

Note Technique

TN 5.22_Q Conception des structures de drainage en thermoplastique

Aperçu

Les structures de drainage verticales fabriquées à partir de tuyaux thermoplastiques constituent une alternative efficace aux unités en béton préfabriqué pour les regards, les puisards et les structures d'accès des réseaux de gestion des eaux pluviales. En tant qu'éléments d'infrastructure essentiels, les structures verticales dans les systèmes d'eaux pluviales doivent être conçues pour répondre à des critères de performance stricts dans leurs conditions d'installation et pour toute la durée de vie utile. Bien que de telles conceptions soient la norme pour les installations de tuyaux horizontaux, la pratique est moins courante pour les structures verticales. Cette note technique explique la norme de conception utilisée par ADS® pour évaluer ses produits de structures verticales. L'objectif de ce document est d'aider les planificateurs de systèmes d'eaux pluviales à comprendre les considérations de performance et les directives d'installation associées à l'utilisation réussie des structures verticales en thermoplastique.

Le **tableau 1** résume les limites d'installation standard de chaque catégorie de structure de drainage thermoplastique d'ADS. Les limites minimales et maximales de hauteur se rapportent à la hauteur de la structure, du sommet au radier, y compris le puisard et le cône réducteur supérieur (s'il est utilisé). Les structures inférieures à la hauteur minimale sont généralement irréalisables à fabriquer, tandis que celles dépassant la hauteur maximale peuvent être soumises à des charges structurelles excessives sans renfort supplémentaire. La limite de hauteur de la nappe phréatique correspond au niveau maximal de la nappe prévu par la conception par rapport au radier de la structure — des niveaux d'eau supérieurs à ces limites augmentent le risque de flottabilité. Enfin, l'angle minimal de séparation entre les raccords est essentiel à la performance structurelle et à la fabrication de la colonne montante — les angles limites dépendent des diamètres de la colonne montante et des tronçons. Veuillez consulter le tableau des angles minimaux (réf. 2 et 3) pour les valeurs précises. Référez-vous également aux autres sections de la présente note technique pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les considérations de conception qui ont conduit à l'établissement de ces limites.

Tableau 1 : Limites d'installation standard pour les structures de drainage thermoplastiques d'ADS

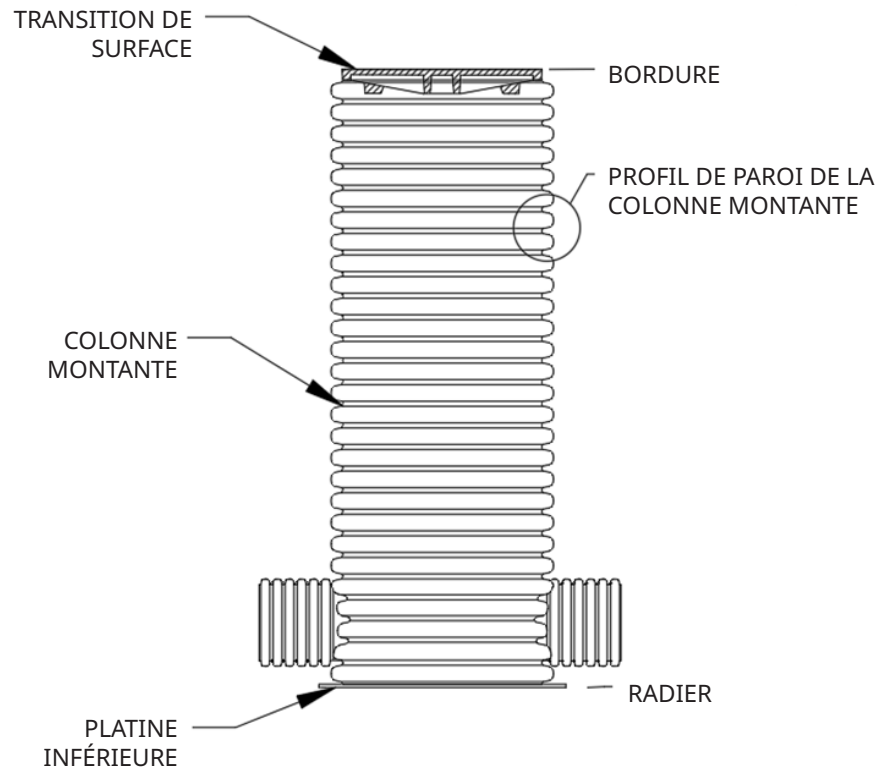
Structure		Limites d'installation			
Classe de colonne montante	Matériel	Min Height m (pi)	Max Height m (pi)	Hauteur de nappe phréatique ²	Angle de tronçon
N-12® (à double paroi) ¹ Colonne montante: 300 – 1200 mm (12 po - 48 po)	HDPE	0.9 (3)	3 (10)	(1/2)*H	Voir réf. 2 et 3 (Tableau des angles minimaux)
SaniTite® HP (à triple paroi) Colonne montante: 750 - 1200 mm (30 po - 48 po)	PP	0.9 (3)	4.5 (15)		

1. Le tuyau N-12 est un produit fabriqué à double paroi annelé.
2. La limite de la nappe phréatique est relative à la hauteur enfouie de la structure. Le concepteur du site est responsable de déterminer le niveau de nappe phréatique de conception..

Contexte

ADS fabrique des regards HP et des puisards N-12 dans une gamme de diamètres en utilisant respectivement ses produits en tuyaux HP (polypropylène) et N-12 (polyéthylène haute densité). La performance des structures après installation est évaluée conformément aux directives de la norme ASTM F1759 (réf. 1). L'analyse selon la norme ASTM F1759 a été utilisée pour établir les limites de performance standard détaillées aux références 2 et 5, qui régissent les regards HP et les puisards N-12.

Figure 1 : Regards thermoplastiques ADS et terminologie standard



Références

1. ASTM F1759 – « Conception de regards en polyéthylène haute densité pour applications souterraines »
2. Détail standard ADS 4.03 – Installation de regard HP
3. Détail standard ADS 4.01Q – Installation de regard en PEHD hors chaussée
4. Détail standard ADS 4.03 – Installation de regard HP

Scénario de chargement

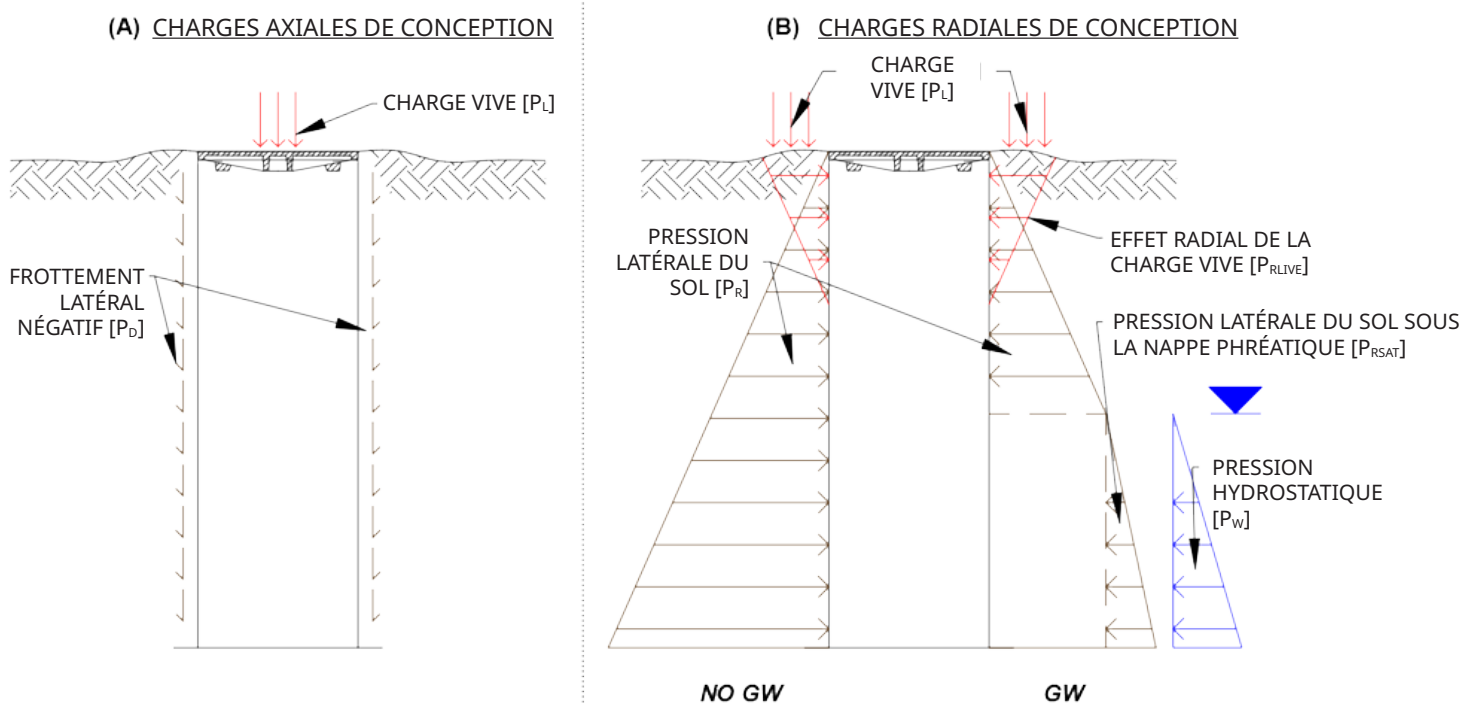
La **figure 2** présente un schéma conceptuel des forces agissant sur une structure verticale. Les paragraphes suivants décrivent chaque charge évaluée lors de la conception; toutefois, veuillez vous référer à la norme ASTM F1759 (réf. 1) pour les directives précises concernant le calcul de ces charges.

La charge axiale (verticale) est appliquée à la colonne montante par le trafic routier [PL] et par le glissement descendant dû au tassement du sol de remblai [PD]. Voir **Figure 2 (A)** ci-dessous. La charge de véhicule à utiliser dans l'analyse dépend de l'application et de la conception de la transition de surface. Pour les installations hors chaussée, aucune charge vive n'est supposée pour l'évaluation (même si le produit peut avoir une capacité). Pour les installations soumises aux charges de circulation, la charge d'une roue simple est supposée (p. ex. HL-93 ou BCL-625). Le type et la conception de la transition de surface déterminent quelle proportion de la charge est reprise par la colonne montante — toutefois, dans la plupart des cas, la plus grande partie de la charge devrait être transférée au remblai. La charge de frottement descendant est prise comme la force de friction maximale à l'interface entre le remblai et la colonne montante. Ce concept est représenté de façon simplifiée comme le produit de la pression radiale moyenne du sol [PR] et de la capacité au cisaillement dans la zone d'interface. La capacité au cisaillement (représentée par un coefficient de frottement) dépend du fait que le sol de remblai interagit avec la colonne montante soit par friction avec la paroi extérieure (tuyau à profil fermé - HP), soit par engrènement dans les ondulations et cisaillement interne du sol (tuyau à paroi extérieure annelée - N-12).

La charge radiale sur la colonne montante consiste principalement en la pression latérale du sol de remblai [PR]. On suppose que l'effet d'arche horizontale est mobilisé dans le remblai grâce au relâchement des contraintes dans la colonne montante thermoplastique, de sorte que des conditions de pression des terres actives peuvent être utilisées dans la conception. Si la nappe phréatique est plus haute que le radier de la structure, alors une pression hydrostatique [PW] est également exercée sur la colonne montante, et la pression latérale du sol est modifiée pour tenir compte des effets de la poussée d'Archimède [PR / PRsat]. Si la transition de surface est conçue pour transférer une part importante de la charge de circulation au remblai, la pression latérale du sol doit alors être augmentée par une charge surfacique uniforme [PRlive]. Voir **Figure 2 (B)** ci-dessous.

Toutes les charges sont supposées être radialement symétriques autour du centre de la colonne montante. De plus, toutes les charges sont supposées varier longitudinalement le long de l'axe de la colonne montante. À noter que ces hypothèses sont presque l'inverse de celles de l'analyse des tuyaux horizontaux, où la variation axiale est supposée négligeable et où la variation radiale constitue un élément clé de la conception.

Figure 2 : Charges de conception sur les structures verticales souterraines



Limites de performance

L'objectif de l'analyse d'une structure verticale souterraine est de déterminer si les critères de performance seront respectés dans le scénario de charge pendant toute la durée de vie du système. Le **tableau 2** présente en détail les limites de performance structurelle prises en compte par la norme ASTM F1759. Pour chaque limite, la force motrice et les propriétés de résistance critiques de la colonne montante sont également indiquées. L'objectif est d'illustrer de manière conceptuelle les relations entre les états limites, les conditions d'installation (c.-à-d. le scénario de charge) et les caractéristiques de conception de la colonne montante. Pour des directives précises sur l'évaluation de chaque limite, veuillez vous référer à la norme ASTM F1759. Veuillez noter qu'en plus des limites structurelles du **tableau 2**, ADS tient également compte de facteurs liés à la fabrication, tels que la configuration des tronçons et la conception des déversoirs internes, lors de l'évaluation de la faisabilité d'une structure verticale.

Table 2: Limites de performance structurelle pour les structures verticales souterraines

Limite	Charge ¹	Propriétés critiques de la colonne montante ^{2, 3}
Déformation de poussée de l'anneau	Pression radiale maximale	Aire du profil
Déformation de flambement de l'anneau	Pression radiale + déformation asymétrique	Aire du profil / Rigidité du profil
Déformation combinée de l'anneau	[Somme des déformations de poussée et de flexion]	Aire du profil / Rigidité du profil
Flambement de l'anneau	Pression radiale maximale	Aire du profil / Rigidité du profil / Rigidité du remblai
Déformation axiale	Frottement latéral négatif + charge vive	Épaisseur nette du profil
Flambement axial	Frottement latéral négatif + charge vive	Aire du profil / Rigidité du profil
Déformation de la plaque de fond ⁴	Pression hydrostatique	Épaisseur de la plaque de fond / Diamètre de la colonne montante
Soulèvement par flottabilité ⁴	Pression hydrostatique	Diamètre de la colonne montante

1. Les charges radiales maximales se produisent généralement au radier de la colonne montante (c.-à-d. le point le plus profond). Les charges axiales maximales sont également supposées au niveau du radier, bien que la répartition réelle dépende de l'application et des conditions d'installation.
2. Les effets de rigidification de la plaque de fond sont ignorés pour les états limites radiaux et axiaux.
3. Les effets des embranchements de tronçon sont ignorés pour toutes les analyses. L'impact des tronçons sur la performance structurelle de la colonne montante est complexe. Les petites connexions tendent probablement à rigidifier la colonne contre la compression circulaire et la flexion, tandis que les grands tronçons tendent plutôt à réduire la capacité de la colonne à la fois en mode radial et axial. Les limites additionnelles définies dans les tableaux d'angles minimaux des détails d'installation standard (réf. 2 et 3) doivent être respectées afin d'atténuer ces risques.
4. Les limites de performance liées à la nappe phréatique sont traitées brièvement dans la norme ASTM F1759, et donc de manière similaire dans cette note technique. ADS publie des limites standards de produit en supposant que la nappe phréatique se situe généralement à moins du tiers de la hauteur de la colonne montante au-dessus de la base de la structure. Si des niveaux de nappe phréatique plus élevés sont anticipés, veuillez communiquer avec le service d'ingénierie des applications pour obtenir de l'assistance.

Considérations supplémentaires

La performance réussie des structures verticales souterraines dépend des conditions d'installation adéquates. Ces conditions sont supposées présentes par les normes de conception, mais elles ne sont pas garanties en chantier. Cette section fournit des précisions supplémentaires concernant le remblayage et les conditions de nappe phréatique, deux aspects qui relèvent de l'évaluation et du contrôle (partiel) du concepteur de système de gestion des eaux pluviales. Des considérations particulières pour les installations très profondes sont également présentées ici.

Conditions de remblayage

Les structures verticales doivent être installées sur une couche d'assise constituée d'un matériau granulaire compacté d'au moins 150 mm (6 po) d'épaisseur. La zone excavée s'étendant sur au moins 600 mm (24 po) à partir de la surface externe de la colonne montante de la structure doit être remblayée avec un matériau granulaire. Ce remblai doit être mis en place et compacté de façon uniforme tout autour de la structure, par couches successives allant jusqu'à 300 mm (12 po). La taille de l'équipement de compactage utilisé à proximité de la structure doit être limitée afin d'éviter d'endommager la colonne montante ou les embranchements des tronçons.

Ces conditions de remblayage favorisent la performance optimale de la structure. L'utilisation d'un remblai granulaire, plutôt que cohésif, élimine le risque de tassement à long terme des sols adjacents à la colonne montante. Cela limite l'ampleur du frottement latéral négatif et en confine les effets à la période suivant immédiatement l'installation, permettant au thermoplastique de relâcher une partie des contraintes et de redistribuer partiellement la charge au sol à long terme. La mise en place et le compactage uniformes du remblai préviennent le gauchissement ou l'inclinaison de l'ensemble de la structure ainsi que les déformations asymétriques locales, qui pourraient contribuer à un flambage ou à une rupture par flexion prématurés. Enfin, un haut degré de compactage du remblai entraîne un angle de frottement interne plus élevé, ce qui se traduit par un accroissement de l'effet de voûte du sol et une diminution de la pression radiale du sol (par rapport à des niveaux de compactage plus faibles).

Conditions de nappe phréatique

Étant donné l'incertitude inhérente à la prédiction des niveaux de nappe phréatique et la hauteur relativement limitée des structures ADS (typiquement inférieure à 3 m ou 10 pi), ADS ne tient pas compte des effets hydrostatiques dans son analyse standard. Une analyse approfondie des structures ADS a montré que lorsque le niveau de la nappe phréatique est inférieur au tiers de la hauteur de la colonne montante au-dessus du radier de la structure, la déformation de la plaque de fond est minime et la poussée de flottabilité est largement contrebalancée par la friction entre le remblai et la colonne montante. Cependant, plus la profondeur de la nappe phréatique diminue, plus le facteur de sécurité vis-à-vis des défaillances de la plaque de fond et de la flottabilité diminue également. Il existe une capacité latente, mais non quantifiable, de résistance à la poussée de flottabilité grâce à l'embranchement des tronçons et à la transition de surface, qui offrent un degré de sécurité supplémentaire. Cela dit, à une certaine profondeur de nappe phréatique (la limite précise varie selon le type de produit, le diamètre intérieur de la colonne montante et le type de remblai), la poussée de flottabilité devient une préoccupation qui doit être traitée par une solution de conception. Si des niveaux élevés de nappe phréatique sont anticipés pour un projet, veuillez communiquer avec l'ingénierie des applications pour obtenir de l'aide.

Structures profondes

À mesure que la profondeur d'enfouissement augmente, les charges de sol agissant sur la structure augmentent également. ADS a analysé attentivement ses produits et son expérience de projets antérieurs

afin d'établir les limites maximales d'enfouissement présentées au tableau 1. Les installations à des profondeurs supérieures, bien que possibles, nécessitent généralement des mesures particulières comme l'utilisation de remblais fluides pour éviter d'endommager les embranchements de tronçons et/ou la colonne montante. De plus, le risque de forces hydrostatiques importantes et de poussée de flottabilité augmente avec la profondeur de la structure. En particulier, les concepteurs et installateurs de structures thermoplastiques profondes devraient tenir compte des forces de soulèvement durant la phase de construction, lorsque les charges de sol résistantes peuvent être fortement réduites en raison d'un remblayage partiel.

