

ANNEXE 4

**CALCULS DE PERFORMANCE DU SYSTÈME
D'IMPERMÉABILISATION**

ANNEXE 4

CALCULS DE PERFORMANCE DU SYSTÈME D'IMPERMÉABILISATION PROPOSÉ

1. HYPOTHÈSES DE BASE

Le débit passant à travers un système d'imperméabilisation est principalement fonction des défauts (trous) dans les géomembranes et des charges hydrauliques appliquées sur ces dernières.

En ce qui concerne les défauts apparaissant sur les géomembranes, (Fluet, Conférence sur les géosynthétiques en environnement, North American Geosynthetic Society, St-Hyacinthe 1998) recommande d'utiliser des trous de 100 mm² avec une fréquence de 1 pour 4 000 m² (soit 1 par acre) pour les calculs de performance. La dimension réelle moyenne des défauts est plutôt de 10 mm². Par contre, une superficie de 100 mm² est recommandée afin de demeurer conservateur.

Pour ce qui est de la charge hydraulique, la couche de protection et de drainage du premier niveau sont conçues de façon à véhiculer l'ensemble du débit d'eau de lixiviation en écoulement libre afin d'éviter toute charge sur la géomembrane du premier niveau. Une telle situation ne correspond pas au pire cas pouvant être rencontré et ne doit pas être considéré pour fins de calculs. Les endroits les plus critiques, en fait, sont les endroits où le lixiviat s'accumule et séjourne, soit dans le réseau de collecte. La charge peut atteindre 300 mm à ces endroits. Cette dernière doit donc être retenue pour les calculs de performance.

Ainsi, les hypothèses de base se résument comme suit :

- charge hydraulique sur le niveau primaire : 300 mm (0,3 m)
- superficie des défauts de la géomembrane : 100 mm² (1 x10⁻⁴ m²)
- fréquence des défauts : 1 / 4 000 m² (par niveau)

2. COMPOSITION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

Premier niveau (simple)

- 600 mm de sable drainant ($k = 1 \times 10^{-4}$ m/s)
- géotextile
- géomembrane PEHD 1,5 mm

Deuxième niveau (composite)

- géofilet 5 mm ($k = 3,3 \times 10^{-1}$ m/s)¹
- géomembrane PEHD 1,5 mm
- membrane géocomposite bentonitique 5 mm ($k = 1 \times 10^{-11}$ m/s)

3. ÉQUATIONS

Premier niveau (simple)

Pour l'écoulement à travers un défaut dans la géomembrane de premier niveau avec une composante supérieure perméable (sable) et une composante inférieure hautement perméable (gravier ou géofilet), Giroud *et al* (1997a) proposent la formule suivante :

$$Q = 1,64 (aq_i)^{0,075} h^{1,85} k_{om}^{0,925}$$

- où
- Q = débit par le défaut (m³/s)
 - a = superficie du défaut (m²)
 - q_i = taux de réserve (m/s)
 - h = hauteur de lixiviat (m)
 - k_{om} = conductivité hydraulique du matériau sus-jacent à la géomembrane (m/s)

Afin de vérifier si le niveau de collecte (géofilet) est non-saturé en tout point, l'équation suivante doit être respectée (Giroud *et al*, 1997b) :

$$Q \leq Q_{full} = k t_{LCL}^2$$

- où
- Q = débit par le défaut (m³/s)
 - Q_{full} = débit maximal permit par le défaut pour ne pas saturer le géofilet d'une épaisseur t_{LCL} (m³/s)
 - k = conductivité hydraulique du géofilet (m/s)
 - t_{LCL} = épaisseur du géofilet (m)

Deuxième niveau (composite)

Pour l'écoulement à travers un défaut dans la géomembrane du niveau composite dont le contact entre la géomembrane et le géocomposite bentonitique est bon et que la hauteur d'eau sur la géomembrane est inférieure à l'épaisseur du géocomposite, Giroud (1997) propose la formule suivante :

$$Q = 0,21 a^{0,1} h^{0,9} k_s^{0,74}$$

¹ La conductivité hydraulique du géofilet a été fixée de façon à éviter la saturation de ce dernier.

où Q = débit par le défaut (m³/s)
 a = superficie du défaut (m²)
 h = hauteur de lixiviat (m)
 k_s = conductivité hydraulique du géocomposite bentonitique (m/s)

La détermination de la charge sur le deuxième niveau dépend du fait que le géofilet est saturé par endroit ou non. Dans le cas où il n'est pas saturé, Giroud *et al* (1997b) ont défini l'équation suivante pour déterminer l'épaisseur maximale (vis-à-vis le défaut) de lixiviat sur le deuxième niveau :

$$t_0 = (Q/k)^{0,5}$$

où t_0 = épaisseur maximale sur le deuxième niveau (m)
 Q = débit par le défaut de la géomembrane du premier niveau (m³/s)
 K = conductivité hydraulique du géofilet (m/s)

Giroud (1997) conclut qu'il est adéquat de considérer des conditions de bon contact dans le cas d'une géomembrane reposant sur un géocomposite bentonitique car la boue bentonitique qui peut sortir d'un géocomposite hydraté contribue à établir un contact rapproché entre les deux membranes.

Finalement, cette méthode considère un défaut sur la géomembrane mais aucun sur le géocomposite. Cette hypothèse est valable pour les géocomposites bentonitique car les études à ce jour démontrent qu'ils ont une capacité auto-colmatante pour des trous allant jusqu'à 3,8 cm de diamètre sans perdre d'efficacité hydraulique.

4. CALCULS

Fuite au travers du premier niveau

Premièrement, il faut définir q_i . Les statistiques météorologiques de la région montrent que, sur une période de 40 ans, la valeur extrême de précipitation journalière est de 0,0611 m d'eau par jour. Ce qui donne donc $q_i = 7,07 \times 10^{-7}$ m/s.

Le débit au travers un défaut du premier niveau est donc de :

$$Q = 1,64 \times (1 \times 10^{-4} \times 7,07 \times 10^{-7})^{0,075} \times 0,3^{1,85} \times (1 \times 10^{-4})^{0,925}$$

$$Q = 6,11 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ par défaut}$$

Afin de vérifier si le géofilet n'est pas saturé par endroit, on vérifie :

$$Q_{full} = 0,33 \times 0,005^2$$

$$Q_{full} = 8,25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \leq Q_{full}$$

$$6,11 \times 10^{-6} < 8,25 \times 10^{-6}$$

Le débit maximum est respecté. Il n'y donc pas, selon nos hypothèses de calcul, d'endroit où le géofilet est saturé.

Charge transmise sur le deuxième niveau

Étant donné que le géofilet est non saturé, la charge de lixiviat sur le deuxième niveau est de :

$$t_0 = (6,11 \times 10^{-6} / 0,1)^{0,5}$$
$$t_0 = 0,0078 \text{ m}$$

Fuite au travers du deuxième niveau

Le débit pour un défaut dans la géomembrane du deuxième niveau est de :

$$Q = 0,21 \times (1 \times 10^{-4})^{0,1} \times (0,0078)^{0,9} \times (1 \times 10^{-11})^{0,74}$$
$$Q = 7,68 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{s}$$

Débit global sur le niveau de collecte (géofilet) au sommet du deuxième niveau

En considérant la superficie globale du site de la RIGMRIM de 146 450 m², on obtient 36,6 défauts dans la géomembrane du premier niveau pour l'ensemble du site. Le débit recueilli par le niveau de collecte pour l'ensemble du site est donc de :

$$Q_{\text{total}} = 6,11 \times 10^{-6} \times 36,6$$
$$= 2,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$
$$= 19,32 \text{ m}^3/\text{d}$$
$$Q_{\text{total}} = 5\,098 \text{ gallons US/d}$$

Fuite totale sur l'ensemble du site

En considérant toutes les hypothèses précédemment établies et en utilisant la charge maximale sur le deuxième niveau (soit lorsque deux défauts sont alignés), on obtient comme débit s'écoulant du deuxième niveau pour l'ensemble du site :

$$Q_{\text{total}} = 7,68 \times 10^{-12} \times 36,6$$
$$= 2,81 \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$$
$$= 2,43 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{d}$$
$$Q_{\text{total}} = 0,0064 \text{ gallons US/d}$$

5. RÉFÉRENCES

Fluet, J.E., 1998. "Conférence sur les géosynthétiques en environnement", North American Geosynthetic Society, St-Hyacinthe

Giroud, J.P., 1997. 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.

Giroud, J.P., Khire, M.V. et Soderman, K.L., 1997a. "Liquid Migration Through Defects in a Geomembrane Overlain and Underlain by Permeable Media", *Geosynthetics International*, Vol. 4, Nos. 3-4, pp. 293-321.

Giroud, J.P., Gross, B.A., Bonaparte, R. et McKelvey, J.A., 1997b. "Leachate Flow in Leakage Collection Layers Due to Defects in Geomembrane Liners", *Geosynthetics International*, Vol. 4, Nos. 3-4, pp. 215-292.