

## Focus

### Évaluation de l'étanchéité des géomembranes en bitume oxydé après exposition

**Les géomembranes en bitume oxydé sont utilisées dans la composition des barrières d'étanchéité de nombreuses applications : barrages, canaux, couvertures d'installations de stockage de déchets. L'évolution de la performance hydraulique de ces matériaux au cours du temps est donc un enjeu important. Focus sur les résultats obtenus en termes de flux d'eau mesurés sur des échantillons de géomembranes en bitume oxydé provenant de six ouvrages hydrauliques différents, bassins et barrages.**

# L

es géomembranes sont non poreuses. 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 qui depuis est devenu l'essai européen décrit par la norme NF EN 14150. 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. Les résultats obtenus mettent en évidence que le flux d'eau à travers les géomembranes vierges sous une différence de pression de 100 kPa est généralement inférieur à  $10^{-6} \text{m}^3/\text{m}^2/\text{j}$ . 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, canaux, couvertures d'installations de stockage de déchets y compris pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs. Dans un certain nombre de cas de géomembranes en bitume oxydé exposées, on a observé la présence de micro-craquelures à la surface du matériau. On peut légitimement se poser la question de l'évolution de la performance hydraulique de ces matériaux au cours du temps. L'objectif de cet article est de présenter les résultats obtenus en termes de flux d'eau mesurés sur des échantillons de géomembranes en bitume oxydé provenant de six ouvrages hydrauliques différents, bassins et barrages. Certaines de ces géomembranes étaient protégées, d'autres non. Après avoir présenté l'appareillage de mesure utilisé, issu de la norme NF EN 14150, et l'adaptation de la procédure expérimentale qui a dû être effectuée dans certains cas, on présentera brièvement les différents matériaux testés. Les résultats obtenus seront ensuite donnés et discutés.

#### Mise en place des essais

##### 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 1).

L'éprouvette de géomembrane est enserrée entre les deux parties de la cellule cylindrique. Un mastic bitumineux peut être appliqué au bord 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).

##### 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 les géomembranes des sites 1 à 5, 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 en effet dû être adaptée pour appliquer des différences de pression plus faibles. On a alors utilisé un bac à niveau constant 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.

Cette procédure a dû être suivie lorsque les éprouvettes de géomembrane présentaient à leur surface des micro-craquelures comme celle de la photo 1. Cela était le



1 Aspect de la surface de la géomembrane du site 5 au moment du prélèvement.

© J. S. Teu

cas pour toutes les géomembranes testées qui n'étaient pas recouvertes. Les différences de charge hydrauliques appliquées entre les deux faces de la géomembranes ont alors varié entre 0,1 et 2 m pour ces éprouvettes au lieu des 10 m spécifiés dans la norme. Au contraire, la géomembrane du site 6, qui était recouverte, ne présentait aucune micro-craquelure à sa surface. Bien que l'échantillon de géomembrane ait été prélevé trente ans après l'installation du matériau, la procédure décrite dans la norme NF EN 14150 a pu être suivie.

### Tests réalisés et résultats

#### Géomembranes testées

Les géomembranes bitumineuses sont des matériaux manufacturés composés de différentes couches qui sont, du bas vers le haut, une barrière racinaire constituée par un film en polyester, un géotextile nontissé en polyester imprégné de bitume et une surface sablée qui permet d'augmenter l'angle de frottement et de faciliter l'installation.

Il existe deux types de liants différents qui peuvent entrer dans la composition des géomembranes bitumineuses : les bitumes oxydés et les bitumes modifiés par un élastomère.

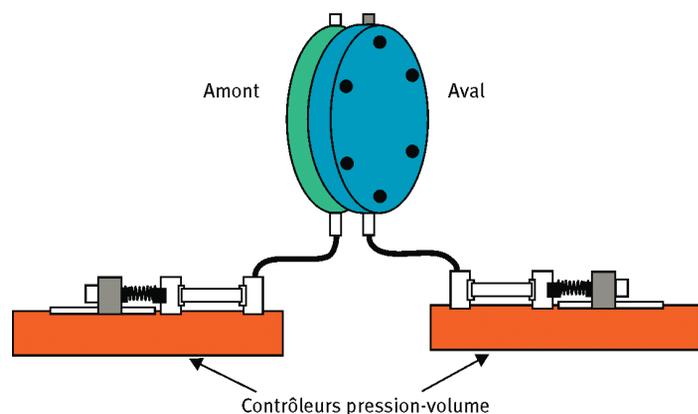
Les bitumes oxydés sont des bitumes dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées de façon substantielle par une réaction avec de l'air à haute température. Cette oxydation conduit à la formation de fonctions oxygénées (carbonyles, alcools) polaires qui forment des liaisons hydrogènes (Mouillet *et al.*, 2008).

Les bitumes modifiés par des élastomères sont obtenus par l'ajout au bitume d'un copolymère qui peut être du styrène-butadiène-styrène (Peggs, 2008).

Il est important de noter que ces deux types de liants bitumineux ont des propriétés différentes. Dans cet article on traite exclusivement de géomembranes en bitume oxydé ; les résultats obtenus pour ce type de géomembrane ne peuvent en aucun cas être étendus aux géomembranes en bitume modifié par un élastomère.

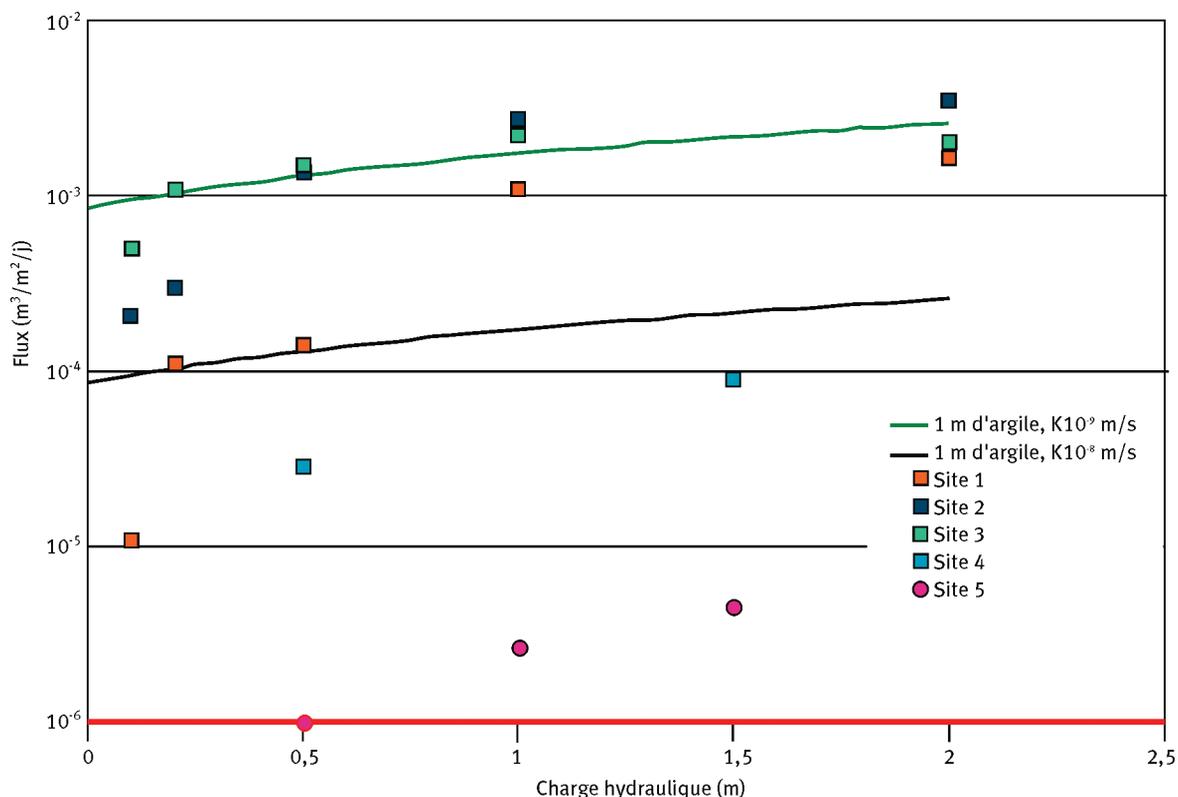
Le tableau 1 donne quelques détails relatifs aux sites sur lesquels des géomembranes en bitume oxydé ont été prélevées entre 2000 et 2006. On indique en particulier la nature du site (bassin ou barrage), l'âge de la géomembrane au moment du prélèvement lorsqu'il est

#### 1 Appareillage de mesure selon la norme NF EN 14150 (ordinateur non représenté).



## Focus

## ② Comparaison des flux obtenus avec ceux d'une couche d'argile compactée soumise à la même charge hydraulique.



disponible, l'épaisseur de la géomembrane et la présence d'une éventuelle protection ou d'eau au contact de la géomembrane. Seule la géomembrane du site 6 était protégée. La géomembrane du site 5 n'était pas recouverte, mais située en permanence sous l'eau au sein d'un barrage destiné aux loisirs aquatiques et par conséquent toujours plein, sauf au moment des vidanges décennales.

### Résultats

Les valeurs de flux obtenues pour les différentes géomembranes testées ont été reportées sur la figure ② où on a également indiqué le flux qui serait obtenu avec un mètre de matériau argileux de conductivité hydraulique égale à  $10^{-9}$  ou  $10^{-8}$  m/s. On observe que les flux les plus forts obtenus sur les sites 1 à 3 sont du même ordre de grandeur que ceux qui seraient obtenus avec une couche d'argile compactée d'un mètre d'épaisseur de conductivité hydraulique égale à  $10^{-8}$  m/s. On observe également que dans le cas de la géomembrane du site 5, non protégée mais immergée, après vingt-six ans en service, le niveau d'étanchéité est assez proche de celui de géomembranes vierges qui sont compris entre  $10^{-7}$  et  $10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j. Pour autant, il ne faut pas perdre de vue que les charges hydrauliques utilisées pour

tester la géomembrane du site 5 (de 0,1 à 2 m) sont moindres que celles utilisées dans les essais réalisés selon la norme NF EN 14150 (10 m).

Dans le cas de la géomembrane du site 6, l'essai a pu être réalisé selon la norme NF EN 14150 et le flux mesuré était inférieur à  $10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j.

#### ① Description des caractéristiques de la géomembrane en bitume oxydé et des différents sites de prélèvement.

Site	Type	Épaisseur (mm)	Âge (années)	Protection
1	Bassin	4	21	Non
2	Barrage	4	19	Non
3	Bassin	4	-	Non
4	Bassin		-	Non
5	Barrage	4,8	26	Eau
6	Barrage	4,8	30	Oui

## Conclusions et perspectives

L'objectif de cet article était de présenter les valeurs de flux mesurées à travers des géomembranes en bitume oxydé avec une adaptation de la norme NF EN 14150. Les flux ont été mesurés à travers des éprouvettes de géomembranes provenant de six sites différents, bassins et barrages. La géomembrane la plus ancienne a été posée trente ans avant le prélèvement présenté ici, sur le site 6.

Toutes les géomembranes non protégées présentant à leur surface des micro-craquelures ont montré une augmentation du flux à travers la géomembrane par comparaison avec ce qui est obtenu pour des géomembranes vierges. Pour les géomembranes pour lesquelles les flux obtenus sont les plus élevés, ceux-ci sont identiques à ce qui serait obtenu avec une couche d'argile de conductivité hydraulique comprise entre  $10^{-9}$  et  $10^{-8}$  m/s soumise à la même charge hydraulique.

Dans le cas où la géomembrane était non recouverte mais immergée, l'augmentation de flux est plus limitée que pour les géomembranes non protégées et non immergées. Pour autant, un vieillissement de la géomembrane est détecté.

Dans le cas où la géomembrane était recouverte et immergée, aucune micro-craquelure n'a été observée à la surface du matériau trente ans après sa mise en œuvre. Le flux mesuré à travers l'éprouvette de la géomembrane correspondante est identique à celui mesuré sur une géomembrane neuve.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité de protéger les géomembranes en bitume oxydé pour assurer la meilleure performance hydraulique possible à long

terme de ces matériaux. La recommandation qui en résulte est donc de ne pas laisser exposées les géomembranes en bitume oxydé pour leur assurer la meilleure durée de vie possible. On a en effet vu que pour le site 6, la géomembrane recouverte après trente ans présente le même niveau d'étanchéité qu'une géomembrane neuve. Le choix de la couverture est à envisager dès la conception de l'ouvrage, concomitamment au choix de la géomembrane.

Cette étude sera étendue dans la suite aux géomembranes en bitume élastomère, pour lesquelles on ne dispose pas, à l'heure actuelle, d'informations relatives à l'évolution de leur performance hydraulique dans le temps. ■

### Les auteurs

**Nathalie TOUZE-FOLTZ, Didier CROISSANT**

Irstea, UR HBAN, Hydrosystèmes et bioprocédés,  
1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030,  
92761 Antony Cedex

✉ [nathalie.touze@irstea.fr](mailto:nathalie.touze@irstea.fr)

✉ [didier.croissant@irstea.fr](mailto:didier.croissant@irstea.fr)

**Fabienne FARCAS**

Ifsttar, 58, boulevard Lefèbvre, 75732 Paris Cedex 15

✉ [fabienne.farcas@ifsttar.fr](mailto:fabienne.farcas@ifsttar.fr)

**Paul ROYET**

Irstea, UR OHAX, Ouvrages hydrauliques et hydrologie,  
3275 Route de Cézanne, CS 40061,

13182 Aix-en-Provence Cedex 5

✉ [paul.royet@irstea.fr](mailto:paul.royet@irstea.fr)

## QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- 📄 **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 p.
- 📄 **MOUILLET, V., FARCAS, F., BESSON, S.**, 2008, Ageing by UV radiation of an elastomer modified bitumen, *Fuel*, n° 87, p. 2408-2419.
- 📄 **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, p. 191-197.

► Consulter l'ensemble des références  
sur le site de la revue [www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)