

---

# **Annexe 3.1 – Démonstration – géocomposite bentonitique**

## ANNEXE 3.1 : ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE

### 1 Mise en contexte

Le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) impose la mise en place d'un revêtement imperméable composite pour le niveau de protection inférieur d'un lieu d'enfouissement technique (LET) lorsque les conditions géologiques obligent l'utilisation d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection. Selon l'article 22, ce niveau de protection inférieur doit être composé des éléments suivants :

- une couche de matériaux argileux d'une épaisseur minimale de 60 cm après compactage constituée d'au moins 50 % poids de particules d'un diamètre égal ou inférieur à 0,08 mm et d'au moins 25 % poids de particules d'un diamètre égal ou inférieur à 0,005 mm et ayant en permanence, sur toute son épaisseur, une conductivité hydraulique égale ou inférieure à  $1 \times 10^{-7}$  cm/s;
- une membrane synthétique d'étanchéité d'une épaisseur minimale de 1,5 mm, installée sur cette couche de matériaux argileux.

La réglementation permet toutefois de recourir à tout autre système d'imperméabilisation à double niveau de protection pour autant qu'une démonstration d'équivalence soit réalisée.

Dans le cas du LET de Saint-Alphonse, l'utilisation d'un géocomposite bentonitique (CCL « Géosynthetic Clay Liner ») a été retenue comme alternative en remplacement de la couche d'argile compactée (CCL « Compacted Clay Liner ») de 60 cm dans le niveau de protection composite inférieure. L'équivalence d'efficacité entre ces deux alternatives est démontrée dans les paragraphes suivants telle que requis par la réglementation.

### 2 Description d'un géocomposite bentonitique

Les géocomposites bentoniques sont constitués d'une barrière imperméable de bentonite sodique ( $3000-5000$  g/m<sup>2</sup>) supportée par un ou plusieurs géosynthétiques, habituellement deux géotextiles liés par aiguilletage. Les géotextiles utilisés permettent d'accroître les performances du composite en terme de conductivité hydraulique mais surtout en terme de résistance en tension et en friction afin d'en assurer la stabilité dans les pentes. De plus, agissant à titre de support, ils permettent la mise en rouleau de la barrière imperméable ce qui facilite grandement son transport et son installation au chantier. La bentonite est une argile naturelle composée de 60 à

## ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE

---

90% de montmorillonite et de différents composants comme le sodium ainsi que des additifs chimiques. La montmorillonite est le matériau le plus imperméable des argiles minérales naturelles. Exposée à l'eau, cette argile gonfle jusqu'à 15 fois son volume à sec créant une barrière hydraulique de très faible conductivité hydraulique, soit de l'ordre de  $10^{-9}$  cm/s. Cette conductivité hydraulique diminue avec l'accroissement de la pression de confinement appliquée au GCL.

### 3 Démonstration d'équivalence

En absence de critères de comparaison et d'objectifs bien définis dans la réglementation, l'équivalence d'un GCL est fréquemment démontrée sur la base unique des considérations hydrauliques, soit le débit d'exfiltration d'eau à travers la membrane sous un gradient hydraulique donné. Pour être plus rigoureuse, la présente démonstration d'équivalence comparera, de façon complémentaire, les caractéristiques physiques et mécaniques entre les GCL et les CCL sans négliger les implications lors de la construction.

#### 3.1 CONSIDÉRATIONS HYDRAULIQUES

Les géocomposites bentonitiques utilisés dans la conception de LET ont été développés spécifiquement pour rencontrer les exigences réglementaires de plusieurs pays, dont celles des Etats-Unis, dont le gouvernement québécois s'est fortement inspiré pour le REIMR. En effet, plusieurs réglementations imposent l'utilisation d'une couche d'argile de 60 cm d'épaisseur possédant une conductivité hydraulique inférieure à  $1 \times 10^{-7}$  cm/s dans la conception du système d'imperméabilisation d'un LET (simple ou double niveau de protection). De plus, pour limiter le risque de fuites, ces mêmes réglementations imposent généralement de maintenir l'accumulation de lixiviat dans la couche de drainage en deçà de 30 cm dans les conditions les plus critiques d'exploitation.

##### 3.1.1 Évaluation hydraulique directe

En négligeant l'effet composite induit par la présence d'une membrane de PeHD, il est possible de comparer la performance hydraulique du GCL et de la CCL en terme de débit d'infiltration à l'aide de l'équation de Darcy pour l'écoulement en milieu poreux. Le GCL proposé dans le cadre du LET de Saint-Alphonse présente les propriétés suivantes :

Conductivité hydraulique :  $k_{GCL} = 1 @ 5 \times 10^{-9}$  cm/s (34,5 kPa)  
 $\approx 3,0 \times 10^{-9}$  cm/s (valeur sécuritaire);  
Épaisseur minimale :  $e_{GCL} = 6$  mm minimum après hydratation (valeur sécuritaire).

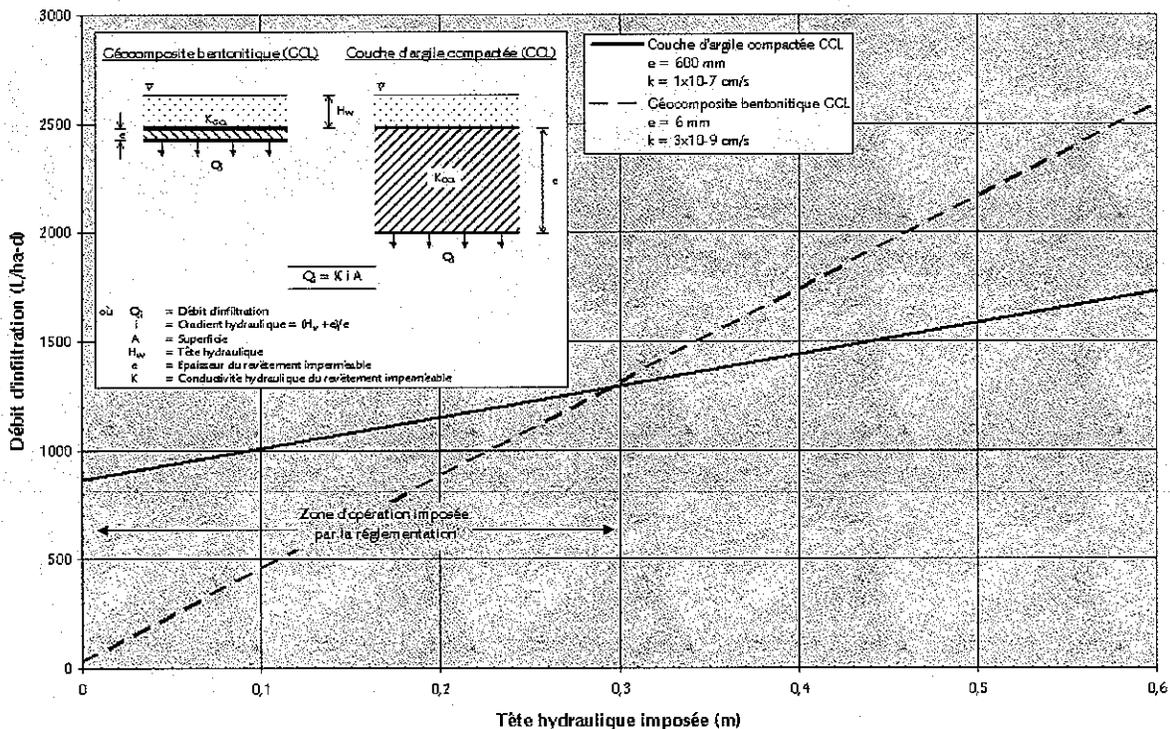
ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE

Sur la base de ces valeurs conservatrices, la figure 1 montre une comparaison des débits d'infiltration entre un GCL et une CCL en fonction de la tête hydraulique imposée. La figure 1 illustre que pour une tête hydraulique inférieure à 300 mm, soit la condition critique imposée par le REIME, l'utilisation d'un GCL est plus performante ou égale à celle d'une CCL.

De plus, dans le cas du LET de Saint-Alphonse, le REIMR impose la mise en place d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection. Dans cette conception, le GCL est utilisé en combinaison avec une géomembrane de PeHD dans le niveau de protection inférieure. La tête hydraulique induite sur ce deuxième niveau de protection est faible par rapport à celle imposée au premier niveau de protection.

De plus, l'utilisation d'un gravier calibré 5-14 mm d'une conductivité hydraulique minimale de l'ordre de 0,5 cm/s a été retenu pour la couche de drainage du LET de Saint-Alphonse.

Figure 1 Comparaison de la performance hydraulique entre un géocomposite bentonitique (GCL) et une couche d'argile compactée (CCL)



## ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE

La simulation HELP produite pour les conditions les plus critiques montre que sur le niveau de protection supérieure, la tête hydraulique ne dépassera pas 41 mm, soit bien en deçà de l'exigence de 300 mm. Pour le second niveau de protection, la tête hydraulique maximale imposé demeure inférieure à 1 mm (0,28 mm) en considérant les valeurs par défauts recommandées par l'EPA pour les perforations et les bris d'installation de la géomembrane de PeHD du niveau de protection supérieur.

Face à ces résultats, la figure 1 démontre que le GCL proposé travaillera à l'intérieur d'une plage de tête hydraulique pour laquelle il est de beaucoup plus performant à l'utilisation d'une CCL au point de vue hydraulique.

### 3.1.2 Évaluation du revêtement composite

La performance hydraulique du GCL versus une CCL peut également être évaluée sur la base du niveau de protection composite inférieur en considérant le débit d'exfiltration à travers une perforation de la géomembrane. Cette évaluation a été réalisée pour une perforation circulaire à partir de l'équation développée par Giroud (1997)<sup>1</sup> :

$$\frac{Q}{A} = n \cdot 0.976 C_{qo} \cdot [1 + 0.1 \cdot (h/t_s)^{0.95}] \cdot d^{0.2} \cdot h^{0.9} \cdot k_s^{0.74}$$

où

- Q = Débit à travers une perforation de la géomembrane (m<sup>3</sup>/s) ;
- A = Superficie considérée du LET (m<sup>2</sup>) ;
- n = Nombre de perforations par superficie de géomembrane (A) ;
- C<sub>qo</sub> = Qualité du contact entre la géomembrane et le GCL ou la CCL ;
- h = Tête hydraulique sur la géomembrane (m) ;
- t<sub>s</sub> = Épaisseur du GCL ou de la CCL (m) ;
- d = Diamètre de la perforation circulaire (m) ;
- K<sub>s</sub> = Conductivité hydraulique du GCL ou du CCL.

Avec les valeurs typiques suivantes recommandées dans la littérature pour les paramètres de comparaison, le tableau 1 montre les débits de fuites théoriques établis pour le revêtement imperméable inférieur sur la base d'une tête hydraulique maximale de 300 mm tel qu'imposée par le REIMR.

<sup>1</sup> J.P. Giroud, "Equations for Calculating the Rate of Liquid Migration Through Composite Liners Due to Geomembrane Defects", Geosynthetics International, Vol. 4, Nos. 3-4, pp.335-348, 1997.

ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE

A	=	10000 m <sup>2</sup> ;
n	=	2,5 par 10000 m <sup>2</sup> (Giroud and Bonaparte, 1989) <sup>2</sup> ;
C <sub>qo</sub>	=	Bon contact = 0,21 Mauvais contact = 1,15;
h	=	0,3 m
ts	=	CCL = 0,6 m GCL = 0,006 m ;
d	=	2 mm (Giroud and Bonaparte,1989) ;
ks	=	CCL = 1x10 <sup>-7</sup> cm/s GCL = 3x10 <sup>-9</sup> cm/s.

**Tableau 1** Débit de fuite théorique à travers un revêtement composite inférieur pour une tête hydraulique de 300 mm sur la géomembrane

Géocomposite bentonitique GCL		Couche d'argile compactée CCL	
Bon contact	Mauvais contact	Bon contact	Mauvais contact
132 L/ha-an	721 L/ha-an	363 L/ha-an	721 L/ha-an

Les résultats démontrent que dans le cas d'un revêtement composite, le GCL offre une performance théorique de plus de deux fois supérieure à celle d'une CCL pour une tête hydraulique similaire. De plus, plus la tête hydraulique est faible, plus le GCL devient performant par rapport à une CCL.

### 3.2 AUTRES CONSIDÉRATIONS

En plus de sa performance hydraulique supérieure, l'utilisation d'un géocomposite bentonitique permet de combler plusieurs lacunes de l'argile. En effet, contrairement à l'argile, ce type de membranes conserve sa faible conductivité hydraulique même après des cycles successifs de dessiccation et d'hydratation. Dans les mêmes conditions, l'argile est reconnue pour développer un réseau de fissures permanentes qui augmente grandement sa perméabilité globale suite à l'établissement de chemins d'infiltration préférentiels.

L'argile est également fortement susceptible aux cycles de gel et de dégel, développant de la fissuration, ce qui n'est pas le cas avec les géocomposites bentonitiques. L'argile exige également

<sup>2</sup> J.P. Giroud and R. Bonaparte, "Leakage Through Liners Constructed with Geomembranes, Part I", Geomembrane Liners, Geotextiles and Geomembranes, 8, 1: 27-67, 1989.

**ÉQUIVALENCE DU GÉOCOMPOSITE BENTONITIQUE**

---

des techniques de construction soignées et un contrôle de qualité serré pour atteindre l'étanchéité recherchée et, même dans le meilleur des cas, on observe habituellement une forte variabilité de la perméabilité finale.

Finalement, un géocomposite bentonitique possède une propriété de colmatage due à la forte capacité de gonflement de la bentonite contenue entre les deux géotextiles. Selon Benson (1992), il est évalué que le géocomposite bentonitique conserve sa faible perméabilité avec des perforations pouvant atteindre près de 40 mm.

Pour toutes ces considérations, il est proposé d'utiliser une membrane géocomposite bentonitique à titre d'équivalence à la composante argileuse prescrite par le REIMR pour le niveau de protection inférieur.