

EN ISO 12958 : INFLUENCE DES ESSAIS « PLAQUES MOUSSES / DURES » SUR LES DÉBITS DANS LE PLAN DES GÉOCOMPOSITES DE DRAINAGE

EN ISO 12958 : HARD AND SOFT PLATEN INFLUENCE ON THE IN-PLANE FLOW CAPACITY OF GEOCOMPOSITES IN MACHINE AND CROSS MACHINE DIRECTION

Laurent BITAUDEAU, Alan BAMFORTH

¹ HUESKER France, Gresswiller, France

² ABG Limited

RÉSUMÉ - La norme EN ISO 12958 permet de mesurer les capacités de débit dans le plan des géocomposites de drainage entre plaques mousses ou dures. Les capacités de débit entre plaques de mousses sont jusqu'à 100 fois plus faibles qu'entre des plaques dures. Un géocomposite de drainage à cupules pyramidales, bien que moins épais et plus léger qu'un à base de géofilet extrudé ou de filaments enchevêtrés en chevrons, atteint des capacités de drainage 20 à 40 fois plus importantes entre plaques mousses. Les concepteurs doivent porter leur attention sur les conditions d'essais inscrites en bas des fiches techniques, faire la relation avec l'application du projet et demander les rapports d'essais entre plaques de mousses si les valeurs ne sont pas déjà inscrites sur les fiches techniques.

Mots-clés : EN ISO 12958, drainage, plaque mousse et dures, cupules pyramidales

ABSTRACT - The EN ISO 12958 test standard allows to measure the in-plane flow capacity of a drainage composite between soft or hard platens. The apparent in-plane flow capacity with soft platens is shown to be up to 100 times lower than the flow achieved with hard platens. A single cusped drainage geocomposite tested was thinner and lighter than a bi-planar extruded geonet and a random fibre zig-zag but achieved 20 to 40 times the in-plane flow when tested with soft platens. Designers need to read the small print on datasheets, make the relation with the site conditions and ask the test reports with soft platens if values are not already mentioned on datasheets.

Keywords: EN ISO 12958, drainage, soft and hard platens, single cusped

1. Introduction

La norme EN ISO 12958 est la norme européenne et Internationale pour la détermination des capacités de débit dans le plan des géotextiles et produits apparentés tels que les géocomposites de drainage. Éditée en 1999 et révisée en 2007, cette norme détermine la capacité de débit à court terme des géocomposites de drainage qui est publiée dans les fiches techniques. Ce test est plus couramment utilisé pour déterminer les capacités de débit en sens longitudinal des géocomposites, mais peut être également utilisé en sens travers. Le débit à long terme attendu pendant la durée de vie du projet dépend du fluage du géocomposite (Greenwood et al., 2008). Ces tests de capacité de débit peuvent être réalisés selon deux méthodes utilisant des plaques mousses ou des plaques dures selon l'application des géocomposites dans le projet.

L'objet de cette communication est d'étudier dans un premier temps les évolutions des capacités de débit entre plaques mousses et dures de différentes structures de géocomposites en fonction de la contrainte de confinement et du gradient hydraulique. Ensuite seront examinées les différences de comportement entre sens longitudinal et travers pour terminer sur l'analyse comparative des résultats de laboratoire par rapport aux valeurs déclarées des fiches techniques et faire le lien avec les applications en phase travaux, le marquage CE et l'EN 13252.

2. Types de géocomposites de drainage et applications

Les géocomposites de drainage sont constitués d'une âme drainante en polymère liaisonnée à des géotextiles sur une ou deux faces. Il existe une grande variété d'âmes drainantes, les plus communes (figure 1) étant les cupules pyramidales (simple ou double), les géofilets extrudés ou les fibres enchevêtrées en chevrons (zig-zag). Les polymères les plus couramment utilisés pour constituer l'âme drainante sont le Polyéthylène Haute Densité (PEHD), le Polypropylène (PP), le Polystyrène Haute résistance aux chocs (HIPS) ou le Polyamide (PA).

Le tableau I montre les capacités de débits publiées dans les fiches techniques de ces géocomposites sous différents gradients hydrauliques (HG). Chaque produit provient de producteurs différents et sont tous d'origine européenne et par conséquent dans le cadre du marquage CE.

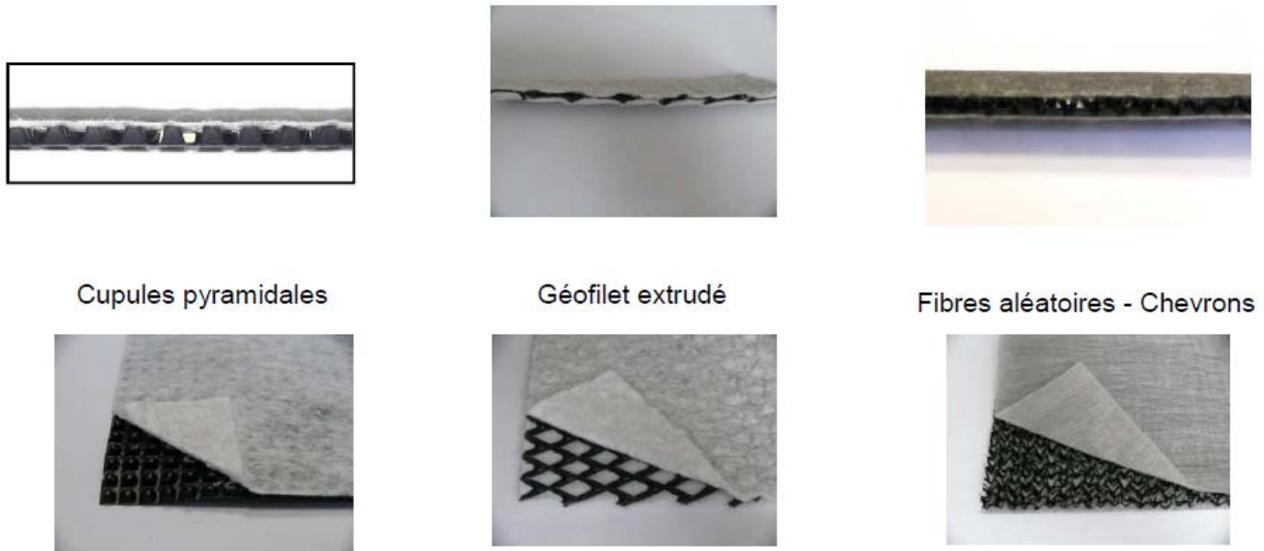


Figure 1. Structures de géocomposites de drainage

Tableau I. Informations de fiches techniques publiées

					Moyenne des capacités de débit à court terme en SL : sens longitudinal (l/m/s)		
Type de géocomposite	Épaisseur (mm) Masse Surfaccique (g/m ²)	Norme et sens testés (SL :longitudinal) (ST : travers)	Conditions de plaques d'essai	Contrainte de confinement (kPa)	Gradient hydraulique		
					HG= 1,0	HG= 0,3	HG= 0,1
Cupules pyramidales 	4,7 mm 570 g/m ²	EN ISO 12958 SL et ST	Mousses	20 50 100 200	0,95 - 0,71 0,59	- - - -	0,25 - 0,17 0,14
Géofilet extrudé 	4,8 mm 740 g/m ²	EN ISO 12958 SL seul	Dures	20 50 100 200	0,62 0,51 - 0,35	- - - -	0,13 0,09 - 0,07
Fibres enchevêtrées chevrons 	6,5 mm 660 g/m ²	EN ISO 12958 SL seul	Non-précisé	20 50 100 200	1,30 1,20 1,00 -	0,65 0,60 0,55 -	0,33 0,30 0,25 -

Les géocomposites de drainage sont utilisés dans une large gamme d'applications. Ils sont installés à n'importe quel angle, de la verticale à l'horizontale et soumis à des contraintes de confinement de 20 kPa à plus de 200 kPa. Le Tableau II indique les applications courantes et les conditions de test appropriées.

Tableau II. Applications des géocomposites de drainage et conditions de test appropriées

Application	Matériaux en contact	Conditions de test appropriées selon EN ISO 12958	Gradient hydraulique (HG)
Mur de soutènement	Sol - Béton	Mousse - Dure	1,00
Rive de chaussée	Sol - Sol	Mousse - Mousse	0,03 - 1,00
Couverture d'ISD - PEHD	Sol - PEHD	Mousse - Dure	0,03 - 0,30
Couverture d'ISD - GSB	Sol - GSB	Mousse - Mousse	0,03 - 0,30
Lixiviats en ISD	Granulaires - Textile	Mousse - Mousse	0,03 - 0,30
Détection de fuite en ISD	PEHD - PEHD	Dure - Dure	0,03 - 0,30
Sous-sol	Béton - Béton	Dure - Dure	0,03 - 1,00
Couverture de tunnel	Sol - Béton	Mousse - Dure	0,03 - 1,00

3. Détermination de la capacité de débit dans le plan selon EN ISO 12958 et Marquage CE

Chaque éprouvette de géocomposite est placée dans le banc d'essai de transmissivité (figure 2). Elle a 300 mm de largeur par 450 mm de longueur.

Elle est placée soit :

- entre deux plaques de mousse : pour reproduire une situation entre, par exemple, un complexe bentonitique et des matériaux de remblais ;
- entre deux plaques dures : pour reproduire une situation entre, par exemple, une membrane PEHD et une plaque de béton ;
- entre une plaque mousse et une plaque dure : pour reproduire une situation entre, par exemple, des matériaux de remblais et une plaque de béton.

Les plaques de mousse utilisées correspondent aux spécifications de l'EN ISO 12958 pour simuler les matériaux de remblai. Des plaques de confinement sont alors placées en surface pour appliquer des contraintes de confinement de 20, 50, 100 et 200 kPa tandis que de l'eau à 20°C est injectée sous des gradients hydrauliques (HG) de 1,0 - 0,3 - 0,1. Le débit à court terme est calculé à partir d'un volume d'eau collecté, au minimum de 0,5 litres, et mesuré entre 5 secondes au minimum et 10 minutes au maximum.

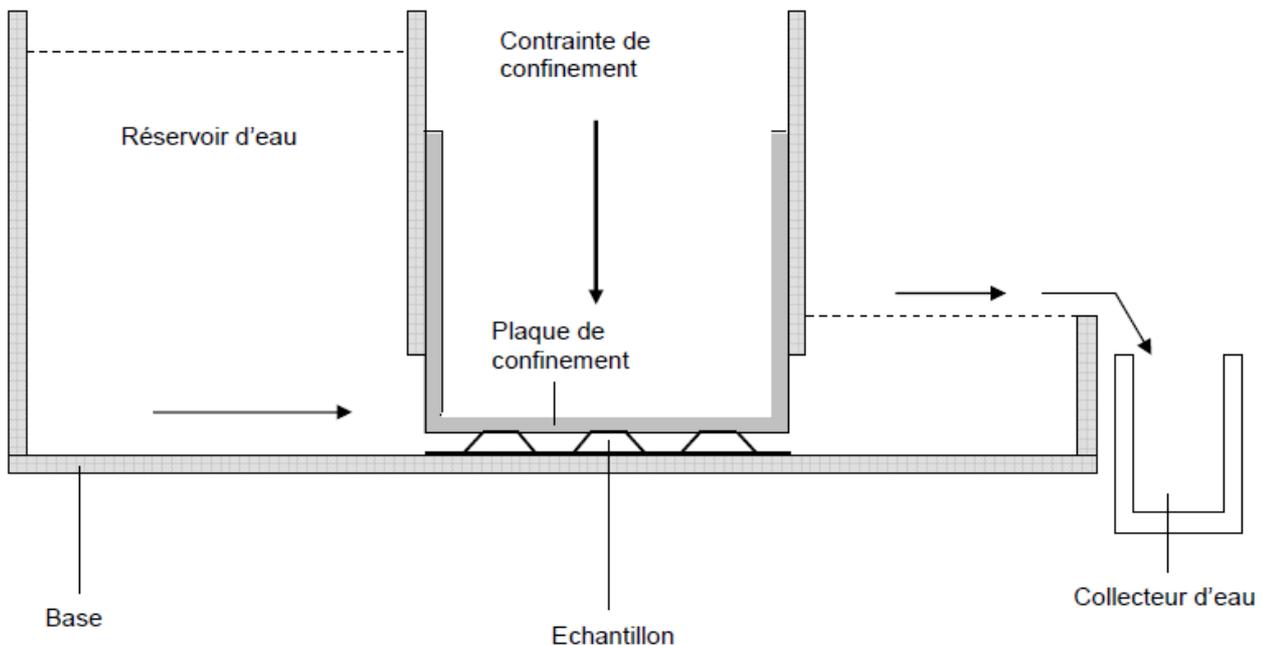


Figure 2. Schéma d'installation pour les essais de transmissivité selon la norme EN ISO 12958

3.1. Plaques mousse

La norme EN ISO 12958 mentionne l'utilisation de caoutchouc cellulaire dans les tests de débit, appelé plaque mousse, pour simuler les matériaux de remblai du site. Des travaux (Zhao & Montanelli, 1999 ; Bamforth, 2009) indiquent que les plaques de mousses simulent avec précision des remblais sableux ou granulaires mais peuvent sous-estimer la réduction de l'écoulement quand des remblais fins sont utilisés. Les plaques de mousses (figure 3) transfèrent la pression de confinement au géotextile de surface du géocomposite. Le géotextile va ainsi s'immiscer dans l'âme drainante et causer une réduction de l'écoulement. Cette réduction viendra s'ajouter à celle due à la compression de l'âme drainante. La méthode de test entre plaques de mousses est celle retenue dans la norme EN ISO 12958 et celle destinée à être utilisée le plus fréquemment, les géocomposites de drainage étant chargés le plus souvent par des matériaux de remblai.

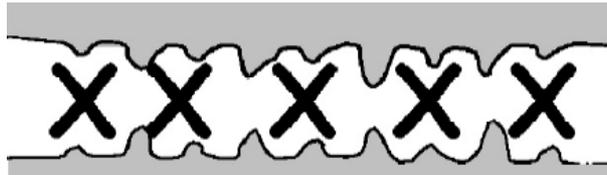


Figure 3. Les plaques mousses transfèrent la pression aux géotextiles de surface

3.2. Plaques dures

La norme EN ISO 12958 adopte en option la possibilité d'utiliser des plaques de métal ou plaques dures pour des tests de débit pour des cas particuliers où le géocomposite de drainage se trouve entre deux surfaces rigides. Un exemple serait une strate de détection de fuite entre deux membranes PEHD. Les plaques dures (figure 4) transfèrent directement la contrainte de confinement sur l'âme drainante du géocomposite. Il n'y a aucune pression sur le géotextile de surface et donc aucune intrusion du géotextile dans l'âme drainante. La réduction de l'écoulement sous pression de confinement est uniquement due à la réduction de l'épaisseur de l'âme drainante. Les tests de capacité de débit dans le plan des géocomposites sous ces conditions de plaques dures obtiennent ainsi les résultats les plus élevés. En conformité avec la norme EN ISO 12958 et dans le cas d'utilisation de plaques dures, les producteurs sont obligés de mentionner sur leurs fiches techniques que ces valeurs de débits obtenues le sont sous des conditions de plaques dures.

Cette information indispensable à la compréhension des résultats est souvent inscrite en bas de page en mentionnant R/R, pour rigide-rigide, ou DURE et une lecture détaillée de la fiche technique permettra aux concepteurs d'appréhender les conditions de performances des géocomposites.



Figure 4. Les plaques dures transfèrent la pression uniquement à l'âme drainante

Malheureusement, un nombre important de fiches techniques stipulent uniquement ces capacités entre plaques dures sans précision des conditions de plaques d'essai. Cela peut être trompeur car ces valeurs ne seront atteintes que dans des conditions d'installation particulières entre surfaces rigides alors que, dans la plupart des applications, le géocomposite sera utilisé avec des remblais de sol ou de matériaux granulaires, simulés par les plaques mousses, et les écoulements seront significativement bien plus faibles que les valeurs déclarées.

3.3. Capacité de débit dans le plan

Les capacités de débit dans le plan des géocomposites sont donc très dépendantes des conditions de plaques. La méthode la plus pratique est de tester le géocomposite entre plaques de mousses afin de simuler des matériaux de remblai tel que le stipule l'EN ISO 12958. Ce test donne directement un écoulement réduit à court terme, qui permet de comparer les produits entre eux sous des conditions de

site simulées, et veille à ce que le concepteur suive les meilleures pratiques telles que décrites dans l'EN ISO 12958. Tester un géocomposite avec le sol spécifique du site est possible mais plus difficile et est généralement réservé aux applications les plus sévères.

Les tests de débit déterminent habituellement les débits à court terme. Les débits décroissent en fonction du temps qui s'écoule comme l'épaisseur du géocomposite se réduit sous la pression de confinement. C'est le fluage (Jarousseau et al., 2006). Le débit à long terme est donc calculé par l'application d'un facteur de réduction (Γ_{flu}) pour le fluage de la réduction d'épaisseur de l'âme drainante au fil du temps.

4. Résultats et analyse

Les résultats des tests de débits, réalisés par des laboratoires indépendants et consultables, obtenus selon l'EN ISO 12958 pour chaque géocomposite de drainage étudié, sont présentés dans le tableau III.

Tableau III. Résultats des essais de débits dans le plan en sens longitudinal (SL) et transversal (ST) selon EN ISO 12958

Type de géocomposite	Conditions d'essais	Contrainte de confinement (kPa)	Débit à court terme (l/m/s) mesuré en SL (sens longitudinal de l'échantillon)			Débit à court terme (l/m/s) mesuré en ST (sens travers de l'échantillon)		
			GH 1,0	GH 0,3	GH 0,1	GH 1,0	GH 0,3	GH 0,1
Cupules pyramidales 	Mousse-Mousse	20	0,97	0,47	0,25	0,98	0,46	0,26
		50	0,82	0,39	0,19	0,80	0,40	0,19
100		0,71	0,28	0,14	0,72	0,27	0,13	
200		0,52	0,17	0,09	0,51	0,15	0,09	
Dure-Dure	20	1,18	0,72	0,31	1,15	0,71	0,30	
	50	-	-	-	-	-	-	
	100	1,01	-	0,27	1,00	-	0,25	
	200	0,88	0,62	0,22	0,89	0,61	0,21	
Géofilet extrudé X X X X	Mousse-Mousse	20	0,13	-	0,022	0,08	-	0,01
		50	0,071	-	0,010	-	-	-
100		0,032	-	0,0034	0,02	-	0,000	
200		0,012	-	0,0006	0,000	-	0,000	
Dure-Dure	20	0,55	-	0,10	0,24	-	0,041	
	50	0,46	-	0,085	0,21	-	0,034	
	100	0,38	-	0,069	0,18	-	0,029	
	200	0,28	-	0,051	0,15	-	0,024	
Fibres enchevêtrées chevrons 	Mousse-Mousse	20	0,34	0,093	0,041	0,20	0,084	0,037
		50	0,12	0,044	0,019	0,093	0,050	0,018
100		0,061	0,015	0,0064	0,044	0,016	0,0067	
200		0,018	0,0024	0,0005	0,026	0,0046	0,0007	
Dure-Dure	20	1,06	0,51	0,23	0,64	0,29	0,14	
	50	0,99	0,46	0,21	0,59	0,27	0,13	
	100	0,88	0,40	0,19	0,56	0,25	0,12	
	200	0,64	0,28	0,13	0,51	0,23	0,10	

Les résultats du Tableau III sont très différents selon l'utilisation de plaques dures ou de mousse. Le Tableau IV, extrait du Tableau III, montre les évolutions des capacités de débit des géocomposites testés entre plaques dures et mousses, sous divers environnements : gradient hydraulique = 0,1 à 20 et 100 kPa, et gradient hydraulique = 1,0 à 20 et 100 kPa.

Tableau IV. Évolution (%) des capacités de débit entre plaques dures et plaques de mousses

Conditions d'essais	Débit à court terme (l/m/s) mesuré en SL Gradient hydraulique = 0,1 – 20 kPa			Débit à court terme (l/m/s) mesuré en SL Gradient hydraulique = 0,1 – 100 kPa		
	Dures	Mousses	Evolution % Mousse / Dure	Dures	Mousses	Evolution % Mousse / Dure
Cupules pyramidales e= 4,7 mm 570 g/m ² 	0,310	0,250	-20 %	0,270	0,140	-48 %
Géofilet extrudé e= 4,8 mm 740 g/m ² X X X X	0,100	0,022	-78 %	0,069	0,003	-95 %
Fibres enchevêtrées chevrons e= 6,5 mm 660 g/m ² 	0,230	0,041	-82 %	0,190	0,006	-96 %
Conditions d'essais	Débit à court terme (l/m/s) mesuré en SL HG=1,0 – 20 kPa			Débit à court terme (l/m/s) mesuré en SL HG=1,0 – 100 kPa		
	Dures	Mousses	Evolution % Mousse / Dure	Dures	Mousses	Évolution % Mousse / Dure
Cupules pyramidales e= 4,7 mm 570 g/m ² 	1,180	0,970	-17 %	1,010	0,710	-30 %
Géofilet extrudé e= 4,8 mm 740 g/m ² X X X X	0,550	0,130	-23 %	0,380	0,032	-91 %
Fibres enchevêtrées chevrons e= 6,5 mm 660 g/m ² 	1,060	0,340	-67 %	0,880	0,061	-93 %

Les débits entre plaques de mousses sont toujours et jusqu'à 100 fois inférieurs à ceux obtenus entre plaques dures, voir le cas du géocomposite de fibres enchevêtrées ou du géofilet extrudé sous HG=0,1 et 200 kPa en sens longitudinal.

Chaque structure de géocomposite se comporte différemment, D'une manière générale, la différence de débits la plus petite en pourcentage, entre plaques dures et de mousses, est obtenue pour

l'échantillon de cupules pyramidales, suivi par le géofilet extrudé et en dernier pour le géocomposite à fibres enchevêtrées.

Le géocomposite à cupules pyramidales, bien que le plus léger et le moins épais, donne les meilleures performances de débit en conditions de plaques dures ou de mousses, de 20 à 40 fois plus importantes, voir résultats sous gradient hydraulique = 0,1 - 100 kPa et plaques de mousses.

Pour chaque type de drainant, l'évolution en pourcentage de la différence de débit entre plaques dures et plaques de mousses augmente lorsque la pression de confinement augmente, Les débits sous plaques dures décroissent avec l'augmentation de la pression de confinement due à l'écrasement de l'âme drainante, Les débits sous plaques de mousses décroissent encore plus avec l'augmentation de la pression de confinement due à l'écrasement de l'âme drainante combinée à l'intrusion du géotextile à l'intérieur de l'âme drainante.

L'évolution en pourcentage de la différence de débit entre plaques dures et plaques de mousses augmente également lorsque le gradient hydraulique décroît, Ceci est probablement dû au fluage d'intrusion du géotextile dans l'âme drainante parce que les tests prennent d'autant plus de temps que les gradients hydrauliques sont faibles.

Le Tableau V, extrait du Tableau III, montre les évolutions des capacités de débit des géocomposites selon les sens longitudinal (SL) et transversal (ST), sous gradient hydraulique fixe (1,0) et contraintes de confinement croissantes.

Tableau V. Évolution (%) des capacités de débit selon les sens longitudinal (SL) et sens transversal (ST)

			Débit en SL (l/m/s)	Débit en ST (l/m/s)	Évolution ST/SL %
Type de géocomposite	Conditions d'essais	Contrainte de confinement (kPa)	HG 1,0	HG 1,0	
Cupules pyramidales 	Mousse-Mousse	20	0,97	0,98	+1 %
		50	0,82	0,80	-2 %
		100	0,71	0,72	+1 %
		200	0,52	0,51	-2 %
	Dure-Dure	20	1,18	1,15	-2 %
		50	-	-	-
		100	1,01	1,00	-1 %
		200	0,88	0,89	+1 %
Géofilet extrudé X X X X	Mousse-Mousse	20	0,13	0,08	-38 %
		50	0,071	-	-
		100	0,032	0,02	-37 %
		200	0,012	0,000	-
	Dure-Dure	20	0,55	0,24	-56 %
		50	0,46	0,21	-54 %
		100	0,38	0,18	-52 %
		200	0,28	0,15	-46 %
Fibres enchevêtrées chevrons 	Mousse-Mousse	20	0,34	0,20	-41 %
		50	0,12	0,093	-22 %
		100	0,061	0,044	-27 %
		200	0,018	0,026	+44 %
	Dure-Dure	20	1,06	0,64	-69 %
		50	0,99	0,59	-40 %
		100	0,88	0,56	-36 %
		200	0,64	0,51	-20 %

Sous conditions de plaques de mousses ou dures, les débits dans le plan mesurés en sens longitudinal (SL) ou en sens transversal (ST) sont sensiblement similaires pour le géocomposite à cupules pyramidales, Les débits en sens transversal (ST) des géofilets extrudés et des géocomposites

de fibres enchevêtrées en chevrons sont significativement moindre, jusqu'à -50%, par rapport aux débits mesurés en sens longitudinal (SL), Il est de fait important pour certains géocomposites non-isotropes de spécifier leur sens de mise en œuvre sur chantier.

La comparaison des débits mesurés par rapport aux fiches techniques révèle quelques faits intéressants, Les débits de la fiche technique du géocomposite à cupules pyramidales sont en accord avec ceux obtenus lors des tests entre plaques de mousses,

Les débits de la fiche technique du géofilet extrudé sont en accord avec ceux obtenus lors des tests entre plaques dures, La fiche technique du géocomposite à fibres enchevêtrées en chevrons ne mentionnait pas les conditions des plaques d'essais mais les résultats obtenus en tests révèlent que les valeurs de la fiche technique sont obtenues sous plaques dures.

Pour les concepteurs, ces conditions d'essai sont importantes pour comparer des performances de géocomposites, Sur la base des fiches techniques du Tableau I, le concepteur aurait présumé que le géocomposite de fibres enchevêtrées en chevrons eût donné les meilleures performances tandis que, sous des conditions de remblais simulées par les plaques de mousses, c'est le géocomposite à cupules pyramidales qui procure les plus hauts débits (environ 5 à 10 fois plus).

En effet, les débits à court terme qui seraient obtenus en couverture de décharge sur un GSB sous une pression de confinement de 20 kPa et un gradient hydraulique de 0,1 sont approximativement de :

- 0,25 l/m/s pour un géocomposite à cupules pyramidales ;
- 0,04 l/m/s pour un géocomposite de fibres enchevêtrées en chevrons ;
- 0,02 l/m/s pour un géofilet extrudé.

Tous les géocomposites testés, originaires de l'UE, devraient être conformes au marquage CE selon l'EN 13252, mais sur la base des valeurs des fiches techniques, seul le géocomposite à simples cupules procure les débits mentionnés sous 20 kPa et gradient hydraulique de 1 entre plaques de mousses selon l'EN ISO 12958, Les fiches techniques du géofilet extrudé sont clairement basées sur des essais entre plaques dures et celle du géocomposite à fibres enchevêtrées apparaît être entre plaques de mousses par défaut mais ne l'est pas à la vue des résultats, Ces deux dernières fiches techniques sont basées sur des valeurs d'essais réalisés entre plaques dures et ces produits ne devraient être utilisés uniquement pour des applications où des contacts avec des surfaces rigides sont prévus, Ces pratiques n'aident pas les concepteurs, qui ne portent pas forcément attention aux conditions d'essais entre plaques dures ou de mousses.

Dans l'Union Européenne, la Directive des Produits de Construction (CPD) impose aux géocomposites de drainage d'avoir le marquage CE, Le marquage CE n'indique pas les performances pour l'application recherchée mais simplement qu'une série de tests spécifiques ont été réalisés selon les normes EN pour la fonction recherchée, Le document légal n'est pas la fiche technique mais la fiche d'information produit qui est soit insérée dans chaque rouleau comme un document d'accompagnement ou ajoutée à l'étiquette du produit.

Pour les géocomposites de drainage, la norme d'application appropriée, l'EN 13252, indique que la fiche d'information produit doit mentionner la valeur de la capacité de débit mesurée selon l'EN ISO 12958 sous un gradient hydraulique $HG=1$ et sous une pression de confinement de 20 kPa entre plaques de mousses, Il s'agit d'une obligation légale en France.

Il n'y a communément pas de procédure pour assurer la corrélation entre la fiche d'information produit qui arrive sur le chantier et la fiche technique qui a été soumise au concepteur ou à l'acheteur, Les fiches techniques portent le marquage CE mais ne sont pas référencées dans les procédures du marquage CE et ne sont ainsi pas vérifiées par les organismes de contrôle indépendants.

Les concepteurs doivent ainsi insister pour voir les performances de débit entre plaques de mousse.

5. Conclusions

Il nous paraît très important d'attacher de l'importance aux points suivants :

- utiliser les valeurs de débits obtenues lors des essais entre plaques de mousses selon l'EN ISO 12958 et le marquage CE pour simuler la grande majorité des conditions de chantiers, les plaques de mousses ayant des comportements similaires aux remblais sableux/granulaires et étant les plus contraignantes par défaut ;
- porter son attention sur les conditions d'essais entre plaques de mousses ou dures car leur influence est le facteur le plus important sur les performances de débit des géocomposites de drainage ;

- les débits à court terme des géocomposites testés entre plaques de mousses peuvent être jusqu'à 100 fois inférieurs que ceux obtenus entre plaques dures ;
- les débits décroissent en fonction des contraintes de confinement croissantes et des gradients hydrauliques décroissants, cette décroissance de débit est accentuée par les structures des géocomposites à base de géofilet extrudé ou de filaments enchevêtrés ;
- les géocomposites à cupules pyramidales testés, bien que plus léger et fin que les drainants extrudés ou de fibres enchevêtrées, ont des débits de 20 à 40 fois supérieurs quand testés en conditions de remblais simulés ou plaques de mousses ;
- les débits en sens travers des géocomposites à base de géofilet extrudé ou de fibres enchevêtrées sont significativement inférieurs à ceux en sens longitudinal ;
- il faut préciser le sens de mise en œuvre sur chantier pour les géocomposites de drainage non-isotropes.

6. Références bibliographiques

- AFNOR (2010). NF EN ISO 12958, Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la capacité de débit dans leur plan
- AFNOR (2000). EN ISO 13252, Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage
- Bamforth A. (2009). Interpretation of in-plane flow capacity of Geocomposite drainage by tests to ISO 12958 with soft foam and ASTM D4716 with various natural backfill materials, *Paper 209 GeoAfrica 2009 Cape Town*
- Greenwood J., Young D.K. (2008). Measuring Creep of Drainage Materials by Means of the Stepped Isothermal Method in Compression, Paper 221 Proceedings Eurogeo 2008 Edinburgh
- Jarousseau, C., Gallo, R., Touze-Foltz, N. (2006). Relation entre capacité de débit et épaisseur à long terme, Rencontres Géosynthétiques.
- Zhao, A., Montanelli F. (1999). Effect of soil presence on flow capacity of drainage geocomposites under high normal loads. Proceedings of Geosynthetics '99, Vol. 2, Boston, Massachusetts, 1999, pp.799-812.

