

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE D'UN GÉOSYNTHÉTIQUE BENTONITIQUE EN COUVERTURE D'INSTALLATION DE STOCKAGE DE DÉCHETS

## EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF A GCL USED IN A LANDFILL COVER

Nathalie TOUZE-FOLTZ<sup>1</sup>, Carole BLOQUET<sup>2</sup>, Camille BARRAL<sup>1</sup>, Odile OBERTI<sup>3</sup>, Jeanick CHAPPE<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> SITA France, La Défense, France

<sup>3</sup> Suez Environnement, Le Pecq, France

**RÉSUMÉ** – On présente les résultats obtenus sur deux échantillons d'un géosynthétique bentonitique (GSB) prélevés sur une couverture d'installation de stockage de déchets. Les analyses réalisées montrent que la bentonite initialement sodique a été au bout de 10 ans transformée en bentonite calcique. Cet échange cationique a été favorisé par la nature calcique du sol environnant. L'épaisseur de confinement voisine de 0,5 m n'a pas permis d'éviter le phénomène de dessiccation du GSB, ni la pénétration des racines jusqu'au GSB. Les résultats hydrauliques montrent une augmentation significative de la conductivité hydraulique du GSB, qui atteint sur un des deux échantillons prélevés  $1,8 \cdot 10^{-6}$  m/s.

Mots-clés : géosynthétiques bentonitiques, ISD, couverture, durabilité.

**ABSTRACT** – The paper deals with the results obtained on two geosynthetic clay liners (GCL) samples from a landfill cover. Tests performed show that the initially sodium bentonite was converted after 10 years into a calcium bentonite in relation with the calcium content of the surrounding soil. The soil cover thickness, close to 0.5 m, was insufficient to prevent from desiccation to occur, nor from roots to reach the GCL and cross it. Hydraulic results show a significant increase in the hydraulic conductivity which reached  $1.8 \times 10^{-6}$  m/s on one specimen.

Keywords: geosynthetic clay liner, landfill, cover, durability

## 1. Introduction

La performance à long terme des géosynthétiques bentonitiques (GSB) dans les couvertures d'installations de stockage de déchets (ISD) est directement liée au comportement hydraulique de l'élément assurant l'étanchéité dans un GSB, à savoir la bentonite. Une baisse de la performance hydraulique des GSB en couverture d'ISD a été observée par de nombreux auteurs (voir Touze-Foltz et al. (2008) pour une synthèse des études antérieures, Benson et Meer, 2009). Celle-ci est en partie imputable au phénomène d'échange cationique. En effet, la bentonite contenue dans les géosynthétiques bentonitiques (GSB) est un matériau argileux majoritairement composé de smectites et de minéraux accessoires (quartz, calcite, mica...). Les smectites sont des argiles en feuillets entre lesquels s'intercalent des cations tels que le sodium, le calcium, le magnésium ou le potassium (AFNOR, 2008). Le sodium contenu entre les feuillets va inexorablement et de façon irréversible s'échanger avec le calcium contenu dans la majorité des sols présents à la surface du globe. Ce phénomène d'échange cationique va conduire à une augmentation de la perméabilité des géosynthétiques bentonitiques, modérée, d'un facteur 10 à 100.

Mais la performance des produits s'amointrit de façon significative lorsque le géosynthétique bentonitique, va, au gré des saisons se dessécher puis se réhumidifier, à plusieurs reprises. C'est ce phénomène de dessiccation qu'il faut impérativement éviter pour protéger la bentonite et empêcher que ne se forment en son sein des fissures qui n'auront plus la possibilité au cours du temps de se refermer, même lorsque la bentonite sera à nouveau humidifiée.

Les racines de la végétation que l'on est tentée de mettre en place sur le sol recouvrant le géosynthétique bentonitique peuvent également être dommageables, surtout si elles meurent, créant ainsi au moment de leur dégradation des chemins préférentiels pour l'écoulement de liquide ou de gaz (Cazzuffi et Cripa, 2004).

L'objectif de cet article est de présenter un nouveau retour d'expérience à partir de deux prélèvements d'échantillons de GSB, réalisés sur une couverture d'installation de stockage de déchets

pendant l'été 2011. On présente dans le paragraphe 2 brièvement le site, ainsi que les prélèvements réalisés. On donne au paragraphe 3 les résultats obtenus aussi bien sur la bentonite (indice de gonflement, capacité d'échange cationique, cations en présence) que du sol environnant. On donne également les résultats obtenus en termes de mesure de flux à travers les deux échantillons de GSB.

## 2. Description du site, du GSB et des prélèvements réalisés

### 2.1 Description du site

Le site de l'installation de stockage de déchets dans laquelle les prélèvements ont été effectués est situé en Lorraine dans une zone de plaine à une altitude comprise entre 147 et 195 m. Le climat est continental. Les précipitations sont en moyenne de 73 mm/an sur la période 1983-2003. La couverture du site est ensoleillée, la végétation étant de type prairiale (figure 1).



Figure 1. Illustration de la végétation présente sur la couverture de l'ISD

### 2.2 Description du GSB

Le GSB mis en œuvre est un GSB cousu contenant initialement de la bentonite sodique, avec une masse surfacique de bentonite sèche comprise entre 3,5 et 4 kg/m<sup>2</sup> (tableau 2). Il a été mis en place en 2003. Les prélèvements ont été effectués en août 2011. Un géotextile antipoinçonnant a été mis en œuvre sur le GSB à la pose. Dans la suite les appellations GSB 1 et GSB 2 désigneront le même GSB prélevé au niveau des excavations 1 et 2 respectivement.

### 2.2 Description de l'excavation

Deux cavités ont été creusées à la surface de la couverture à la pelle mécanique. Dès la découverte du géotextile qui recouvrait les géosynthétiques bentonitiques, la pelle a été arrêtée et le reste de l'excavation s'est poursuivi à la main. Nous avons veillé à ne pas marcher sur les géosynthétiques de manière à ne pas engendrer de fluage de la bentonite entre les géotextiles constitutifs du GSB. La figure 2 met en évidence une épaisseur de sol de confinement de 0,55 m environ sur le GSB au niveau de l'excavation 1. Une épaisseur de 0,5 m a été relevée au niveau de la seconde excavation. Le sol de recouvrement contenait des granulats, des tuiles (figure 3) et des racines. La figure 4 montre un point triple de recouvrement du géotextile situé au-dessus du GSB. On décèle sur cette photo, sous le géotextile, le géosynthétique bentonitique cousu et la présence de racines à sa surface. La figure 5 met en évidence la présence de racines à la surface du sol support du GSB, indiquant que celles-ci ont traversé le géosynthétique bentonitique.



Figure 2. Illustration de l'épaisseur de la couche de confinement sur les géosynthétiques



Figure 3. Présence de morceaux de tuiles dans le sol de recouvrement du GSB



Figure 4. Visualisation du point triple de recouvrement du géotextile situé au-dessus du GSB



Figure 5. Présence de racines à la surface du sol support du GSB après prélèvement de l'échantillon de GSB sur la première excavation

### 3. Résultats obtenus

Les échantillons de GSB prélevés, d'une taille voisine de 0,4 m×0,4 m, ont été conditionnés dans des sacs plastiques, mis en place sur un support rigide afin d'éviter toute déformation au cours du transport. Ils n'ont pendant le transport été soumis à aucune contrainte mécanique. À l'arrivée au laboratoire, une éprouvette de chaque échantillon de 0,25 m de diamètre a été prélevée afin de réaliser des essais en oedoperméamètre pour évaluer leur conductivité hydraulique. Le reste des échantillons a été utilisé pour prélever de la bentonite qui a servi, après séchage à 50°C, à la réalisation d'essais de détermination de la capacité de gonflement et de détermination des cations interfoliaires. Les résultats de ces différents essais sont présentés dans la suite de ce paragraphe.

#### 3.1 Capacité de gonflement de la bentonite

Un essai de quantification de la capacité de gonflement de l'argile selon la norme XP P 84-703 a été réalisé pour la bentonite extraite des deux échantillons de GSB prélevés. Les valeurs des indices de gonflement obtenues sont inférieures à 10 ml/2g de bentonite sèche, ce qui dénote la nature calcique de la bentonite. À noter que la bentonite contenue dans le GSB était initialement sodique.

### 3.2 Détermination de la capacité d'échange cationique et de la proportion des différents cations dans la bentonite

Afin de confirmer la conversion de la bentonite initialement sodique en bentonite calcique, nous avons effectué la détermination des cations interfoliaires présents dans la bentonite des deux prélèvements effectués. Celle-ci est réalisée après extraction des cations interfoliaires par contact entre la bentonite et le chlorure de cobaltihexammine selon la norme NF X 31.130. Cette détermination a également été réalisée sur le sol recouvrant le géosynthétique bentonitique et sur le sol situé dessous. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Propriétés de la bentonite extraite des GSB et du sol environnant

Élément	CEC (meq/100g)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Indice de gonflement (ml/2g)	Teneur en eau (%)
GSB 1	84,3	12,24	3,82	4,75	8,38	252,73	<10	55,1
GSB 2	94,2	11,77	4,33	absent	6,24	245,64	<10	48,9
Sol sur GSB 1	28,0	25,09	28,21	3,21	4,68	132,51		19,0
Sol sous GSB 1	32,7	20,83	34,68	3,18	2,93	112,33		21,0
Sol sur GSB 2	38,0	20,35	22,74	absent	2,61	149,52		17,8
Sol sous GSB 2	31,4	32,53	20,66	2,71	2,70	93,50		18,3

On peut noter dans ce tableau que la proportion de calcium contenue dans le sol entourant le GSB est importante. Celle-ci justifie donc sans aucun doute en grande partie l'échange cationique qui s'est presque totalement produit dans la bentonite, puisque l'on observe que le calcium est le cation majoritaire.

Le GSB 1 est plus humide que le GSB 2, ce qui est cohérent avec le fait que le sol environnant le GSB 1 est plus humide également que le sol environnant le GSB 2. Pour autant la teneur en eau du GSB au moment du prélèvement est faible, ce qui montre que le produit a subi une dessiccation.

### 3.3 Détermination des propriétés hydrauliques des GSB

La figure 6 présente l'évolution de l'épaisseur des GSB 1 et 2 au cours de l'essai réalisé en oedoperméamètre effectué sous une contrainte mécanique de 10 kPa. On observe que les deux GSB ne possèdent plus de capacité de gonflement, ce qui est cohérent avec les résultats d'essais de mesure de la capacité de gonflement et de détermination des cations préalablement exposés. Par contre, la figure 7 montre que les deux GSB possèdent encore une certaine capacité d'absorption d'eau. Une fois l'équilibre d'absorption d'eau atteint, la charge hydraulique a été augmentée à 1 puis 3 cm pour le GSB 1 et seulement à 1 cm pour le GSB 2 compte-tenu des valeurs importantes de flux déjà mesurées sous cette faible charge hydraulique. Les essais de mesure de flux sont réalisés en quelques heures compte-tenu des forts débits obtenus égaux à  $1,08 \cdot 10^{-7}$  et  $1,67 \cdot 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/s respectivement. Ainsi il suffit de deux à trois heures pour vider le vase de Mariotte de 400 ml qui sert de dispositif de mesure. Il est donc impossible de poursuivre l'essai sur plusieurs jours.

Le tableau 2 présente les résultats obtenus en termes de masse surfacique de bentonite sèche, d'épaisseur des GSB, de teneur en eau et de conductivité hydraulique. Les valeurs de conductivité hydraulique obtenues sont bien supérieures à celles d'un produit vierge, de 3 à 4 ordres de grandeur.

Tableau 2. Propriétés des échantillons de GSB testés selon la norme NF P 84-705

Éprouvette	Masse de bentonite sèche par unité de surface du GSB (kg/m <sup>2</sup> )	Épaisseur (10 <sup>-3</sup> m)	Teneur en eau au début de l'essai (%)	Teneur en eau en fin d'essai (%)	Charge hydraulique pendant l'essai (m)	Conductivité hydraulique (m/s)
GSB 1	3,63	5,00	47,6	122	$3 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
GSB 2	4,04	6,15	47,2	98	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$

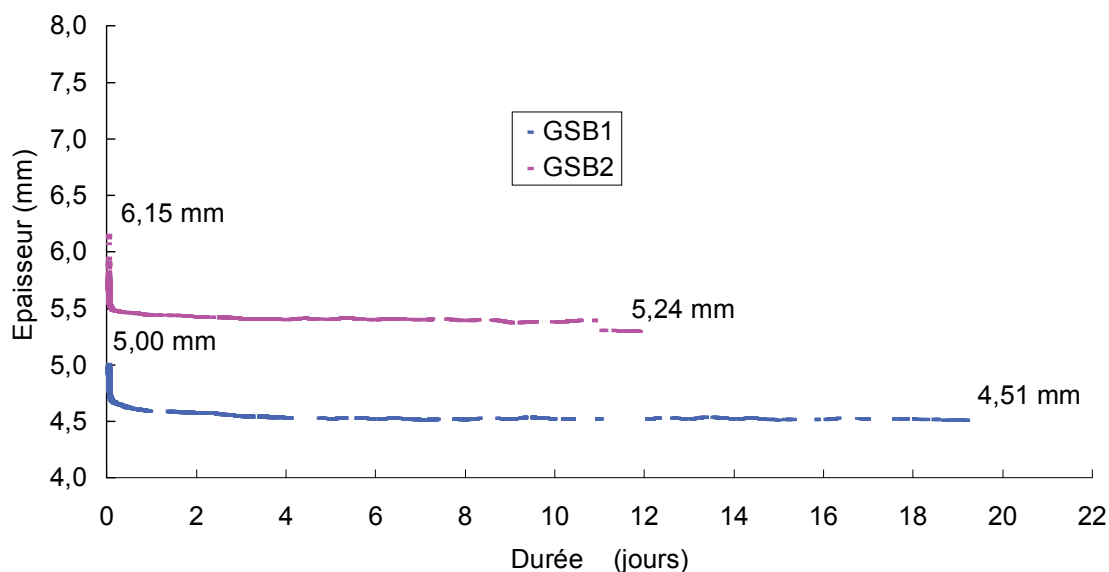


Figure 6. Évolution de l'épaisseur du GSB 1 au cours de l'essai en oedoperméamètre

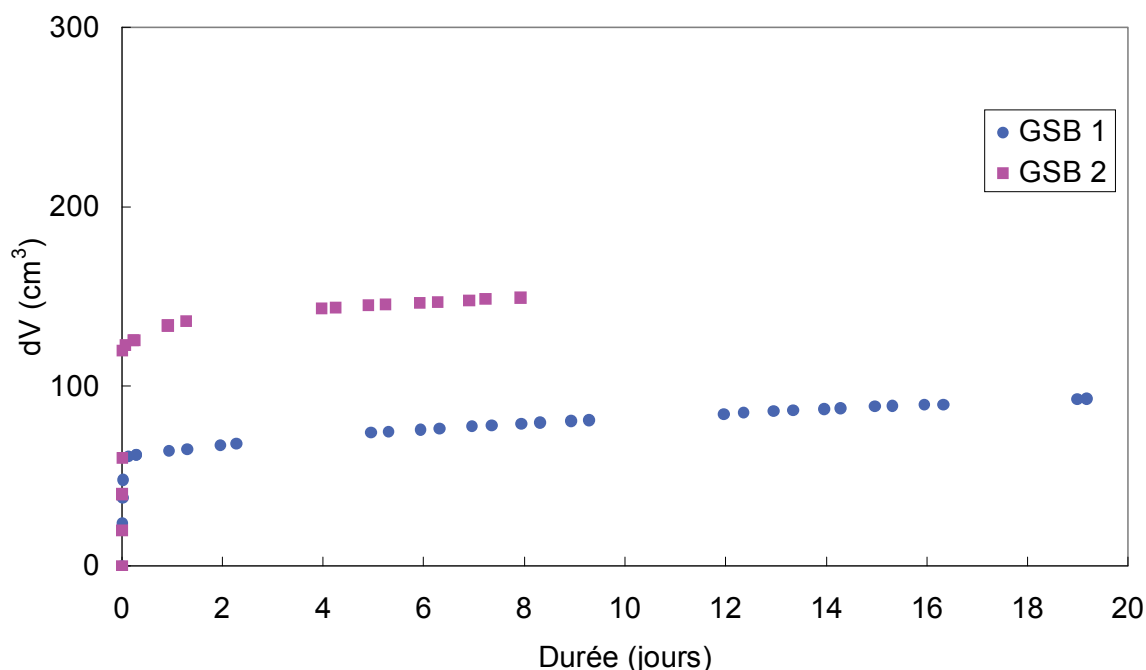


Figure 7. Évolution de la quantité de NaCl  $10^{-3}$  molaire absorbée au cours du temps par les deux GSB.

Ce résultat est cohérent avec la combinaison d'échange cationique au sein de la bentonite et de cycles d'humidification-dessiccation qui peuvent s'expliquer par la faible épaisseur de confinement du GSB égale à 0,5 m. À noter toutefois qu'au moment de l'installation cette épaisseur était cohérente avec les recommandations du comité français des géosynthétiques (CFG) datant de 1998, qui ne tenaient donc pas compte des travaux présentés dans la littérature après 1998, indiquant que cette épaisseur de confinement n'était pas suffisante pour garantir un bon fonctionnement du GSB sur la durée. Les nouvelles recommandations du CFG (2010) requièrent actuellement une épaisseur de confinement minimale de 1 m sur les GSB en couverture d'installations de stockage de déchets.

#### 4. Conclusion

L'excavation de GSB à deux endroits d'une couverture d'installation de stockage de déchets a permis de mettre en évidence que ceux-ci étaient confinés par une épaisseur de matériau de l'ordre de 0,5 m. Le sol environnant le GSB riche en calcium a généré de l'échange cationique au sein du GSB, quasi-total après 8 ans du matériau en service. Cet échange cationique est révélé à la fois par la perte de la capacité de gonflement de la bentonite, mais également par la présence importante de calcium au sein des cations interfoliaires de la bentonite.

La mesure de flux à travers les GSB révèle une baisse significative des performances hydrauliques, qui ne peut pas s'expliquer seulement par l'échange cationique mais par la combinaison de cet échange cationique avec des cycles d'humidification-dessiccation au sein de la bentonite rendus possibles par une épaisseur de confinement insuffisante, même si elle était cohérente avec les recommandations en vigueur au moment de la pose de la couverture.

#### 5. Références bibliographiques

- AFNOR (1999). NF X 31.130. Qualité des sols - Méthodes chimiques - Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) et des cations extractibles, Association Française de Normalisation (AFNOR), Paris, France.
- AFNOR (2008). XP P84-700. Géosynthétiques bentonitiques – Généralités – Définitions, Association Française de Normalisation (AFNOR), Paris, France.
- AFNOR (2002). XP P 84-703. Géosynthétiques bentonitiques - Détermination de la capacité de gonflement des géosynthétiques bentonitiques, Association Française de Normalisation (AFNOR), Paris, France.
- Benson C.H., Meer S.R. (2009). Relative abundance of monovalent and divalent cations and the impact of desiccation on geosynthetic clay liners, *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, Volume 135 No. 3, pp. 349-358.
- Cazzuffi D., Crippa E. (2004). Behaviour versus time of geosynthetic clay liners sampled from a brownfield in Southern Italy after seven years of installation. *Proceedings of the 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics Geoasia2004*, ISBN 89-952189-4-093530, pp. 480-487.
- Comité Français des Géosynthétiques (CFG) (2010). Fascicule 13. Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques bentonitiques en installations de stockage de déchets, 85 pages.
- Touze-Foltz N., Lupo J., Barroso M. (2008). Geoenvironmental applications of geosynthetics. Keynote lecture, *Proceedings Eurogeo 4*, Edinburgh, Scotland, 98 pages.