

# ÉVALUATION COMPARÉE DU COLMATAGE BACTÉRIOLOGIQUE D'UN GÉOCOMPOSITE DE DRAINAGE EN FOND D'INSTALLATION DE STOCKAGE DE DÉCHETS

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE BIOLOGICAL CLOGGING OF DRAINAGE GEOCOMPOSITE AT THE BOTOM OF LANDFILL

Eric BLOND<sup>1</sup>, Stéphane FOURMONT<sup>2</sup>, Carole BLOQUET<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sageos, St-Hyacinthe - Québec, Canada

<sup>2</sup> Afitex, Champhol, France

<sup>3</sup> Sita, La Défense, France

**RÉSUMÉ** – Cet article présente une étude du potentiel de colmatage biologique de géocomposites de drainage installés en fond de casier, en substitution de 0,20 m de matériaux granulaires drainants. Dans une première partie, une réflexion sur la nature des besoins vis-à-vis du colmatage biologique des couches de drainage a été conduite. Ensuite, les principes généraux essentiels à l'étude de la sensibilité aux lixiviats des matériaux de drainage sont présentés. Finalement, l'appareillage utilisé dans le cadre de l'étude est décrit, ainsi que les principaux résultats obtenus après plusieurs mois d'essai. Les essais ont impliqué la circulation de lixiviat non traité, issu d'une ISD de classe 2 dans 9 cellules, et l'observation du comportement dans le temps des dispositifs évalués (géocomposites ou granulats).

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

**ABSTRACT** – This paper presents a study of the biological clogging potential of drainage geocomposites installed in the bottom of landfills, as a replacement to 0.20 cm of granular material. In a first section of the document, the drainage capacity actually needed is analyzed with respect to the biological clogging potential. The general principles governing experimental evaluation of biological clogging are presented in a second step. The apparatus used to conduct the evaluation is then presented, along with the results obtained after several months of monitoring. The results presented involved circulation of a fresh leachate, pumped in a class 2, non-hazardous landfill into 9 cells, and monitoring of the flow through the system, either geocomposites or granular drainage layer.

**Keywords**: leachate – drainage geocomposite – biological clogging – Waste Storage Centers - drainage

## 1. Introduction

Les géocomposites de drainage sont de plus en plus employés par les exploitants d'Installations de Stockage de Déchets (ISD) qui les utilisent en substitution du matériau granulaire notamment en couvertures de sites. Peu de sites substituent une partie de la couche drainante en fond de casier par un géocomposite de drainage en raison des risques de variation des performances hydrauliques à long terme.

Le remplacement partiel de la couche granulaire par un géosynthétique en fond de cellule permet d'économiser le matériau granulaire qui est de plus en plus difficile à trouver et implique des coûts importants. De plus, cette solution permet d'augmenter la capacité de stockage du casier et de réduire le trafic de camions.

Le dimensionnement du géocomposite doit être spécifique à ce type d'application puisqu'il sera soumis à des contraintes importantes et à un environnement agressif du fait des lixiviats.

Pour ce type d'application, un coefficient de sécurité de 10 sur la capacité drainante du produit est généralement considéré pour tenir compte du colmatage bactériologique du filtre. Cependant, il n'existe à l'heure actuelle aucune base rationnelle permettant de déterminer les propriétés requises à long terme pour la couche drainante, et cette valeur de 10 a été définie, suivant un simple principe de précaution.

La présente étude propose de déterminer un facteur de colmatage bactériologique pour un géocomposite à mini-drain spécifiquement développé pour une utilisation en fond de cellule. L'intégrité à long terme du géocomposite a été validée par vidéo endoscopie en situation réelle (Fourmont et al., 2008).

## 2. Contexte de l'étude

La législation nationale pour les ISD préconise une couche de matériau granulaire d'épaisseur 0,50 m avec une conductivité hydraulique supérieure ou égale à  $10^{-4}$  m/s pour drainer les lixiviats en fond de cellule. La hauteur de lixiviats en fond de cellule ne doit pas dépasser 0,30 m.

De cette hauteur de 0,50 m de gravier drainant exigée, seuls les premiers 0,30 m sont essentiels puisqu'ils permettent d'y confiner la hauteur de lixiviat de 0,30 m. Les derniers 0,20 m de matériaux drainants au dessus de la hauteur maximale admissible de lixiviats sont quant à eux une sécurité, à laquelle on prête parfois la fonction de protection mécanique de l'étanchéité contre la pénétration de très gros objets. Dans la mesure où cet aspect est lié aux méthodes d'opération du site et non pas à l'ingénierie du dispositif d'étanchéité, celui-ci ne sera pas considéré ici.

Ainsi, le fait de remplacer 0,20 m de granulats drainants par un géocomposite drainant spécifiquement dimensionné pour cette application et disposant de propriétés supérieures permettra de disposer d'un drainage suffisant et d'augmenter la capacité de stockage de la cellule, sans toutefois outrepasser les principes de collecte des lixiviats définis par la législation.

Pour permettre d'établir que la capacité hydraulique réelle de la couche drainante (0,30 m de gravier + géocomposite) sera toujours supérieure aux besoins de l'application, il faut valider que le complexe drainant pourra évacuer le flux de lixiviats avec une charge hydraulique inférieure à 0,30 m. Afin de pouvoir réaliser cette opération, il s'avère donc essentiel de :

- connaître les besoins, c'est-à-dire le cycle de vie fonctionnel de la couche drainante ;
- connaître le comportement de cette couche drainante, notamment vis-à-vis des contraintes susceptibles de réduire sa capacité dans le temps, qui sont essentiellement le fluage et le colmatage biologique.

## 3. Étude des besoins

La production de lixiviats varie durant l'exploitation du casier. Deux grandes phases sont à considérer, une première phase pendant le remplissage du casier (cette phase dure entre 1 et 5 ans) et une deuxième phase lorsque la couverture a été mise en place.

Dans le premier cas, la production de lixiviats est la plus importante puisque le casier est à ciel ouvert et l'infiltration de l'eau de pluie est alors conséquente.

Plusieurs paramètres influencent la quantité de lixiviats produit :

- l'épaisseur des déchets : plus l'épaisseur est grande, plus les déchets jouent le rôle de tampon et réduisent le volume de lixiviats produit (Bellenfant, 2009) ;
- l'exploitation du casier.

Le modèle LCA (SITA, Creed, EIA, 1998) donne une idée de la production de lixiviats en fonction de l'âge du casier et de la couverture éventuelle mise en œuvre :

- déchets de 0 à 1,5 ans : 20 % de la pluviométrie ;
- déchets de 1,5 à 5 ans : 6,6 % de la pluviométrie ;
- déchets 5 à 10 ans : 6,5 % de la pluviométrie ;
- déchets de 10 ans ou plus : 0,2 % de la pluviométrie (pour les couvertures équipées de géomembrane).

Le dispositif de drainage en fond de cellule est donc principalement sollicité durant les deux premières années d'exploitation du casier. De plus, on peut constater qu'une fois l'alvéole fermée, le débit de lixiviat sera 4 à 5 fois inférieur au débit mesurable lorsque la cellule est ouverte, quand la totalité des précipitations se déverse dans les déchets. Aussi, il est raisonnable de considérer que la transmissivité du complexe « gravier + géocomposite drainant » peut être réduite par un facteur de 5 après 1,5 années, sans que cela ne nuise à la performance globale de l'alvéole.

Dans le cadre de cette étude, on se propose de réduire de 0,50 m à 0,30 m l'épaisseur de la couche granulaire, soit de 40%, et de la remplacer par le géocomposite de drainage. Compte tenu de ce qui précède, il est donc légitime de considérer comme critère de performance minimum que le géocomposite ne doit pas se colmater pendant la période où la cellule n'est pas encore refermée, mais qu'au delà, une perte de fonctionnalité du géocomposite n'aurait pas d'impact sur la performance globale de la cellule du fait de la réduction drastique des besoins.

#### 4. Contraintes susceptibles de réduire la durée de vie des systèmes drainants

Parmi les contraintes susceptibles de réduire la durée de vie des systèmes drainants, on peut citer :

- le fluage en compression ;
- les différentes sources de colmatage : biologique, minéral, etc.

Tous les matériaux polymériques exposés à des contraintes de compression sont susceptibles de fluer. De ce fait, pour le dimensionnement de géocomposites de drainage dont l'âme drainante est un géo-espaceur, il n'est pas rare de voir spécifiés :

- des facteurs de sécurité de 2 ou plus applicables sur les propriétés mécaniques de l'âme drainante, et notamment la résistance à la compression, ou encore
- une transmissivité exigée selon la norme ISO 12958, mais mesurée sous une contrainte d'essai au moins deux fois supérieure à la contrainte de service anticipée. Ce facteur multiplicatif de 2 (ou plus) représente en effet une méthode simple permettant de considérer indirectement le fluage de l'âme drainante lors de la spécification d'un géocomposite dont l'âme drainante est sensible au fluage, et permettant d'appliquer d'autres facteurs de sécurité spécifiquement ciblés sur les autres problématiques, comme le colmatage biologique.

Pour des géocomposites disposant d'une âme drainante tubulaire de relativement petit diamètre, il existe un contact direct entre le sol situé au dessus et celui situé au dessous du drain, pour au moins 90% de la surface. De ce fait, les contraintes normales sont transmises d'un côté à l'autre du mini-drain sans solliciter celui-ci, du fait de l'effet d'arche se développant très facilement pour ce type de structure. En se basant sur les travaux de Saunier et al. (2010), qui ont démontré l'absence de sensibilité au fluage de ce géocomposite par une étude de laboratoire impliquant leur mise à l'essai sous des contraintes allant jusqu'à 2500 kPa, on peut donc considérer que le colmatage est la seule problématique susceptible de réduire la capacité drainante à long terme, pour les applications de drainage de fond de casier.

Le comportement vis-à-vis du colmatage biologique n'a quant à lui fait l'objet que de très peu d'études, et la plupart du temps celles-ci restaient qualitatives, d'où l'utilisation de facteurs de sécurité de l'ordre de 10. Cependant, une meilleure compréhension des besoins et du comportement des systèmes drainants permettra de toute évidence de définir de façon rationnelle ce facteur de sécurité.

Dans cette perspective, une étude expérimentale visant la quantification de l'impact du colmatage biologique sur la performance des systèmes de drainage géosynthétiques a été mise en œuvre en partenariat entre un gestionnaire d'ISD, un fabricant de géocomposites de drainage et un laboratoire spécialisé. Le concept de cette étude est présenté dans les paragraphes suivants, ainsi que la méthode d'analyse et quelques-unes des observations réalisées à ce jour.

#### 5. Étude du colmatage biologique

Les lixiviats sont des matériaux présentant des propriétés évoluant dans le temps, notamment l'activité biologique (DBO, DBO<sub>5</sub>, etc) et chimique (DCO, etc). De plus, la température des lixiviats dans la zone critique, en fond de cellule, peut atteindre des valeurs relativement élevées, selon la nature et la hauteur des déchets enfouis notamment, ainsi que le mode d'opération de la cellule.

Par ailleurs, le problème associé au drainage des lixiviats n'est pas lié aux propriétés chimiques ou biologiques des lixiviats eux-mêmes, puisque les matériaux utilisés dans la fabrication des géosynthétiques de drainage sont réputés être suffisamment résistants, mais plutôt la croissance de biomasse susceptible de colmater le réseau de drainage. Cette biomasse est constituée de bactéries se nourrissant des lixiviats, et peut donc être qualifiée d'organisme vivant. Toute étude du colmatage biologique se doit donc d'être faite en considérant que le rythme de croissance de ces organismes vivants sera influencé par leur environnement immédiat, c'est-à-dire la température, la nature des « aliments » qu'ils recevront (le lixiviat), l'apport en oxygène (submergé ou non), etc.

Par conséquent, pour qu'une étude soit représentative des conditions d'opération sur le site, il est impératif de respecter les conditions suivantes :

- installation des dispositifs expérimentaux sur un site de stockage, afin que les lixiviats accédant aux cellules d'essai soient aussi jeunes que possible et disposent d'une activité représentative ;
- température des lixiviats aussi proche que possible de la température dominante en fond de cellule ; en effet, le type de bactérie susceptible de se développer à haute température (30°C ou plus) n'est pas forcément le même que celui susceptible de se développer à plus faible température (15-20°C) ; aussi, des conclusions qui auraient été développées en se basant sur des observations

réalisées avec une température inférieure à 20°C pourraient manquer de représentativité, selon la température réelle en fond de cellule ;

- que le choix des conditions d'opération représente au mieux la réalité, notamment l'alimentation en oxygène (conditions aérobie / anaérobie).

L'étude a été menée sur un site de classe 2 (déchets ménagers et déchets industriels non classés dangereux) pour lequel les lixiviats sont connus pour avoir une activité importante.

Les géocomposites évalués sont des Drintube FT qui résultent de l'association par aiguilletage des éléments suivants :

- nappe drainante géotextile non tissée aiguilletée en polypropylène ;
- filtre géotextile antibactérien non tissé aiguilleté en polypropylène ;
- mini-drains en polypropylène de diamètre extérieur 25 mm perforés selon deux axes alternés à 90°, pris en sandwich entre les deux nappes.

La figure 1 présente les géocomposites testés.

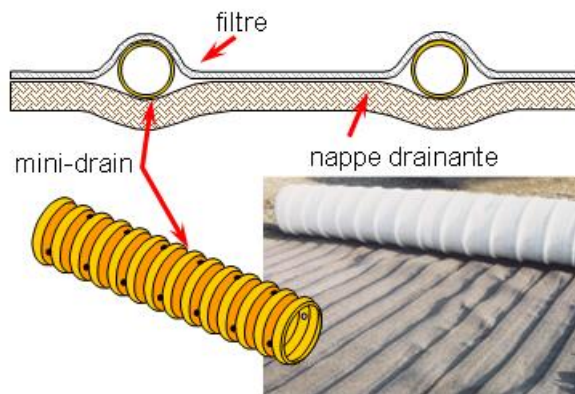


Figure 1. Structure des géocomposites

## 6. Dispositif expérimental

### 6.1. Principe général

L'objectif du dispositif expérimental est de faire circuler du lixiviat frais dans des cellules d'essais, dans lesquelles les différentes couches (géosynthétiques et traditionnelles) mises en œuvre en fond de cellule sont reproduites afin d'en observer le comportement. Compte tenu des considérations présentées ci-dessus, le dispositif est installé à proximité immédiate d'un puits de collecte des lixiviats (pour obtenir un lixiviat brut) situé au centre du site de classe 2, dans un bungalow chauffé entre 25 et 35°C, afin de maximiser la représentativité de l'expérience vis-à-vis des critères d'âge et de température du lixiviat (figure 2). Il est alors possible de suivre au fil du temps le comportement des systèmes par le biais de mesures de débit traversant le système.

### 6.2. Cellules d'essai

Une fois choisi l'emplacement assurant la représentativité du lixiviat, le banc d'essai a été conçu afin de forcer le passage du lixiviat au travers du filtre d'abord, puis au travers du minidrain, tel que décrit sur la figure 3. Ce dispositif permet l'évaluation en une seule étape de l'ensemble du processus de collecte et d'acheminement des lixiviats vers un puits de pompage :

- passage au travers des pores du géotextile ;
- entrée dans le tube par les perforations ;
- circulation dans le tube.

Le banc d'essai est composé de 9 cellules carrées de 0,25 m de côté. Le banc a une longueur totale de 3 m et une largeur de 1 m.



Figure 2. Emplacement du bungalow

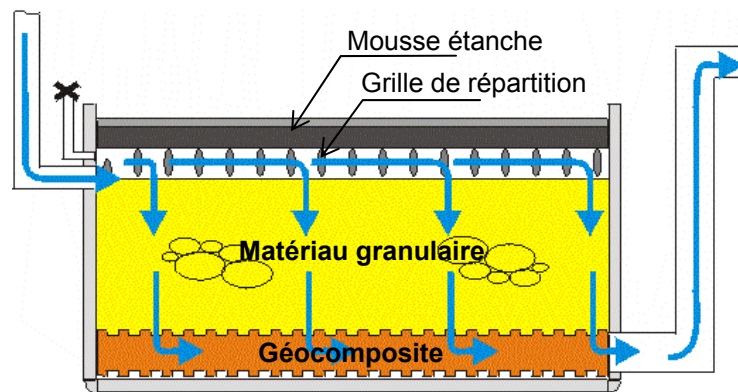


Figure 3. Section d'une cellule d'essai

On peut noter que la configuration retenue assure le maintien du système en conditions anaérobies, puisqu'il n'y a aucune aération de l'intérieur de la cellule. Ce choix a été fait en considérant que l'immense majorité du système de drainage est localisé à une distance suffisamment grande d'un apport d'oxygène pour que l'on puisse considérer ce dernier comme étant nul.

En outre, les cellules d'essai ont été conçues afin de permettre l'application en permanence d'une contrainte normale dans la cellule. Celle-ci a été fixée à 100 kPa afin de reproduire une condition de service d'envergure moyenne. Cependant, cette contrainte est largement insuffisante pour détériorer mécaniquement le géocomposite, ce qui permet de considérer que seul le colmatage biologique est un facteur susceptible de provoquer une chute de débit au travers des systèmes observés. Le dispositif d'application de la contrainte est constitué de ressorts calibrés, qui permettent de contrôler la contrainte très facilement malgré l'environnement difficile et la durée du projet, à l'aide d'une simple mesure de la longueur des ressorts tel que présenté sur la figure 4.





Figure 4. Dispositif de contrôle de la contrainte normale

### 6.3. Alimentation en lixiviats

Un dispositif de dosage permet de contrôler aussi simplement que possible la quantité de lixiviat traversant les cellules tout au long de l'essai. Celui-ci, décrit sur la figure 5, consiste essentiellement en l'activation d'une pompe à intervalles de temps donnés, venant remplir jusqu'à débordement des bacs intermédiaires, dits « réservoirs doseurs », reliés par l'intermédiaire d'une valve aux cellules d'essai. Une fois ces bacs remplis et la pompe principale arrêtée, ces valves secondaires sont ouvertes, permettant alors l'injection par gravité d'un volume contrôlé de lixiviat dans les cellules. Ce dispositif permet de contrôler l'apport constant en lixiviat, alternant les périodes statiques aux périodes d'écoulement, maximisant ainsi le potentiel de croissance de la biomasse dans des conditions aussi représentatives que possible des conditions d'opération.

Le débit d'infiltration a été réglé à 10 fois un litre, injectés à intervalles réguliers sur une période de 24 heures, soit toutes les 144 minutes. Cependant, la nature du phénomène observé implique la croissance d'organismes vivants, et la quantité de « nourriture » fournie excède de toute façon largement les besoins en nutriments de ces organismes (puisque le lixiviat est toujours actif après avoir traversé les cellules). Aussi, la précision de ces injections ne doit pas être considérée comme un facteur décisif vis-à-vis de la croissance de la biomasse. Par contre, le colmatage peut être influencé par ce volume du fait de la quantité de matières en suspension susceptible de se déposer sur les filtres.

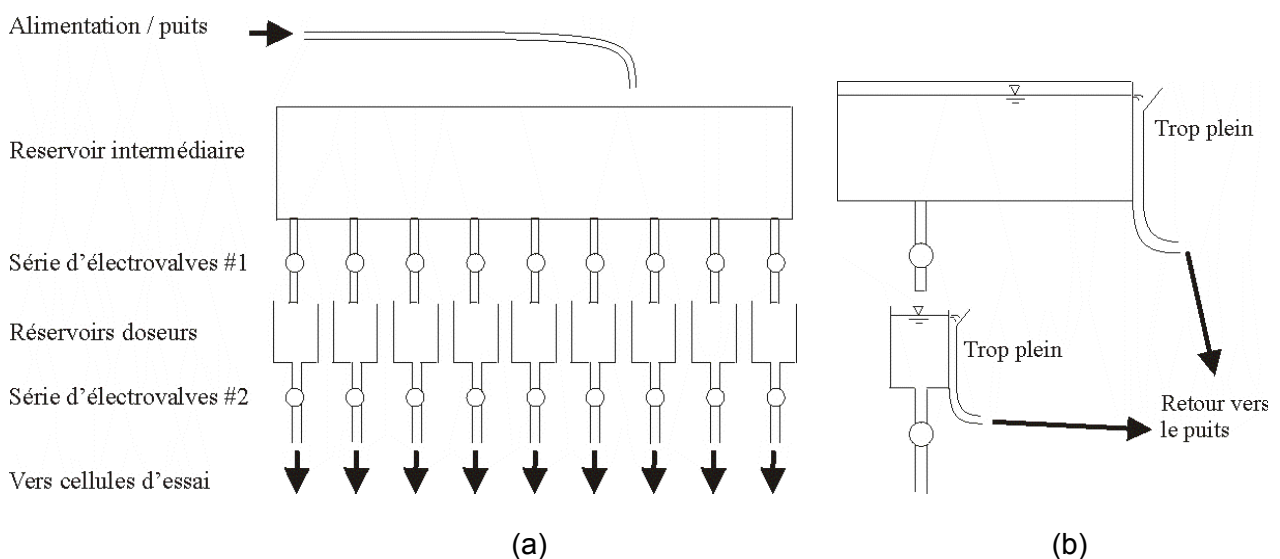


Figure 5. Dispositif de contrôle de l'injection de lixiviat

#### 6.4. Suivi du comportement des systèmes

Tout au long de l'expérimentation, le fait que le lixiviat passe adéquatement au travers du filtre d'abord, et de l'âme drainante ensuite est validé par le biais de mesures de vitesse de décharge. Cette mesure permet de définir un rapport entre la vitesse apparente d'écoulement au travers de l'ensemble du dispositif et la perte de charge totale au travers du système complet, en se basant sur le principe d'un essai à charge variable. Si elle ne peut être considérée comme une propriété intrinsèque du géocomposite, cette mesure permet d'observer globalement le système, puisque le colmatage de n'importe lequel des composants mènerait à une diminution de la vitesse de décharge. Par la suite, une fois le colmatage observé qualitativement, une observation visuelle, au démontage du système, permettra de déterminer la zone problématique, le cas échéant.

La figure 6 présente le montage permettant de procéder à la mesure de la vitesse de décharge. Le tube ouvert installé en amont de la cellule est rempli jusqu'au niveau  $H_0$ , et on mesure ensuite le temps requis pour que le niveau s'écoule d'une hauteur  $H_0-H_1$ . Ainsi, plus le système se colmate, plus le temps requis pour que le niveau passe de  $H_0$  à  $H_1$  augmente.

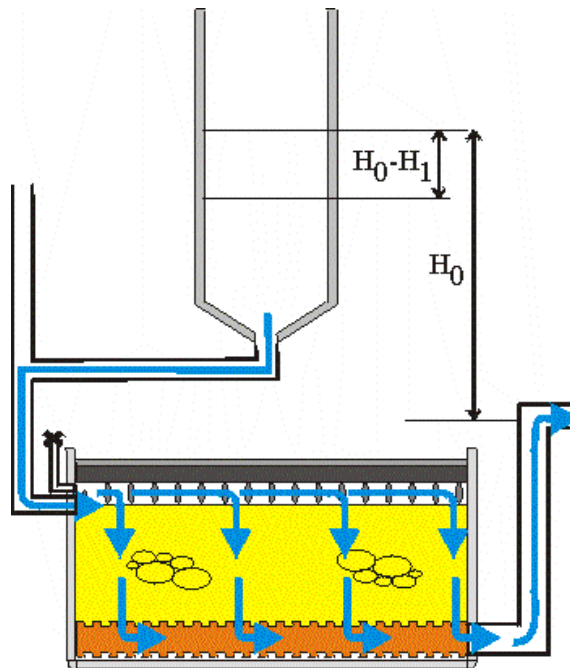


Figure 6. Mesure de la vitesse de décharge

#### 6.5. Observations complémentaires

L'expérience est complétée lorsque l'un des deux critères suivants est rencontré :

- observation d'une vitesse de décharge excessivement faible ;
- atteinte de la durée des essais fixée au préalable.

On peut alors procéder au démontage des cellules et à des observations complémentaires, notamment :

- observation visuelle de l'accumulation de biomasse à la surface du filtre, à l'entrée des mini-drains et/ou à l'intérieur de ceux-ci, afin notamment de déterminer la section problématique du système, dans l'éventualité où la vitesse de décharge s'avérerait excessivement faible ;
- pesée de la biomasse ;
- si requis, identification de la nature des bactéries présentes par le biais d'analyses microbiologiques réalisées sur des prélèvements ;
- et toute autre observation jugée pertinente.

## 7. 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: de masses surfaciques 240 g/m<sup>2</sup> et 160 g/m<sup>2</sup>, respectivement, disposant des propriétés identifiées dans le tableau 1. La troisième configuration ne comprenait que le gravier drainant 20/40 concassé, à titre de référence, lequel est présenté sur la figure 7.

Tableau 1. Propriétés des géocomposites testés

|  | Norme           | type A   | type B   |
|--|-----------------|--|--|
| Cellules d'essai correspondantes   |                 | 1, 4, 7  | 3, 6, 9  |
| Masse surfacique nominale du filtre (g/m <sup>2</sup> )                      | NF EN 9864      | 160  | 240  |
| Masse surfacique nominale de la nappe anti-poinçonnement (g/m <sup>2</sup> ) | NF EN 9864      | 800  | 800  |
| Capacité de débit dans le plan (m <sup>2</sup> /s)                           | NF EN ISO 12958 | 5,7×10 <sup>-4</sup><br>sous 400 kPa<br>et i=0,1 | 5,7×10 <sup>-4</sup><br>sous 400 kPa<br>et i=0,1 |



Figure 7. Gravier drainant utilisé en référence (dimensions de la cellule : 250 mm x 250 mm)

Le nombre de réplicats a été fixé à trois afin de permettre l'exclusion de mesures jugées anormales sans mettre en danger l'ensemble du processus. Par mesures anormales, on entend les mesures issues du colmatage d'un tuyau d'arrivée de lixiviat dans la cellule, ou toute autre anomalie liée à la nature du phénomène étudié.

Les figures 8 (a) et (b) montrent une vue d'ensemble des dispositifs installés.



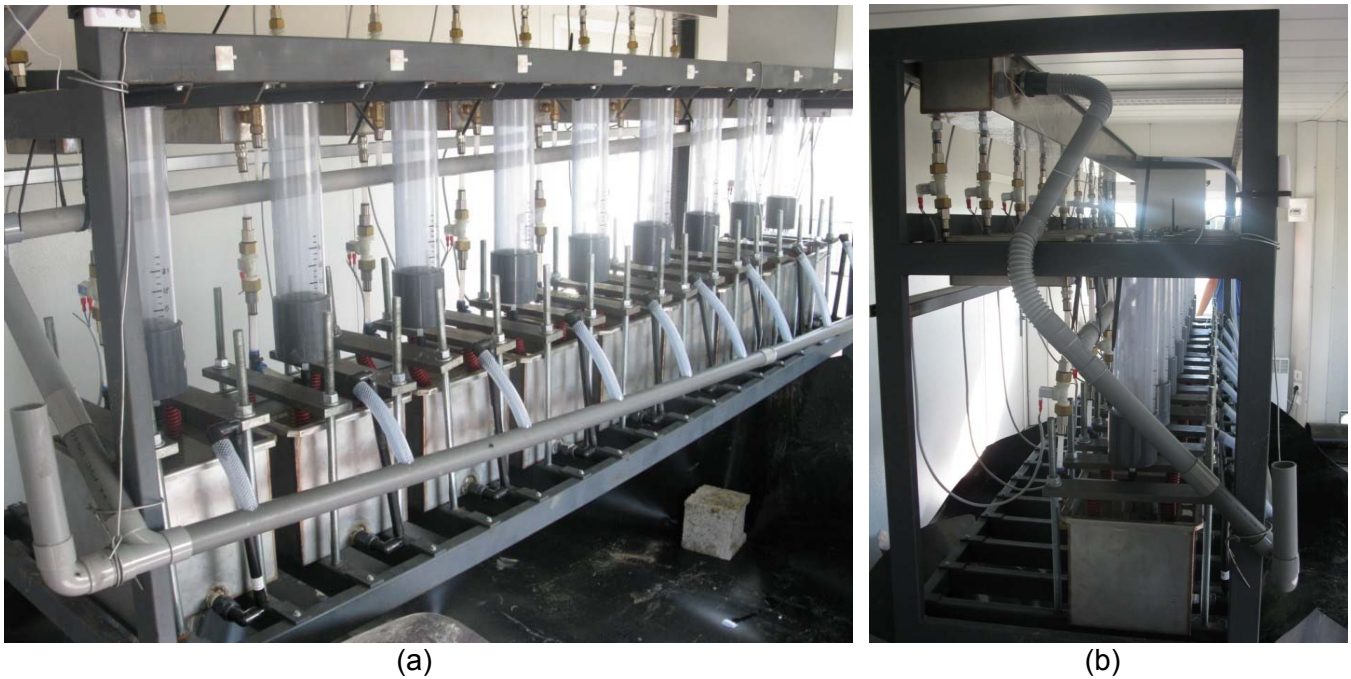


Figure 8. Vue d'ensemble de l'appareillage

## 8. Résultats partiels

La figure 10 présente l'indice de colmatage entre 3 et 6 mois d'essai. Cette valeur est calculée en normalisant la vitesse de décharge à un temps  $t$  par rapport à la vitesse de décharge mesurée immédiatement après l'installation de chaque système :

$$\text{indice de colmatage} = \frac{\text{Vitesse de décharge initiale}}{\text{Vitesse de décharge à un temps 't'}}$$

Ainsi, si un des composants du système se colmate, la vitesse de décharge diminuera, et l'indice de colmatage augmentera.

Cette propriété permet de comparer des matériaux de propriétés différentes et de mettre en valeur l'évolution des systèmes. Ainsi, après plus de 6 mois de percolation de lixiviat au travers des systèmes, il a été possible de constater que la vitesse de décharge n'avait pas changé de façon significative pour aucun des dispositifs évalués.

## 9. Conclusions

Les principaux éléments identifiés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- 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 peut rendre 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 0,30 m, laquelle pourra continuer de procurer une capacité de drainage suffisante ;
- de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer la représentativité d'une étude de la résistance au colmatage biologique, lesquels sont identifiés dans le texte. 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. Les résultats partiels sur plusieurs mois sont présentés sur la figure 9.

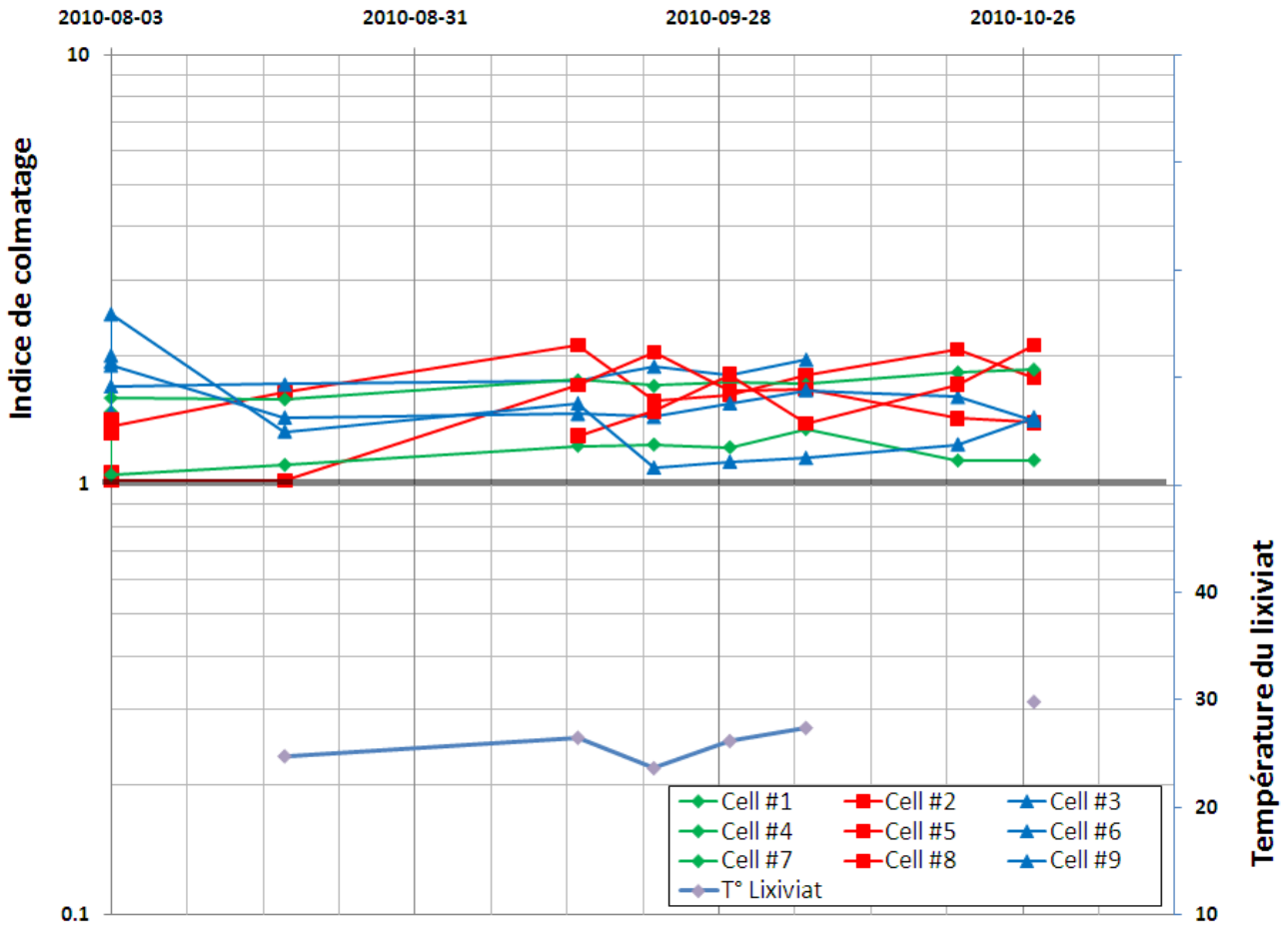


Figure 9. Résultats partiels

## 10. Références bibliographiques

- Bellenfant G. (2009). Modélisation de la production de lixiviat en centre de stockage de déchets ménagers, Thèse de doctorat présentée à l'INPL, 178 pages
- Fourmont S., Bloquet C., Haddani Y. (2008). Partial replacement of the granular layer at the bottom of a landfill: short and long term monitoring of drainage geosynthetics. *EuroGeo 4, Royaume Uni, 6 pages*
- Saunier P., Ragen W., Blond E. (2010). Assessment of the resistance of Drintube drainage geocomposites to high compressive loads. *9 ICG, Brésil, 4 pages*
- NF EN 9864 (2005) - Géosynthétiques - Méthode d'essai pour la détermination de la masse surfacique des géotextiles et produits apparentés.
- NF EN ISO 12958 (2010) - Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la capacité de débit dans leur plan.