

LES MULTI-FONCTIONS D'UN GÉOSYNTHÉTIQUE BENTONITIQUE (GSB) : CAS DU DISPOSITIF RETENU AU CSDU D'ATTAINVILLE (95)

THE MULTIFUNCTION OF A GEOSYNTHETIC CLAY LINER GCL : EXEMPLE OF THE DEVICE APPLIED AT ATTAINVILLE (F-95570) WASTE LANDFILL

Gérard DIDIER¹, Alain COURADIN¹, Véronique NOROTTE¹, Catherine POTHIER¹, David CLAUSTRE²

¹ : INSA Lyon, URGC (Unité de Recherche en Génie Civil), F-69621 Villeurbanne cedex

² : J. FAYOLLES et FILS, F-95230 Soisy-sous-Montmorency

RÉSUMÉ - Les GSB sont souvent présents sous le niveau étanche de la barrière de sécurité active en fond et/ou flanc des CSDU en renforcement de la barrière de sécurité passive (BSP). Dans ce contexte, ils protègent la géomembrane si la BSP contient des éléments susceptibles de l'endommager et, sur le long terme, ils limitent le débit de fuite et son rayon d'action au droit d'un défaut de la géomembrane. En revanche, les GSB sont peu utilisés au-dessus de la géomembrane. Cet article montre l'utilité d'un tel usage, destiné à assurer la fonction protection-réparation d'une géomembrane présentant un défaut. Ce dispositif a été mis en œuvre récemment par l'entreprise J. FAYOLLE et FILS au CSDU d'Attainville (95) après avoir démontré en laboratoire le bien fondé d'un tel dispositif permettant de réduire considérablement la sollicitation de la BSP au droit d'éventuels défauts de la géomembrane.

Mots clés : Géosynthétique bentonitique – CSDU – protection – Barrière de sécurité active.

ABSTRACT - GCL's are often implemented under the geomembrane of bottom and/or side of composite liners of waste landfill for the reinforcement of the mineral liner. In this context, they protect the geomembrane from puncturing from coarse elements from the mineral liner and on the long term they limit the advective flow and the wetted area due to the existence of a defect in geomembrane. However, the GSB are rarely used upon the geomembrane. This paper shows the interest of such a use intended to provide the function of protection and repairing of geomembrane defects. This system was implemented recently by "FAYOLLE J. et Fils" in the Attainville (F-95) waste landfill after having demonstrated in the laboratory the good effect of such an association that considerably reduces the solicitation on the mineral liner under the location of possible geomembrane defects.

Keywords : Geosynthetic clay liner – waste landfill – protection - active safety level.

1. Introduction

Il est reconnu que les géomembranes placées en fond de Centre de Stockage de Déchets CSD en barrière de sécurité active (BSA) subissent après leur mise en œuvre des sollicitations mécaniques qui peuvent conduire à des endommagements qui seront réduits à la fois par un dimensionnement correct du dispositif de protection et par une bonne démarche contrôle/qualité. Ces endommagements sont à l'origine de l'essentiel des débits de fuite au travers du dispositif d'étanchéité global (BSA + BSP). Il est donc nécessaire, afin de réduire ces endommagements et leur impact, de qualifier le type de protection envisagé.

En fond du Centre de Stockage de Déchets, l'endommagement des géomembranes consécutif aux sollicitations mécaniques lors de la mise en œuvre du matériau drainant ne peut être apprécié que par la réalisation sur chantier de planches d'essais (CFG, 2001).

Pour ce qui concerne le comportement à long terme de la géomembrane utilisée en barrière active de CSD, des essais de performance ne peuvent être réalisés qu'en laboratoire où devront être superposés les matériaux que l'on envisage de placer sous et sur la géomembrane, l'ensemble étant progressivement surchargé jusqu'à la contrainte maximale apportée par les déchets en fin d'exploitation et soumis à la charge hydraulique maximale de lixiviat autorisée.

Deux essais ont été menés au laboratoire de l'INSA de Lyon sur une géomembrane présentant un défaut et recouvert par un GSB avant de placer une couche granulaire drainante et d'appliquer la contrainte de confinement. Pour le premier essai, nous nous sommes placés dans un contexte défavorable avec une couche de sable sous la géomembrane. Pour le deuxième essai, décrit dans cet article, nous nous sommes rapprochés des conditions du site en mettant sous la géomembrane le limon utilisé pour la réalisation du niveau de la BSP ayant une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s. Les résultats ont montré dans les deux cas que la fonction protection-réparation de la géomembrane était

assurée par le GSB. De ce fait, l'Entreprise Fayolle et Fils a mis en place un tel dispositif pour la barrière de sécurité active en fond de CSDU d'Attainville (figure 1).

Après une description des dispositifs d'étanchéité testés dans l'appareillage utilisé, nous donnons les résultats concernant les performances hydrauliques en considérant un transfert advectif ainsi que l'état final des matériaux.



Figure 1. CSDU d'Attainville (95), vue du dispositif d'étanchéité-drainage en fond

2. Description du dispositif d'étanchéité testé

Dans la cellule d'essais (figures 4 et 5) décrite dans la norme XP P 84-705 (AFNOR, 2002), nous avons superposé de bas en haut, les couches suivantes :

- le limon (classé A₂) de la barrière passive, ayant après compactage à une teneur en eau de 23% un poids volumique sec de 15,8 kN/m³ et une perméabilité inférieure à 1.10⁻⁹ m/s (figure 3). Dans l'essai préliminaire une couche de sable perméable a été utilisée (figure 2) ;
- une géomembrane lisse en PEHD de 2 mm d'épaisseur comportant en son centre un défaut circulaire de 12 mm de diamètre (figure 6) ;
- un géosynthétique bentonitique aiguilleté (Bentomat SS100 de CETCO) ayant une masse surfacique de bentonite sèche de 5,056 kg/m². La face non tissée (200 g/m²) du GSB est placée en contact avec la géomembrane (figure 7) ;
- le matériau de drainage 20/40 mm en grès concassé ayant après mise en place un poids volumique sec de 14 kN/m³ (figure 8). Il est en contact avec la face tissée (100 g/m²) du GSB ;
- un géosynthétique de drainage (Enkadrain de COLBOND) assurant la fonction séparation ;
- une couche de gravier siliceux 2/5 mm (figure 9) en contact avec le piston ;



Figure 2. Couche de sable



Figure 3. Couche de limon (A₂)

Note : Afin d'éviter la pénétration du limon (ou du sable) dans le défaut nous avons centré sur l'orifice un géotextile filtre de 20 mm de côté (figure 2).

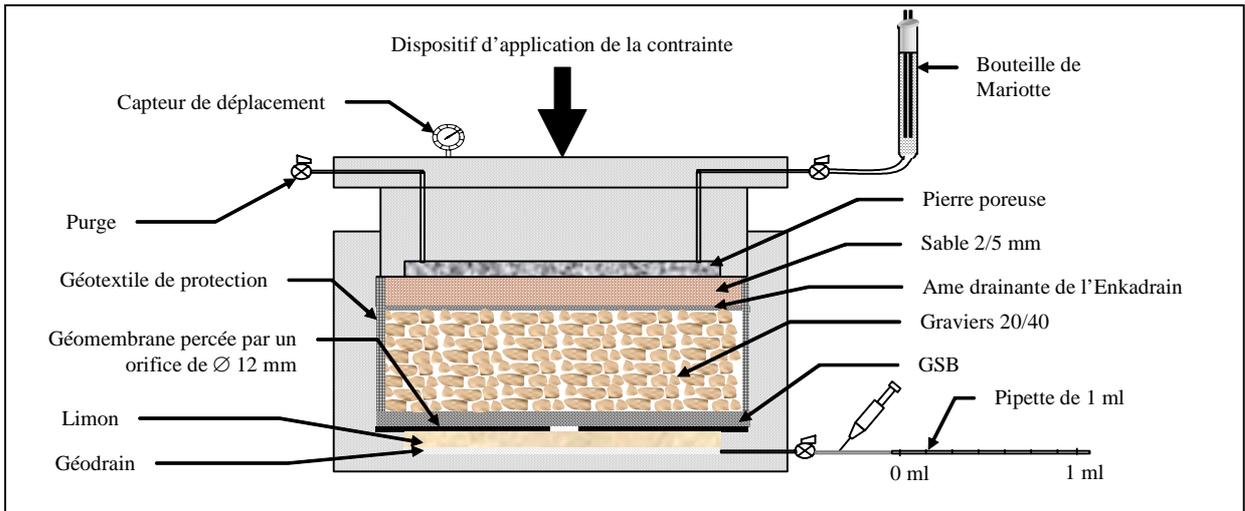


Figure 4. Schéma du dispositif d'étanchéité dans la cellule d'essai

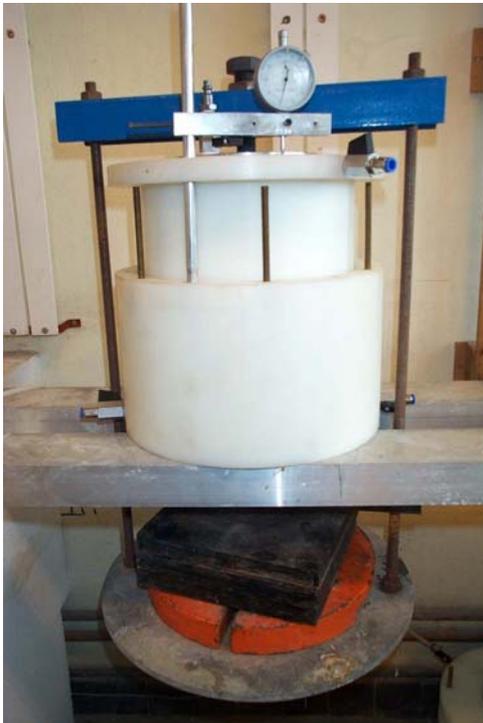


Figure 5. Dispositif d'essai. Cellule + bâti de chargement direct (contrainte 10 kPa)



Figure 6. Géomembrane percée au centre

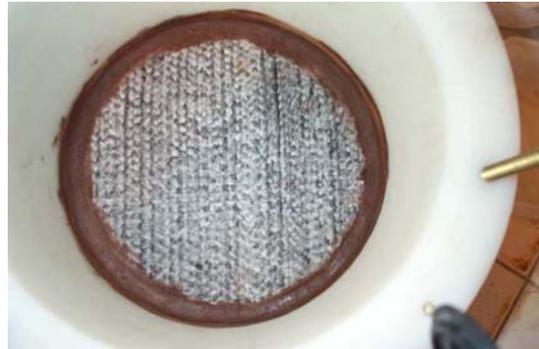


Figure 7. GSB placé sur la géomembrane



Figure 8. Grès concassé 20/40



Figure 9. Gravier 2/5 sur géocomposite de drainage

3. Résultats

3.1 Essai préliminaire avec une couche de sable comme support de la géomembrane

Lors de cet essai réalisé en 2003, le matériau de drainage 20/40 mm était un silex concassé. La contrainte finale maximale était de 160 kPa et le fluide de saturation et d'essai était de l'eau déminéralisée. Après une durée totale de l'expérimentation de 54 jours, le débit de fuite mesuré pour une charge hydraulique de 4,2 m est égal à 7 ml/jour. Après démontage du dispositif, nous avons constaté que le GSB présentait des creux et des bosses mais que son épaisseur n'était jamais inférieure à 8 mm. La géomembrane ne présentant pas de marques, nous en avons déduit que le GSB pouvait remplir la fonction protection et proposé un autre essai décrit dans la suite de cet article.

3.2 Essai avec une couche de limon comme support de la géomembrane

Dans un premier temps, le GSB soumis à une contrainte normale de 10 kPa (figure 5) est présaturé pendant 5 jours en introduisant dans la cellule la quantité d'eau déminéralisée utile pour avoir une teneur en eau de la bentonite de l'ordre de 100 %. Le matériau drainant a ensuite été saturé par un lixiviat, réceptionné en décembre 2004 et provenant du site de Saint Silvain – Bas le Roc (23). La cinétique de gonflement sous 10 kPa a été suivie durant 27 jours, durant lesquels la charge hydraulique (H) du lixiviat a été fixé successivement à 10, 15 puis 30 cm (gonflement final mesuré égal à 1,5 mm).

Après stabilisation du flux entrant sous 10 kPa avec une charge hydraulique de 30 cm, la contrainte normale (σ) a été augmentée successivement à 20 kPa, 50, 100, 200 puis 300 kPa. Le tassement a été suivi tout au long de l'essai. La figure 10 montre l'évolution quasi linéaire des tassements cumulés instantanés, $dh_{i,cum}$, et totaux, dh_{tot} , en fonction du logarithme de la contrainte appliquée. Pour chaque contrainte, le tassement instantané est la somme du tassement dû au réarrangement des matériaux granulaires (sans doute faible) et à leur pénétration dans le GSB. Le tassement ultérieur est dû à la consolidation de la bentonite au niveau des zones de contact. Nous regroupons les résultats dans le tableau I suivant.

Tableau I. Résultats de l'essai avec le limon (A₂) en couche support

σ (kPa)	10	20	50	100	200	300
Durée (j)	27	7	19	19	19	21
$dh_{i,cum}$ (mm)	-	0,57	1,18	1,88	3,18	3,23
dh_{tot} (mm)	(-1,5)	1,28	2,76	3,42	5,35	5,82
H (m)	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Q_H (m ³ /s)	$5,8 \cdot 10^{-12}$	$5,3 \cdot 10^{-12}$	$4,2 \cdot 10^{-12}$	$3,5 \cdot 10^{-12}$	$2,8 \cdot 10^{-12}$	$2,3 \cdot 10^{-12}$
Q_H (ml/j)	0,50	0,46	0,36	0,30	0,24	0,20

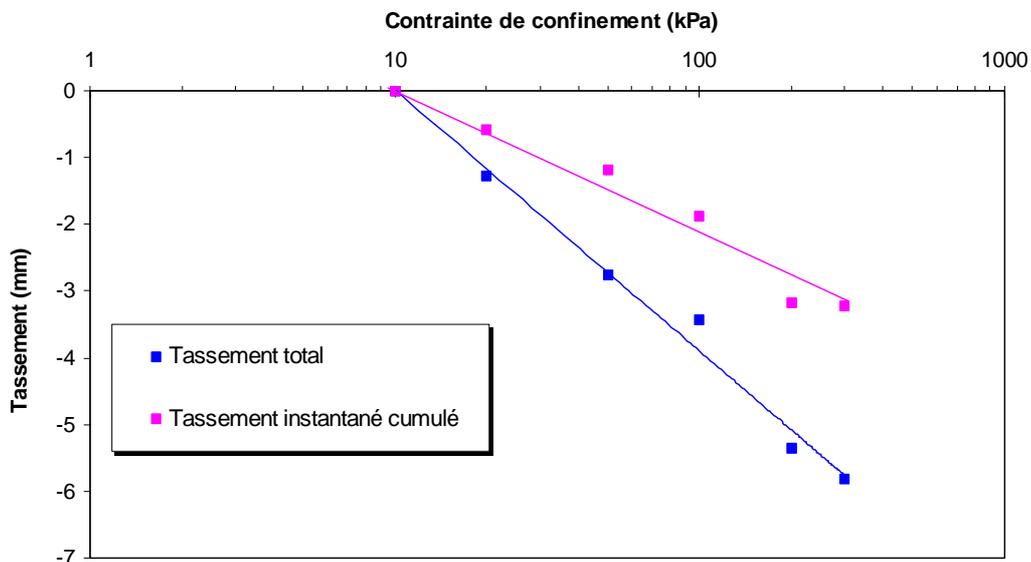


Figure 10. Évolution du tassement en fonction de la contrainte de confinement

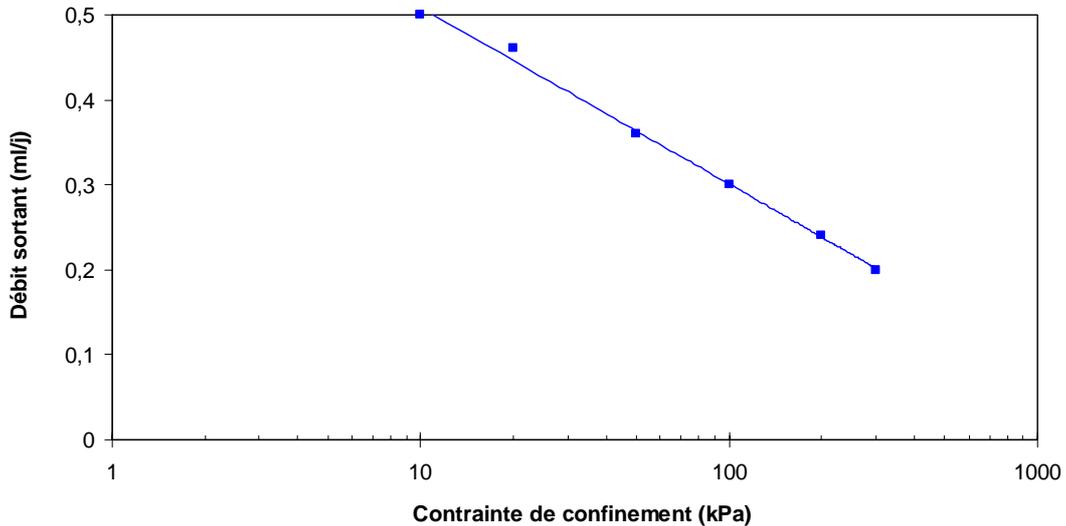


Figure 11. Évolution du débit de fuite en fonction de la contrainte de confinement

Pour chaque contrainte, le lixiviat traversant l'ensemble du dispositif d'étanchéité et drainage a été mesuré lorsque le tassement est stabilisé. Ces débits sont mesurés à l'aide d'une pipette ayant une capacité de 1 ml (graduation de 0,01 ml). Une seringue à l'amont de la pipette permet une remise à zéro du ménisque. La figure 11 montre l'évolution quasi linéaire du débit Q stabilisé (pour une charge hydraulique de 30 ou 40 cm) exprimé en m^3/s et en ml/jour en fonction du logarithme de la contrainte.

4. Autopsie après essais

Après démontage et retrait des matériaux granulaires, il apparaît que la face supérieure du GSB présente des bosses et des creux (figures 13 et 14). Son épaisseur varie en partie courante de 8 mm à 13 mm, soit un écart de l'ordre de 5 mm sensiblement identique au tassement total mesuré sous 300 kPa. La teneur en eau des zones de faible épaisseur est de 96 % et celle des zones de plus fortes épaisseurs est de 103 %.

Un essai de gonflement libre dans de l'eau déminéralisée (XP P 84-703) a été réalisé sur la bentonite prélevée dans l'éprouvette et ayant été en contact avec le lixiviat pendant 4 mois. Les résultats sont présentés dans le tableau II, dans lequel nous rappelons les valeurs obtenues avant l'essai. De telles valeurs de l'indice de gonflement sont conformes.

Tableau II. Résultats de l'essai de gonflement libre

	I_G ($cm^3/2g$)	C ($\mu S/cm$)	pH
Avant essai	33	190	9,46
Après essai	26	294	7,49

La conductivité (C) et le pH du lixiviat ont également été mesurés et sont présentés dans le tableau III

Tableau III. Conductivité et pH du lixiviat

C (mS/cm)	pH
9,03	7,80

La figure 12 montre que la géomembrane est lisse et n'a pas été endommagée ou déformée par le matériau granulaire 20/40. La couche de limon est également plane. Durant l'essai, la couche de limon s'est consolidée puisque le poids volumique sec est passé de 15,8 à 17,5 kN/m^3 , la teneur en eau passant de 23 % à environ 20 %. À la fin de l'essai, le degré de saturation du limon est de 100 %, alors qu'il était de 90 % initialement.



Figure 12. Interface Gmb/GSB à l'autopsie



Figure 13. Face supérieure du GSB à l'autopsie



Figure 14. Vue en coupe du GSB à l'autopsie

5. Conclusion

Pour les matériaux drainants 20/40 mm utilisés (silex et grès) et la contrainte appliquée (160 ou 300 kPa), un GSB ayant les caractéristiques indiquées dans l'exemple donné – soit une masse surfacique de bentonite supérieure à 5 kg/m^2 , un géotextile tissé de 100 g/m^2 et un géotextile non tissé de 200 g/m^2 – est susceptible d'assurer en service la fonction de protection de la géomembrane.

De plus, le GSB après saturation va limiter le débit de fuite au droit d'un défaut de la géomembrane et ceci même sous faible contrainte. Ainsi, pour le dispositif d'étanchéité étudié sous une contrainte de 10 kPa et une charge de lixiviat de 0,3 m, le débit de fuite n'est que de 0,5 ml/jour. Ce débit serait sans doute considérablement plus élevé si, sous cette contrainte, la géomembrane n'avait pas été protégée par un GSB (mauvais placage sur le support).

Dans ce cas, dès le début de l'exploitation, la barrière de sécurité passive serait sollicitée et continuerait à l'être, même sous forte contrainte si le contact de la géomembrane lisse sur le support n'est pas excellent.

Ces résultats montrent qu'un GSB peut être utilisé comme protection mais aussi comme réparation d'un défaut de géomembrane et que, dans ces conditions, il peut assurer la fonction de **renforcement de la barrière de sécurité active** présente en fond des centres de stockage de déchets.

6. Références bibliographiques

- CFG (2001). Guide pour la réalisation et l'exploitation de la planche d'essais sur DEG. Comité Français des Géosynthétiques, décembre 2001.
- XP P 84-705 (2002). Géosynthétiques bentonitiques – Détermination à l'oedo-perméamètre des caractéristiques de gonflement – Absorption – Perméabilité à l'eau sous contrainte. AFNOR.
- XP P 84-703 (2002). Détermination de la capacité de gonflement de l'argile dans les géosynthétiques bentonitiques. AFNOR.