

## Détermination de la résistance au cisaillement interne d'un géocomposite pour assurer sa stabilité et optimiser sa conception

Les géosynthétiques sont devenus des matériaux majeurs dans tous les domaines du génie civil pour assurer l'étanchéité, le drainage, la filtration ou bien la protection des ouvrages.

La qualité, la performance et la durabilité des produits sont donc essentielles.

Aussi, dans le souci de mieux caractériser les produits pour optimiser leur conception tout en assurant leur fiabilité, les industriels du secteur travaillent avec les chercheurs à l'élaboration d'essais et de normes. À partir d'une méthode de mesurage d'un géocomposite spécifique, il est question ici d'établir une norme d'essai permettant de mesurer la résistance au cisaillement interne d'un produit géosynthétique pour assurer sa stabilité et optimiser sa conception.



Les géosynthétiques sont couramment utilisés dans des ouvrages géotechniques pour assurer plusieurs fonctions telles que l'étanchéité, le drainage, la filtration et la protection. Le dimensionnement des géosynthétiques sur pentes, conformément à la norme XP-G 38-067 AFNOR (2010), requiert les caractéristiques de frottement aux interfaces entre géosynthétiques et les caractéristiques de résistance au cisaillement interne des géosynthétiques (photo 1). Les caractéristiques de frottement aux interfaces sol-géosynthétique ou géosynthétique-géosynthétique sont particulièrement essentielles dans le contexte du raidissement des pentes pour réduire l'emprise au sol des ouvrages ou optimiser leur volume, comme c'est le cas pour les casiers des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND). Elles ont fait l'objet de plusieurs études (Stoltz, 2014 ; Pitanga *et al.*, 2009 ; Reyes Ramirez et Gourc, 2003). Concernant la résistance au cisaillement interne des géosynthétiques, la norme XP-G 38-067 AFNOR (2010) impose la vérification de cette dernière. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthode normalisée permettant de mesurer cette résistance interne. Ceci provient de la complexité et de la diversité des différents géosynthétiques qui sont souvent un assemblage d'éléments de nature différente. Pour garantir la résistance interne des produits, les industriels sont ainsi amenés à surdimensionner les éléments de liaison entre les nappes de natures différentes sans possibilité d'optimisation.

Irstea est très impliqué dans le domaine des géosynthétiques et participe notamment à l'élaboration de normes et à la rédaction de guides de recommandations. L'absence de norme sur la résistance au cisaillement interne des produits géosynthétiques décrite précédemment est un sujet sur lequel Irstea a souhaité s'investir.

La société Bonar est un groupe industriel producteur de géosynthétiques. Elle compte parmi ses produits une gamme de géosynthétiques de renforcement et d'accrochage de terre. Leur fonction est de stabiliser une couche de sol sur talus étanché. Ces produits sont des produits composites, ainsi appelés géocomposites, c'est-à-dire composés par un assemblage de nappes de nature différente et liaisonnées par couture.

L'absence de norme d'essai appropriée contraint la société Bonar à surdimensionner ses produits. L'intérêt pour cette société d'une telle méthode de mesurage réside dans une optimisation de ses produits tout en justifiant leur résistance dans les dimensionnements d'ouvrages.

Un partenariat entre l'institut de recherche Irstea et la société Bonar a ainsi été conclu afin de développer une méthode de mesurage d'un géocomposite de type accroche-terre avec la fonction de renforcement.

Pour faciliter la compréhension du procédé de mesurage, le produit étudié est décrit en premier lieu même si le procédé de mesurage pourrait être appliqué à d'autres types de produits.



❶ Géosynthétique de type accroche-terre mis en place sur une pente d'installation de stockage de déchets non dangereux.

© A. Héroult

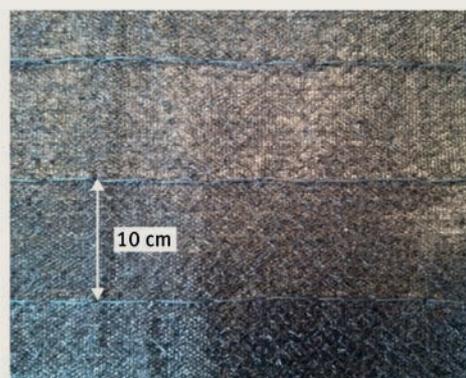
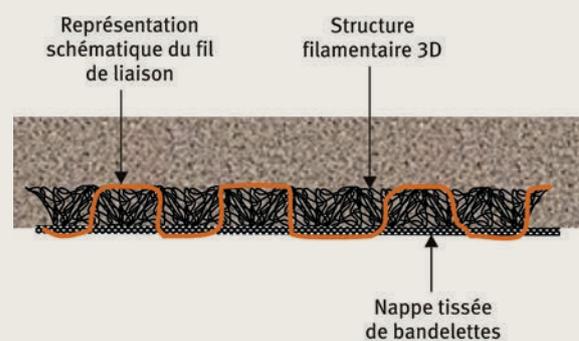
### Description du produit étudié

Le produit étudié est un géocomposite comportant une nappe tissée de bandelettes en polypropylène et une structure filamenteuse 3D en polyamide6, les deux nappes étant liées par coutures continues dans le sens de production (figure ❶). Dans le produit étudié, l'espace entre les coutures est de 10 cm.

Installé sur pente, le produit subit une contrainte de cisaillement avec l'apport d'une couche de sol, celle-ci pouvant conduire, en cas de mauvaise conception, à la rupture par traction des coutures. La vérification de la résistance au cisaillement interne du produit correspond au mesurage de la résistance des coutures qui solidarisent la nappe tissée de bandelettes en polypropylène à la structure filamenteuse 3D. L'optimisation du produit par l'industriel consiste à potentiellement augmenter l'espacement entre les fils de liaison tout en garantissant une résistance interne adaptée aux efforts rencontrés dans l'ouvrage.

Les produits géosynthétiques posés sur pentes sont généralement déroulés à partir du haut de la pente. Les coutures du produit sont ainsi sollicitées selon un sens privilégié. Cependant, il arrive que certaines contraintes de mise en œuvre sur site imposent un sens de pose inverse, c'est-à-dire un sens de déroulement des produits à partir du bas de la pente. Dans cette configuration, les coutures sont sollicitées dans le sens inverse au sens normal de pose. Pour ces raisons, les coutures du produit doivent être testées dans les deux sens. Le sens des coutures correspondant au sens normal de pose est identifié par le sens n°1 (figure ❷) et le sens inverse est identifié par le sens n°2 (figure ❸).

❶ Représentation schématique du géosynthétique de type accroche-terre étudié avec une couche de sol sus-jacente (en haut) et une photographie associée (en bas).



Vue de dessus du géocomposite étudié

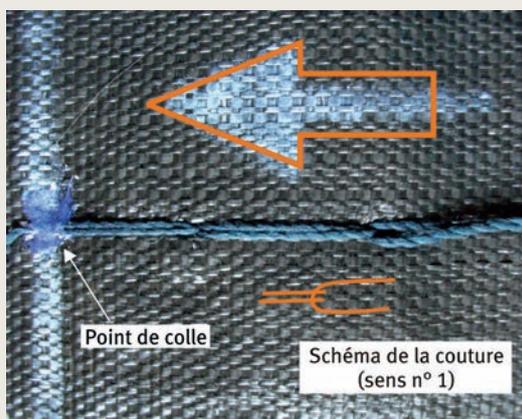
### Principe de l'expérimentation développée

L'expérimentation décrite ci-dessous a spécifiquement été développée pour déterminer la résistance des coutures lorsque les nappes inférieure et supérieure d'un produit géosynthétique composite sont soumises à des efforts de cisaillement. Le principe de l'expérimentation menée, présenté à la figure 4, consiste à solidariser la nappe tissée à une planche de bois de dimensions ( $L = 0,94 \text{ m} \times l = 1,00 \text{ m}$ ) sur laquelle s'applique, par l'intermédiaire d'une couche de sable contenue dans un boîtier, une contrainte normale de 9 kPa. La structure filamentaire 3D repose sur une surface « très frottante » (toile émeri de grain P80). L'expérimentation consiste à imposer un mouvement de translation à la planche de bois par l'intermédiaire du boîtier supérieur, entraînant une sollicitation des coutures du fait d'un coefficient de frottement très élevé entre la structure filamentaire 3D et le support en toile émeri. Si la résistance des coutures est supérieure à la résistance au frottement entre la structure filamentaire 3D et le support en toile émeri, alors

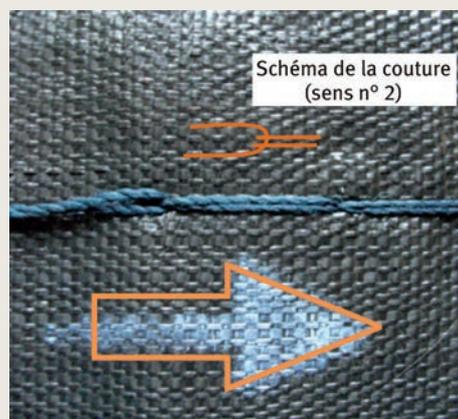
le déplacement de la planche de bois conduit à un glissement de la structure filamentaire 3D sur le support en toile émeri. Ceci constitue donc un seuil de mesurabilité car, dans ce cas, il n'est possible de donner qu'une valeur de résistance interne « au moins égale au seuil ».

Pour réaliser une expérimentation, la nappe tissée de bandelettes est solidarifiée à la planche de bois au moyen d'agrafes et, sur la partie amont du produit, des points de colle sont réalisés sur les coutures à l'aide d'un pistolet à colle pour se placer dans les conditions d'une section courante avec des coutures amont non endommagées (photo 2). L'expérimentation peut également être menée sans la mise en place de points de colle au niveau des coutures sur la partie amont du produit pour simuler une extrémité de nappe. La planche de bois est disposée sur son support de façon à ce que la structure filamentaire 3D soit au contact de la toile émeri frottante. Le sens des coutures testées détermine l'orientation de la planche de bois. Un boîtier supérieur sur roulettes aux dimensions de la planche de bois est installé sur le support plan (photo 3).

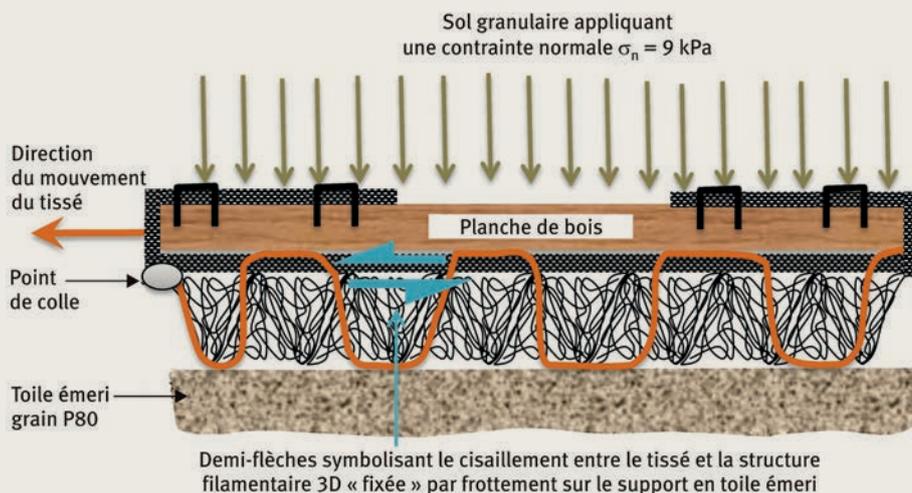
- 2 Représentation du sens des coutures n° 1, la flèche blanche indiquant le sens de mouvement du tissé lors du test de résistance au cisaillement interne.



- 3 Représentation du sens des coutures n°2, la flèche blanche indiquant le sens de mouvement du tissé lors du test de résistance au cisaillement interne.



- 4 Principe de l'expérimentation de mesurage de la résistance au cisaillement des coutures d'un géosynthétique composite.





② Réalisation des points de colle au sommet de l'échantillon et fixation par agrafes de la nappe tissée de bandelettes à la planche de bois.

③ Mise en place du boîtier autour de la planche de bois, mise en place des charges statiques et mouvement horizontal imposé du boîtier supérieur.



Puis, un sol granulaire de type sable ayant des particules de tailles comprises entre 1 mm et 2 mm est mis en place au-dessus de la planche de bois. Enfin, des masses de lestage sont mises en place au-dessus du sable de façon à ce que la contrainte normale s'appliquant sur la planche de bois soit égale à 9 kPa (photo ③). La face avant du boîtier supérieur est alors connectée à un treuil motorisé à l'aide d'un câble associé à un capteur de force permettant de mesurer la tension dans le câble. L'essai consiste à imposer un déplacement au boîtier supérieur à une vitesse constante de 3 mm/min. Lorsque l'effort de cisaillement augmente, des efforts résistants sont repris au niveau des coutures et par frottement entre la nappe filamentaire 3D et la nappe tissée de bandelettes. Ces deux efforts résistants s'opposent à un glissement entre les deux nappes. L'expérimentation menée ne permet pas de dissocier la proportion de ces deux efforts résistants. La sollicitation des coutures met en tension les fils, mais l'expérimentation ne permet pas de mesurer de manière locale cette tension qui peut être non homogène le long de l'éprouvette.

L'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont confidentiels. Concernant le produit étudié, plusieurs éprouvettes n'ont pas rompu par cisaillement des coutures, ce qui ne permet de donner dans ce cas qu'une valeur minorante de la résistance interne. Ces résultats montrent que le protocole mis au point est pertinent mais comporte des limites : au-delà d'un certain niveau de performance, il n'est plus possible d'amener le produit testé à sa rupture complète pour mesurer précisément sa résistance au cisaillement interne.

### Conclusion

Cette étude de recherche fait suite à la fois à un manque normatif, sur lequel s'investit Irstea, et au besoin d'un producteur de géosynthétiques désireux de mieux caractériser ses produits pour en optimiser la conception tout en assurant la fiabilité. En effet, en fonction des contraintes de l'ouvrage, un géocomposite peut faire l'objet d'une optimisation, tout en ayant un dimensionnement qui garantisse la stabilité du produit et ainsi de l'ouvrage.

De manière concrète, un protocole expérimental a ainsi été développé pour déterminer la résistance au cisaillement interne d'un produit géosynthétique de renforcement de type accroche-terre. Cette première version de protocole est perfectible pour en augmenter la portée et ainsi avoir, pour un produit géosynthétique donné, une approche économique et sécuritaire exhaustive. ■

### Les auteurs

#### Guillaume STOLTZ

Irstea – UR HBAN – Hydrosystèmes et bioprocédés  
1 rue Pierre-Gilles de Gennes  
CS 10030 – 92761 Antony Cedex – France  
✉ [guillaume.stoltz@irstea.fr](mailto:guillaume.stoltz@irstea.fr)

#### Alain HÉRAULT

Bonar – 12 rue de la Renaissance  
CS 10004 – 92184 Antony Cedex – France  
✉ [alain.herault@bonar.com](mailto:alain.herault@bonar.com)

### EN SAVOIR PLUS...

- AFNOR, 2010, XP G 38-067 Géosynthétiques – Géotextiles et produits apparentés, Stabilisation d'une couche de sol mince sur pente, BNSR, GSY.
- PITANGA, H.-N., GOURC, J.-P., VILAR, O.-M., 2009, Interface shear strength of geosynthetics: evaluation and analysis of inclined plane test, *Geotextiles and Geomembranes*, n° 27(6), p. 435-446.
- REYES-RAMIREZ, R., GOURC, J.-P., 2003, Use of the inclined plane test in measuring geosynthetics interface friction relationship, *Geosynthetic International*, n° 10 (5), p. 165-175.
- STOLTZ, G., 2014, *Quel mode de chargement pertinent pour évaluer l'angle de frottement des interfaces géosynthétique-géosynthétique ?*, Rencontres Géosynthétiques 2014, La Rochelle, France.