

## ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE D'UNE GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE APRÈS 26 ANS EN SERVICE

### EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF A BITUMINOUS GEOMEMBRANE AFTER 26 YEARS IN SERVICE

Nathalie TOUZE-FOLTZ<sup>1</sup>, Didier CROISSANT<sup>1</sup>, Thierry GISBERT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Irstea, Antony, France

<sup>2</sup> Arcadis, Le Plessis Robinson, France

**RÉSUMÉ** – Cet article présente les résultats d'une étude destinée à quantifier l'évolution du flux d'eau à travers des géomembranes en bitume oxydé vieillies, exposées, mises en place sur un teruil de stockage de résidus de traitement de minerai de chrome. Le flux a été mesuré avec le dispositif expérimental de la norme NF EN 14150, adaptée en termes de dispositifs de mesure. Les résultats sont cohérents avec ceux de la littérature pour d'autres géomembranes en bitume oxydé exposées prélevées dans des ouvrages hydrauliques à savoir que le flux est comparable à celui qui serait obtenu avec une couche de matériau argile de conductivité hydraulique voisine de  $10^{-9}$  m/s.

Mots-clés : géosynthétiques, géomembrane bitumineuse, couverture, chrome, durabilité.

**ABSTRACT** – This paper presents the results of an experimental study aiming at evaluating the evolution of the advective flow rate going through an oxidized bituminous geomembrane installed on the cover of a mining waste repository containing Chromium. The flow rate was measured with the experimental cell of EN 14150 with an adapted measuring device. Results obtained are consistent with previous results from the literature for other exposed oxidized bituminous geomembranes samples in hydraulic applications. Indeed the obtained flow rate is in the order of magnitude of what would be obtained with a 1m thick clay layer having a hydraulic conductivity equal to  $10^{-9}$  m/s.

Keywords: Geosynthetics, bituminous Geomembranes, cover, chromium, durability

### 1. Introduction

Les géomembranes sont des milieux non poreux. Ceci signifie que ces matériaux ne contiennent pas de vides, mais seulement des espaces libres dont la taille est proche de celle des molécules de solvants (Lambert et Touze-Foltz, 2000). Un essai normalisé a été élaboré en France dans les années 1990. Depuis, il est devenu l'essai européen décrit par la norme NF EN 14150 (AFNOR, 2006). L'objectif de cet essai normalisé est de quantifier le flux d'eau traversant les géomembranes lorsqu'elles sont soumises à une différence de charge hydraulique. Une synthèse de données récentes obtenues par deux laboratoires européens a été publiée récemment (Touze-Foltz et Zanzinger, 2009). Les résultats obtenus mettent en évidence que le flux d'eau à travers les géomembranes vierges sous une différence de pression de 100k Pa est généralement inférieur à  $10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j. La question se pose alors naturellement de déterminer comment évoluent les valeurs obtenues au cours du temps, avec le vieillissement des géomembranes.

Les géomembranes bitumineuses sont utilisées dans de nombreuses applications : barrages (Breul et Eldrige, 2009), canaux, couvertures d'installations de stockage de déchets (Potié et al., 1997 ; Peggs, 2008) y compris pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs (Ossena et al., 1997 ; Marchiol et al., 2006). Dans un certain nombre de cas de géomembranes en bitume oxydé exposées, on a observé à l'œil nu la présence de micro-craquelures millimétriques à la surface du matériau. On a noté que dans certains cas ces craquelures étaient indicatives d'une perte de performances hydrauliques (Touze-Foltz et al., 2011), la géomembrane devenant moins étanche. Ainsi les flux d'eau obtenus à travers des géomembranes en bitume oxydé vieillies in situ sont voisins des flux qui seraient obtenus avec une couche de matériau argileux d'un mètre d'épaisseur de conductivité hydraulique égale à  $10^{-9}$  m/s. L'objectif de cet article est de présenter l'évaluation qui a été réalisée de trois échantillons de géomembrane prélevés sur la couverture du teruil de Wattrelos, après 26 ans en service afin d'évaluer la performance de la géomembrane en bitume oxydée qui était utilisée. On présente tout d'abord brièvement le site de prélèvement ainsi que le matériau de l'étude. On décrit ensuite la méthodologie

utilisée pour l'évaluation de la performance hydraulique du matériau. Les résultats obtenus sont ensuite présentés et comparés à des résultats de la littérature pour d'autres géomembranes en bitume oxydé.

## 2. Présentation du site et des matériaux

Le "grand teruil de chrome" de Watrelos occupe une superficie de 7 hectares et atteint une hauteur de 16 mètres. Il a reçu, depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, plusieurs centaines de milliers de tonnes de résidus, issus notamment du traitement de minerais de chrome. Ces résidus sont fortement basiques (pH supérieur à 12) et contiennent en moyenne 30g/kg de Cr<sup>VI</sup>, polluant lixiviable et toxique.

Pour limiter la lixiviation par les eaux météoriques et la migration du Chrome vers la nappe superficielle, plusieurs phases de travaux de confinement ont été mises en œuvre sur le grand teruil : une barrière hydraulique a été mise en œuvre à sa périphérie, jusqu'au soubassement en argiles des Flandres et le teruil a été recouvert, dès 1986 (Balie et al., 1999), d'une géomembrane bitumineuse (bitume oxydé) (voir figure 1).



Figure 1. Vue de la géomembrane au contact des résidus

Pour autant, le « Grand Terril » génère encore quotidiennement une moyenne de 15 à 20 m<sup>3</sup> de lixiviats chargés en Cr<sup>VI</sup> (200 à 1 000 mg/l). Ce flux de lixiviats correspond annuellement à environ 10% de la pluviométrie, soit un ordre de grandeur classiquement observé sur les Installations de stockage de déchets recouvertes d'argile et d'une couche drainante (Gisbert et al., 2003)

Les lixiviats étaient jusqu'à peu traités à l'extérieur du site mais, depuis 2012, le Grand Terril est traité par la technique de l'IRZ (In Situ Reactive Zone) ou « bio-traitement in situ » dont le principe consiste à favoriser la bio-précipitation in situ du chrome sous sa forme peu mobile et moins toxique, le Cr<sup>III</sup> (Gisbert, 2009).

Cette technique permettra, à court terme, de stabiliser définitivement le grand teruil. Elle s'opère par la recirculation de nutriments (mélasse) dilués dans les lixiviats du site, sous la géomembrane bitumineuse en place, par le biais de puits et de tranchées de réinjection.

Lors des travaux de mise en œuvre des dispositifs de réinjection, la géomembrane a donc été ouverte et réparée en de nombreux endroits, ce qui a permis le prélèvement des échantillons qui sont l'objet de cette étude.

La géomembrane utilisée était une géomembrane en bitume oxydé de 3,9 mm d'épaisseur. Celle-ci était exposée.

Les échantillons rapportés au laboratoire présentait des craquelures (figure 2).



Figure 2. Aspect de l'état de surface de l'éprouvette 1 avant essai de mesure de flux

### 3. Méthodologie d'évaluation hydraulique

#### 3.1. Appareillage de mesure

L'appareillage de mesure est constitué d'une cellule en deux parties, de contrôleurs pression-volume dont l'objectif est d'appliquer la pression désirée sur chacune des faces de la géomembrane et de mesurer les variations de volume dans chacune des chambres de la cellule, et d'un ordinateur pour l'enregistrement des données (Figure 3).

L'éprouvette de géomembrane est enserrée entre les deux parties de la cellule cylindrique. Un mastic bitumineux peut être appliqué aux bords de la cellule dans le cas où des géomembranes bitumineuses sont testées pour éviter les fuites. Dans les deux parties de la cellule générées par l'installation de la géomembrane les deux chambres de 0,2 m de diamètre permettent d'appliquer une différence de pression entre les deux faces de la géomembrane.

À l'aval de la géomembrane, un disque en inox fritté permet de prévenir toute déformation de la géomembrane liée à la différence de pression appliquée entre les deux faces, supérieure à l'amont. Les deux chambres de la cellule sont équipées de purges afin d'évacuer l'air de la cellule avant le démarrage de l'essai (Lambert et Touze-Foltz, 2000).

### 3.2. Procédure d'essai

La norme NF EN 14150 indique d'appliquer dans la phase de mesure du flux des pressions égales à 150 et 50 kPa respectivement à l'amont et à l'aval de la géomembrane. Le résultat est exprimé en termes de flux d'eau traversant la géomembrane. Pour la géomembrane testée, la mesure de flux n'a pas pu être effectuée avec une différence de pression de 100 kPa car les flux auraient été trop élevés pour être mesurables avec les dispositifs expérimentaux disponibles au laboratoire. La procédure expérimentale a donc dû être adaptée pour pouvoir appliquer des différences de pression plus faibles comprises entre 0,2 et 1,5m. On a alors utilisé un vase de Mariotte pour appliquer une charge hydraulique à l'amont de la géomembrane, tandis qu'à l'aval de celle-ci, laissée à pression atmosphérique, le flux d'eau ayant traversé la géomembrane était recueilli et quantifié par pesée.

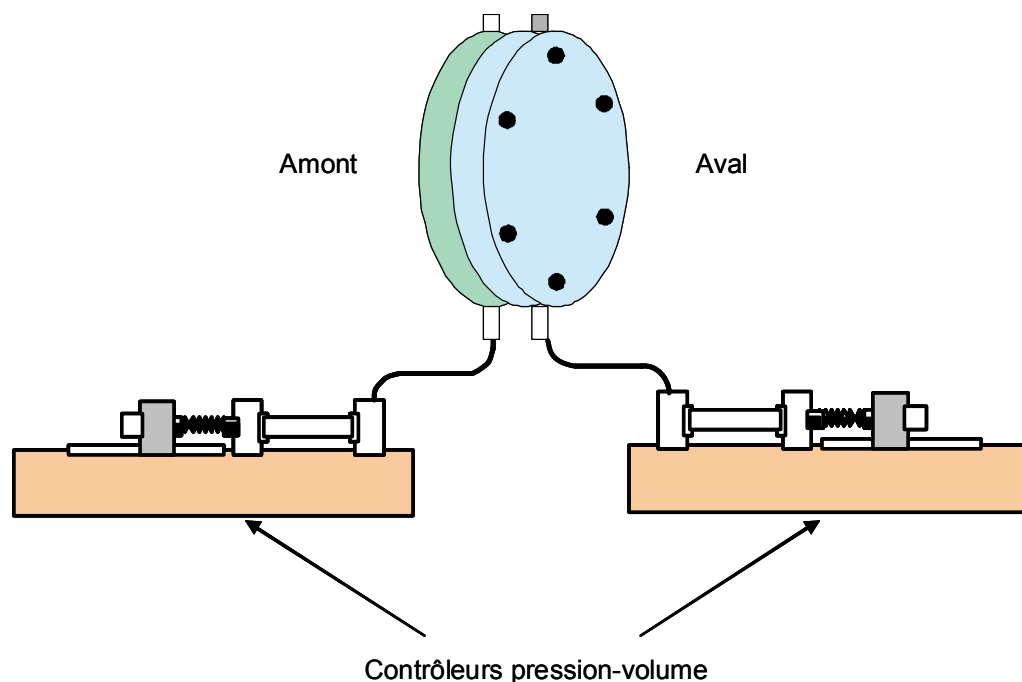


Figure 3. Appareillage de mesure selon la norme NF EN 14150 (ordinateur non représenté).

### 4. Résultats obtenus

Différentes charges hydrauliques, égales à 0,2, 0,5, 1 et 1,5 m ont été appliquées successivement sur chacune des éprouvettes à l'aide d'un vase de Mariotte. Les flux sont mesurés à l'amont de l'éprouvette à l'aide de ce dispositif et à l'aval par pesée deux fois par jour. La figure 4 présente les résultats obtenus pour l'éprouvette 1 sous les différentes charges hydrauliques au cours du temps. L'ensemble des valeurs obtenues en régime permanent sur une durée de sept jours pour chacune des charges hydraulique et chacune des éprouvettes est synthétisé dans le tableau 1. Les valeurs comprises entre  $2,3 \cdot 10^{-5}$  et  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jour}$  sont à comparer à la valeur maximale obtenus pour la plupart des géomembranes vierges égale à  $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jour}$ , sous une différence de charge hydraulique de 10 m.

Tableau 1. Evolution du flux (en  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jour}$ ) mesuré en fonction de la charge hydraulique appliquée une fois le régime permanent atteint et maintenu pendant sept jours sur chacune des éprouvettes d'essai

Échantillon	Charge hydraulique (m)			
	0,2	0,5	1	1,5
Échantillon 1	$6,91 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$
Échantillon 2		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Échantillon 3	$2,30 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

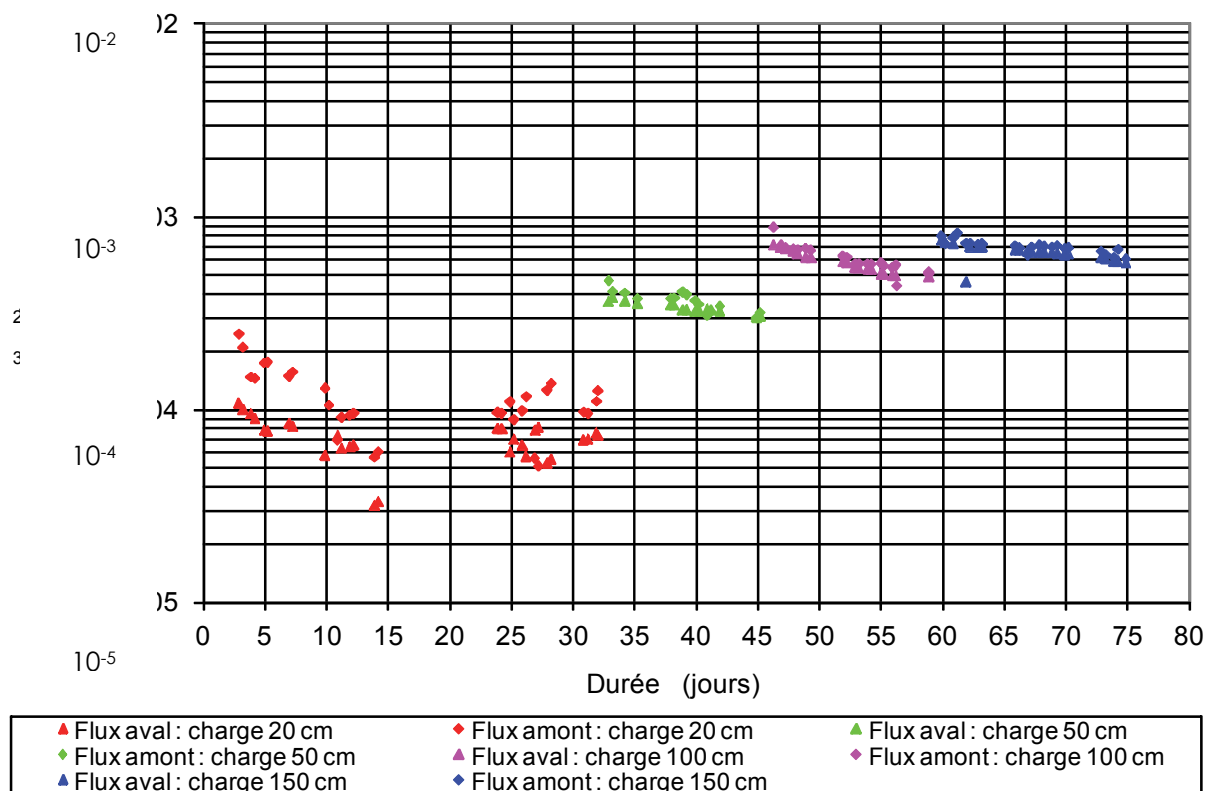


Figure 4. Évolution du flux mesuré sur l'éprouvette 1 au cours du temps en fonction de la charge hydraulique appliquée

La figure 5 comporte les résultats du tableau 1 comparés aux valeurs de flux qui seraient obtenus pour des couches de matériau argileux de différentes conductivités hydrauliques. Les résultats obtenus sont compris entre les flux pour une couche d'argile de conductivité hydraulique égale à  $5.10^{-10}$  m/s et celle d'une couche d'argile égale à  $8.10^{-9}$  m/s. Ces résultats sont cohérents avec ceux de la littérature (Touze-Foltz et al., 2011) qui faisaient état de valeurs de flux pour des géomembranes en bitume oxydées exposées comprises entre  $10^{-10}$  et  $10^{-8}$  m/s après un minimum de 19 ans d'exposition. Ils sont également cohérents avec l'ordre de grandeur du flux de lixiviats généré sur le site actuellement.

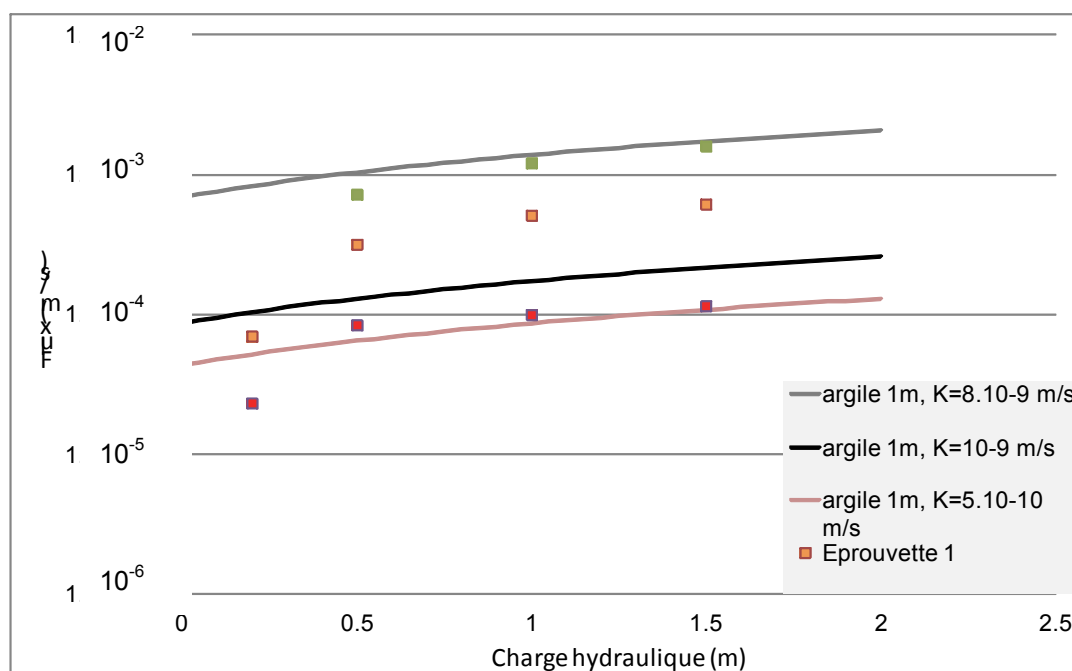


Figure 5. Comparaison des résultats obtenus en termes de flux à ceux générés par des couches d'argile de différentes conductivités hydrauliques

#### 4. Conclusion

L'objectif de cet article était de présenter les résultats d'une étude destinée à quantifier l'évolution du flux d'eau à travers des géomembranes en bitume oxydé vieilles, exposées, mises en place sur un terril de stockage de résidus de traitement de minerai de chrome depuis 26 ans. Le flux a été mesuré avec le dispositif expérimental de la norme NF EN 14150, adapté en termes de dispositifs de mesure. Les résultats sont cohérents avec ceux de la littérature pour d'autres géomembranes en bitume oxydé exposées prélevées dans des ouvrages hydrauliques à savoir que le flux est comparable à celui qui serait obtenu avec une couche de matériau argileux de conductivité hydraulique voisine de  $10^{-9}$  m/s. Ils sont également cohérents avec l'ordre de grandeur du flux de lixiviats généré sur le site actuellement.

#### 5. Références bibliographiques

- AFNOR (2006). EN 14150 Geosynthetic barriers - Détermination de la perméabilité aux liquides, 16 pages.
- Ballie, M., Studio, R., Breul, B. (1999). Étanchéité de parois de terrils. Rencontres géosynthétiques 99, Bordeaux, Girard et Gourc Eds., tome 1, 45-50.
- Breul, B., Eldrige, T. (2009). Two case histories of dams waterproofing in South America with bituminous geomembranes. *Proc. Rencontres Géosynthétiques 2009, Nantes, France*, 223-232.
- Gisbert, T. (2009). Utilisation des matériaux géosynthétiques dans la gestion et la dépollution des Sites et Sols Pollués (SSP) ; *Revue Ingénieries - n° spécial 2009* ; 119 - 140.
- Gisbert, T., Bloquet, C., Barina, G., Petitpas, C. (2003). Assessing the quantity of leachate: a simple tool for short and long term prediction and its evaluation on real size landfill sites. *Sardinia 2003, 9th International Landfill Symposium, Santa Margherita di Pula, Cagliari, Italy*
- Lambert, S., Touze-Foltz, N. (2000). A test for measuring the permeability of geomembranes. *Proc. Eurogeo 2, Second European conference on geosynthetics, Bologna, Italy*, 10 pages.
- Marchiol, A., Romero, M.A., Benneton, J.-P., Dumas, Ph., Gautier, J.-L. (2006). Examination of a bituminous geomembrane after 12 years of use as a cover for a waste storage area. *Proc. Rencontres Géosynthétiques 2006, Montpellier, France*, 123-132.
- Ossena, G., Breul, B., Herment, R. (1997). Design and construction of impervious cap to low level nuclear waste repository. Cover system by geosynthetic clay liner in Hautes Gayeulles municipal waste landfill. *Proc. Rencontres 97 Géotextiles-Géomembranes, Montpellier, France, Vol. 2, Reims, France*, 150-156.
- Peggs, I (2008). Prefabricated bituminous geomembrane: a candidate for exposed geomembrane caps for landfill closures. *Proc. The first Pan American Geosynthetics Conference and Exhibition, Cancun, Mexico*, 191-197.
- Poté, G., Steiner, B., Ailloud, G., Matichard, Y. (1997). Storage capping with geosynthetics liners for industrial waste landfills. *Proc. Rencontres 97 Géotextiles-Géomembranes, Reims, France, Vol. 2*, 117-123.