

## Flottaison des tuyaux de PEHD BOSS

### INTRODUCTION

Tous les types de tuyaux enfouis peuvent flotter dans certaines conditions. Le principal facteur qui influe sur la flottaison des tuyaux est l'emplacement de la nappe phréatique par rapport à la zone des tuyaux. Il y a des risques de flottaison lorsque la force de flottabilité d'un tuyau est supérieure aux forces descendantes produites par le tuyau et la charge qu'il transporte. Il faut toujours évaluer les risques de soulèvement lorsqu'un tuyau est recouvert de sols plus légers ou d'un remblai mince, et/ou lorsqu'il est installé à un endroit sujet à des niveaux élevés d'eaux souterraines.

On peut prévenir la flottaison des tuyaux en s'assurant qu'il y a un remblai suffisant au-dessus des tuyaux pour contrer la force de soulèvement. Si la force de soulèvement est trop élevée pour la charge du sol, les tuyaux peuvent être fixés en place à l'aide d'ancrage au sol ou de colliers de béton. Une attention particulière doit être portée au potentiel de flottaison des tuyaux lorsqu'on installe un béton remblai (se référer au bulletin technique B2.41.1).

### Calcul de la hauteur minimale de remblai

La flottaison des tuyaux varie en fonction de différents facteurs, dont le type de sol, la densité du sol, la hauteur du remblai, l'emplacement de la nappe phréatique et le poids par mètre linéaire des tuyaux. La flottaison des tuyaux peut se produire lorsque la nappe phréatique se trouve au-dessus du radier du tuyau (**figure 1**). La flottaison des tuyaux ne pose pas de problème lorsque la nappe phréatique se trouve sous le radier du tuyau.

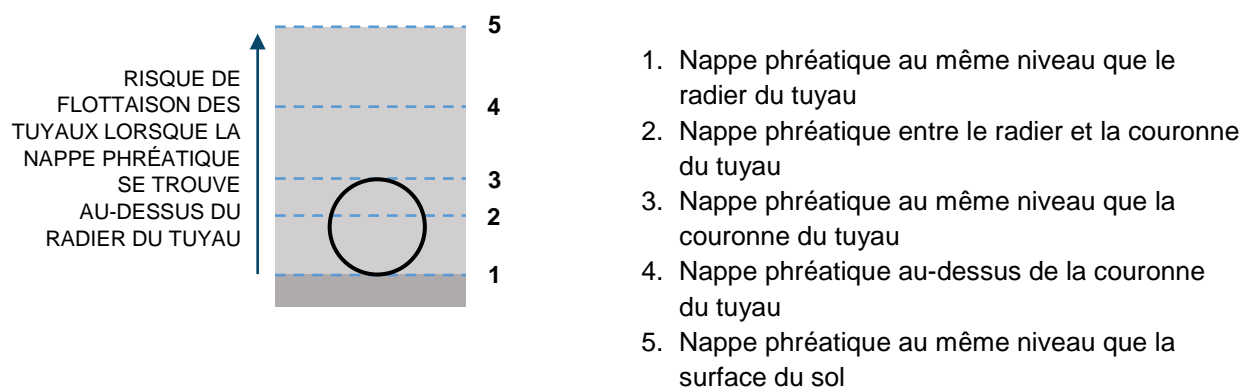


FIGURE 1 : Hauteur de la nappe phréatique influant sur la flottaison d'un tuyau enfoui

La quantité de remblai nécessaire pour prévenir la flottaison des tuyaux peut être établie en comparant les forces descendantes produites par la charge du sol, le poids des tuyaux et le contenu des tuyaux aux forces de soulèvement hydrostatiques produites par la nappe phréatique. Dans le cas d'un tuyau vide, la hauteur minimale de remblai peut être définie à l'aide de l'équation 1, c'est-à-dire en s'assurant que la force de flottabilité ( $F_B$ ) est inférieure à la somme du poids unitaire du sol sec et saturé au-dessus du tuyau ( $W_D$  et  $W_S$ , respectivement) et du poids unitaire du tuyau ( $W_P$ ).

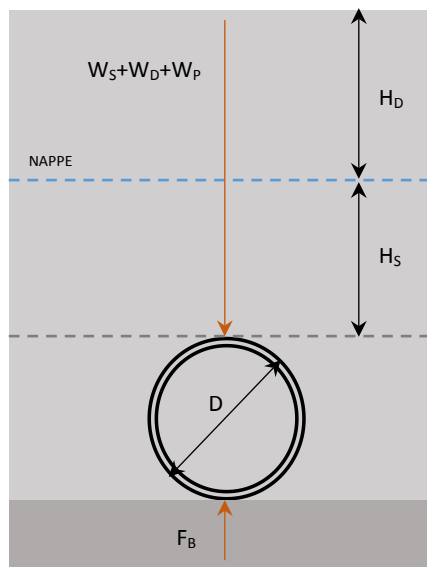
### Équation 1

$$F_B \leq W_S + W_D + W_P$$

**Légende :**  
 $W_S$  = poids du sol saturé (kgf)  
 $W_D$  = poids du sol sec (kgf)  
 $W_P$  = poids du tuyau (kgf)

On obtient le scénario de flottaison le plus défavorable en supposant que le tuyau est vide. Les forces de flottaison de la nappe phréatique sont illustrées à la **figure 2**.

**FIGURE 2 :** Schéma des forces de flottaison de la nappe phréatique



La force de flottabilité ( $F_B$ ) est calculée à l'aide de l'équation 2 :

### Équation 2

$$F_B = \frac{\pi}{4} D^2 \rho_W$$

**Légende :**  
 $F_B$  = force de flottabilité (kgf/m)  
 $D$  = diamètre extérieur du tuyau (m)  
 $\rho_W$  = densité de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

La charge du sol totale ( $W_{SOIL}$ ) à laquelle le tuyau est assujéti à différentes profondeurs d'eau est la somme de la charge du sol saturé ( $W_S$ ) et de la charge du sol sec ( $W_D$ ). Cette charge peut être calculée à l'aide de l'équation 3 :

### Équation 3

$$W_{SOIL} = W_D + W_S = \rho_D H_D D + (\rho_S - \rho_W) \left( H_S D + \frac{(4-\pi)}{8} D^2 \right)$$

Où :

- $\rho_D$  = densité du sol sec ( $kg/m^3$ )
- $H_D$  = hauteur du sol sec (m)
- $\rho_S$  = densité du sol saturé ( $kg/m^3$ )
- $\rho_W$  = densité de l'eau ( $kg/m^3$ )
- $H_S$  = hauteur du sol saturé au-dessus du tuyau (m)

Le poids des tuyaux BOSS 2000 ( $W_P$ ) de différents diamètres est présenté dans le **tableau 1** :

**TABLEAU 1** : Poids typiques des tuyaux BOSS

Diamètre intérieur nominal (mm)	Diamètre extérieur nominal (mm)	Poids du tuyau		
		kg/m	kg/6 m	lb/6 m
100	122	0,9	5,4	11,9
150	177	1,7	9,9	21,8
200	236	2,9	17,6	38,8
250	295	4,3	26,0	57,3
300	363	5,5	33,2	73,1
375	448	9,0	53,9	118,7
450	541	12,0	71,9	158,3
525	630	16,7	100,4	221,0
600	728	20,3	121,6	267,4
750	895	32,0	192,0	422,4
900	1093	43,2	259,3	570,5

On peut calculer la hauteur minimale de remblai ( $H$ ) nécessaire pour prévenir toute flottaison à l'aide de l'équation 4 :

### Équation 4

$$H = H_S + H_D$$

On peut calculer une valeur  $H$  conservatrice en supposant que la nappe phréatique est au même niveau que la surface du sol et que par conséquent le sol est complètement saturé.

#### Exemple :

Supposons qu'il faut calculer la hauteur minimale de remblai pour un tuyau de 900 mm de diamètre et une nappe phréatique au même niveau que la surface du sol. La densité du sol sec et saturé est de  $1600 kg/m^3$  et  $1922 kg/m^3$ , respectivement. La densité de l'eau est de  $1000 kg/m^3$ .

$$\begin{aligned} \text{La force de flottabilité (F}_B\text{)} &= \pi / 4 \times (1,093)^2 \times 1000 \\ &= 937,55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selon le tableau 1, le poids du tuyau  $(W_P) = 43,22 \text{ kg/m}$

Pour prévenir la flottaison des tuyaux :  $F_B = W_S + W_D + W_P = 937,55 \text{ kg/m}$   
(comme le sol est saturé,  $W_D = 0$ )

$$937,55 = W_S + 43,22$$

$$W_S = 894,33 \text{ kg/m}$$

Le poids du sol

$$\begin{aligned} W_S &= (1922 - 1000) (1,093 H_S + 1,093^2 (4 - \pi)/8) \\ &= 894,33 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$H_S = 0,77 \text{ m}$$

Ainsi, la hauteur minimale de remblai requise pour un tuyau de 900 mm est de 0,771 m (30 po) si la nappe phréatique est au même niveau que le sol.

Au **tableau 2**, on montre la hauteur minimale de remblai qui permet de contrer les forces de soulèvement des tuyaux BOSS 2000. Il convient de noter que les hauteurs ne s'appliquent qu'aux conditions définies ci-dessous. Une hauteur de remblai différente peut être requise selon d'autres facteurs relatifs à la structure et l'exploitation.

**TABLEAU 2** : Hauteur minimale de remblai pour prévenir la flottaison des tuyaux\*

Diamètre nominal	Hauteurs minimales de remblai
mm	m (po)
100	0,083 (3,3)
150	0,122 (4,8)
200	0,162 (6,4)
250	0,204 (8,0)
300	0,254 (10,0)
375	0,312 (12,3)
450	0,379 (14,9)
525	0,440 (17,3)
600	0,511 (20,1)
750	0,628 (24,7)
900	0,771 (30,3)

**Remarques :**

1. On suppose que le tuyau est vide. La hauteur minimale de remblai diminue lorsqu'il y a de l'eau dans le tuyau.
2. On suppose que la densité du sol saturé est de  $1922 \text{ kg/m}^3$  ( $130 \text{ lb/pi}^3$ ).
3. On suppose que la nappe phréatique est au même niveau que la surface du sol. La hauteur minimale de remblai diminue lorsque la nappe phréatique est plus basse.

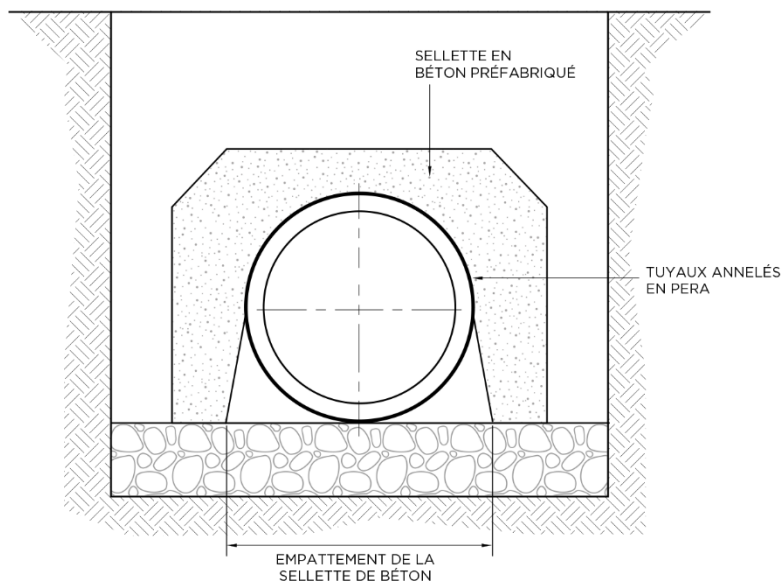
## OPTIONS D'ANCRAGE DES TUYAUX

S'il n'est pas possible d'installer un remblai empêchant la flottaison des tuyaux, on peut employer différentes options, dont les suivantes :

### 1. Poids/sellettes en béton

Un poids ou une sellette en béton préfabriqué peut être placé sur le tuyau pour le recouvrir et l'ancrer à l'assise (figure 3). La taille et la position du système d'ancrage doivent être définies par l'ingénieur concepteur en fonction du diamètre du tuyau et de la hauteur de la nappe phréatique. L'empatement de la sellette en béton doit être espacé de manière à permettre tout fléchissement potentiel du tuyau. Le fléchissement du tuyau ne doit pas dépasser 7,5 % du diamètre intérieur de base ou les exigences de conception en matière de fléchissement, si celles-ci sont inférieures.

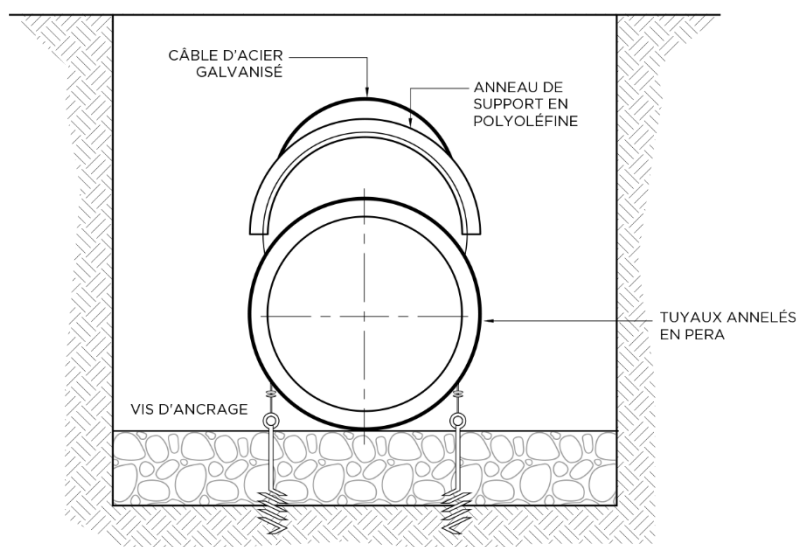
FIGURE 3 : Configuration typique de sellette en béton préfabriqué



## 2. Empilage

Un tuyau peut aussi être fixé à l'assise à l'aide de vis d'ancrage. Des sangles ou des ancrages peuvent être vissés dans le sol, comme le montre la figure 4. Des vis d'ancrage et des anneaux de harnais doivent être placés aux raccords et au centre des tuyaux. L'assise doit être stable et offrir une base solide pour le système d'ancrage. Pendant la mise en place du remblai, il ne faut pas laisser d'écart dans la zone de renfort à proximité des ancrages. Il faut consulter le fabricant du câble d'ancrage pour s'assurer que celui-ci offre des forces de retenue convenant aux conditions de flottaison.

FIGURE 4 : Configuration typique de vis d'ancrage



Des directives et des procédures d'installation complètes pour les tuyaux de PEHD BOSS sont fournies dans la norme B182.11 de la CSA (« Méthode normalisée visant la pose des tuyaux d'évacuation et d'égout d'eaux usées et d'eau pluviale et des raccords en matières thermoplastiques ») et la norme 1809-300 du BNQ (« Travaux de construction – Clauses techniques générales – Conduites d'eau potable et d'égout »).