

Note technique

TN 6.22_Q Considérations relatives à la performance du sol de fondation StormTech®

Aperçu

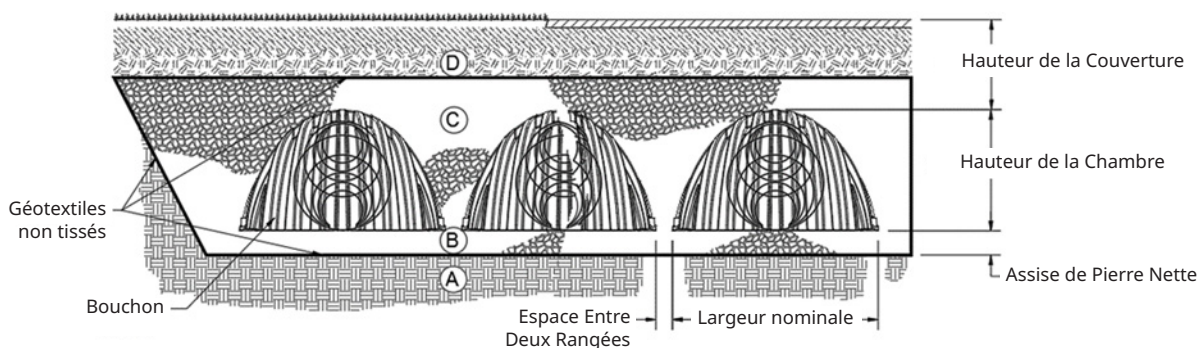
Les chambres StormTech, conçues selon le principe d'une arche, concentrent les surcharges aux pieds des chambres et dans les espaces entre les rangées de chambres. Une assise en pierre concassée sous les pieds des chambres est utilisée pour disperser partiellement ces charges concentrées afin d'obtenir une pression d'appui appropriée sur le sol de fondation. C'est la responsabilité de l'ingénieur-concepteur de déterminer l'épaisseur de l'assise pour l'utilisation d'une chambre spécifique en fonction des surcharges et de la capacité portante admissible.

StormTech fournit des tableaux indiquant l'épaisseur minimale d'assise dans les manuels de conception des chambres (Réf. 4 et 5) à partir desquels un concepteur de système peut calculer l'épaisseur de pierre d'assise requise en fonction de la couverture au-dessus du système et de la capacité portante admissible du sol de fondation, telle que déterminée par l'ingénieur-concepteur. Les tableaux d'épaisseur minimale d'assise sont basés sur une évaluation simplifiée des pressions sur les fondations (décrite ci-dessous), celle-ci pourrait ne pas convenir à toutes les conditions de site. De plus, ces tableaux de conception sont établis pour des espaces standards entre les rangées de chambres. Certaines applications en chambre peuvent utiliser des espaces entre les rangées qui ne sont pas abordés dans les tableaux. Par conséquent, les tableaux de calcul ne comprennent pas des conceptions d'assise pour toutes les conditions de calcul. Cette note technique traite des limites de performance des assises pour StormTech et explique comment les capacités portantes et la surface chargée sous un lit StormTech peuvent être calculées conformément à la norme ASTM F2787. Elle est destinée à aider les ingénieurs-concepteurs à déterminer les capacités portantes admissibles propres au site et à aider les concepteurs de systèmes à choisir les épaisseurs d'assise appropriées pour toutes les configurations de hauteur de couverture et d'espacement des rangées de chambres.

Scénario de chargement

La figure 1 illustre une coupe transversale StormTech typique. La pression exercée sur le sol de fondation provient de la charge permanente de la pierre d'enrobage, du remblai sus-jacent et du tronçon de chaussée en surface, ainsi que des effets des charges vives superficielles. La forme en arc des chambres StormTech concentre les charges sur les pieds de la chambre et les espaces entre les rangées. Consulter la norme ASTM F2787 (Réf. 1) pour des directives spécifiques sur l'évaluation de ces charges.

Figure 1: Coupe Transversale Typique du Système StormTech

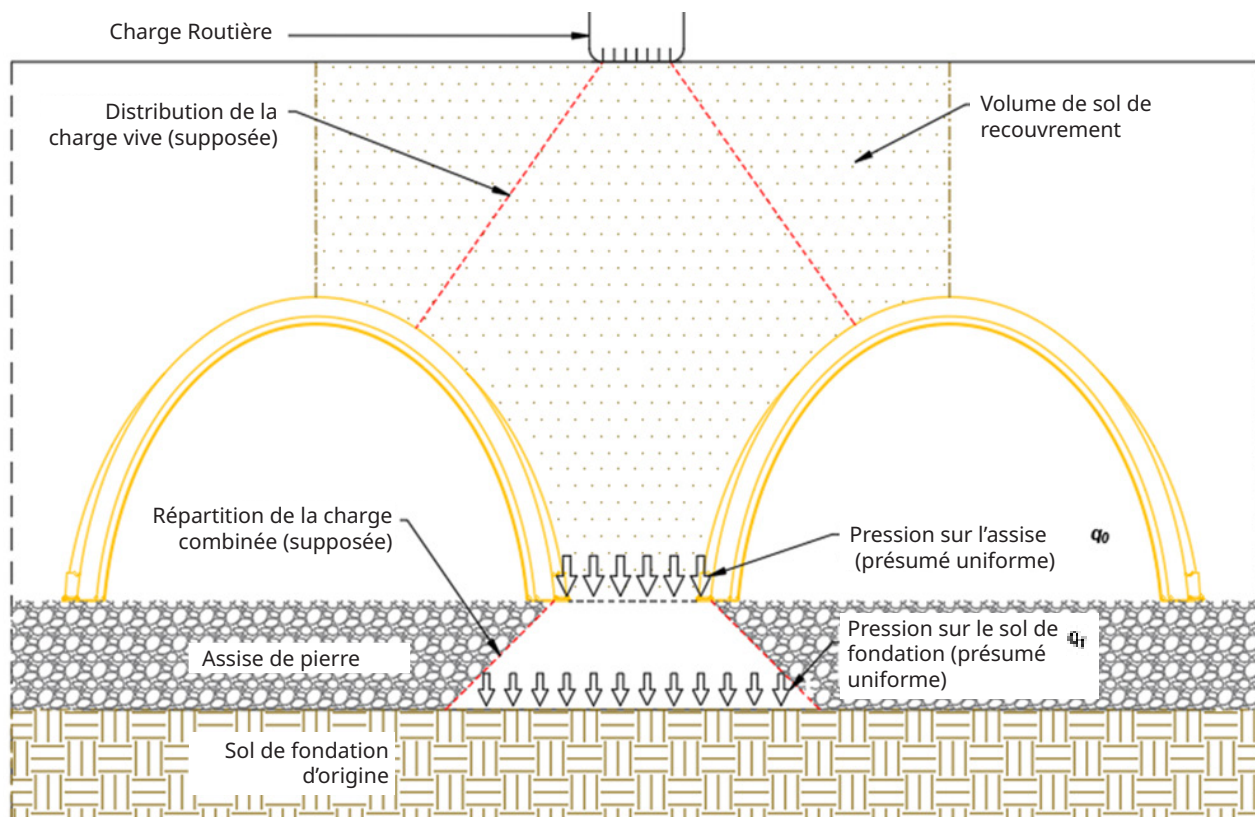


Material Descriptions

A - Sol de Fondation B - Assise de pierre C - Pierre d' Enrobage D - Remblais de Site

Les effets réels des charges sur l'assise StormTech et sur le sol de fondation sont complexes. Pour créer les tableaux d'épaisseur minimale des fondations dans les manuels de conception des chambres (Réf. 4 & 5), StormTech a simplifié l'évaluation en supposant que les charges vives et les charges combinées (mortes + vives) agissent comme des pressions distribuées uniformément, qui diminuent de manière linéaire avec la profondeur. **La figure 2** illustre le modèle conceptuel de chargement utilisé par StormTech. Les charges vives superficielles (généralement évaluées comme le camion de conception AASHTO selon la référence 2) et la charge morte se combinent à la base de la chambre. La charge combinée est supposée agir comme une pression de bande uniforme, q_0 , sur une largeur égale à l'espace entre les rangées plus deux fois la largeur efficace de la chambre. La charge combinée se répartit ensuite dans la couche d'assise de pierre pour atteindre une pression uniforme dans le sol de fondation, q_1 (où $q_0 > q_1$). Il convient de noter que les répartitions linéaires des charges supposées dans cette évaluation et illustrées dans **la figure 2** peuvent sous-estimer la pression exercée sur la couche de fondation ou le sol de fondation en certains points et peuvent donc ne pas être appropriées pour une évaluation géotechnique détaillée. Cependant, ces hypothèses sont cohérentes avec l'AASHTO (Réf. 2 & 3) et sont considérées comme raisonnables si elles sont utilisées en conjonction avec un facteur de sécurité sur la capacité du sol de fondation de 2,5 ou plus (Réf. 1).

Figure 2: Diagramme de Chargement Conceptuel du Sol de Fondation StormTech (N.T.S.)



Les dimensions de l'espacement des rangées, la hauteur de la couverture au-dessus des chambres et l'épaisseur de l'assise de pierres sous les chambres sont essentielles pour l'ampleur de la pression appliquée au sol de fondation q_1 . Bien que l'espacement entre les rangées puisse être augmenté, l'espacement standard (minimum) est de 76 mm (3 pouces) pour le SC-310 et SC-800. Un espacement standard de 150 mm (6 pouces) est requis pour les modèles DC-780 et MC-3500. L'espacement standard est de 229mm (9 pouces) pour les modèles MC-4500 et MC-7200. La chambre SC-160 est unique car les chambres SC-160 sont conçues pour être en butée l'une à l'autre sans espacement supplémentaire entre les rangées. La hauteur de la couverture est généralement déterminée par la conception du site et les considérations hydrauliques. L'épaisseur de l'assise de pierre reste donc le principal paramètre de conception pour contrôler la pression sur le sol de fondation. Les tableaux d'épaisseur minimale des fondations (Réf. 4 et 5) établissent l'épaisseur de l'assise de pierre en fonction de la hauteur de la couverture afin de limiter la pression appliquée q_1 à la pression portante admissible du site. Consulter le tableau 1 pour obtenir les dimensions propres au produit et des références de tableau de conception de fondations.

Considérations relatives au performance du sol de fondation

La détermination de la pression portante admissible est une pratique géotechnique courante qui implique la prise en compte de la capacité portante ultime (résistance à la rupture par cisaillement), des conditions de tassement, de l'expertise locale et d'autres facteurs propres au site ou au projet. La discussion ci-dessous vise à aider les concepteurs géotechniques à évaluer certaines des caractéristiques uniques de StormTech. Toutefois, il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de considérations et, en général, le sol de fondation sous un système StormTech doit être stable et inébranlable pour assurer le bon fonctionnement du système et la protection des aménagements de surface.

CAPACITÉ PORTANTE

Une défaillance de la capacité portante n'est pas tolérable. Le cisaillement local (cisaillement par poinçonnement) est une considération importante pour la conception, étant donné l'espacement étroit entre les rangées et la zone de surcharge relativement mince du de la zone du sol de fondation.

TASSEMENT

Le système de chambre peut tolérer un tassement mineur. Toutefois, pour la conception, le tassement total en tout point doit être limité à 76 mm (3 pouces). Le tassement différentiel ne doit pas dépasser 25 mm (1 pouce) sur une portée structurelle de la chambre (la portée varie selon le produit). Voir le **tableau 1**). Les tolérances de tassement sont destinées à servir de base à la conception des fondations et à assurer la performance structurelle du système chambre-sol.

SATURATION DU SOL DE FONDATION

Si la conception du système permet l'infiltration (c'est-à-dire qu'aucun revêtement imperméable n'est spécifié), la teneur en eau du sol de fondation est censée augmenter au-dessus des niveaux naturels immédiatement après un événement pluvieux. Le degré de saturation dépend notamment de la conductivité hydraulique du sol de fondation et de l'intensité de la tempête. Si un revêtement imperméable doit être utilisé, on peut supposer que le système StormTech n'augmentera pas la saturation du sol de fondation.

Tableaux d'épaisseur minimale d'assise et conception des facteurs de charge et de résistance LRFD

La section suivante fournit des commentaires à l'appui de l'utilisation des tableaux StormTech sur l'épaisseur minimale de l'assise (Réf. 4 et 5) lorsque les recommandations sur la capacité du sol de fondation sont fournies dans le cadre d'une conception fondée sur les facteurs de charge et de résistance (LRFD). Les tableaux des assises minimales sont formatés pour être utilisés directement pour le dimensionnement des assises au moyen d'un calcul des contraintes admissibles (ASD). Si les recommandations géotechniques du projet sont rédigées pour une approche LRFD, une interprétation supplémentaire des recommandations peut être nécessaire pour garantir le maintien d'un facteur de sécurité total minimum.

Aperçu général de la conception de fondation superficielle par ASD et LRFD

La conception des fondations superficielles vise généralement à limiter les tassements à des niveaux tolérables (état limite de service, ÉLS) et à prévenir la défaillance de la capacité portante (état limite ultime, ELU). Dans l'approche ASD, qui est la pratique dominante aux États-Unis, les charges réelles, ou non pondérées, sur la fondation [Q_f] sont conçues pour être inférieures à une pression d'appui admissible [R_{abp}] (Eqn. 1). La pression d'appui admissible dans ce cadre LRFD est une limite combinée représentant le minimum entre l'ÉLS non pondérée et l'état limite de service (ELS) pondéré (équation 2). En général, les rapports géotechniques ne fournissent qu'une recommandation de pression d'appui admissible pour chaque type de fondation superficielle et chaque strate portante. Souvent, les valeurs justificatives pour les ELU, les ELS et les facteurs de sécurité [SF] ne sont pas indiquées.

$$Q_f \leq R_{abp} \quad \text{[Équation 1]}$$

$$R_{abp} = \min\left(SLS, \frac{ULS}{SF}\right) \quad \text{[Équation 2]}$$

Dans l'approche LRFD, des facteurs partiels sont appliqués à la charge de la fondation (facteurs de charge, [γ]) et à chaque état limite du sol de fondation (facteurs de résistance, [ϕ]). Chaque état limite est ensuite conçu séparément. En ce qui a trait au SLS, les facteurs de charge et de résistance sont fixés à un (ou non pondérés) comme indiqué dans l'équation 3. Lorsque les recommandations géotechniques sont formatées pour LRFD, les capacités de conception ÉLU et ELS sont listées séparément. En général, le ÉLU est administré avec un facteur de résistance appliqué, mais la valeur du facteur peut ne pas être explicitement indiquée.

$$Q_f \leq SLS \quad \text{[Équation 3]}$$

$$\gamma Q_f \leq \phi ULS \quad \text{[Équation 4]}$$

Pour comparer le facteur de sécurité au niveau de l'ELU dans ASD et les facteurs combinés dans LRFD, les équations de conception de base peuvent être réarrangées comme indiqué ci-dessous dans les équations 5 et 6 (Note : pour des raisons de simplicité, une seule charge et un seul facteur de charge sont pris en compte dans l'équation LRFD). Dans ce cas, un facteur de sécurité total équivalent pour la conception LRFD peut être trouvé en divisant le facteur de charge par le facteur de résistance.

$$Q_f \leq \frac{ULS}{SF} = \frac{\phi ULS}{\gamma} \quad \text{[Équation 5]}$$

$$SF = \frac{\gamma}{\phi} \quad \text{[Équation 6]}$$

Application des recommandations de conception des facteurs de charge et de résistance (LRFD) à la conception StormTech

Les valeurs des en-têtes de colonne dans les tableaux d'épaisseur minimale d'assise de StormTech sont les pressions portantes non pondérées exercées sur le sol de fondation correspondant au type de chambre, la hauteur de couverture et l'épaisseur de l'assise égale. Ces valeurs correspondent à [Q_f] dans les équations ci-dessus.

Si le dimensionnement du sol de fondation est basé sur les recommandations de l'ASD, la pression portante admissible peut être comparée directement aux valeurs des en-têtes du tableau, selon l'équation 1. Si le dimensionnement de la fondation est basé sur les recommandations LRFD, les éléments suivants doivent être pris en compte.

La capacité SLS peut être comparée directement à la pression portante, selon l'équation 3. Notez que le SLS sera basé sur les tolérances de tassement de la conception, qui peuvent être différentes des limites de tassement recommandées par StormTech dans cette note technique (Section : Considérations relatives au performance du sol de fondation). Il incombe au concepteur du site de fixer les limites de tassement pour le site, les recommandations de StormTech sont fournies à titre indicatif uniquement.

La capacité ÉLU peut être comparée à la pression portante, selon l'équation 4. Étant donné qu'aucun facteur de charge n'est appliqué dans les tableaux StormTech, il se peut que l'ÉLU recommandé doit être mis à l'échelle conformément aux équations 5 et 6, afin de maintenir un facteur de sécurité total approprié. StormTech recommande un facteur de sécurité total de 2,5 ou plus pour la conception des fondations (réf. 1), mais les facteurs de conception pour chaque projet relèvent de la responsabilité de l'ingénieur concepteur. Si le facteur de résistance de l'ÉLU n'a pas été fourni par l'ingénieur géotechnique et ne peut pas être demandé, StormTech recommande de prendre une valeur de 0,6. Des exemples de conversions de l'ÉLU pondéré sont présentés ci-dessous.

Exemple #1: Le rapport géotechnique spécifie un ÉLU pondéré de 5 ksf (240 kPa). Le facteur de résistance de l'état limite ultime (ÉLU) et l'état limite de service (ELS) indiqué comme $\phi=0.4$. Calculez un ÉLU ajusté représentant un facteur de sécurité total de 2,5.

$$SF_{eq} = \frac{\gamma}{\phi} \quad \text{par Eqn. 6}$$

$$SF_{eq} = \frac{(1)}{(0.4)} = 2.5 \quad \text{Facteur de sécurité équivalent conforme}$$

$$Q_f \leq 240 \text{ kPa (5 ksf)}$$

Réponse: L'ÉLU pondéré peut être utilisé directement avec les tableaux de fondation StormTech puisque la sécurité totale est d'au moins 2,5

Exemple #2: Le rapport géotechnique spécifie un ÉLU pondéré de 240 kPa (5 ksf). Aucun facteur de résistance indiqué, alors une valeur $\phi=0.6$ peut être présumée. Calculez un ÉLU ajusté représentant un facteur de sécurité total de 2,5.

$$SF_{eq} = \frac{\gamma}{\phi} \quad \text{par Eqn. 6}$$

$$SF_{eq} = \frac{(1)}{(0.6)} = 1.7 < 2.5 \quad \text{Le facteur de sécurité équivalent est moins élevé}$$

$$Q_f \leq \frac{ULS}{SF} = \frac{ULS}{SF_{eq}} \left(\frac{SF_{eq}}{SF} \right) \quad \text{par Eqn. 5}$$

$$Q_f \leq (240 \text{ kPa}) \left(\frac{1.7}{2.5} \right)$$

$$Q_f \leq 160 \text{ kPa (3.4 ksf)} \quad \text{Réponse: ÉLU ajusté}$$

Tableau 1: Dimensions et références propres à la chambre StormTech

Chambre	Espace standard entre les rangées	Largeur efficace du pied ^(a)	Largeur de colonne de sol ^(b)	Portée structurelle ^(c)	Tableau d'épaisseur minimale d'assise
MC-7200	230 mm (9")	115 mm (4.5")	460 mm (18")	2433 mm (91")	Tableau 2 du manuel de conception de la série MC
MC-4500	230 mm (9")	115 mm (4.5")	460 mm (18")	2433 mm (91")	Tableau 1 du manuel de conception de la MC-4500
MC-3500	150 mm (6")	89 mm (3.5")	330 mm (13")	1737 mm (70")	Tableau 1 du manuel de conception de la série MC
DC-780	150 mm (6")	64 mm (2.5")	279 mm (11")	1156 mm (46")	Tableau 2 du manuel de conception de la série SC
SC-800	75 mm (3")	64 mm (2.5")	203 mm (8")	1156 mm (46")	Tableau 2 du manuel de conception de la série SC
SC-310	75 mm (3")	64 mm (2.5")	203 mm (8")	716 mm (29")	Tableau 1 du manuel de conception de la série SC
SC-160	0 mm (0")	89 mm (3.5")	178 mm (7")	460 mm (18")	Tableau A-1 (Addenda) du manuel de conception de la série SC

Remarques sur le tableau

- (a) La largeur efficace du pied de chambre est la distance entre l'extérieur du pied et le centroïde de la corrugaison
- (b) Largeur de la colonne de sol = (espace entre les rangées) + 2*(largeur efficace du pied de chambre).
- (c) La portée structurelle de la chambre est la distance entre les centroïdes des corrugaisons opposées au niveau du pied de chambre. La tolérance de tassement différentiel pour chaque type de produit est basée sur la portée structurelle.

Références

1. ASTM F2787 – "Conception structurelle des chambres de collecte des eaux pluviales à paroi ondulées en thermoplastiques"
2. Spécifications de conception du pont AASHTO, Section 3 – "Charges et facteurs de charge"
3. Spécifications de conception des ponts AASHTO, section 12 – "Structures enterrées et revêtements de tunnel"
4. Manuel de conception StormTech MC-3500 et MC-7200, section 2.0 – "Assise pour les chambres"
Manuel de conception StormTech MC-4500, Section 2.00 – "Assise pour les chambres"
Manuel de conception StormTech SC-160LP, SC-310, & DC-780, Section 2.00 – "Assise pour les chambres"

