



**HAL**  
open science

## **Projet Durageos, Livrable 5.1 : Evolution des paramètres de transfert en fonction du vieillissement**

M'Hamed Ahari, Nathalie Touze, Laurent Mazéas, Angéline Guenne

### ► **To cite this version:**

M'Hamed Ahari, Nathalie Touze, Laurent Mazéas, Angéline Guenne. Projet Durageos, Livrable 5.1 : Evolution des paramètres de transfert en fonction du vieillissement. [Rapport de recherche] irstea. 2011, pp.16. <hal-02596348>

**HAL Id: hal-02596348**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02596348v1>**

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



*DURABILITE DES GEOSYNTHETIQUES DANS LES  
INSTALLATIONS DE STOCKAGE DES DECHETS  
**DURAGEOS***

*Lot 5 : Evaluation de l'impact du vieillissement sur l'environnement*

*Sous-lot 5. 1 : Quantification des paramètres de transfert*

**LIVRABLE 5.1**

**Evolution des paramètres de transfert en fonction du  
vieillissement**

M'hamed Ahari, Nathalie Touze-Foltz, Laurent Mazéas, Angéline Guenne

*Livrable établi le 15 août 2011*



## Table des matières

<i>1. Introduction.....</i>	<i>3</i>
<i>2. Quantification de la diffusion dans les géosynthétiques bentonitiques vieillis et non vieillis.....</i>	<i>4</i>
2.1. Introduction.....	4
2.2. Diffusion de COV dans des GSB vieillis et non vieillis .....	4
2.3. Vieillissement des GSB par oedoperméamétrie .....	8
<i>3. Effet du vieillissement sur le coefficient de diffusion dans les géomembranes.....</i>	<i>9</i>
<i>4. Effet du vieillissement sur le coefficient de diffusion dans les géomembranes.....</i>	<i>9</i>
<i>5. Conclusion.....</i>	<i>9</i>
<i>6. Bibliographie .....</i>	<i>10</i>
<i>Annexe 1. Protocole de mise en place d'un essai de diffusion dans les GSB pour un GSB vieilli en oedoperméamètre .....</i>	<i>11</i>

## 1. Introduction

L'objectif de ce livrable, dans la continuité du précédent livrable du 15 février 2011 relatif aux méthodologies de quantification des paramètres de transferts de micropolluants organiques dans les géosynthétiques bentonitiques, les géomembranes et des films en PE, est d'évaluer l'effet du vieillissement de ces géosynthétiques sur les valeurs des paramètres de transfert. La méthodologie de réalisation des essais dans le cas des géosynthétiques est présentée dans ce rapport. On y présente également les résultats obtenus avec les COV ainsi qu'un état d'avancement des essais à venir pour le cas de l'étude du transfert de composés phénoliques. Nous rappellerons la méthodologie envisagée pour évaluer l'effet du vieillissement sur les paramètres de transfert dans le cas des géomembranes et des films en PE pour lesquels on ne dispose pas à l'heure actuelle de résultats.

## **2. Quantification de la diffusion dans les géosynthétiques bentonitiques vieilliss et non vieilliss**

### **2.1. Introduction**

Les essais de diffusion à travers les géosynthétiques bentonitiques sont réalisés à l'aide d'une cellule de diffusion développée au Cemagref dans le cadre de la thèse de doctorat d'Armel Ganne (Ganne, 2008) et du post-doctorat de Sandrine Rosin-Paumier (Rosin-Paumier et al., 2011). Ils sont couplés à des essais d'immersion des géotextiles et de la bentonite afin de déterminer les coefficients d'adsorption sur les différents composants des géosynthétiques bentonitiques. Les différentes procédures relatives à ces mesures ont été présentées dans le livrable de la tâche 5.1 en date du 15 février 2011 et ne seront pas rappelés ici. L'annexe 1 présente les spécificités du montage des éprouvettes dans les cellules de diffusion dans le cadre des échantillons vieilliss. Ce montage nécessite en effet beaucoup de soin pour assurer l'étanchéité latérale des éprouvettes. Dans la suite de ce paragraphe on présente des résultats d'essais obtenus pour des GSB vierges et vieilliss lors de la diffusion de composés organiques volatils, ainsi que les essais envisagés avec les composés phénoliques qui ont d'ores et déjà été présentés dans le jalon du 15 février 2011.

### **2.2. Diffusion de COV dans des GSB vieilliss et non vieilliss**

#### **2.2.1 Les composés organiques volatils étudiés**

Les 5 COV étudiés sont : le 1,2 dichloroéthane, le benzène, le toluène, le dichlorométhane et le trichloroéthylène (Tab. 11). Leur choix est basé sur les critères suivants°: (1) forte capacité à migrer dans les sols; (2) forte solubilité; (3) toxicité avérée ou fortement suspectée (reprotoxique, mutagène et/ou cancérigène); (4) présence dans les lixiviats. Ces COV font tous partie de la liste d'étude prioritaire établie par la directive 2000/60/CE.

Toutes les molécules utilisées ont une pureté comprise entre 98 et 99 %. Les COV purs sont tout d'abord mélangés dans du méthanol avant d'être insérés dans 1l d'eau qui constituera la solution mère. Cette solution mère a été utilisée diluée dans les réservoirs sources.

Les COVs sont dosés par HS-GC-MS (Headspace - Gas Chromatography-Mass Spectrometry).

Les étalons internes sont des composés deutérés. Les étalons internes choisis sont le toluène-d<sub>8</sub> (TOL-d<sub>8</sub>) et le 1,2-dichloroéthane-d<sub>4</sub>. (1.2-DCE-d<sub>4</sub>).

Les géosynthétiques bentonitiques testés sont les GSB 1 et GSB 2 préalablement présentés dans le livrable du 15 février 2011. Seul le GSB 1 a fait l'objet d'un vieillissement.

### 2.2.2. Principe des essais de diffusion réalisés

La réalisation des essais a été effectuée selon la procédure dite à "volume spécifié", comme préalablement présenté par Rowe et al. (2000). dans ce type d'essai, on limite l'hydratation et le gonflement du GSB pour obtenir une épaisseur bien déterminée. Cette épaisseur conditionne le volume des vides global du GSB.

Les valeurs de volume des vides global dans les expérimentations présentées ici sont comprises entre 3 et 3,9. Cette gamme a été imposée par l'épaisseur finale des éprouvettes de GSB vieilles. Celle-ci, qui résulte d'un gonflement initial dans l'oedoperméamètre, suivi d'un tassement lors de l'échange cationique, ne peut pas être imposée. On a donc ajusté l'épaisseur des éprouvettes de GSB vierges pour qu'elles présentent un indice des vides global proche de celui des éprouvettes obtenues après vieillissement en oedoperméamètre. C'est la raison pour laquelle on doit tout d'abord réaliser les essais de diffusion sur éprouvettes vieilles, avant de pouvoir les réaliser sur des éprouvettes vierges.

L'épaisseur théorique,  $H_{GSB}$ , que les éprouvettes de GSB vierges doivent atteindre dans les cellules de diffusion est obtenue par l'intermédiaire de l'équation 1 :

$$H_{GSB} = (1 + e_b) \left( \frac{M_{bent}}{\rho_b(1 + W_0)} + \frac{M_{geo}}{\rho_g} \right) \quad (1)$$

Avec  $M_{bent}$  la masse surfacique de bentonite dans le GSB,  $\rho_b$  la densité des grains de bentonite,  $W_0$  la teneur en eau initiale de la bentonite,  $M_{geo}$  la masse par unité de surface de géotextiles dans l'éprouvette de GSB et  $\rho_g$  la densité des fibres de polypropylène constituant les géotextiles (Petrov et Rowe, 1997).

Il est essentiel d'obtenir pour les éprouvettes vierges et vieilles des indices des vides globaux du même ordre de grandeur. En effet, Lake et Rowe (2000) ont montré que le coefficient de diffusion du sodium et du chlore augmentait linéairement avec une augmentation de l'indice des vides global, pour des indices des vides compris entre 1,5 et 3. Au contraire, dans l'étude de Lake et Rowe (2004) aucune augmentation notable du coefficient de diffusion n'avait été observée pour des indices des vides globaux compris entre 4,1 et 4,8. Il n'existe pas de données pour la gamme intermédiaire d'indices des vides globaux

dans laquelle se trouvent les éprouvettes de GSB vieilles du GSB 1. Il a donc été jugé préférable de conserver ce paramètre constant pour les différentes éprouvettes autant que possible dans les expérimentations dont les résultats sont présentés ici.

Lake et Rowe (2004) ont indiqué que des valeurs d'indice des vides global comprises entre 4,1 et 4,8 correspondaient à de faibles contraintes mécaniques mais qu'elles étaient nécessaires afin de ne pas briser les cellules en verre qu'ils utilisaient lors de leurs expérimentations sous l'effet de la pression de gonflement de la bentonite. Nous n'avons donc pas cherché à obtenir d'éprouvettes de GSB vierges avec un indice des vides global de 3 bien qu'une des éprouvettes du GSB 1 vieilli présente cette valeur.

### 2.2.3. Evaluation de la sorption sur les cellules lors des expérimentations

Des blancs ont été réalisés afin d'évaluer la sorption des COV sur la cellule en verre et sur les plaques en inox fritté. Ceux-ci consistent à introduire les COV dans une cellule ne contenant pas d'éprouvette de GSB et à évaluer l'évolution de la concentration au cours du temps, sur la durée de l'essai de diffusion, soit environ 80 jours.

Nous n'avons pas noté d'adsorption significative du DCM, TCE ou DCA. Par contre, 46 % du benzène et 35% du toluène ont été absorbés sur les plaques en inox fritté. Compte tenu des faibles concentrations en benzène et toluène et de cette forte absorption, les concentrations mesurées dans le récepteur de la cellule n'étaient pas assez importantes pour pouvoir effectuer la détermination des coefficients de diffusion.

### 2.2.4. Résultats obtenus

Les coefficients de diffusion ont été obtenus selon la méthodologie présentée dans le livrable du sous lot 5.1 du 15 février 2011 et ne sont donc pas rappelés ici. On présente donc directement ici les résultats obtenus.

Les résultats sont présentés dans les tableaux 1 pour la bentonite et 2 pour les GSB considérés dans leur intégralité.

	GSB <sub>1</sub>	GSB <sub>2</sub>	GSB <sub>1</sub> vieilli	
DCM	$2,3 \times 10^{-10}$	$2,4 \times 10^{-10}$	$2,1 \times 10^{-10}$	$3,1 \times 10^{-10}$
DCA	$1,9 \times 10^{-10}$	$2,2 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-10}$
TCE	$1,0 \times 10^{-10}$	$1,2 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-10}$
e <sub>b</sub>	3,7	3,9	3,0	3,9

Tableau 1. Synthèse des coefficients de diffusion obtenus (en m<sup>2</sup>/s) pour la bentonite

	GSB1	GSB2	GSB1 vieilli		K <sub>deq</sub> (mL/g)
DCM	$2,9 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-10}$	$3,8 \times 10^{-10}$	1
DCA	$2,8 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-10}$	$3,6 \times 10^{-10}$	2,5
TCE	$3,9 \times 10^{-10}$	$4,2 \times 10^{-10}$	$7,0 \times 10^{-10}$	$7 \times 10^{-10}$	18,8
e <sub>b</sub>	3,7	3,9	3,0	3,9	

Tableau 2. Synthèse des coefficients de diffusion obtenus (en m<sup>2</sup>/s) pour les GSB et valeurs de K<sub>deq</sub> (coefficient d'adsorption) équivalent pour les GSB.

Les valeurs obtenues pour les GSB vierges sont cohérentes avec celles proposées par Lake et Rowe (2004), comprises entre 2 et  $3 \times 10^{-10}$  m/s pour des indices des vides globaux compris entre 4,1 et 4,8. Le coefficient de diffusion est très légèrement supérieur pour le GSB 2 par rapport au GSB 1. Toutefois ce résultat ne peut pas être imputé à la nature de la bentonite. En effet, l'indice des vides global est légèrement supérieur pour le GSB 2 (3,9) à ce qu'il est pour le GSB 1 (3,7). Il semble donc raisonnable à partir de ces résultats de conclure que la nature de la bentonite n'a pas d'influence sur la valeur du coefficient de diffusion pour les GSB vierges.

On observe également, que la valeur du coefficient de diffusion du GSB est supérieure à celle de la bentonite, ce qui est logique puisque la diffusion s'effectue plus facilement à travers les géotextiles qu'à travers la bentonite. Ce résultat est en accord avec les résultats précédents de Rowe et al. (2005).

Pour le GSB 1 vieilli, on observe une augmentation du coefficient de diffusion par rapport à celle du produit vierge. L'augmentation la plus importante a été observée pour le TCE (facteur multiplicatif égal à 2.6). Ce rapport n'est pas aussi important que celui sur la conductivité hydraulique entre les éprouvettes vierges et vieilles, égal à 8. Ainsi un effet néfaste sur la conductivité hydraulique par échange cationique n'a pas nécessairement pour conséquence une augmentation dans les mêmes proportions du coefficient de diffusion. Ce résultat reste à confirmer pour d'autres GSB et d'autres polluants. C'est dans cet objectif que

des expérimentations avec des composés phénoliques présentés dans le livrable du sous-lot 5.1 en février 2011 sont en cours de préparation. Une phase préalable à la réalisation des essais de diffusion, est comme nous l'avons déjà énoncé, le vieillissement d'éprouvettes de GSB.

### 2.3. Vieillissement des GSB par oedoperméamétrie

Deux GSB sont en cours de vieillissement par oedoperméamétrie. La figure 1 présente les résultats obtenus pour le GSB 1. L'essai en oedoperméamètre a été monté en août 2010 et sera démonté en août 2011. L'objectif d'augmenter la conductivité hydraulique d'un facteur 10 sur le produit est pratiquement atteint. Par contre sur le GSB 2 pour lequel l'essai en oedoperméamètre a été monté en octobre 2010, il n'y a pour l'instant pas d'augmentation significative de la conductivité hydraulique mais la charge hydraulique est maintenue à un niveau assez faible de manière à ne pas avoir à effectuer les essais sur les deux GSB vieillissés en même temps. Les essais de diffusion de composés phénoliques dans le GSB 1 vieillissés débuteront fin août 2011 et seront poursuivis par les essais sur le GSB 1 vierge.

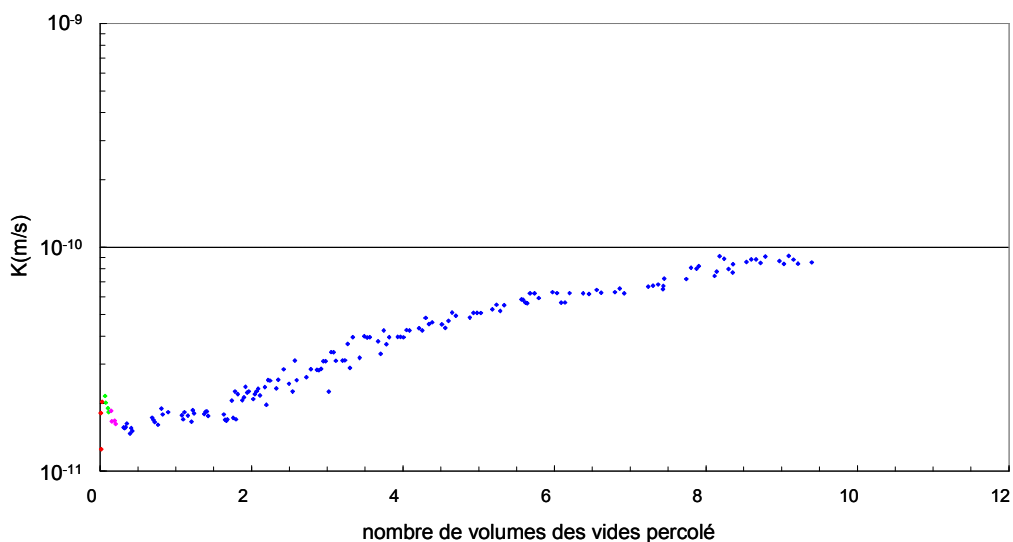


Figure 1. Evolution de la conductivité hydraulique du GSB 1 en fonction du nombre de volume des vides de lixiviat synthétique percolé.

### 3. Effet du vieillissement sur le coefficient de diffusion dans les géomembranes

Nous ne disposons pas à l'heure de rédaction de ce livrable d'échantillons vieillis qui permettraient d'effectuer la comparaison entre les coefficients de diffusion sur géomembranes vierges et vieilles.

Commentaire [f1] : Quel rapport ?

Des expérimentations ont été réalisées pour quantifier la diffusion de COV dans une géomembrane en PEHD. Des expérimentations sont en cours pour quantifier les coefficients de diffusion de composés phénoliques dans la même géomembrane. Les résultats devraient être disponible courant septembre 2011.

### 4. Effet du vieillissement sur le coefficient de diffusion dans les films de PE

Nous avons signalé une difficulté rencontrée pour la réalisation des essais de diffusion sur les films en PE. En effet, il est impossible d'obtenir par pressage avec les matériels disponibles dans le cadre du projet des films de diamètres supérieur à 0,12 m environ. Nous nous sommes orientés vers la fabrication de cellules de diffusion de diamètre plus petit que celles disponibles au laboratoire. Dans ces nouvelles cellules de diamètre voisin de 0,1 m l'étanchéité peut être assurée. Il n'y a donc plus d'obstacles à la réalisation d'essais.

Des films en PE seront pressés fin août 2011. Une partie des films sera destinée à la réalisation d'essais de diffusion immédiatement, tandis qu'une autre partie sera préalablement oxydée en étuve à 105°C de sorte à atteindre une concentration en carbonyles de l'ordre de 0,2 mol/kg. On pourra ainsi disposer de données permettant de comparer la diffusion à travers des films de PE oxydés ou non.

### 5. Conclusion

On dispose à l'heure actuelle de données permettant d'évaluer l'évolution de la performance d'un GSB en fonction du vieillissement vis-à-vis de la diffusion de COV.

On observe pour un GSB vieilli une augmentation du coefficient de diffusion, dans des proportions moindres que l'augmentation de la conductivité hydraulique générée par le phénomène d'échange cationique sur la même éprouvette. Ces résultats sont à confirmer pour d'autres GSB et pour d'autres polluants.

Des expérimentations ont été réalisées, ou sont en cours de réalisation pour déterminer le coefficient de diffusion à travers des géomembranes vierges. On ne dispose pas à l'heure

actuelle d'échantillons de géomembranes vieilles qui pourraient permettre de réaliser une comparaison.

Le verrou lié à la difficulté d'assurer une bonne étanchéité dans les essais de diffusion sur les films a été levé par l'acquisition de cellules de mesure des coefficients de diffusion de plus petit diamètre que celles actuellement disponibles. Des essais seront effectués dès pressage des films et obtention d'un état de vieillissement suffisant de ceux-ci.

## 6. Bibliographie

- Ganne, A., Touze-Foltz, N., Mazeas, L., Guenne, A., and Epissard, J. (2008). "Experimental determination of sorption and diffusion of organic pollutants through GCLs". *Proc. Eurogeo 4*, 7p.
- Lake, C. B., and Rowe, R. K. (2004). "Volatile organic compound diffusion and sorption coefficients for a needle-punched GCL". *Geosynt. Int.*, 11(4), 257–272.
- Lake, C. B., and Rowe, R. K. (2000). "Diffusion of sodium and chloride through geosynthetic clay liners". *Geotext. Geomembr.*, 18, 103–131.
- Petrov, R.J., and Rowe, R.K. (1997). "Geosynthetic clay liner-chemical compatibility by hydraulic conductivity testing: factors impacting its performance". *Canadian Geotechnical Journal* 34(6), 863–885.
- Rowe, R. K., and Booker, J. R. (1984). "1-D pollutant migration in soils of finite depth". *J. Geotech. Eng.*, 111(4), 479–499.
- Rowe, R. K., Lake, C. B., and Petrov, R. J. (2000). "Apparatus and procedures for assessing inorganic diffusion coefficients through geosynthetic clay liners". *Geotech. Testing J.*, 23(2), 206–214.
- Rowe, R.K., Mukunoki, T., and Sangam, H.P. (2005). "BTEX diffusion and sorption for a geosynthetic clay liner at two temperatures". *ASCE J. Geotech. Geoenv; Eng.*, 131(1), 1211–1221.

## Annexe 1. Protocole de mise en place d'un essai de diffusion dans les GSB pour un GSB vieilli en oedoperméamètre

### 1 Principe

Les cellules de mesure des coefficients de diffusion utilisées sont composées de deux réservoirs indépendants de capacité 1,6 L. Au milieu de chaque cellule se trouve l'éprouvette de GSB entourée de deux disques en inox fritté de 0,1 m de diamètre. Deux entonnoirs en verre fixent l'épaisseur du GSB de manière à régler l'indice des vides global de l'éprouvette testée. Ce réglage est essentiel car le coefficient de diffusion est corrélé à l'indice des vides global. La cellule possède deux sorties de prélèvements de chaque côté de l'éprouvette. Au niveau de ces sorties un empilement particulier de septa assure l'étanchéité.

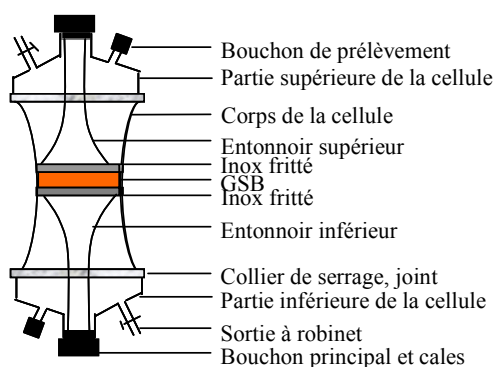


Schéma 1: Une cellule de mesure des coefficients de diffusion dans les GSB

La mesure de la diffusion consiste à injecter dans le réservoir source la solution de substances organiques à une concentration  $C_0$  et à suivre l'évolution de la concentration  $C$  dans les deux réservoirs. Le rapport  $C/C_0$  est déterminé grâce au GC-MS. La détermination du coefficient de diffusion s'effectue ensuite grâce à l'intégration des paramètres tels que les isothermes d'adsorption  $K_d$  et le ratio  $C/C_0$  dans le logiciel de modélisation Pollute développé par le professeur Kerry Rowe de Queen's University, Kingston, Canada.

### 2 Mode Opérateur

#### ● Préparation de la cellule

- ~ Enrouler du ruban de téflon autour des plaques en inox. Pour cela, joindre 4 plaques de téflon et enrouler le ruban très précautionneusement sur 5 à 6 tours. Séparer les plaques par une coupe fine au cutter. Les plaques extrêmes peuvent être utilisées si le

ruban n'a pas trop dépassé sur les faces de diffusion; l'objectif de l'utilisation du ruban de téflon est de permettre un ajustement parfait des plaques d'inox fritté avec les parois irrégulières de la cellule d'essai en verre ;



Figure 1 : plaque en inox fritté avec ruban de téflon

- ~ Installer le corps de la cellule sur le portoir (voir figure 2);
- ~ Fermer le bouchon principal de la partie inférieure de la cellule et insérer 3 cales de téflon à l'intérieur après avoir serré le bouchon ;
- ~ Positionner l'entonnoir inférieur dans la partie inférieure et accrochez la partie inférieure au corps de la cellule après avoir mouillé abondamment le joint torique avec de l'eau déminéralisée;
- ~ Mettre en place la plaque d'inox inférieure;
- ~ Fermer le bouchon de prélèvement équipé de septa neufs et le robinet.



Figure 2 : détails du montage de la partie inférieure de la cellule de diffusion, avant mise en place de l'entonnoir, après mise en place de l'entonnoir et après mise en place de la plaque en inox fritté

#### ● Remplissage de la partie inférieure

- ~ Relier la sortie annelée du robinet au robinet d'eau distillée ;
- ~ Remplir la partie inférieure de la cellule jusqu'à affleurer l'inox ;

- ~ Fermer les robinets ;
- ~ Vérifier l'étanchéité des bouchons et des joints.

### ● Préparation du GSB vieilli

Le vieillissement par flux de lixiviat synthétique a été réalisé dans un oedoperméamètre. L'évolution du flux et de l'épaisseur du GSB ainsi que la composition cationique du fluide en sortie ont été suivis tout au long du vieillissement.

- ~ Ouvrir l'oedoperméamètre et retirer le cordon de bentonite périphérique ;
- ~ Extraire le GSB vieilli de l'oedoperméamètre et le peser sur un plateau taré ;
- ~ Découper 3 éprouvettes à l'aide d'un cutter (voir figure 3) (couper en un ou deux passage(s) une coupe bien verticale) d'un diamètre égal à celui des plaques en inox ;
- ~ Peser chaque éprouvette (voir figure 3);
- ~ Relever les bords des géotextiles et les découper pour laisser apparaître la bentonite sur les bords ; le diamètre des géotextiles supérieur et inférieur est alors quasi-identique au diamètre des plaques inox tandis que la bentonite dépasse ; ceci permet d'éviter un écoulement préférentiel le long des fibres de géotextile et de favoriser une bonne adhérence et donc une bonne étanchéité entre la bentonite et la paroi de la cellule de mesure ;
- ~ sur une portion du reste du GSB après prélèvement des trois éprouvettes effectuer la détermination de la teneur en eau, ainsi que la mesure de la capacité d'échange cationique et la teneur en cations interfoliaires ainsi qu'un indice de gonflement pour évaluer le vieillissement du GSB.



Figure 3 : vue du GSB dans l'oedoperméamètre, du prélèvement de trois éprouvettes et de la pesée d'une éprouvette avant mise en place dans la cellule de mesure

### ● Mise en place de l'éprouvette de GSB dans la cellule de diffusion

- ~ Placer l'éprouvette sur la plaque d'inox à l'intérieur du corps de la cellule (voir figure 4) ;

- ~ Placer la plaque en inox supérieure ;
- ~ Placer l'entonnoir puis la partie supérieure de la cellule (voir figure 4) ;
- ~ Mouiller le joint torique supérieur et refermer la partie supérieure ;
- ~ Placer le reste de calles en téflon et refermer la cellule ;
- ~ Placer le bouchon de prélèvement équipé de septa neufs ;
- ~ Vérifier que les robinets sont bien serrés.



Figure 4 : mise en placé de l'éprouvette de GSB dans la cellule et fermeture de la cellule

#### ● Mise en charge

- ~ Installer un vase de Mariotte ;
- ~ Ouvrir le robinet supérieur de la cellule afin de ne pas mettre la cellule sous pression et de permettre l'hydratation du GSB ;
- ~ Appliquer une charge hydraulique d'environ 1cm pour éviter que le GSB ne se dessèche ;
- ~ Mesurer l'épaisseur de l'éprouvette au cathétomètre.

#### ● Remplissage de la partie supérieure

- ~ Installer la cellule sous la hotte sur un portoir mobile (2 chevalets reliés par des sangles) ;
- ~ Remplir une partie du réservoir supérieur par le bouchon de prélèvement. Attention le bouchon central ne doit pas être desserré ;
- ~ Insérer le volume de solution désirée dans la cellule à l'aide d'une pipette jaugée (par commodité, prévoir une concentration dans la solution mère permettant d'insérer 50 mL de solution dans la cellule) ;
- ~ Pencher la cellule de façon à évacuer les bulles d'air éventuelles et remplir complètement la cellule ;
- ~ Noter l'heure d'injection des polluants ;

- ~ Les cellules sont conservées sous hotte, allongées sur des morceaux de géotextiles (facilite le retournement lors des prélèvements) pendant toute la durée des essais (voir figure 5).



Figure 5 : cellule de mesure des coefficients de diffusion sous hotte recouvertes de papier aluminium pour éviter le phénomène de photoxydation

#### ● Test d'étanchéité

L'étanchéité du montage a été vérifié par l'ajout de colorant. Ce protocole ne sera pas répété à chaque essai, mais constitue uniquement une phase de validation du protocole de montage exposé ci-dessus.



*Test avec du permanganate de potassium*

#### ● Protocole de prélèvement dans les cellules

- ~ Préparer un tube par prélèvement;
- ~ Numéroté au marqueur les références d'échantillons sur chaque tube;
- ~ Réaliser les prélèvements dans les cellules sous hotte:

- Insérer l'aiguille dans le septum, l'équilibre de pression conduit généralement à ce qu'une partie du contenu de la seringue vienne alimenter la cellule;
  - Insérer une seringue vide équipée d'une longue aiguille ;
  - Prélever 2,5 mL du contenu du réservoir ;
  - Insérer le prélèvement dans le tube correspondant ;
  - Ajouter dans le tube 2,5 mL d'eau milli-Q et le refermer ;
  - Notez l'heure de prélèvement.
- ~ Congeler les tubes dans une boîte en carton en indiquant le numéro de la manipulation des essais.
- ~ Une fois tous les prélèvements effectués, on sort les échantillons du congélateur pour insérer 5  $\mu$ L l'étalon interne dans chaque tube avant l'analyse par GC/MS.