

# UNE SOLUTION GÉOCOMPOSITE INNOVANTE POUR LA STABILITÉ DES MATÉRIAUX SUR DES TALUS

## A GEOCOMPOSITE SOLUTION FOR THE STABILIZATION OF GROUND ON A SLOPE

Jean-Luc MICHAUX, Patrick BROCHIER  
Terageos, Veurey Voroize France

**RÉSUMÉ** – Cet article présente les différents paramètres qui interviennent dans la stabilité des matériaux sur un talus : fond filtrant, relief de retenue, résistance en traction, capacité de drainage. Ces points sont tout d'abord détaillés, en particulier à travers la norme XP G 38067. Ensuite, une solution innovante qui respecte ces critères est présentée.

Mots-clés : dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG), géocomposite accroche terre, couverture de décharge, retenue artificielle.

**ABSTRACT** – This paper presents what is required for the stability of a soil layer on a slope with a geomembrane. Filtering layer, reliefs, tensile strength, water flow capacity. These criteria are explained throughout the standard XP G 38067. Then, an innovative solution which corresponds to these criteria is presented.

Keywords: geomembrane lining system (GLS), ground retaining geocomposite, landfill capping, artificial lake.

### 1. Introduction

Les couches surfaciques de matériaux sur un talus sont sensibles à la présence d'eau : la pluie érode la pellicule de surface par le phénomène de « splash », tandis que les concentrations d'eau dans les talus provoquent des phénomènes d'érosion, sous forme de rigoles (Figure 1) ou de manière plus généralisée. Les couches superficielles, imprégnées par les eaux de pluies, peuvent également se déstructurer et provoquer des glissements de talus appelés glissements de peau. Tous ces phénomènes sont accentués par la présence d'une géomembrane en sous-face qui empêche l'infiltration des eaux en profondeur. Ces phénomènes d'érosion sont décrits dans le guide « Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion » (Reiffsteck et al., 2003).



Figure 1. Érosion des matériaux sur un talus en absence de barrières filtrantes accroche terre

## 2. Critères de stabilité d'une couche de matériau sur un talus

### 2.1. Critère de filtration

Le premier critère pour maintenir des matériaux sur un talus est le respect des conditions de filtre entre le sol support et la couche de couverture : une nappe filtrante en sous-face des matériaux est nécessaire. Si le sol support n'est pas filtré, les circulations d'eau à l'intérieur du talus qui peuvent ressortir dans la pente vont entraîner des particules de terre. C'est le phénomène de renard hydraulique (Figure 2).

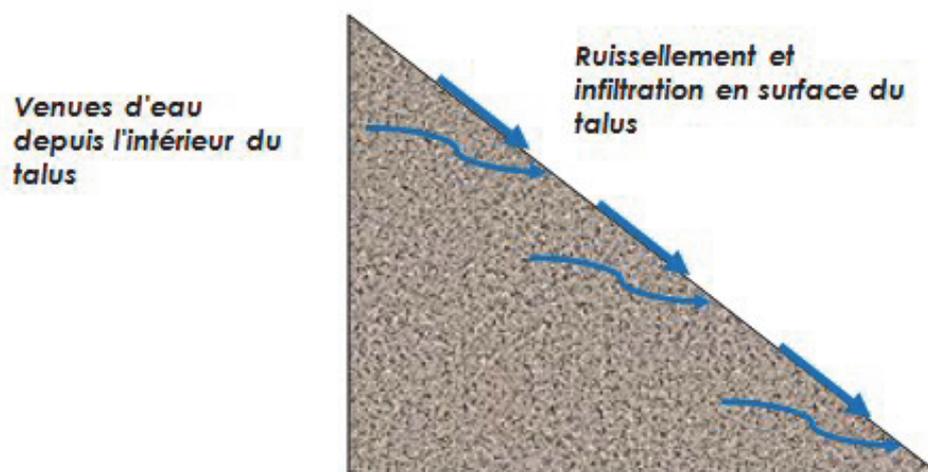


Figure 2. Principe des venues d'eau dans un talus

### 2.2. Critère de relief

Afin d'éviter l'érosion et le glissement de la couche de terre sur son support, une solution consiste à interposer des barrières sous forme de reliefs (Figure 3). Les solutions historiques de stabilisation des talus étaient d'ailleurs réalisées par des seuils en fascine ou autre formant des reliefs sur les pentes. (Figure 4).



Figure 3. L'absence de relief ou d'autre solution anti-érosion conduit à une érosion des talus



Figure 4. Principe historique des reliefs qui stabilisent la pente

### 2.3. Critère de résistance

Les matériaux mis en place sur le géocomposite accroche terre produisent des efforts de traction sur le géocomposite qui peuvent être très importants, compte tenu de leur poids et du glissement du géocomposite sur la géomembrane (Figure 5) (Michaux et Brochier, 2011). Le poids des matériaux de couverture peut être augmenté en hiver par l'épaisseur de neige recouvrant le talus, en particulier pour les projets en altitude. Le géocomposite accroche terre doit donc avoir une résistance adaptée aux spécificités du chantier, afin d'éviter le risque de rupture.



Figure 5. Un accroche terre insuffisamment renforcé peut se rompre sous le poids de la couche de matériaux de couverture

### 2.4. Critère de drainage

Lorsque le géocomposite accroche terre recouvre une géomembrane, par exemple dans le cas d'une couverture de décharge, il est important de drainer les infiltrations d'eau pluviale dans le talus pour que l'eau ne stagne pas au dessus de la membrane. En effet, en absence de réseau de drainage, l'eau qui s'infiltré va se retrouver bloquée par la géomembrane. Elle va s'écouler à l'interface entre la géomembrane et la terre, et créer un plan de glissement pour les matériaux de couverture. De plus, cette absence de réseau de drainage peut conduire à un phénomène de saturation des matériaux en eau, et favoriser des glissements de matériaux sur le talus.

### 3. Solution innovante pour la stabilité des matériaux sur les talus

#### 3.1. Présentation de la solution

Afin de lutter durablement contre l'érosion, la société Terageos a mis au point un géocomposite innovant. Ce produit se compose :

- d'un géotextile non-tissé aiguilleté de grammage 350 à 1200 g/m<sup>2</sup> servant d'anti-poinçonnant en cas de géomembrane en sous-face, et permettant la filtration dans le cas où il est posé sur un talus sans géomembrane. Ce filtre permet d'exclure le risque d'érosion par renard hydraulique.
- d'un système de retenue des terres végétales sous forme de reliefs linéaires torsadés filtrant espacés chaque 66 cm. Ces reliefs ont une hauteur de 13 cm optimisée pour maintenir une couche de 20 à 30 cm de matériaux sur le talus (Figure 6). Ils permettent également de laisser passer l'eau d'infiltration à travers les bandes. Ces reliefs permettent de maîtriser les risques de ravinement et de glissement sur le géotextile de la base.
- de câbles en polyester pour obtenir la résistance appropriée qui peut s'élever à plus de 200 kN/m.
- d'un réseau de mini-drains parallèles régulièrement espacés de 25 cm à 2 m en fonction des projets, et intégré dans le géotextile servant de nappe drainante.

Ce géocomposite alvéolaire, le Teracro, répond aux différents critères nécessaires au maintien des matériaux sur un talus : fond filtrant, reliefs de retenue décimétrique filtrant, résistance en traction, capacité de drainage.

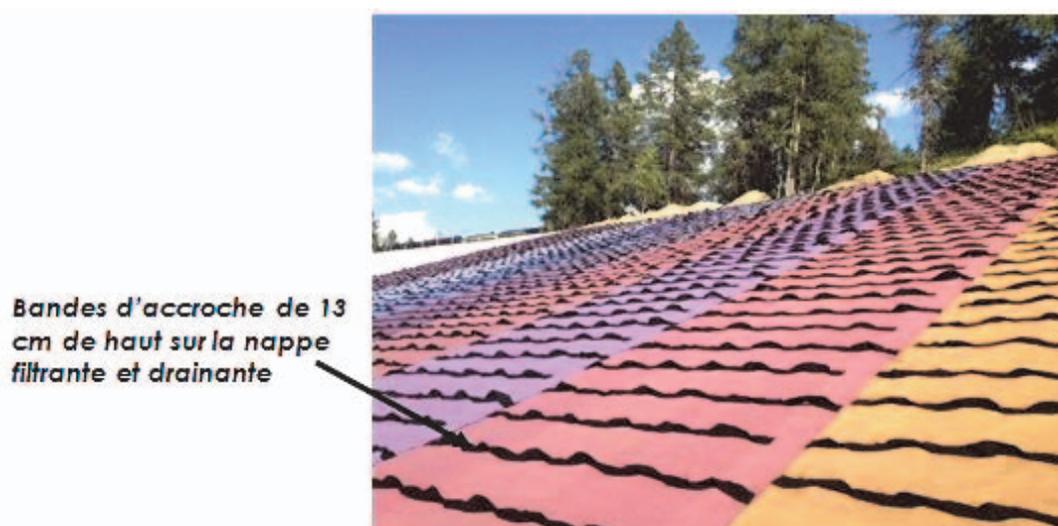


Figure 6. Principe du géocomposite anti-érosion proposé

#### 3.2. Dimensionnement en résistance

Ce produit alvéolaire est mis en œuvre depuis une quinzaine d'année, ce qui permet d'avoir un retour d'expérience sur l'efficacité de cette solution en talus. Au niveau du dimensionnement de la résistance en traction, la norme XP G 38067 (AFNOR 2010) s'applique.

La résistance en traction du géocomposite est notamment définie à partir du calcul de l'effort moteur tangentiel lié au poids des matériaux de couverture, et de la force de frottement de la couche de matériaux à l'interface entre le géocomposite et la couche inférieure (sol ou géomembrane).

L'effort moteur tangentiel  $H_d$  est donné par la relation :

$$H_d = (1,35 \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot e) \cdot L_a \cdot \sin\beta \quad (1)$$

où  $\gamma_{\text{sat}}$  = poids volumique du sol saturé,  $e$  = épaisseur du sol de couverture,  $L_a$  = longueur de la pente,  $\beta$  = pente

La force de frottement est donnée par :

$$R_{fd} = (1/\gamma_{Rf}) * ((N'_d) * \tan \delta_{bk}) \quad (2)$$

où  $\gamma_{Rf}$  = coefficient de sécurité à l'interface,  
 $N'_d$  = composante du poids perpendiculaire à la pente,  
 $\delta_{bk}$  = angle de frottement à l'interface géotextile / géomembrane

Ces deux équations permettent de définir l'effort de traction dans le géocomposite :

$$T_{\max d} = H_d - R_{fd} \quad (3)$$

Puis la résistance en traction minimale du géocomposite  $R_{tk}$  en prenant en compte un certain nombre de coefficients de réduction :

$$R_{tk} \geq \Gamma_{\text{end}} \cdot \Gamma_{\text{flu}} \cdot \Gamma_{\text{deg}} \cdot \gamma_{Mt} T_{\max d}$$

Avec :

- $\Gamma_{\text{end}}$  : coefficient de réduction dû à l'endommagement lié aux agressions mécaniques lors de la construction,
- $\Gamma_{\text{flu}}$  : coefficient de réduction dû à l'évolution physique du matériau sous l'effet du fluage,
- $\Gamma_{\text{deg}}$  : coefficient de réduction dû aux dégradations d'origine chimique ou biochimique dues à l'environnement,
- $\gamma_{Mt}$  : facteur partiel pour la résistance à la traction du géosynthétique de renforcement.

### 3.3. Fonctionnement et dimensionnement du drainage

Si nécessaire, le drainage des talus est réalisé par les mini-drains disposés régulièrement et parallèlement à la pente des talus (Michaux et al., 2012). Ces mini-drains, de 20 mm de diamètre sont régulièrement perforés pour permettre une bonne pénétration de l'eau depuis les matériaux de couverture ou depuis le sol support. Ils sont intégrés dans la nappe drainante du géocomposite (Figure 7). Ce drainage est particulièrement important dans le cas de talus étanchés par géomembrane, comme des décharges, où les infiltrations d'eau pluviales buttent sur la géomembrane et doivent être drainées pour ne pas saturer les matériaux et provoquer des glissements. Pour ce type de projet, le débit à drainer est généralement la pluie décennale.



Figure 7. Mini-drains mis en place dans le géocomposite pour drainer les eaux du talus.

La capacité de drainage est calculée à partir du logiciel Drainsoft. Ce logiciel a été élaboré en collaboration avec le laboratoire LTHE de l'Université Joseph Fourier de Grenoble. Il permet le dimensionnement des nappes drainantes à partir des résultats expérimentaux et des lois de l'hydraulique classiques telle que la loi de Darcy :

$$Q = K.A. \Delta H/L \quad (4)$$

où Q = débit (m<sup>3</sup>/s), K = perméabilité (m/s), A = surface de la section (m<sup>2</sup>), ΔH/L = gradient hydraulique.

La capacité de débit des mini-drains Q en fonction du gradient hydraulique i, est déterminée par des mesures expérimentales :

$$Q = \alpha.i^n \quad (5)$$

avec  $\alpha = 2,36.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  et  $n = -0,461$

i, gradient hydraulique = pente du talus support du géocomposite.

### 3.4. Mise en œuvre

Les lés de géocomposite sont conditionnés en rouleaux de 4m de large, de longueur adaptée au rampant du talus et 80cm de diamètre environ sur mandrins. Ils sont enveloppés d'un film polyéthylène pour assurer la protection du produit contre la pluie, le rayonnement UV, la boue et la poussière.

Les lés sont déroulés depuis le haut sur le support, en faisant chevaucher latéralement les panneaux de 50 cm. Un thermocollage simple des bandes au chalugaz peut être utile en cas de vent, avant mise en œuvre de la terre de couverture (Figure 8).



Figure 8. Mise en place des matériaux sur le géocomposite

### 3.5. Ancrage

Le géocomposite est ancré au moyen d'une tranchée d'ancrage prévue pour reprendre les efforts liés à la couche de terre de couverture. Le dimensionnement de la tranchée d'ancrage est réalisé conformément à la norme XP G 38067. Pour des talus de grande longueur, où les charges sont importantes, par exemple pour les retenues artificielles en montagne, il peut être intéressant de réaliser 2 tranchées d'ancrage consécutives afin d'avoir un frottement entre le géocomposite accroche terre et les matériaux de chaque côté, plutôt qu'un côté avec une sous-face en géomembrane glissante. Cela permet de limiter la taille de la tranchée, en réduisant le risque de glissement du géocomposite accroche terre sur la géomembrane dans l'ancrage. Au niveau de la mise en œuvre, on réalisera alors une première tranchée pour l'anti-poinçonnant en sous face et la géomembrane, avant la création d'une seconde tranchée pour le géocomposite accroche terre.

Les matériaux de remplissage de la tranchée d'ancrage sont de nature frottante et peu argileuse. Ils sont soigneusement compactés. La mise en œuvre des matériaux sur le talus se fera au moyen d'une

pelle, en commençant par le pied de talus. Si nécessaire, en fonction de la longueur du talus, deux pelles long bras pourront être utilisées, une en pied de talus, l'autre en crête.

### 3.5. Gain de temps

Ce géocomposite multifonction permet de gagner du temps lors de la réalisation du chantier, par rapport à une solution avec plusieurs couches successives. Il y a en effet une seule couche de produit à poser au lieu des 4 couches séparées (anti-poinçonnant, produit drainant, produit accroche terre, renfort).

Ce gain de temps se vérifie également lors de l'acheminement des produits, par la limitation du nombre de camions pour acheminer les matériaux et de rouleaux à manipuler.

## 4. Application à la retenue des Orres

La retenue des Orres est un lac artificiel réalisé en 2011 en montagne pour servir de réserve d'eau pour les canons à neige. Ce lac a une profondeur de 16,6m et des talus inclinés à 24 degrés (Figure 9).

Pour une couche de matériaux de 30 cm sur le talus, et compte tenu des risques de chutes de neige liés à l'altitude, la résistance en traction définie pour l'accroche terre est de 300 kN/m.



Figure 9. Mise en place des différentes couches sur la retenue des Orres

L'ancrage a été réalisé avec 2 tranchées distinctes : une pour la géomembrane, l'autre pour l'accroche terre. La tranchée pour l'accroche terre faisait 1,1m de profondeur et 3,6m de large (Figure 10).

## 5. Conclusion

La stabilité des matériaux sur un talus est un problème récurrent. Pour y parvenir, les solutions géocomposites doivent cumuler les fonctions suivantes : filtration, présence de relief, renforcement, ainsi que drainage et antipoinçonnant en cas de géomembrane en sous face.

Le produit présenté dans cet article, et qui a fait ses preuves depuis plus de 15 ans, possède les propriétés nécessaires pour maintenir les matériaux sur un talus. Son principe du tout en un permet de supprimer les risques de glissement inter-produit, et de faciliter et accélérer la pose car une couche unique à poser.

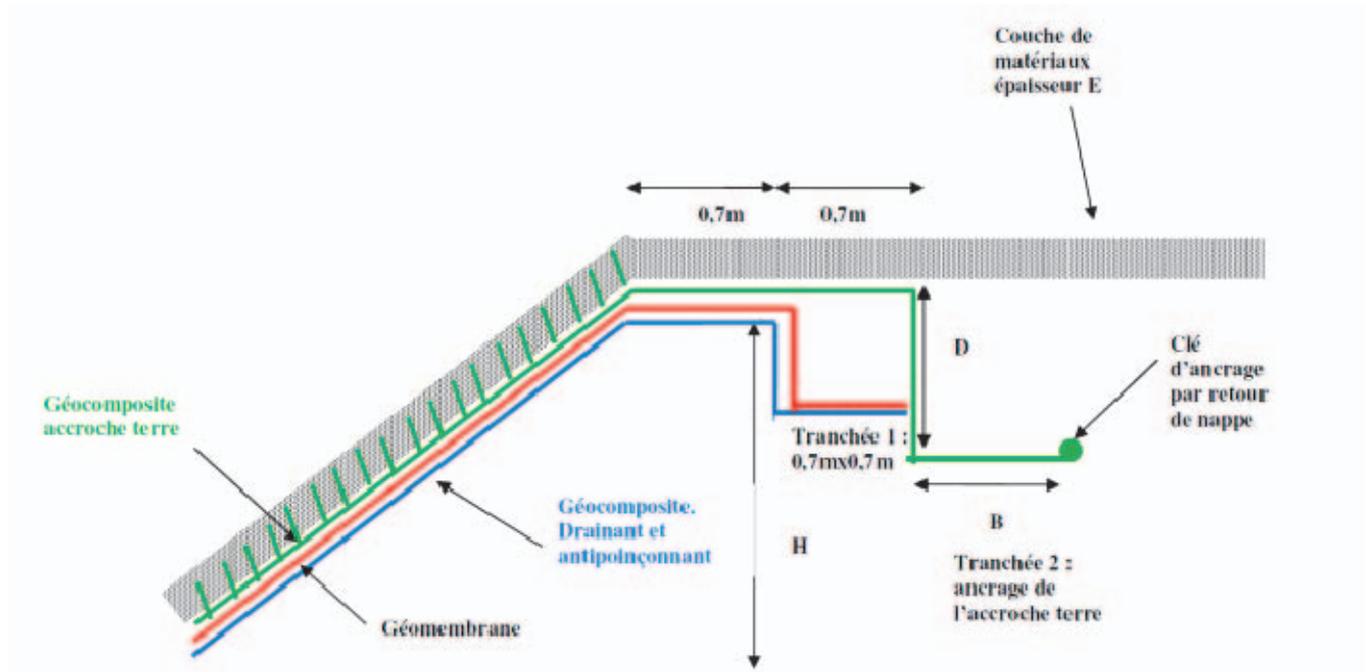


Figure 10. Exemple d'ancrage du géocomposite dans la tranchée sommitale

## 6. Références bibliographiques

- Michaux J.L., Brochier P. (2011). Use of multi-functions geotextile for the capping of landfill: protection, reinforcement, waterproofing, drainage and soil retention, *Actes des Rencontres Géosynthétiques 2011, Tours*, 189-193.
- Michaux J.L., Courberand J.M., Brochier M., Brochier P. (2012). Landfill capping with a multifunction Geocomposite. *Proc. Eurogeo 5*.
- AFNOR. Norme XP G 38-067 (2010). Stabilisation d'une couche de sol mince sur pente, 36 pages.
- Reiffsteck, Antoine, Brioist, Bruhier, Derache, Ducol, Faure, Garcin, Hérault, Poulain, Robinet (2003). Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion, *Proc. Rencontres CFG 2003*.