

# ÉTUDE EN LABORATOIRE DU DRAINAGE DE TALUS SIMULÉS DE COUVERTURES D'INSTALLATIONS DE STOCKAGE DE DÉCHETS

## LABORATORY INVESTIGATION OF SIMULATED LANDFILL SLOPE COVER SOIL DRAINAGE

Laurent BITAUDEAU<sup>1</sup>, Alan BAMFORTH<sup>2</sup>, Matthew ODELL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> HUESKER France, Gresswiller, France

<sup>2</sup> ABG Limited

<sup>3</sup> School of Earth & Env., University of Leeds, Royaume-Uni

**RÉSUMÉ** - Les talus de couvertures d'installations de stockage de déchets peuvent être déstabilisés par deux principaux phénomènes : glissement et liquéfaction de la couche de confinement. Les talus raides sont en général composés d'une barrière imperméable, un géocomposite de drainage (pour éviter la liquéfaction), un géosynthétique d'accroche mécanique (pour éviter les glissements) et une couche de confinement de 0,30m à 1m d'épaisseur. Le géocomposite de drainage, espace d'écoulement libre, collecte les eaux infiltrées à travers la couche de sol et y minimise les forces hydrostatiques susceptibles de la ramollir et de la déstabiliser. Cet article présente les résultats d'une campagne d'expérimentations en laboratoire sur le drainage de talus simulés et son importance à l'égard de leurs stabilités.

Mots-clés : géocomposite, drainage, talus, couverture

**ABSTRACT** - Landfill capping slopes can be destabilised per two main phenomena: sliding and liquefaction of ground layer. Landfill capping steep slopes generally comprise an impermeable barrier layer, a geocomposite drainage layer (to prevent liquefaction), a mechanical retaining geosynthetic (to prevent sliding) and a depth of cover soil typically from 0,30m to 1m. The geocomposite drainage layer, real free flowing pathway, collects sub-surface water that has permeated through the cover soil so as to minimise hydrostatic forces that would otherwise soften and destabilise slopes. This paper presents the results of large scale laboratory experiments on simulated landfill caps slopes and discusses the significance of the results with respect to slope stability of the cover soil.

Keywords: geocomposite, drainage, slopes, capping

### 1. Introduction

Dans les couvertures d'installations de stockage de déchets (ISD), les géocomposites de drainage sont livrés en rouleaux et sont généralement installés du point haut vers le bas en minimisant les longueurs pour réduire les pertes. Certains géocomposites de pleine surface présentent des capacités de débit similaires dans les deux sens, aussi bien longitudinal que transversal (SL/ST). D'autres ont un débit préférentiel dans le sens longitudinal (SL) par rapport au sens transversal (ST). Enfin, certains géocomposites ont seulement une capacité préférentielle de drainage par intervalles.

Les capacités de débit les plus importantes des géocomposites de drainage, majoritairement en sens longitudinal (SL), sont souvent étudiées au regard des plus grandes pentes unidirectionnelles (3H/1V ou 33% - 2H/1V ou 50% ou plus) des talus de couvertures d'ISD. Mais les couvertures d'ISD sont parfois inclinées selon deux axes en cas de présence de vallée centrale ou de bombement. Dans ce cas, le flux s'écoule selon un vecteur résultant de ces deux pentes et rend la seule considération de la capacité du géocomposite en sens longitudinal insuffisante.

Cette étude vise à évaluer, à l'aide d'un plan incliné à double pente et sous différentes précipitations, les capacités de débit relatives de divers géocomposites de drainage. Dans un premier temps, on a enregistré les taux et volumes de décharge d'eau à travers chaque produit pour évaluer l'efficacité dans chaque cas et comparer leurs performances de capacité de débit en sens transversal (ST). Dans un second temps, on a étudié la stabilité des sols de couverture selon différentes inclinaisons pour évaluer le lien entre les solutions de drainage les moins efficaces, l'augmentation des pressions hydrostatiques dans le sol de couverture et les risques d'effondrement de talus.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Historique

Des plans inclinés ont déjà été utilisés dans le passé. Un plan incliné est d'habitude utilisé pour déterminer la résistance au cisaillement d'interfaces (Wu et al, 2008 ; Chung et al, 2006 ; Narejo, 2003 ; Ling et al, 2002 ; Palmeira et al, 2002 ; Wasti et Ozduzgun, 2001). Leur utilisation est décrite par exemple dans la norme NF EN ISO 12957-2 (AFNOR, 2005).

Des études ont également été menées quant au glissement de sols de couverture (Pitanga et al, 2009 ; Tsaparas et al, 2002 ; Zhao et Richardson, 2000). Deux mécanismes de glissements de terrain induits par des précipitations ont été expliqués, tout d'abord par la saturation et la liquéfaction, et d'autre part par la perte de la résistance au cisaillement à l'état non saturé. Le mécanisme d'équilibre limite et la modélisation du couple hydro-mécanique ont été résumés (Zhang et al., 2010).

L'efficacité de géocomposites qui sont anisotropes et ont une capacité de débit majoritairement en sens longitudinal (SL) a également été étudiée précédemment. Des tests en laboratoire ont montré que la capacité de débit de ces géocomposites dans le sens transversal était réduite jusqu'à 80% quand les géocomposites étaient utilisés sur des plans inclinés à double pente (Sieracke et Maxson, 2001).

Cette étude a permis de reprendre ces études antérieures en reproduisant les conditions réelles de talus de couverture d'ISD avec l'ajout de tests de stabilité (Pitanga et al., 2009 ; Gourc et al., 2004). Les auteurs utilisent les termes de mécanisme de « glissement progressif », de « glissement saccadé » et de « glissement soudain » pour décrire les aspects de la rupture de pente.

### 2.2. Géocomposites testés

Trois géocomposites de drainage (Tableau 1) sont testés sur le plan incliné. Le premier est une nappe PEHD à excroissances en pleine surface avec un géotextile de filtration collé en tout point de la surface. Cette structure bi-directionnelle et isotrope permet un écoulement libre en sens transversal aussi performant qu'en sens longitudinal. Le second géocomposite est un géotextile non-tissé dans lequel sont incorporés dans le sens longitudinal des mini-tubes de 20mm de diamètre externe et espacés à intervalles de 1m dans le sens transversal. Le troisième géocomposite est un géotextile non-tissé dans lequel sont incorporées dans le sens longitudinal des bandes plates de drainage, en PEHD extrudé, de 100mm de large et espacées à intervalles de 1m dans le sens transversal. Ces deux derniers géocomposites ont été installés sur le plan incliné de telle façon qu'il comporte le maximum de tubes ou bandes de drainage possible, soit deux.

### 2.3. Plan incliné

La boîte de sol mise en place sur le plan incliné (Figure 1) a des dimensions de 1m de large par 2,10m de long avec une hauteur de confinement possible de 0,30m. Le sens longitudinal du géocomposite de drainage est mis dans le sens de la longueur du plan incliné. Une géomembrane lisse en PEHD d'épaisseur 1mm est placée sous le géocomposite de drainage et l'ensemble est fixé sur les bords de façon à ne pas pouvoir bouger. Un système à poulie en haut du plan permet une inclinaison maximale, dans le sens longitudinal, de 100% (1H:1V) soit 45 degrés. Le plan dispose également d'un côté articulé par un deuxième système de poulie pour obtenir une inclinaison maximale, en sens transversal, de 50% (2H:1V) soit 26,6 degrés. Le plan est équipé d'inclinomètres pour mesurer les pentes à tout moment. Ce plan incliné a été conçu pour simuler au mieux une pente infinie et les conditions de chantier. Les bords sont rigides et transparents. Ce châssis, contenant le sol de couverture sur 0,30m de hauteur maximum, peut coulisser lorsque la pente atteint l'angle critique. Un système externe par gouttières permet de récupérer les eaux. Chaque bande de drainage et chaque mini-tuyau est équipé d'entonnoirs pour collecter indépendamment les eaux et mesurer leurs quantités.

### 2.4. Inclinaisons variables

Les essais ont été effectués (Tableau 2) selon cinq rapports vectoriels : rapport de la pente en sens longitudinal sur celle en sens transversal. Les pentes longitudinales étaient de 2%, 10%, 25%, 33% et 50% et les transversales respectivement de 0%, 2%, 10%, 25% et 50%, soit des rapports vectoriels de 0 – 0,2 – 0,4 – 0,75 et 1. Lorsque l'expérimentation fut terminée, la boîte de sol subit une inclinaison progressive d'environ 3°/min jusqu'à une inclinaison maximale en sens machine de 100% (1H/1V) soit

45 degrés ou jusqu'à ce que le talus glisse, ce qui permet de déterminer l'angle de glissement  $\Phi$  du sol de couverture.

Tableau 1. Géocomposites de drainage testés

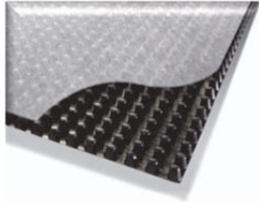
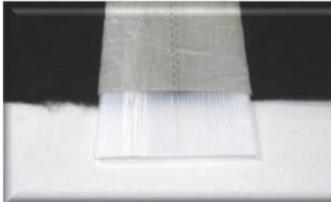
	Nappe à excroissances en pleine surface	Non-tissé + Tubes à intervalles	Nontissé + Bandes à intervalles
Référence	POZIDRAIN	DRAINTUBE	GPT 5
Intervalle	Aucun intervalle En pleine surface	1 m	1 m
			
Capacité de débit dans le plan (l/m/s) – (SL) NF EN ISO 12958	0,5 l/m/s ou 30 l/m/min (i=0,32 – 20 kPa)	0,5 l/m/s ou 30 l/m/min (i=0,30 – 20 kPa)	0,06 l/m/s ou 4 l/m/min (i=0,30 – 20 kPa)
Capacité de débit dans le plan (l/m/s) – (ST) NF EN ISO 12958	0,5 l/m/s ou 30 l/m/min (i=0,32 – 20 kPa)	indisponible	indisponible
Section de sortie	4,6 mm de hauteur	153 mm <sup>2</sup>	3,6 mm de hauteur
Ouverture de Filtration du géotextile de filtration NF EN ISO 12956	115 $\mu$ m	210 $\mu$ m	69 $\mu$ m



Figure 1. Plan incliné avant et pendant expérimentation

Tableau 2. Rapports vectoriels ( $R_v = \text{pente SL} / \text{pente ST}$ ) des pentes testées

	Pente (SL)	Pente (ST)	Rapport Vectoriel (RV)	Pente (Diagonale)
1	2% (50H:1V) 1 deg	0% (0H/0V) 0 deg	0,0	1,0 degré
2	10% (10H:1V) 5,7deg	2% (50H:1V) 1 deg	0,2	5,6 degrés
3	25% (4H:1V) 14deg	10% (10H:1V) 5,7deg	0,4	15,0 degrés
4	33% (3H:1V) 18,4deg	25% (4H:1V) 14deg	0,75	22,1 degrés
5	50% (2H:1V) 26,6deg	50% (2H:1V) 26,6deg	1,0	33,9 degrés

## 2.5. Précipitations

Les débits d'eau injectés reproduisent des événements de précipitations extrêmes. Les précipitations sont administrées à travers un système de pulvérisation monté sur la boîte de sol et connecté à une pompe submersible et un débitmètre.

D'après les relevés de Météo France, les événements mémorables à intensités records depuis 1955 sont de :

- 36,4 mm en 6 min (soit 364 mm/h pendant 6 min) - simulée par la précipitation n°1 du tableau 3
- 84,4 mm en 15 min
- 100 mm en 30 min (soit 200 mm/h pendant 30 min) - simulée par la précipitation n°2 du tableau 3
- 111 mm en 1h
- 178 mm en 2h

Ainsi, deux principales précipitations ont été étudiées (Tableau 3) :

Tableau 3. Précipitations

Précipitation 1	400 mm/heure pendant 6 minutes sur le plan incliné de surface 2,1 m <sup>2</sup> soit l'équivalent de 14 litres/min ou 84 litres
Précipitation 2	200 mm/heure pendant 30 minutes sur le plan incliné de surface 2,1 m <sup>2</sup> soit l'équivalent de 7 litres/min ou 210 litres

## 2.6. Sol de couverture

Des agrégats de sables, limons, argiles et graviers ont été évalués pour établir un sol de couverture approprié qui réponde au mieux à tous les paramètres requis avant l'essai (Head, 1988). Un mélange approprié de sable moyen à grossier et de gravier fin à moyen a été choisi pour faciliter la perméabilité tout en fournissant également un certain niveau de cohésion. L'échantillon a un coefficient de perméabilité  $k$  de  $2,25 \cdot 10^{-4}$  m/s, mesuré à l'aide d'un perméamètre triaxial, et une masse volumique  $\rho$  de  $1485 \text{ kg/m}^3$ . Le  $D_{60}$  du sol est de 9 mm et le  $D_{10}$  de 0,20 mm. La figure 2 montre la courbe granulométrique des particules de l'échantillon du sol de couverture. Il s'agit d'un sol de couverture très perméable par rapport à des sols argileux de perméabilité  $10^{-6}$  m/s, qui sont également connus.

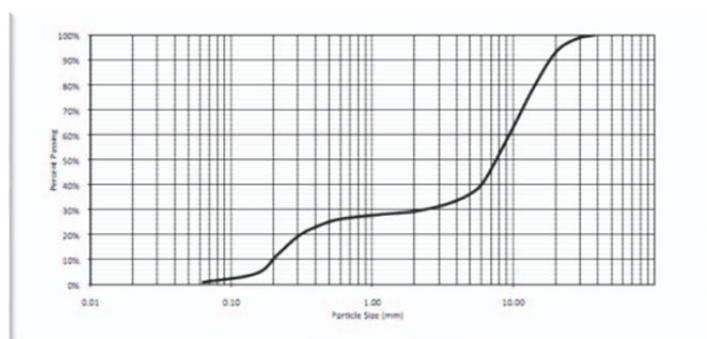


Figure 2. Courbe granulométrique du sol de couverture

## 2.7. Valeurs de sortie

Le volume de sortie a été enregistré pour permettre une évaluation du débit de sortie dans le temps. Pour le géocomposite à excroissances en pleine surface (SL/ST), le drainage a été évalué par les volumes d'eau collectés sur chaque bord du plan incliné dans des récipients séparés. Pour les géocomposites par bandes et tubes (SL), chaque débit de sortie des bandes, tubes et non-tissé a été recueilli individuellement dans des récipients pour permettre une évaluation complète de l'efficacité. Chaque réservoir d'eau fut pesé à intervalles d'une minute tout au long de l'expérience pour établir le volume de décharge au cours de chaque période. Les volumes drainés par les géotextiles non-tissés ont été inclus dans les calculs. Les volumes de suintement à la base de la boîte de sol, au dessus du non-tissé, ont également été inclus dans les calculs pour éviter tout préjugé injuste. La hauteur d'eau dans le sol de couverture, en point bas du plan incliné, a été enregistrée pour chaque produit et inclinaison de pente.

## 2.8. Variables externes

La température est notée pour chaque test. Les normes de laboratoire nécessitent une température de l'eau comprise entre 18-22°C, mais l'appareil étant installé à l'extérieur et la température difficile à réguler, les tests ont été effectués à une température de l'eau ambiante comprise entre 15 et 19°C. Aucune pression supplémentaire de confinement, autre que le sol de couverture, n'a été appliquée tout au long de l'expérience.

## 3. Résultats

Ce paragraphe présente des résultats typiques des essais effectués sur les trois géocomposites :

- taux de décharge hydraulique des géocomposites dans le temps ;
- répartition transversale de décharge hydraulique pour chaque produit testé ;
- plage des angles de glissement ;
- hauteur de la nappe d'eau créée dans le sol de couverture en cas de drainage insuffisant

La figure 3 montre les taux de décharge enregistrés (l/min) de chaque géocomposite pour les deux précipitations et un rapport vectoriel RV de 0,75, soit une pente diagonale de 22,1°

La figure 4 montre une répartition transversale de chaque décharge pour chaque produit testé, mesurée 60 minutes après la fin des précipitations.

Le tableau 4 montre la plage des angles, en sens longitudinal, du plan incliné  $\Phi$  de chaque échantillon lors de leur glissement et leur mécanique.

Le tableau 5 montre la présence et les hauteurs d'eau mesurées dans le sol de couverture, au point bas du plan incliné, (Figure 5) en cas de drainage insuffisant, pour mettre en évidence les possibilités de liquéfaction qui aboutissent à des effondrements.

## 4. Analyses

### 4.1. Performances des géocomposites

Tous les géocomposites à l'étude ont répondu d'une manière similaire, avec une première pointe de décharge atteinte environ 10 minutes après le début des pluies. Pour la précipitation de 400 mm/h sur 6 minutes, la décharge a commencé à diminuer presque immédiatement parce que la pluie avait cessé avant que la plus haute décharge des géocomposites ait été enregistrée. Pour la précipitation de 200 mm/h sur 30 minutes, le débit de pointe de chaque géocomposite s'est maintenu pendant 30 minutes puis a amorcé une baisse constante. Il existe une différence significative de performance entre les géocomposites, que les taux de rejets montrent au cours des 70 minutes suivant l'arrêt des précipitations. Le géocomposite à excroissances a drainé la majorité de l'eau dans les 10 minutes suivant la fin de la pluie et a drainé toute l'eau dans les 40 minutes suivant la fin de la pluie. Les géocomposites par tubes et bandes ont évacués l'eau plus lentement et la libèrent encore 70 minutes après la fin de la pluie.

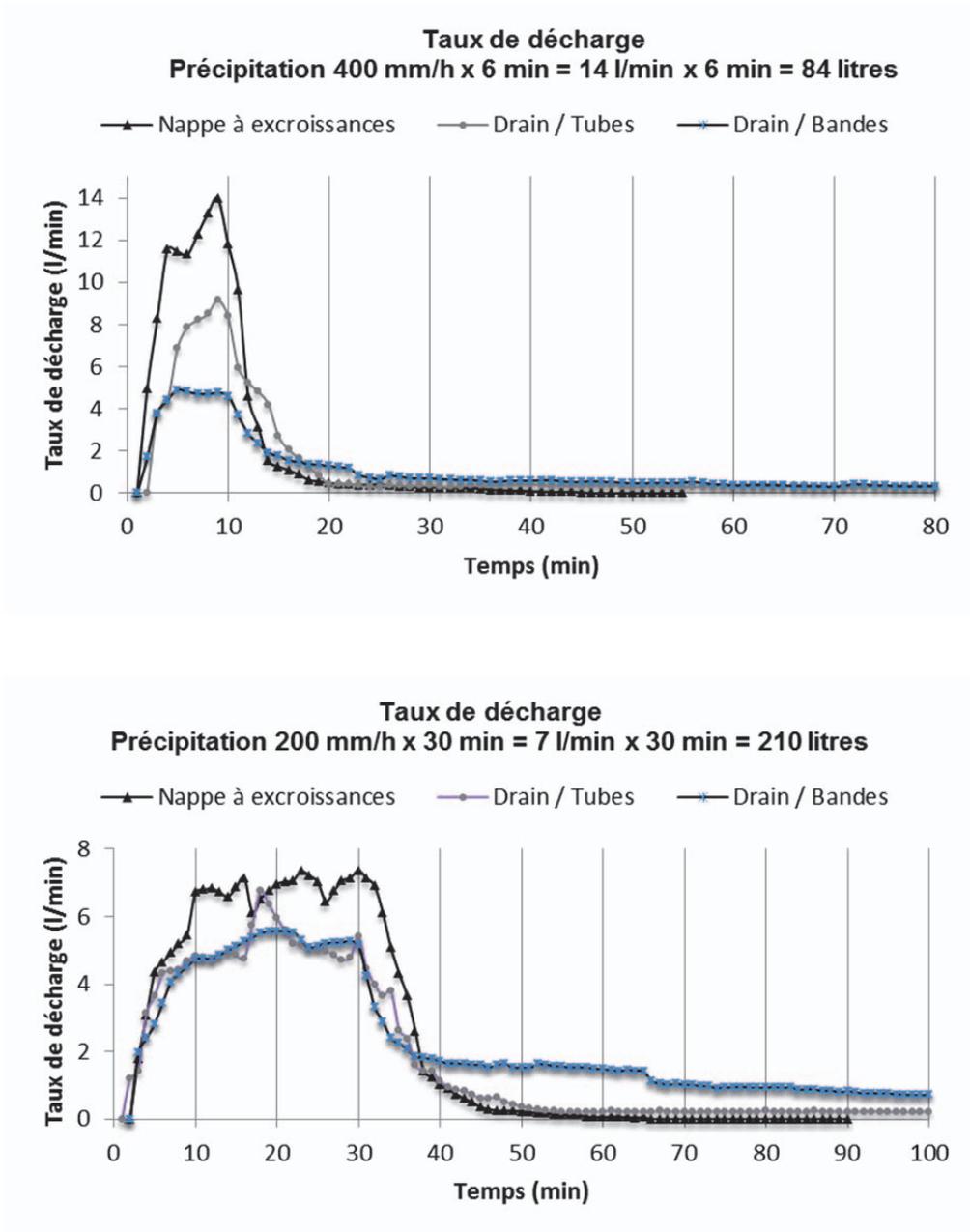


Figure 3. Taux de décharges des géocomposites (l/min) à RV = 0,75

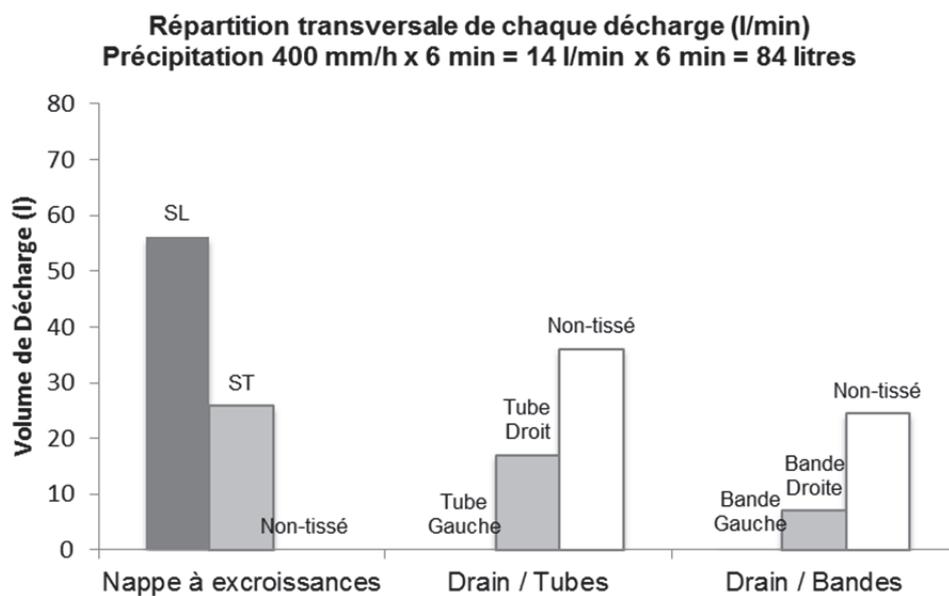
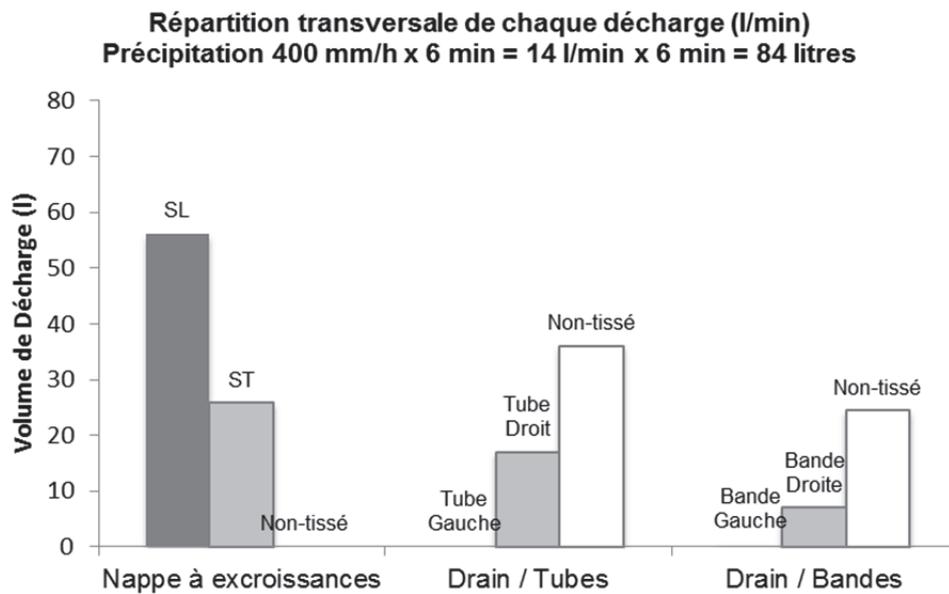


Figure 4. Répartition transversale de la collecte des eaux drainées (litre) pour chaque sortie, mesurée 60 minutes après la fin des précipitations.

Pour le géocomposite à excroissances en pleine largeur, les colonnes SL et ST représentent les volumes collectés sortis par excroissances en SL et ST respectivement.

Pour les géocomposites par tubes et bandes à intervalles, les colonnes Gauche et Droit représentent les volumes collectés sortis par chacun des deux tubes et des deux bandes. La colonne blanche représente la sortie par le géotextile support non-tissé.

Tableau 4. Angle de glissement et mécanique

	$\Phi$ glissement (SL) (degrés)	Mécanique du glissement
géocomposite à excroissances	24,6 - 26,6	Affaissement progressif puis glissement soudain
géocomposite par tubes	20,1 - 22,2	Liquéfaction et affaissement puis glissement progressif
géocomposite par bandes	21,0 - 24,6	Liquéfaction puis glissement progressif à soudain

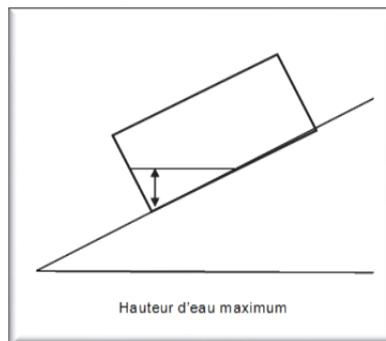


Figure 5. Schéma de la mesure d'eau dans le plan incliné

Tableau 5. Hauteur d'eau (m) créée pour chaque précipitation

	Précipitation (mm/h)	Hauteur d'eau créée (cm)				
		RV 0,0	RV 0,2	RV 0,4	RV 0,75	RV 1,0
géocomposite à excroissances	200	-	-	-	-	<i>glissement</i>
	400	-	-	0,07	0,12	<i>glissement</i>
géocomposite par tubes	200	-	-	0,10	0,12	<i>glissement</i>
	400	-	0,08	0,19	0,30	<i>glissement</i>
géocomposite par bandes	200	0,02	0,04	0,05	0,17	<i>glissement</i>
	400	0,05	0,07	0,16	0,24	<i>glissement</i>

Le géocomposite à excroissances draine l'eau (Figure 3) à des taux maximum de 7 l/min et 14 l/min identiques à 100% aux taux d'entrée des précipitations avec des hauteurs d'eau (Figure 5 et Tableau 5) respectivement de 0 et 0,12 m. Le géocomposite par tubes atteint des taux de décharge de 5 l/min et 9 l/min, soit respectivement 71% et 64% des taux d'entrée des précipitations avec des hauteurs d'eau respectivement de 0,12 m et 0,30 m, ce qui signifie que la décharge est limitée par la capacité de débit du produit. Le géocomposite par bandes atteint des taux de décharge de 5 l/min dans les deux cas soit respectivement 71% et 35% des taux d'entrée des précipitations avec des hauteurs d'eau respectivement de 0,17 m et 0,24 m, ce qui signifie que la décharge est limitée par la capacité de débit du produit. Malgré des capacités de débits énoncées des géocomposites par tubes ou bandes, dans les fiches techniques en Tableau 1, supérieures aux débits des précipitations, jusqu'à 30 l/m/min, les taux de décharge sont largement inférieurs aux pluies d'entrées. Ainsi on peut penser que les décharges sont limitées par la vitesse d'écoulement de l'eau à travers le non-tissé et limitées par la vitesse d'entrée de l'eau à travers les perforations des tubes ou à travers les bandes.

La présence d'une hauteur d'eau représente une région de saturation totale du géocomposite et par conséquent des pressions interstitielles élevées dans le sol de couverture. Ceci aura une influence sur la stabilité des sols de couvertures sur pentes raides.

#### **4.2. Répartition transversale des décharges**

Les données transversales des décharges sont enregistrées pour chaque géocomposite 60 minutes après la fin des précipitations (Figure 4). Le géocomposite à excroissances a drainé plus de 96% des pluies d'entrée (80 litres extraits sur 84 litres entrés) tandis que ceux par tubes ou bandes ont drainés entre 35% et 90% mais avec des volumes sortants par les tubes et bandes qui représentent seulement entre 14 à 28% des pluies d'entrée (30 litres extraits sur 210 litres entrés dans le cas des tubes et 60 litres extraits sur 210 litres entrés dans le cas des bandes). Ces faibles volumes de décharge par les espaces drainants des tubes et bandes peuvent s'expliquer par la difficulté de l'eau à s'écouler à travers le non-tissé en sens transversal pour rejoindre ces espaces drainants. Le géocomposite à excroissances, quant à lui, a permis de drainer en sens transversal de 35 à 50% des volumes d'entrée (30 litres extraits sur 84 litres entrés ou 103 litres extraits sur 210 litres entrés). Les décharges à travers les non-tissés des géocomposites par tubes ou bande apparaissent importantes mais il a été observé pendant les essais qu'une partie significative était déchargée au-dessus du non-tissé, au niveau du joint à l'extrémité aval de la boîte de sol. Ce suintement est dû à un défaut de conception de l'appareillage et il ne pouvait être séparé du flux passant à travers le non-tissé. En théorie, un non-tissé de coefficient de perméabilité  $k=1.10^{-3}$  m/s devrait décharger 8 litres en 60 minutes et non entre 25 et 130 litres.

#### **4.3. Stabilité**

L'angle de glissement de la couverture de sol sur le géocomposite a été mesuré pour chaque cas (Tableaux 4 et 5). Tous les produits glissent à  $R_v=1$ , ce qui représente un angle maximal dans la diagonale de 33,9 degrés, aussi le glissement n'est pas surprenant. Pour des  $R_v$  plus faibles, le géocomposite à excroissances présente le plus grand angle de stabilité de 26,6 degrés, ce qui peut être dû à un géotextile de filtration plus rugueux ou à la hauteur d'eau plus basse.

### **5. Conclusions**

Afin de réaliser les essais avec plusieurs combinaisons de pente, de précipitations et de géocomposites en un temps raisonnable, le matériau de couverture utilisé était très perméable. Cela a permis de travailler avec des précipitations de 200 mm/h sur 30 minutes et 400 mm/h sur 6 minutes.

Sous les conditions testées, le géocomposite à excroissances est le seul à permettre une décharge maximale à un taux identique à 100% à celui des pluies d'entrées, en un temps plus rapide, avec un volume drainé de 96% des pluies d'entrée dont 30 à 50% en sens transversal (ST).

Les géocomposites par tubes ou bandes atteignent quant-à eux un taux de décharge de 35 à 71% des pluies d'entrées, avec un volume drainé par les seuls tubes ou bandes entre 14 et 28% et une hauteur d'eau plus importante s'est créée dans le sol de couverture. Ces résultats seraient dus à la difficulté de l'eau à se déplacer en sens transversal dans le non-tissé support pour rejoindre les espaces de drainage que sont les tubes et les bandes et par le taux d'entrée limité de l'eau à travers les perforations des tubes ou à travers les bandes.

Les sols de couverture présentent une hauteur de nappe d'eau maximale lors de l'utilisation des géocomposite de drainage par tubes ou bandes.

Les sols de couverture présentent une stabilité à un angle maximum lors de l'utilisation du géocomposite à excroissances en pleine surface.

### **6. Références bibliographiques**

- AFNOR (2010). NF EN ISO 12956, Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'ouverture de filtration caractéristique.
- AFNOR (2005). NF EN ISO 12957-2, Géosynthétiques - Détermination des caractéristiques de frottement - Partie 2 : essais sur plan incliné.

- AFNOR (2010). NF EN ISO 12958, Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la capacité de débit dans leur plan.
- Chung M., Seo M.W., Kim K.S., Park J.B. (2006). Protective effect of overlying geosynthetic on geomembrane liner observed from landfill field tests and inclined board laboratory experiments. *Waste Management Research* **24**: pp. 250-259.
- Gourc J.P., Reyes-Ramirez R., Villard P. (2004). Assessment of geosynthetics interface friction for slope barriers of landfill. *GeoAsia 2004*: pp. 116-149.
- Head (1988). *Manual of soil laboratory testing vol 2: permeability, shear strength and compressibility tests*. ELE International. Pentech Press: London & Plymouth.
- Ling H.I., Burke C., Mohri Y., Matsushima K. (2002). Shear strength parameters of soil-geosynthetic interfaces under low confining pressure using a tilting table. *Geosynthetics International* **9(4)**: pp. 373-380.
- Narejo D.B (2003). A simple tilt table device to measure index friction angle of geosynthetics. *Geotextiles and Geomembranes* **21**: pp. 49-57.
- Palmiera E.M., Lima N.R.Jr, Mello L.G.R. (2002). Interaction between soils and geosynthetic layers in large-scale ramp tests. *Geosynthetics International* **9(2)**: pp. 149-187.
- Pitanga H.N., Gourc J.P., Vilar O.M. (2009). Interface shear strength of geosynthetics: Evaluation and analysis of inclined plane tests. *Geotextiles and geomembranes* **27**: pp. 435-446.
- Sieracke M., Maxson T. (2001). Common sense design with geosynthetic drainage material: Consideration of a few practical points of design can enhance the effectiveness of geosynthetics in landfill drainage systems. *GFR* **19(8)** Reprinted with permission of Industrial Fabrics Association international.
- Tsaras I., Rahardjo H., Tull D.G., Leong E.C. (2002). Controlling parameters for rainfall-induced landslides. *Computers and Geotechnics* **29**: pp. 1-27.
- Wasti Y., Ozduzgun Z.B. (2001). Geomembrane-geotextile interface shear properties as determined by inclined board and direct shear box tests. *Geotextiles and Geomembranes* **19**: pp. 45-57.
- Wu W., Wick H., Ferstl F., Achauer F. (2008). A tilt table device for testing geosynthetic interfaces in centrifuge. *Geotextiles and Geomembranes* **26(1)**: pp. 31-38.
- Zhao A., Richardson G.N. (2000). *Geocomposite drains for side slope stability in landfill covers. Filters and covers in Geotechnical and Environmental Engineering*. Balkema: Rotterdam.
- Zhang, L.L., Zhang J., Zhang L.M., Tang W.H. (2010). Stability analysis of rainfall-induced slope failure: a review. In *Proceedings of the Institute of Civil Engineers. Geotechnical Engineering* **164**: pp. 299-316.