

ÉTUDE DE L'APPLICABILITÉ DES GÉOCOMPOSITES DE DRAINAGE TUBULAIRES POUR LE DRAINAGE DES LIXIVIATS EN FOND DE CASIER

APPLICABILITY OF TUBULAR DRAINAGE GEOCOMPOSITES FOR LEACHATE COLLECTION IN THE BOTTOM OF LANDFILLS

Eric BLOND¹, Stéphane FOURMONT², Carole BLOQUET³, Arnaud BUDKA³

¹ Sageos, St-Hyacinthe - Quebec, Canada

² Afitex, Champhol, France

³ Sita, La Défense, France

RÉSUMÉ – Afin de valider l'applicabilité de géocomposites de drainage tubulaires "drain tube" pour le drainage de lixiviats, un projet de recherche ciblant la problématique du colmatage biologique a été mis en œuvre en 2009. La méthode expérimentale et les hypothèses considérées ont été présentées dans le cadre des Rencontres 2011. Cet article présente les principales conclusions et recommandations issues de ce projet. On observe qu'après 18 mois de service le géocomposite de drainage évalué n'est toujours pas colmaté. Cette observation, jumelée à l'analyse de la capacité de drainage réellement nécessaire une fois le site en exploitation, permet de conclure que, du point de vue hydraulique, l'utilisation d'un géocomposite de drainage tubulaire en remplacement d'une fraction de la couche granulaire constitue une alternative acceptable à la couche réglementaire de 0,50 m de matériau drainant.

Mots-clés : lixiviats - géocomposite de drainage - colmatage biologique - Installations de Stockage de Déchets - drainage

ABSTRACT – In order to validate the applicability of tubular drainage geocomposites for leachate collection, a research project focusing of biological clogging has been set-up in 2009. The methodology and hypothesis considered were presented at Rencontres 2011. This document presents the key conclusions and recommendations developed thanks to this project. It was observed that after 18 months, the drainage geocomposite was still not clogged. This observation was put in perspective with the drainage capacity actually required once the landfill is in use, and led to the conclusion that from a hydraulic prospective, usage of a 'drain tube' drainage geocomposite as a replacement to a fraction of the granular layer can be considered a viable replacement to the regulatory compliant 0,50 m layer of granular drainage layer.

Keywords: leachate – drainage geocomposite – biological clogging – landfill – drainage – leachate collection layer

1. Préambule

Cette publication fait suite à celle présentée aux Rencontres Géosynthétiques 2011 à Tours sur le même thème (Blond et al., 2011). Dans le cadre de cette communication, les conclusions présentées étaient les suivantes :

- les besoins de résistance au colmatage biologique des systèmes de drainage doivent être mis en perspective avec la période pendant laquelle la cellule de confinement n'est pas recouverte, ce qui rend caduque l'estimation d'une performance des géosynthétiques vis-à-vis du colmatage biologique dans de nombreux cas ; en effet, Il a été identifié dans la littérature existante qu'une fois la cellule fermée, la quantité de liquides à drainer chute de près d'un ordre de grandeur. Dans ce contexte, quand bien même l'efficacité du drainage géosynthétique serait totalement perdue une fois la cellule fermée, cela ne porterait pas préjudice au fonctionnement global de la cellule dans la mesure où le drainage géosynthétique reste recouvert d'une couche granulaire de 0,30m laquelle pourra continuer de procurer une capacité de drainage suffisante. Par conséquent, l'utilité du géosynthétique de drainage est concentrée pendant la période où la cellule n'est pas fermée, où l'âge des déchets est faible et où par conséquent l'activité bactérienne est faible ;
- de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer la représentativité d'une étude de la résistance au colmatage biologique. Parmi ceux-ci, on peut citer la température et l'âge du lixiviat ;

- après plus de 6 mois d'exposition à la circulation de lixiviat dans des conditions les plus représentatives possibles, le comportement des trois systèmes étudiés ne montrait aucun signe de colmatage biologique significatif.

2. Rappel des principaux paramètres de l'étude

2.1. Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude est de déterminer s'il est acceptable de remplacer 0,50 m de granulats drainants par 0,30 m plus une couche de géocomposite de drainage tubulaire, tel que décrit sur la figure 1.

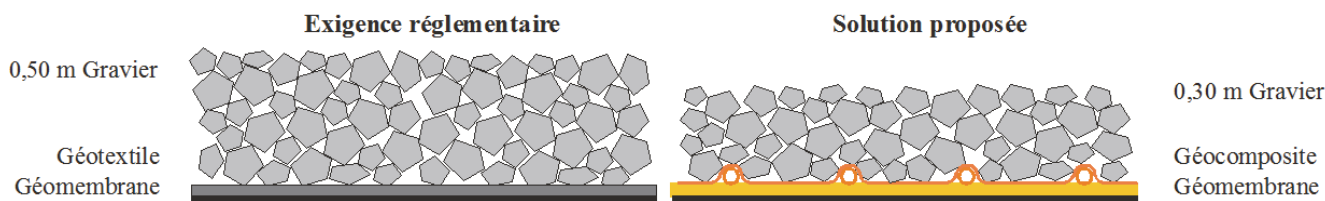


Figure 1. Solution étudiée

Suite à l'analyse des conditions d'opération typiques décrites par Blond et al. (2011), il a été établi que cet objectif était réaliste à condition que le géocomposite de drainage tubulaire conserve sa fonctionnalité pour une durée minimale de 18 mois. Au-delà de cette période, la quantité de liquide atteignant la couche de drainage (granulaire + géocomposite) ne représentera plus qu'au maximum 20% de la quantité initiale dans les conditions de service considérées. Ainsi, la perte de fonctionnalité du géocomposite n'aura plus de conséquence, considérant que la couche granulaire continuera d'offrir une capacité de drainage supérieure à 20% de la capacité initiale de la couche drainante. Par conséquent, l'étude expérimentale a été construite afin de valider expérimentalement que le géocomposite de drainage tubulaire resterait fonctionnel pour une durée minimale de 18 mois.

2.2. Plan expérimental

Trois configurations de couches drainantes ont été reproduites trois fois chacune, pour un total de neuf cellules d'essai. Deux de ces trois configurations comprenaient des géocomposites, constitués de deux types de géotextile anti colmatant: un 240 g/m² et un 160 g/m², disposant des propriétés identifiées dans le tableau 1, et présentés sur la figure 2. De plus, les filtres utilisés sont constitués de fibres incluant des nanoparticules d'argent, qui leur confèrent des propriétés biocides. La troisième configuration ne comprenait que le matériau granulaire lavé (gravier drainant 20/40 concassé), à titre de référence, lequel est présenté sur la figure 3.

Tableau 1. Propriété des géocomposites testés

	Norme	type 'A'	type 'B'
Masse surfacique nominale du filtre (g/m ²)	NF EN 9864	160	240
Masse surfacique nominale de la nappe anti-poinçonnante (g/m ²)	NF EN 9864	800	800
Capacité de débit dans le plan sous 400 kPa et i=0,1 (m ² /s)	NF EN ISO 12958	5,7.10 ⁻⁴	5,7.10 ⁻⁴

Les mesures ont quant à elles été réalisées en profitant des compétences des différents intervenants et de leur proximité du lieu de l'expérimentation. Ainsi, ce projet a été réalisé en collaboration par un opérateur de centre de stockage de déchets, un fabricant de géocomposite de drainage tubulaire et un laboratoire, en mettant à profit les forces de chacune des parties. Ainsi :

- le laboratoire – Groupe CTT (SAGEOS) – a procédé à la conception du montage expérimental et du plan d'expérience, et a été supporté par le fabricant de géocomposite de drainage tubulaire pour la fabrication et l'installation sur le site ;
- le personnel de l'opérateur de centre de stockage de déchets – SITA – a procédé aux mesures hebdomadaires, et faisait appel à AFITEX en cas de problème ;

- le fabricant de géocomposite de drainage tubulaire – AFITEX – a procédé à des visites de contrôle occasionnelles et à des corrections du dispositif, lorsque jugé pertinent ;
- le laboratoire a procédé à deux visites de contrôle sur la durée du projet, et à une visite finale au cours de laquelle les cellules ont été démontées et observées.

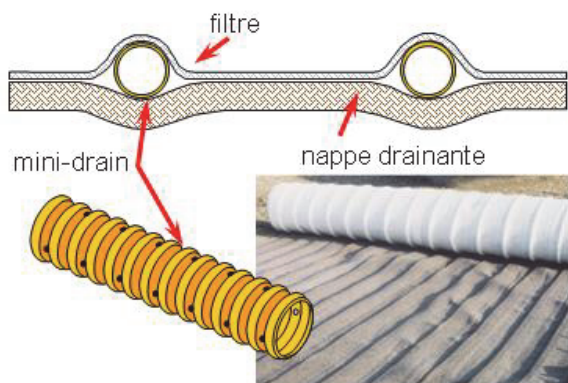


Figure 2. Structure des géocomposites



Figure 3. Matériau granulaire lavé utilisé en référence (dimensions de la cellule : 250 mm x 250 mm)

3. Bilan des observations réalisées

3.1. Mesures hydrauliques

La figure 4 présente la température observée dans le lixiviat à l'instant où les mesures ont été réalisées. Les figures 5, 6 et 7 présentent quant à elles l'indice de colmatage observé pendant la durée du projet. Cette valeur est calculée en divisant la vitesse de décharge à un instant 't' par la vitesse de décharge mesurée immédiatement après l'installation de chaque système, tel que décrit par Blond et al. (2011). Cette propriété permet de comparer des matériaux de propriétés différentes et de comparer qualitativement l'évolution des systèmes sur une base propre à chacun d'eux.

Il faut noter que l'indice de colmatage n'a pas de signification physique et ne représente pas un 'taux d'efficacité' des systèmes, tant et aussi longtemps qu'aucun colmatage significatif n'est détecté. Cette valeur sert plutôt à détecter toute perte de fonctionnalité significative et à détecter l'instant à laquelle celle-ci se produit, en se basant sur une observation reliée à la fonction du produit. La connaissance de la valeur de cet indice de colmatage à un instant donné ne représente donc pas une propriété du système, et il n'est pas nécessaire de la connaître avec précision.

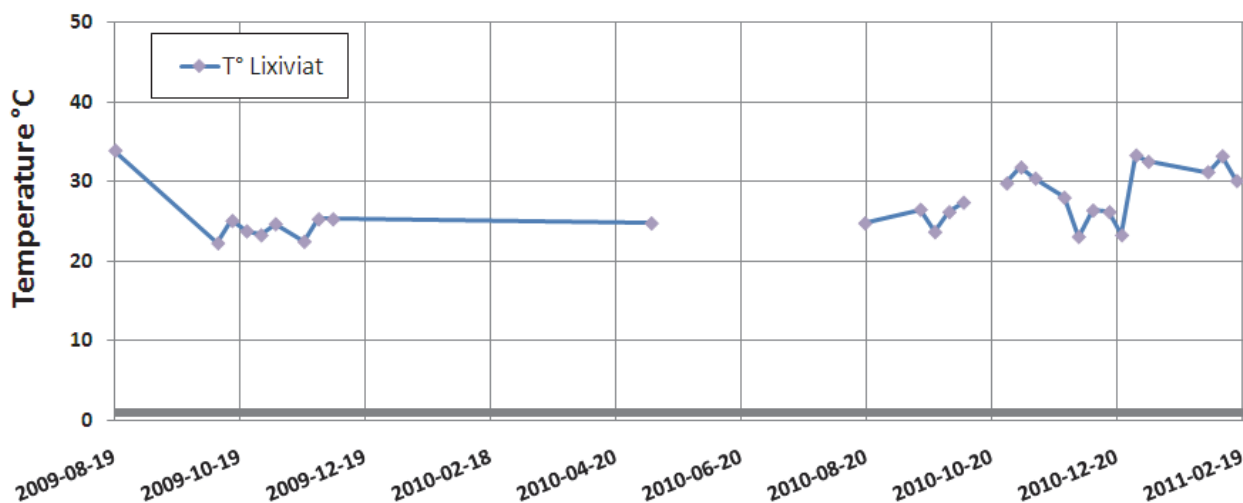


Figure 4. Température du lixiviat

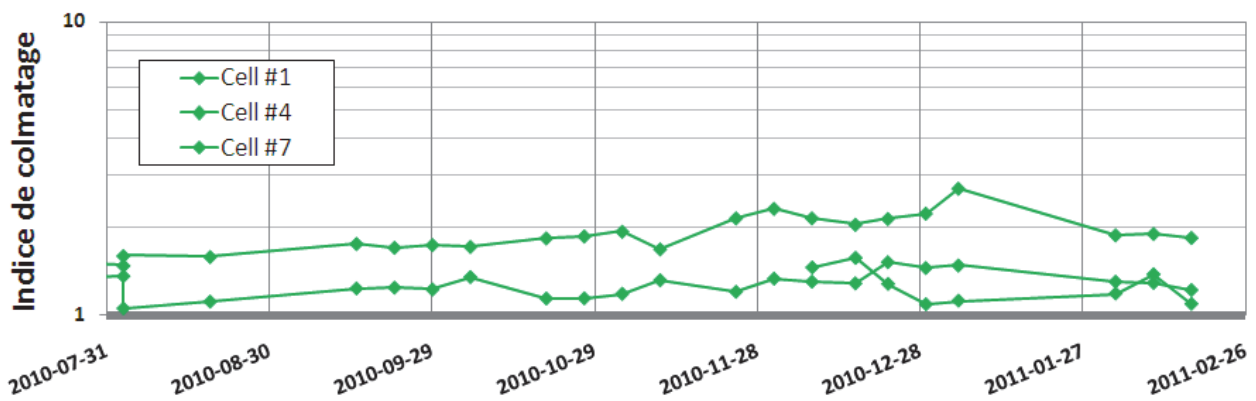


Figure 5. Indice de colmatage – Géocomposite Type 'A'

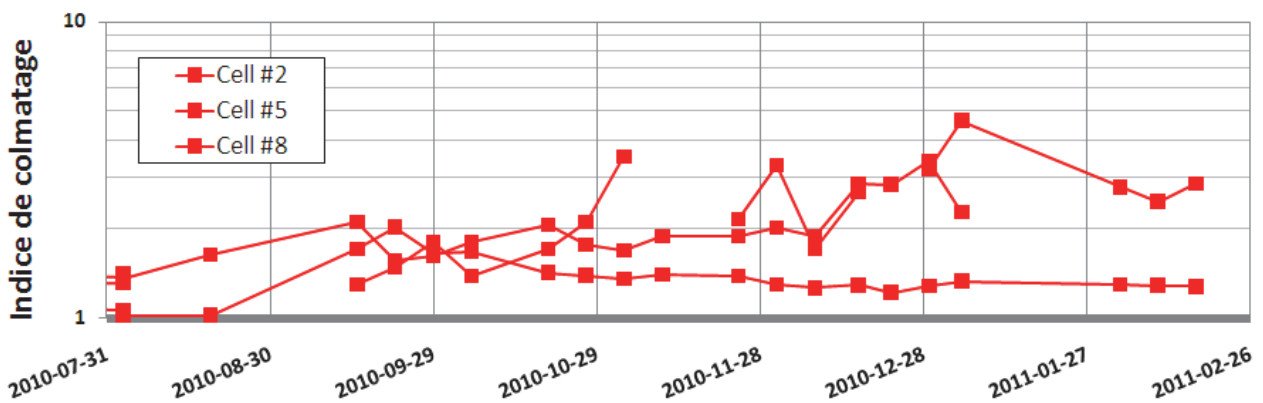


Figure 6. Indice de colmatage – matériau granulaire lavé

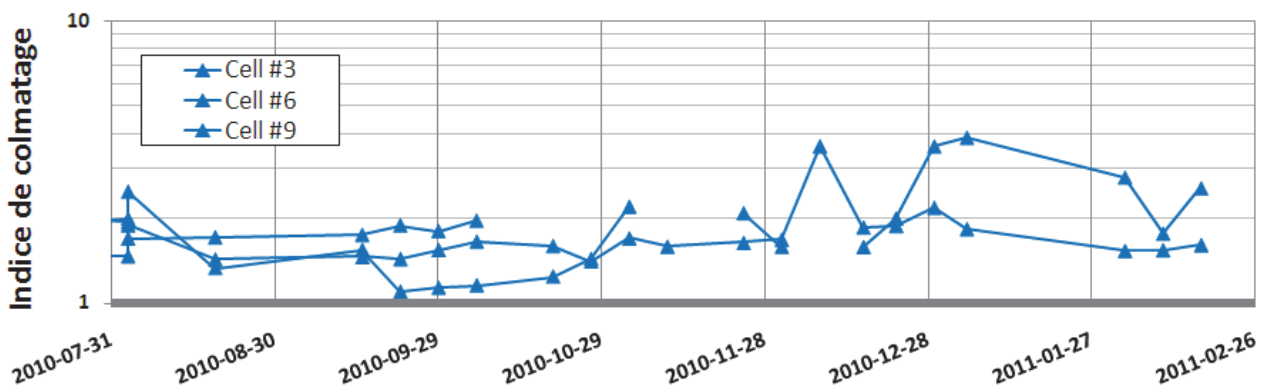


Figure 7. Indice de colmatage – Géocomposite Type 'B'

On peut remarquer que seules les mesures postérieures au mois de juillet 2010 sont utilisées pour le calcul de l'indice de colmatage, en d'autres termes que les mesures antérieures au mois d'août 2010 ont été exclues. La raison de cette exclusion est que de nombreux problèmes ont réduit la fiabilité de l'alimentation en lixiviat à cette période, en raison notamment de :

- pannes électriques occasionnelles, jumelées à une incertitude quant à la date de redémarrage des pompes alimentant les cellules ;
- bris de certaines électrovannes, notamment entre les réservoirs 'mesureurs' et les cellules, ayant réduit la fiabilité du contrôle des débits ;
- doute quant au fonctionnement global du système, du fait de l'absence d'évidences rapportées aux bordereaux de suivi remplis par le personnel de l'opérateur de centre de stockage de déchets.

En fait, les seules certitudes existant quant au fonctionnement des systèmes à cette période sont les observations visuelles et les mesures de débit réalisées par le personnel du manufacturier de géocomposite de drainage tubulaire lors des contrôles périodiques et des visites d'entretien qu'il a réalisés, ainsi que les mesures de températures qui ont montré que la température a été maintenue suffisamment haute pendant cette période pour assurer le maintien en vie de la biomasse existante.

Ainsi, pour la période du mois de juillet 2009 au mois d'août 2010, on peut considérer que les cellules ont bien été le lieu de la circulation de lixiviat, et que l'alimentation s'est produite régulièrement – du fait des mesures de vitesse de décharge qui, elles, ont été réalisées correctement. Ainsi, s'il est impossible de définir combien de litres de lixiviats ont traversé les systèmes, on peut tout de même considérer que la biomasse n'a pas séché. De plus, les conditions générales étant identiques d'une cellule à l'autre, la comparaison de la performance des cellules n'a pas été mise en danger.

Compte tenu de ce qui précède, la durée d'exposition réelle des cellules a été prolongée à 22 mois pour assurer une durée réelle d'exposition à la circulation de lixiviat d'au moins 18 mois.

3.2. Observations réalisées lors du démontage

Compte tenu du fait qu'aucune des cellules ne s'est avérée colmatée en fin de projet, sur la foi des mesures hydrauliques présentées précédemment, l'étape du démontage a essentiellement visé la confirmation du bon fonctionnement des systèmes et l'obtention d'évidences relatives à la circulation de lixiviats dans les cellules.

Pour ce faire, les observations suivantes ont été réalisées :

- observations visuelles confirmant la présence de biomasse sur les composants submergés ;
- pesée de la quantité de biomasse accumulée dans le matériau granulaire lavé d'une part, et sur les géocomposites de drainage tubulaires d'autre part, tel que décrit dans les paragraphes suivants ;
- observation des géocomposites de drainage tubulaires, et tout particulièrement de l'intérieur du tube et des perforations extérieures ;
- autres observations visuelles.

Le tableau 1 rapporte les principales observations effectuées. Les masses de biomasse et de particules minérales recueillies sont représentées graphiquement sur la figure 8.

Tableau 1. Bilan des mesures réalisées au démontage

	Cellule #	Pourcentage de vides	Particules minérales		Biomasse	
			dans matériau granulaire	sur géocomposite (ou géotextile)	dans matériau granulaire	sur géocomposite (ou géotextile)
			%	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²
Type A	1	34%	0,288	1,472	6,016	5,856
	4	33%	0,736	1,696	6,912	6,464
	7	27%	0,672	1,696	7,040	5,408
matériau granulaire	2	30%	0,608	0,800	4,832	4,448
	5	32%	0,480	0,896	5,344	7,104
	8	30%	0,736	0,992	5,184	5,184
Type B	3	33%	0,256	1,456	5,696	6,448
	6	34%	0,640	1,808	6,464	6,352
	9	30%	0,928	2,064	6,656	6,160

Les valeurs rapportées dans le tableau 1 ont été déterminées de la façon décrite dans les paragraphes ci-dessous.

3.3. Mesure du pourcentage de vides résiduel

Le pourcentage des vides est calculé en comparant les mesures suivantes :

- volume de liquide qui s'est écoulé hors de la cellule lors du démontage ;
- volume total de l'intérieur de la cellule, déterminé en considérant le volume mouillé total = (hauteur intérieure totale – hauteur sèche) x surface.

3.4. Mesure de la quantité de biomasse et de particules solides

La biomasse et les MES ont été récupérées du matériau granulaire selon les étapes suivantes :

- étape 1 : lavage du matériau granulaire par agitation dans une bassine pleine d'eau ;
- étape 2 : filtration de la biomasse ainsi récupérée dans un géotextile préalablement pesé ;
- étape 3 : rinçage de la cellule et filtration sur le même géotextile ;
- étape 4 : égouttage et très léger essorage manuel pour enlever l'eau libre excédentaire ;
- étape 5 : pesée humide ;
- étape 6 : séchage à l'air libre ;
- étape 7 : pesée sèche.

Dans le cas des géocomposites de drainage tubulaires, les mesures ont été réalisées de façon similaire à partir de l'étape 4 ci-dessus.

La masse de particules retenues à la surface des géocomposites de drainage tubulaires (ou du matériau granulaire) a été déterminée en soustrayant à la pesée '7' la masse initiale des géocomposites de drainage tubulaires (ou du géotextile utilisé comme filtre).

La masse de biomasse a été déterminée en soustrayant la pesée '7' à la pesée '5'. Toutes ces valeurs ont été rapportées sur l'histogramme présenté à la figure 8.

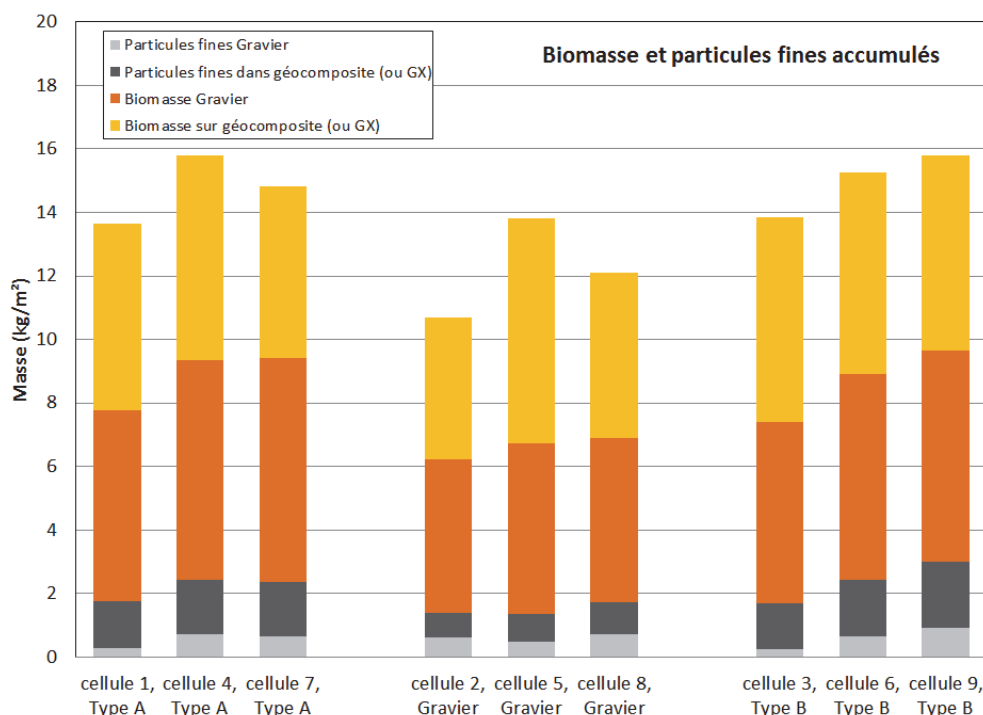


Figure 8. Bilan de la biomasse et de la fraction minérale retenue dans le système

3.5 Observations visuelles

Quelques-unes des photos prises lors du démontage des cellules sont présentées sur les figures 9, 10 et 11. On peut notamment y observer la biomasse accumulée sur les différentes composantes, dans chacune des cellules.



Figure 9. Apparence du matériau granulaire immédiatement après l'ouverture d'une des cellules



Figure 10. Apparence du matériau granulaire quelques minutes après l'ouverture d'une des cellules



Figure 11. Cellule 4 (type A): vue latérale du tube



Figure 12. Cellule 7 (type A) – vue latérale du tube

Les principales conclusions associées aux observations visuelles sont les suivantes :

- pour toutes les configurations testées, on a pu observer que le matériau granulaire se colorait en moins d'une minute, suite à son exposition à l'air ; cette observation suggère que les conditions anaérobies ont été respectées pendant toute la durée des essais, en accord avec les conditions expérimentales souhaitées ;

- autant pour le géocomposite de drainage tubulaire 'type A' que celui de 'type B', la biomasse ne s'est pas accumulée de façon significative à l'intérieur des tubes ;
- pour le géocomposite de drainage tubulaire 'type A', la cellule 1 semble avoir été le siège d'une circulation de lixiviat moindre que pour les cellules 4 et 7 ; de même, pour le géocomposite de drainage tubulaire 'type B', la cellule 2 semble avoir été le siège d'une circulation de lixiviats moindre que pour les cellules 5 et 8 ; pour les cellules témoin, la cellule 3 semble avoir été le siège d'une circulation de lixiviats moindre que les cellules 6 et 9 ; ces observations sont cohérentes avec les pesées de biomasses rapportées dans le tableau 2 et sur la figure 8.

4. Bilan des observations

En considérant que la quantité de particules solides accumulée dans les cellules est directement reliée au volume de lixiviat ayant percolé au travers du système puisque issue des matières en suspension transportées par le lixiviat, on peut conclure que les cellules ont été exposées à des volumes de lixiviat totaux du même ordre de grandeur d'une cellule à l'autre, avec une masse de particules solides recueillies variant du simple au double.

La quantité de matière (biomasse + particules) recueillie est elle aussi relativement constante d'une cellule à l'autre, avec une valeur de l'ordre de 10 à 12 kg/m² observée lors du démontage. On constate que la quantité de biomasse générée dans la pierre nette / matériau granulaire lavé est très légèrement inférieure à la quantité de biomasse générée dans les cellules équipées des géocomposites de drainage tubulaires Type A et Type B, et que la quantité de particules en suspension déposée sur le géotextile de protection est elle aussi légèrement inférieure à celle capturée par les géotextiles des géocomposites de drainage tubulaires. Ces comportements pourraient être expliqués par le fait qu'une fraction des matières en suspension contenues dans le lixiviat n'a simplement pas été retenue dans les cellules. Cependant, ces différences sont mineures et de l'ordre de grandeur de la variabilité des mesures, observée sur les autres cellules.

Quant aux mesures hydrauliques, celles-ci n'ont pas permis de détecter de perte de fonctionnalité sur aucun des systèmes pendant la durée des essais. On notera que le « colmatage » des conduits d'alimentation en lixiviat a été observé à plusieurs reprises. Cependant, ce comportement était observé à l'interface entre le lixiviat et l'oxygène, et après nettoyage de la plomberie ainsi bloquée, l'écoulement à l'intérieur des cellules reprenait normalement. Ces blocages successifs ne sont pas jugés représentatifs du comportement des systèmes de drainage en fond de cellule, simplement car il n'y a pas d'oxygène susceptible d'accéder aux systèmes de drainage en fond de cellule.

Compte tenu du fait que le débit injecté dans les cellules correspondait à un débit typiquement observable dans le fond de l'installation de stockage de déchets sur laquelle l'étude a été réalisée, on peut considérer que la fonctionnalité du système n'a pas été mise en péril puisque la totalité des débits entrant pouvait être évacuée sans augmentation de la charge hydraulique.

5. Conclusions

Les principales conclusions que l'on peut tirer de cette étude sont les suivantes :

- les besoins de résistance au colmatage biologique des systèmes de drainage doivent être mis en perspective avec leur vie utile, qui peut être réduite à la période pendant laquelle l'alvéole de confinement n'est pas recouverte. Cette réalité peut rendre caduque l'estimation d'une performance des géosynthétiques vis-à-vis du colmatage biologique dans de nombreux cas, puisqu'une fois l'alvéole fermée, la quantité de liquides à drainer peut chuter de près d'un ordre de grandeur. Par conséquent, lorsque la couche de drainage est dimensionnée en considérant que la capacité de drainage combinée d'un géosynthétique de drainage et d'une couche granulaire doit excéder les débits directement issus des précipitations recueillis sur la surface totale de l'alvéole, le colmatage complet du géosynthétique ne mettra pas en péril la performance du système de drainage tant que la couche granulaire maintiendra son efficacité ;
- après environ 18 mois d'exposition à un lixiviat d'une installation de stockage de déchets qui a généré une quantité de biomasse de l'ordre de 12 kg/m² dans des cellules de 200 mm de hauteur efficace, reproduisant une circulation de lixiviat typique d'un fond d'alvéole, les géocomposites de drainage tubulaires évalués, dont les filtres sont dotés d'un agent biocide, n'ont pas montré de signe de colmatage biologique suggérant une perte de fonctionnalité ;

- compte tenu de ce qui précède, il est raisonnable de considérer que dans les conditions où celui-ci a été évalué, notamment l'exposition à un lixiviat issu d'une ISD de classe 2, et une durée d'essai de 18 mois, les géocomposites de drainage tubulaires évalués ont offert une fonctionnalité similaire à celle de la couche de 200 mm de matériau granulaire lavé avec laquelle ils ont été comparés.

6. Référence bibliographique

Blond E., Fourmont S., Bloquet C. (2011). Étude expérimentale du colmatage biologique de géocomposites de drainage, Compte-rendu des conférences, Rencontres Géosynthétiques 2011, Tours, Mars 2011