plus défavorables que ceux obtenus au contact d'une mousse.

Les résultats de cette étude montrent que le facteur de réduction peut augmenter avec le temps et que le phénomène d'intrusion du filtre peut avoir un impact sur la performance à long terme du géocomposite. Au terme de six mois de fluage en compression, le coefficient de réduction R_{Fin} se situe entre 1,2 et 2,8 selon le produit, pour une contrainte normale de 100 kPa et un gradient hydraulique de 1. S'agissant de produits utilisant tous des géotextiles non tissés aiguilletés de 110 à 120 g/m², les différences semblent être majoritairement dues aux structures des âmes drainantes, notamment à la distance entre points de contact des géotextiles avec les âmes drainantes.

Le fluage en compression des géocomposites testés est à l'heure de l'écriture de ces lignes toujours en cours, de façon à évaluer l'effet de l'intrusion du filtre sur des temps longs (de l'ordre de l'année). À l'instar du fluage en traction pour les géosynthétiques de renforcement, les résultats de cette étude justifie la mise en place de nouvelles procédures d'essais de fluage en compression pour évaluer la performance à long terme des géocomposites de drainage.

5. Remerciements

Les auteurs remercient particulièrement Alain Thomas (Irstea) pour la réalisation de la majorité des essais présentés dans cette communication.

6. Références

- AFNOR (2005) NF EN ISO 9864 Géosynthétiques - Méthode d'essai pour la détermination de la masse surfacique des géotextiles et produits apparentés.
- AFNOR (2006) NF EN ISO 9863-1 (en révision) Géosynthétiques - Détermination de l'épaisseur à des pressions spécifiées - Partie 1 : couches individuelles.
- AFNOR (2009) NF EN ISO 25619-1 Géosynthétiques - Détermination du comportement en compression - Partie 1 : propriétés de fluage en compression.
- AFNOR (2010) NF EN ISO 12958 Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la capacité de débit dans leur plan.
- AFNOR (2010) NF EN ISO 12956 Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'ouverture de filtration caractéristique.
- AFNOR (2006) NF G38-061 Articles à usages industriels - Recommandations pour l'emploi des géotextiles et produits apparentés - Détermination des caractéristiques hydrauliques et mise en œuvre des géotextiles et produits apparentés utilisés dans les systèmes de drainage et de filtration.
- Jarousseau, C., Gallo, R. (2004) Drainage geocomposites: relation between water flow capacity and thickness in the long term, Eurogeo 3, München, 349-354.
- Touze Foltz, N., Hérault, A., Stoltz, G. (2014) Evaluation of the decrease in long term water flow capacity of geocomposites due to filter intrusion. 7th International Congress on Environmental Geotechnics, Melbourne, 321-329.