

É

Équipements de protection

Études et recherches

RAPPORT R-583



Recensement des systèmes d'étanchéonement et de blindage pour les excavations et les tranchées

*André Lan
Renaud Daigle
Denis LeBoeuf
Omar Chaallal*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

Mission *travaillent pour vous !*

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.

De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2008

ISBN : 978-2-89631-309-9 (version imprimée)

ISBN : 978-2-89631-310-5 (PDF)

ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
octobre 2008



Équipements de protection

Études et recherches

■ RAPPORT R-583

Recensement des systèmes d'étaçonnement et de blindage pour les excavations et les tranchées

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

André Lan, Service de la recherche, IRSST

Renaud Daigle, Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST

Denis LeBoeuf, Département de génie civil, Université Laval

Omar Chaallal, Département de génie de la construction, ÉTS



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSS

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Problématique

La conception de systèmes de blindage et d'éтанçonnement efficaces qui répondent adéquatement aux besoins des municipalités représente un défi majeur et permanent. Ceci est dû à plusieurs facteurs, entre autres : la diversité du type d'excavations, l'importance des contraintes opérationnelles et financières ainsi que la complexité des paramètres intervenant dans la conception de systèmes d'éтанçonnement (nature des sols et des roches, surcharges statiques, déclivité et profondeur de la fouille, conditions hydrogéologiques, surcharges et vibrations diverses dues à la circulation ou à l'opération de la machinerie lourde de chantier, présence de structures avoisinantes, etc.). Il existe sur le marché plusieurs systèmes d'éтанçonnement et de blindage et il n'est pas facile, à partir des seules informations fournies par le manufacturier, de trouver ou d'adapter un système de blindage qui répond aux besoins. Les municipalités, entre autres, la Ville de Montréal avec ses systèmes VM-1 et VM-2, la Ville de Longueuil et la Ville de Victoriaville avec leurs systèmes de blindage-caisson cylindriques faits de tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) et de tôle d'acier ondulé galvanisé (TAOG), ont contribué au développement de techniques d'éтанçonnement innovatrices. Les industriels, d'autre part, proposent de nombreux équipements d'excellente qualité mais ceux-ci sont surtout constitués de panneaux rigides, ce qui n'est pas adapté pour des tranchées de moindre envergure fréquemment rencontrées en milieu urbain. En outre, le manque d'informations structurées et l'inexistence de guides de conception ou de références combinées au manque de ressources humaines dans les municipalités pour rechercher et analyser l'information technique spécialisée constituent des éléments qui freinent l'intérêt et l'utilisation du plein potentiel des technologies d'éтанçonnement.

L'objectif principal de la présente étude est de recenser, cataloguer et classier les systèmes préfabriqués de blindage et d'éтанçonnement disponibles sur le marché. Plus spécifiquement, cette étude vise à une mise à jour de l'information disponible sur les systèmes de blindage préfabriqués actuellement disponibles afin de constituer un outil pour les utilisateurs des systèmes de blindage et d'éтанçonnement qui trouveront là un inventaire de systèmes de blindage dans lequel l'information technique est cataloguée et classifiée leur permettant de trouver et/ou d'adapter un système commercial existant qui correspond le plus à leurs besoins. Ce catalogue rassemblera les informations techniques et commerciales relatives aux systèmes préfabriqués de blindage et d'éтанçonnement et créera un répertoire à jour de tous les fournisseurs nord-américains avec leurs offres commerciales et leurs spécifications techniques.

Méthodologie

Un recensement par catégorie des systèmes d'éтанçonnement utilisés et non utilisés au Québec a été fait à partir de l'information recueillie principalement à partir des documents techniques des manufacturiers et des informations colligées auprès des utilisateurs. Ce recensement a permis de classer les systèmes d'éтанçonnement utilisés au Québec en trois catégories : (a) les caissons, (b) les tuyaux et (c) les vérins hydrauliques et ceux non utilisés au Québec, en quatre catégories : (a) les caissons, (b) les tuyaux, (c) les vérins hydrauliques, et (d) les boîtes de tranchées. Une description détaillée de chacun des systèmes est présentée. Celle-ci couvre, entre autres, les propriétés géométriques de l'éтанçonnement, la profondeur permise et la contrainte admissible de la paroi de l'éтанçonnement. De plus, pour compléter le recensement des systèmes d'éтанçonnement, un sondage a été effectué auprès de plusieurs villes du Québec pour avoir un aperçu sur leur utilisation des systèmes d'éтанçonnement lors des travaux d'excavation.

Résultats

Outre le recensement, le catalogage et la classification des systèmes préfabriqués de blindage et d'étaçonnement disponibles sur le marché, une grille d'aide au choix du système d'étaçonnement a été développée. Elle se veut un outil pratique à l'usage des utilisateurs dans leur choix d'un système d'étaçonnement répondant au mieux à leurs besoins. La matrice de la grille permet de choisir, sur la base d'un ensemble de critères, le système d'étaçonnement qui répond au mieux aux besoins exprimés par l'utilisateur. Elle couvre tous les systèmes d'étaçonnement recensés dans le cadre de cette étude, qu'il s'agisse des systèmes déjà utilisés au Québec, ou des systèmes disponibles sur le marché (québécois) mais non encore utilisés par les villes. Les systèmes d'étaçonnement sont évalués à travers un ensemble de critères majeurs, susceptibles d'être pris en compte dans le choix du type d'étaçonnement. Pour chaque critère, il est donné une pondération, allant d'une (*) à trois étoiles (***). Par exemple, pour le critère profondeur d'excavation, la pondération est la suivante : (*) < 10 pi; (**) 10 à 25 pi; (***) > 25 pi. Ces critères se rapportent à plusieurs aspects. L'aspect structural de l'étaçonnement est couvert à travers des critères comme ses dimensions, sa masse, ou encore son assemblage. Concernant l'excavation, nous nous intéressons aux dimensions de l'excavation et à la nature du sol. Pour l'autre aspect relatif aux conditions de travail des ouvriers, ce sont les critères de ventilation et visibilité qui sont considérés. Enfin, l'aspect manutention, lui, est couvert à partir des critères que sont l'équipement requis, la mobilisation, ou encore le temps d'installation.

Conclusion

L'étude présente, successivement, les systèmes d'étaçonnement utilisés et pas encore utilisés par les municipalités au Québec. Au total, 26 systèmes d'étaçonnements ont été recensés. Ils sont classés en quatre catégories distinctes : les caissons, les vérins hydrauliques, les tuyaux, et enfin les boîtes de tranchées. Pour chacune de ces catégories, une description détaillée du système d'étaçonnement y est présentée. Cette dernière couvre, entre autres, les propriétés géométriques de l'étaçonnement, la profondeur permise et la contrainte admissible de la paroi de l'étaçonnement, ainsi que les avantages et les inconvénients de ce dernier.

L'étude donne aussi, à travers des données statistiques, un aperçu sur l'utilisation des systèmes d'étaçonnement dans les différentes villes du Québec lors de travaux d'excavation. Ces données ont été obtenues à l'issue d'un sondage mené, dans le cadre de cette étude, et auquel ont participé 12 Villes du Québec. Il en ressort plusieurs conclusions, en particulier en ce qui a trait au nombre d'excavations pratiquées annuellement. Ce dernier s'élève à plus de 7 460, dont 75% de profondeur supérieure à 1,2 m (4 pieds). Ce qui par ailleurs dénote de l'importance d'un choix éclairé du système d'étaçonnement lors de travaux d'excavations, en vue d'une utilisation à la fois sûre et économique. Et c'est d'ailleurs dans cette perspective que l'étude met à la disposition des utilisateurs une grille d'aide au choix du système d'étaçonnement. Cette grille se veut un outil permettant de choisir de façon éclairée, sur la base d'un ensemble de critères, le système qui correspond le mieux aux besoins de l'utilisateur. Ces critères portent sur divers aspects, dont la structure de l'étaçonnement, le type d'excavation, les conditions de travail des ouvriers, ou encore la manutention du système d'étaçonnement.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la collaboration d'un grand nombre d'organisations et d'individus. Nous remercions M. Martin Tremblay de la section de géotechnique de la Ville de Montréal pour sa grande disponibilité. De plus, plusieurs intervenants de différentes villes ont gentiment aidé à la réalisation de cette étude. Ces intervenants sont les suivants : Jean Paquet (Chicoutimi), Yves Tousignant (Drummondville), Daniel Paquin (Gatineau), Francis Desjardins (Laval), Danny Lessard (Lévis), Mario Lachapelle (Longueuil), Daniel Barette (Québec), Christian Bilodeau (Québec), Michel Tardif (Sept-Îles), Yves Perron (Sherbrooke), Raymond Latour (Saint-Hyacinthe), Jean-Pierre Laporte (Trois-Rivières) et Alain Houle (Victoriaville).

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	i
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	ix
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte et problématique.....	1
2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	3
3. SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT UTILISÉS AU QUÉBEC.....	5
3.1 Les caissons.....	5
3.1.1 Le caisson grillagé.....	5
3.1.2 Le caisson « ATS » de Pro-tec.....	7
3.1.3 Le caisson « Shoring Shield » de Speed Shore.....	9
3.1.4 Le caisson VM.....	12
3.1.5 Le caisson VM-1.....	13
3.1.6 Le caisson VM-2.....	14
3.1.7 Le caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc.....	15
3.1.8 Le caisson « Gigant alu » de Ischebeck.....	17
3.1.9 Le caisson « Mod » de Pro-tec.....	19
3.1.10 Le caisson Longueuil.....	22
3.2 Les étançonnements tubulaires (tuyaux).....	23
3.2.1 Le tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD).....	23
3.2.2 Le tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG).....	24
3.3 Les vérins hydrauliques.....	26
3.3.1 Le vérin hydraulique « Vertical Shore » de Speed Shore.....	26
4. SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT NON UTILISÉS AU QUÉBEC.....	29
4.1 Les caissons.....	29
4.1.1 Le caisson « Wall Shields » de GME.....	29
4.2 Le caisson « Manhole Shields » de GME.....	32
4.2.1 Le caisson « Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME.....	34
4.2.2 Le caisson « Lite-Shield 24 » de GME.....	36
4.2.3 Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec.....	38
4.2.4 Le caisson « Série Pal » de Pro-tec.....	40
4.3 Les étançonnements tubulaires (tuyaux).....	43
4.3.1 Le tuyau « Round Manhole Shields » de GME.....	43
4.3.2 Le tuyau « Manguards » de Speed Shore.....	45
4.4 Les vérins hydrauliques.....	47

4.4.1	Le vérin hydraulique « Waler » de GME.....	47
4.4.2	Le vérin hydraulique « Vertical Shores » de GME.....	48
4.4.3	Le vérin hydraulique « Manhole Shores » de GME	50
4.5	Les boîtes de tranchées	52
4.5.1	La boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec.....	52
4.5.2	La boîte de tranchée « Wall Shields » de GME.....	55
5.	STATISTIQUES SUR L'UTILISATION DES SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT AU QUÉBEC.....	59
5.1	Description du sondage.....	59
5.2	Résultats du sondage.....	59
6.	GRILLE D'AIDE AU CHOIX DU SYSTÈME D'ÉTANÇONNEMENT	67
6.1	Présentation de la grille.....	67
7.	CONCLUSION.....	73
8.	RECOMMANDATION.....	73
9.	BIBLIOGRAPHIE.....	73
	ANNEXE A	75
	ANNEXE B	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Spécifications du caisson grillagé	7
Tableau 2	Spécifications du caisson « ATS » de Pro-tec	8
Tableau 3	Spécifications du caisson « Shoring Shield » de Speed Shore	10
Tableau 4	Spécifications du caisson VM	12
Tableau 5	Spécifications du caisson VM-1	14
Tableau 6	Spécifications du caisson VM-2	15
Tableau 7	Spécifications du caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc	16
Tableau 8	Spécifications du caisson « Gigant alu » de Ischebeck	18
Tableau 9	Spécifications du caisson « Mod » de Pro-tec	20
Tableau 10	Spécification du caisson Longueuil	22
Tableau 11	Spécifications du tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD)	24
Tableau 12	Spécification du tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG)	25
Tableau 13	Spécifications du vérin hydraulique « Vertical Shore » de Speed Shore	27
Tableau 14	Spécifications du caisson « Wall Shields » de GME	30
Tableau 15	Spécification du caisson « Manhole Shields » de GME	33
Tableau 16	Spécifications du caisson « Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME	35
Tableau 17	Spécifications du caisson « Lite-Shield 24 » de GME	37
Tableau 18	Spécifications du caisson « Manhole Shields » de Pro-tec	39
Tableau 19	Spécifications du caisson « Série Pal » de Pro-tec	41
Tableau 20	Spécifications du tuyau « Round Manhole Shields » de GME	44
Tableau 21	Spécifications du caisson « Manguard » de Speed Shore	46
Tableau 22	Spécifications du vérin hydraulique « Waler » de GME	48
Tableau 23	Spécifications du vérin hydraulique « Vertical Shores » de GME	49
Tableau 24	Spécifications du vérin hydraulique « Manhole Shores » de GME	51
Tableau 25	Spécifications de la boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec	53
Tableau 26	Spécifications de la boîte de tranchée « Wall Shields de GME	57
Tableau 27	Résultats du sondage	61
Tableau 28	Résultats agrégés du sondage	63
Tableau 29	Grille d'aide au choix - Étançonnements utilisés au Québec	69
Tableau 30	Grille d'aide au choix - Étançonnements utilisés au Québec (suite)	70
Tableau 31	Grille d'aide au choix - Étançonnements non utilisés au Québec	71
Tableau 32	Grille d'aide au choix - Étançonnements non utilisés au Québec (suite)	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Exemples de caissons.....	5
Figure 2 - Caissons grillagés.....	6
Figure 3 - Le caisson « ATS » de Pro-tec.....	7
Figure 4 - Le caisson « Shoring Shield » de Speed Shore.....	9
Figure 5 - Le caisson VM.....	12
Figure 6 - Le caisson VM-1.....	13
Figure 7 - Le caisson VM-2.....	14
Figure 8 - Le caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc.....	15
Figure 9 - Le caisson « Gigant alu » de Ischebeck.....	17
Figure 10 - Le caisson « Mod » de Pro-tec.....	19
Figure 11 - Le caisson Longueuil.....	22
Figure 12 - Le tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD).....	23
Figure 13 - Le tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG).....	24
Figure 14 - Le vérin hydraulique « Vertical Shore » de Speed Shore.....	26
Figure 15 - Étapes d'installation du système.....	26
Figure 16 - Le caisson « Wall Shields » de GME.....	29
Figure 17 - Le caisson « Manhole Shields » de GME.....	32
Figure 18 - Le caisson « Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME.....	34
Figure 19 - Le caisson « Lite-Shield 24 » de GME.....	36
Figure 20 - Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec.....	38
Figure 21 - Le caisson « Série Pal » de Pro-tec.....	40
Figure 22 - Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec.....	43
Figure 23 - Le caisson « Manguard » de Speed Shore.....	45
Figure 24 - Le vérin hydraulique « Waler » de GME.....	47
Figure 25 - Les vérins hydrauliques « Vertical Shores » de GME.....	48
Figure 26 - Le vérin hydraulique « Manhole Shores » de GME (Source : GME, 2006).....	50
Figure 27 - Les boîtes de tranchées.....	52
Figure 28 - La boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec.....	52
Figure 29 - La boîte de tranchée « Wall Shields » de GME.....	55
Figure 30 - Nombre annuel d'excavations par ville.....	64
Figure 31 - Taux d'utilisation annuel des étalements lors d'excavations par ville.....	64
Figure 32 - La fréquence d'utilisation annuelle de chacun des systèmes d'étalement.....	65

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte et problématique

La conception de systèmes de blindage et d'étançonnement efficaces qui répondent adéquatement aux besoins des municipalités représente un défi majeur et permanent pour plusieurs d'entre elles. Ceci est dû à plusieurs facteurs, entre autres : la diversité des excavations, l'importance des contraintes opérationnelles et financières ainsi que la complexité des paramètres intervenant dans la conception de systèmes d'étançonnement (nature des sols et des roches, surcharges statiques, déclivité et profondeur de la fouille, conditions hydrogéologiques, surcharges et vibrations diverses dues à la circulation ou à l'opération de la machinerie lourde de chantier, présence de structures avoisinantes, etc.).

Présentement, il existe maintenant sur le marché plus de choix dans les systèmes d'étançonnement et de blindage qui permettent de s'adapter plus facilement aux diverses situations rencontrées couramment lors des travaux municipaux. Malgré cela, il n'est pas toujours facile, à partir des seules informations fournies par le manufacturier, de trouver ou d'adapter un système de blindage qui répond aux besoins des municipalités utilisatrices. Les municipalités, entre autres, la Ville de Montréal avec ses systèmes VM-1 et VM-2, la Ville de Longueuil et la Ville de Victoriaville avec leurs systèmes de blindage-caisson cylindriques faits de tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) et de tôle d'acier ondulé galvanisé (TAOG), ont contribué au développement de techniques d'étançonnement innovatrices. Les industriels, d'autre part, proposent de nombreux équipements d'excellente qualité mais ceux-ci sont surtout constitués de panneaux rigides, ce qui n'est pas adapté pour des tranchées de moindre envergure fréquemment rencontrées en milieu urbain. En outre, le manque d'informations structurées et l'inexistence de guides de conception ou de références combinées au manque de ressources humaines dans les municipalités pour rechercher et analyser l'information technique spécialisée constituent des éléments qui freinent l'intérêt et l'utilisation du plein potentiel des technologies d'étançonnement.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif principal de la présente étude est de recenser, cataloguer et classier les systèmes préfabriqués de blindage et d'étanchonnement disponibles sur le marché. Plus spécifiquement, cette étude vise à une mise à jour de l'information disponible sur les systèmes de blindage préfabriqués actuellement disponibles. Elle a pour but, à partir d'un recensement systématique de l'information recueillie, de cataloguer les équipements d'étanchonnement et de blindage des tranchées disponibles au Québec ainsi qu'en Amérique du nord. Ce catalogue rassemblera les informations techniques et commerciales relatives aux systèmes préfabriqués de blindage et d'étanchonnement et créera un répertoire à jour de tous les fournisseurs nord-américains avec leurs offres commerciales et leurs spécifications techniques. Cette étude se veut un outil pour les utilisateurs des systèmes de blindage et d'étanchonnement qui trouveront là un inventaire de systèmes de blindage dans lequel l'information technique est cataloguée et classifiée leur permettant de trouver et/ou d'adapter un système commercial existant qui correspond le plus à leurs besoins.

3. SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT UTILISÉS AU QUÉBEC

Les systèmes d'éтанçonnement utilisés au Québec peuvent être classés en trois catégories : (a) les caissons, (b) les tuyaux, et (c) les vérins hydrauliques. La présente section donne une description détaillée de chacun de ces systèmes. Celle-ci couvre, entre autres, les propriétés géométriques de l'éтанçonnement, la profondeur permise et la contrainte admissible de la paroi, ainsi que les avantages et inconvénients de l'éтанçonnement. Nous traiterons successivement : (a) les systèmes de type caissons; (b) les systèmes de type tuyaux, et enfin (c) les systèmes de type vérins hydrauliques.

3.1 Les caissons

Par caisson, il est entendu une enceinte légère permettant de retenir les poussées de terre lors de travaux d'excavation (Figure 1). Les caissons sont carrés ou rectangulaires.



(a) Caisson « Gigant alu de Ischebeck »
(Source : Ischebeck, 2006)



(b) Caisson « Mod de Pro-tec »
(Source : Équipement NCN Ltée, 2006)

Figure 1 - Exemples de caissons

3.1.1 Le caisson grillagé

Ce système d'éтанçonnement consiste en un cadre en HSS (hollow structural sections), constitué de profilés en acier galvanisé, recouvert d'un grillage d'acier à mailles de ½ pouce. La présence du grillage permet une meilleure visibilité aussi bien pour les ouvriers qui travaillent à l'intérieur de l'éтанçonnement que ceux qui le manipulent (Figure 2). Une ouverture carrée de 29,5 pouces (0,75 m) de côté est prévue sur deux faces opposées du caisson.

Ce système d'éтанçonnement est utilisé par la ville de Montréal, qui en a conçu trois modèles, selon la nature de l'intervention prévue (voir Tableau 1):

- 1^{er} modèle : Le caisson grillagé pour chambre de vanne

Celui-ci est muni d'ouvertures carrées de 29,5 pouces (0,75 m) à la base, situées sur chacune des faces. Ces ouvertures permettent la réalisation de travaux en présence de conduites en croix; la profondeur maximale étant de 7 pieds (2,13 m) (Figure 2 (b));

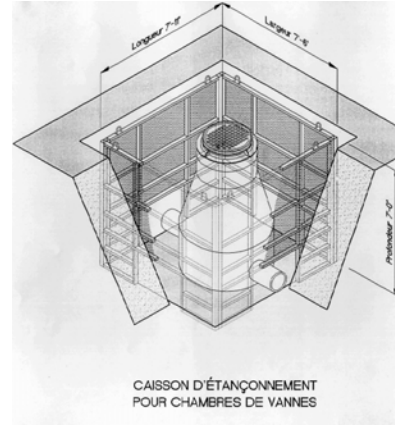
- 2^{ième} modèle : Le caisson grillagé de petites dimensions, 7' x 5' (2,13 m x 1,52 m, à la base)

Il peut servir, entre autres, au remplacement de puisards. Grâce à sa paroi amincie, les ouvriers peuvent amener le puisard à seulement 1 ou 2 pouces du trottoir afin d'obtenir un meilleur captage des eaux pluviales (Figure 2 (c));

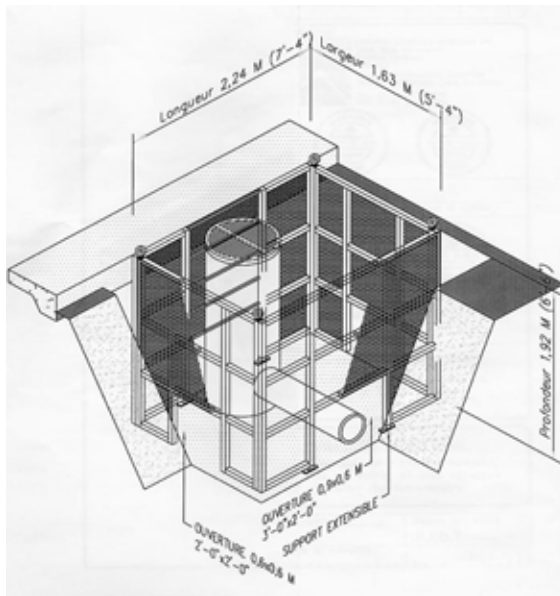
- 3^{ème} modèle : Autre caisson grillagé de petites dimensions, 4 pieds de largeur (1,22 m)
Ce dernier a été conçu pour la réparation des raccordements d'aqueduc, situés sur certaines rues problématiques, où l'espace est très limité entre le trottoir et les bâtiments. Si l'étançonnement est bien localisé à la boîte de raccordement, il est alors possible d'éviter d'endommager le trottoir (Figure 2 (d)).



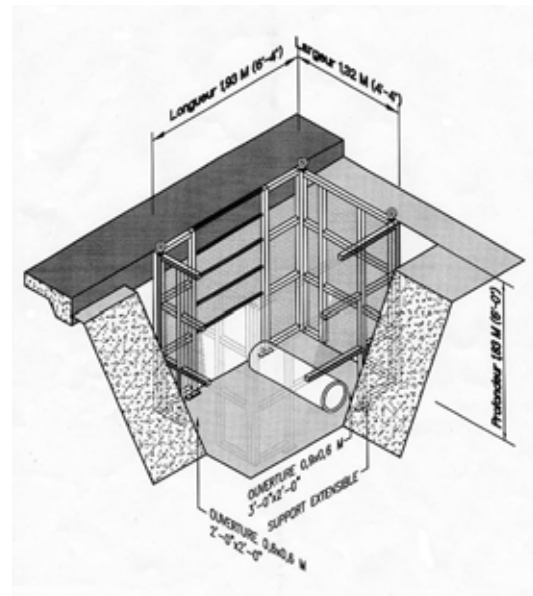
(a) Élévation du caisson grillagé



(b) Vue axonométrique du caisson grillagé pour les chambres de vanne



(c) Vue axonométrique du caisson grillagé de petites dimensions



(d) Vue axonométrique du caisson grillagé de petites dimensions pour les espaces restreints

Figure 2 - Caissons grillagés

(Source : Tremblay, 2004)

Tableau 1
Spécifications du caisson grillagé

Manufacturier	Ville de Montréal <i>Type : caisson grillagé</i>							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture	Profondeur permise^A	Contrainte admissible de la paroi	Masse	Coût, (avant taxes)
	pi	pi	pi	pi	pi	lb/pi ²	lb	Can \$
Caisson grillagé pour les vannes	7	8	7,5	3 x 2	7	ND	650	4 000
Caisson grillagé de petites dimensions pour les puisards	6,5	7	5	2,5 x 2,5	6,5	ND	500	3 250
Autre caisson grillagé de petites dimensions pour les espaces restreints	6	6,3	4,3	3 x 2	6	ND	400	3 100
Note : A : Pour un sol ayant une poussée de terre de 35 lb/pi ² 1 pi (pied) = 304,8 mm; 1 lb = 0,454 kg ND : non disponible								
Avantages	Bonne visibilité Peu coûteux Facile d'entretien (acier galvanisé) Solide							
Inconvénients	Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport Profondeur fixe							

3.1.2 Le caisson « ATS » de Pro-tec

Ce système d'éтанçonnement est aussi utilisé par la Ville de Montréal. Les parois du caisson ont une épaisseur de 2½ pouces et sont en aluminium. Elles sont remplies de mousse légère. Des oeillets permettent de manipuler facilement l'éтанçonnement avec un camion grue ou une rétrocaveuse. Des étrésillons télescopiques de longueurs ajustables permettent de pratiquer des excavations sur mesure (Figure 3).



(a) Vue des étrésillons
(Source : Équipement NCN Ltée, 2006)



(b) Élévation du caisson
(Source : Pro-tec, 2006)

Figure 3 - Le caisson « ATS » de Pro-tec

Le Tableau 2 donne les spécifications du caisson «ATS» de Pro-tec.

Tableau 2
Spécifications du caisson « ATS » de Pro-tec

Manufacturier		Pro-tec (Charlotte / États-Unis) Modèle: ATS http://www.pro-tecequipment.com/									
Fournisseur		Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4, Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636									
Modèle		Hauteur	Longueur	Largeur^A	Ouverture pour tuyau (pipe clear)	Profondeur permise d'après OSHA^B			Contrainte admissible de la paroi	Masse	Coût (avant taxes)
		Pi	pi	po		Type A pi	Type B Pi	Type C pi	lb/pi ²	lb	Can \$
Modèle 1 ^C	ATS 46	4	6	Voir note A	N/A	78	44	21	1 960	420	10 000

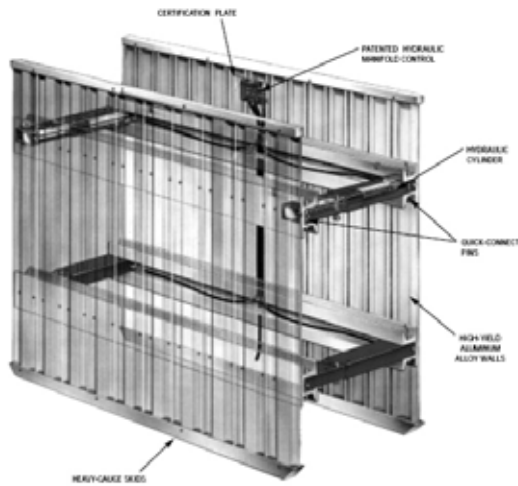
	ATS 416	4	16	...	N/A	17	10	7	421	880	ND
Modèle 2 ^C	ATS 66	6	6	Voir note A	N/A	51	28	21	1 264	600	ND

	ATS 616	6	16	...	N/A	17	10	7	427	1 280	ND
Modèle 3 ^C	ATS 86	8	6	Voir note A	N/A	51	28	21	1 264	780	17 000

	ATS 816	8	16	...	N/A	17	10	7	427	1 700	ND
<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des panneaux ou la longueur des étrépillons optionnels (18'' à 26'' – 23'' à 34'' – 28'' à 44'' – 34'' à 43'' – 42'' à 66'' – 52'' à 88'')</p> <p>B: Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>C : Le modèle 1 représente les étaçonnements ayant une hauteur de 4 pieds et des longueurs entre 6 et 16 pieds. Le modèle 2 représente les étaçonnements ayant une hauteur de 6 pieds et des longueurs entre 6 et 16 pieds. Le modèle 3 représente les étaçonnements ayant une hauteur de 8 pieds et des longueurs entre 6 et 16 pieds.</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>											
Avantages		Léger et maniable Facilité d'entretien (aluminium)									
Inconvénients		Matériau fragile (aluminium) Mal adapté pour réparer les réseaux d'aqueduc existant Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport									

3.1.3 Le caisson « Shoring Shield » de Speed Shore

Composées d'un tablier en aluminium, les parois du caisson sont séparées à l'aide de vérins hydrauliques. Ceci permet d'installer rapidement l'étalement tout en l'adaptant aux dimensions de l'excavation (Figure 4). Pour éviter l'éboulement sur les côtés non étalementés, il est possible de rajouter un contreplaqué directement sur les vérins hydrauliques. Ce système d'étalement est utilisé par la Ville de Montréal.



(a) Vue axonométrique du caisson

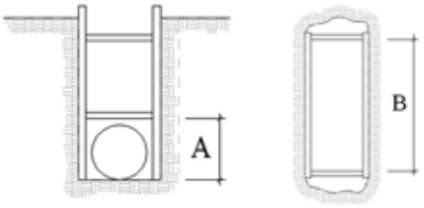


(b) Vue en plan du caisson

Figure 4 - Le caisson « Shoring Shield » de Speed Shore
(Source : Speed Shore, 2006)

Le Tableau 3 donne les spécifications du caisson «Shoring Shield» de Speed Shore.

Tableau 3
Spécifications du caisson «Shoring Shield » de Speed Shore

Manufacturier		Speed shore (Houston / États-Unis), http://www.speedshore.com/ Modèle: <i>Shoring shield</i>					Légende :						
Fournisseur		Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636					 <p style="text-align: center;">Dessin des auteurs</p>						
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear) A et B dans la légende ¹		Profondeur permise d'après OSHA ^D			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$		
				A po	B pi	Type A pi	Type B Pi	Type C Pi					
Modèle 1 ^C	SS-0505-40H	5	5	29 @ 43	22	45	25	25	25	3 000	668	ND	
	
	SS-0505-92H	5	5	59 @ 95	22	45	25	25	25	3 000	968	ND	
Modèle 2 ^C	SS-0610-40H	6	10	29 @ 43	22	45	25	25	25	3 000	1 225	ND	
	
	SS-0610-92H	6	10	59 @ 95	22	45	25	25	25	3 000	1 534	ND	
Modèle 3 ^D	SS-0812-40H	8	12	29 @ 43	22	45	25	23	17	900	1 589	ND	
	
	SS-0812-92H	8	12	59 @ 95	22	45	25	23	17	900	1 913	20 000	

Note :

C : Le modèle 1 représente les étançonnements ayant une hauteur de 5 pieds et des vérins hydrauliques entre 43 et 59 pouces. Le modèle 2 représente les étançonnements ayant une hauteur de 6 pieds et des vérins hydrauliques entre 43 et 59 pouces. Le modèle 3 représente les étançonnements ayant une hauteur de 8 pieds et des vérins hydrauliques entre 43 et 59 pouces.

D : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).

1 pi = 304,8 mm; 1 po = 25,4 mm; 1 lb = 0,454 kg; 1 lb/po² = 47,88 Pa

ND: non disponible

Avantages	Facile à assembler Solide Pratique pour les excavations profondes Possibilité d'avoir une ouverture sur le côté pour les connections en T ou en croix
Inconvénients	Profondeur fixe Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) car il est non démontable ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport Éboulements possibles aux extrémités ouvertes

¹ Dans la légende :

A est la distance verticale entre le dessous de l'étrésillon et l'extrémité inférieure du caisson «Shoring shields».

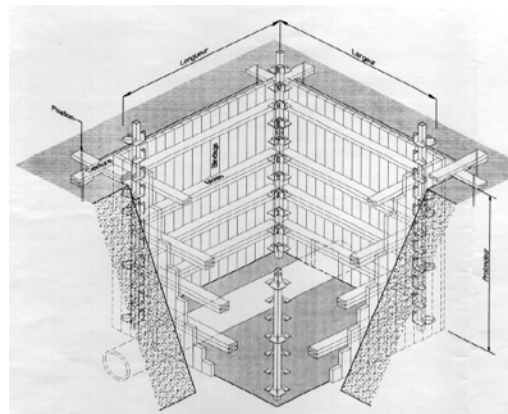
B est la distance horizontale entre deux vérins.

3.1.4 Le caisson VM

Conçu par la Ville de Montréal pour les excavations ayant plusieurs obstacles et d'une profondeur allant de 6 à 15 pieds, ce système d'étalement est composé de poteaux en acier et des madriers (3 pouces x 8 pouces). Les poteaux d'acier télescopiques sont placés aux quatre coins de l'excavation. Les madriers horizontaux sont coupés à la longueur requise et simplement insérés dans les appuis (Figure 5 (a)). Des plans sont disponibles pour préciser le nombre et la position des madriers horizontaux en fonction de la profondeur et de la longueur de l'excavation (Figure 5 (b)). Comparativement à un étalement construit entièrement en bois, ce système facilite et rend plus sécuritaire l'assemblage des poteaux et des moises.



(a) Vue en plan du caisson



(b) Vue axonométrique du Caisson

Figure 5 - Le caisson VM

(Source : Tremblay, 2004)

Le Tableau 4 donne les spécifications du caisson «VM» de la Ville de Montréal.

Tableau 4
Spécifications du caisson VM

Manufacturier	Ville de Montréal <i>Type : caisson VM</i>							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise^A	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	Pi	Pi	pi		pi	lb/pi ²	lb/poteau	Can \$
Caisson VM	6 à 15	1 à 15	1 à 15	Variable	15	ND	200	ND
Note : A : Pour un sol ayant une poussée de terre de 35 lb/pi ² 1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ND : non disponible								
Avantages	Assemblage plus facile et plus sécuritaire comparativement à un étalement entièrement en bois Économie de matériaux Excavation sur mesure							
Inconvénients	Exigeant en main-d'œuvre et en matériaux Les moises doivent être coupées sur mesure à chaque excavation De nombreuses pièces à assembler Manutention : nécessite une remorque pour le transport							

3.1.5 Le caisson VM-1

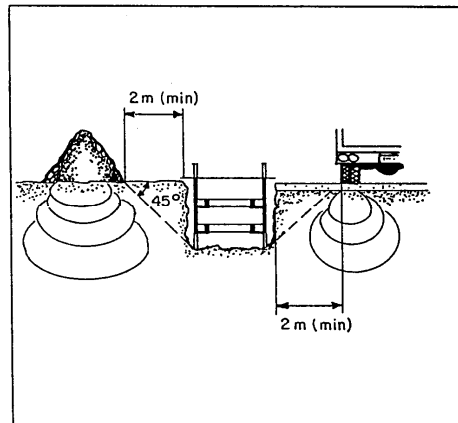
L'étalement VM-1 a été conçu pour des excavations de moins de 2 m de profondeur (Figure 6). Il consiste en un assemblage de deux cadres métalliques, retenus par des madriers horizontaux. Des planches en contreplaqué insérées dans les cadres servent de blindage. À noter qu'une distance minimale de 2 m doit séparer l'excavation de toute surcharge sur la chaussée (Figure 6(c)). Ce système d'étalement a été conçu par le personnel de l'arrondissement Villieray/St-Michel/Parc-Extension à Montréal. Dans sa première version, les cadres étaient en acier. Dans la seconde, ils sont en aluminium.



(a) Vue en plan du caisson



(b) Vue en plan du caisson



(c) Distance minimale requise entre l'excavation et les surcharges sur le trottoir

Figure 6 - Le caisson VM-1

(Source : Tremblay, 2004)

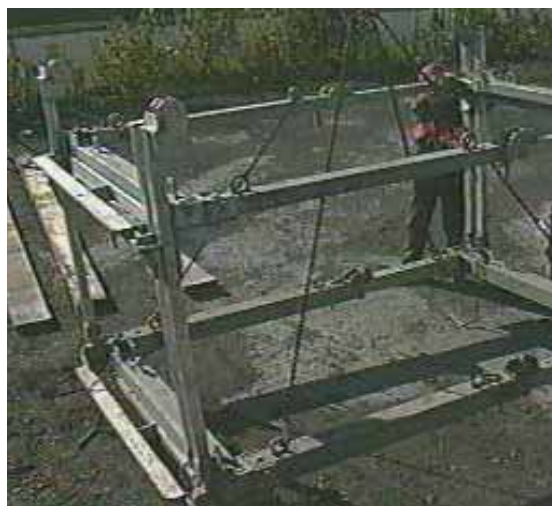
Le Tableau 5 donne les spécifications du caisson «VM-1» de la Ville de Montréal.

Tableau 5
Spécifications du caisson VM-1

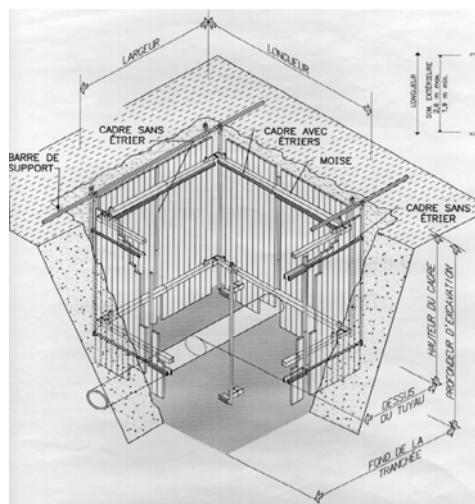
Manufacturier	Ville de Montréal <i>Type : caisson VM-1</i>							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise^A	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	pi	pi	pi		pi	lb/pi ²	lb	Can \$
Caisson VM-1	6,5	6	5	ND	6,5	ND	250	3 000
Note : A : Pour un sol ayant une poussée de terre de 35 lb/pi ² 1 pi = 304,8 mm; 1 lb = 0,454 kg ND : non disponible								
Avantages	Rapidité d'installation Léger et maniable Hauteur variable Très approprié pour les petites excavations							
Inconvénients	Matériau fragile (aluminium) Le contreplaqué est très sensible au contact de l'eau Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport							

3.1.6 Le caisson VM-2

L'étançonnement VM-2 est un assemblage de cadres en aluminium et de poutres télescopiques en acier, avec un blindage constitué de madriers ou d'un tablier (Figure 7). Il peut être utilisé pour des excavations allant jusqu'à 12 pieds de profondeur. Ses dimensions sont ajustables, tant en longueur qu'en largeur. Celui-ci est utilisé par la ville de Montréal.



(a) Vue en élévation du caisson



(b) Vue axonométrique du caisson

Figure 7 - Le caisson VM-2
(Source : Tremblay, 2004)

Le Tableau 6 donne les spécifications du caisson «VM-2» de la Ville de Montréal.

Tableau 6
Spécifications du caisson VM-2

Manufacturier	Ville de Montréal Type : caisson VM-2							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise^A	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	pi	pi	pi		pi	lb/pi ²	Lb	Can \$
Caisson VM-2	12	7,9 à 10,5	6,2 à 8,5	ND	12	ND	2 200	15 000
Note : A : Pour un sol ayant une poussée de terre de 35 lb/pi ² 1 pi = 304,8 mm; 1 lb = 0,454 kg ND : non disponible								
Avantages	Bonne adaptation aux obstacles urbains Hauteur variable Dimensions ajustables Idéal pour les excavations profondes							
Inconvénients	Matériau fragile (aluminium) Assemblage complexe Long à installer Plusieurs ouvriers sont requis Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport							

3.1.7 Le caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc.

Ce type d'étançonnement est constitué de parois en aluminium, remplies de mousse légère. Les parois, dont l'épaisseur est de 3 pouces, sont facilement emboîtables les unes dans les autres, selon la profondeur voulue. Des étréssillons télescopiques de longueurs variables permettent en effet d'obtenir les dimensions désirées (Figure 8). Ce dernier est utilisé par la ville de Montréal.



(a) Vue en élévation du caisson



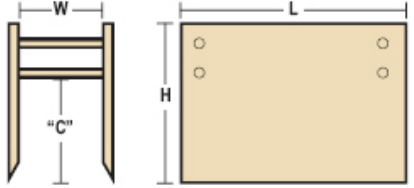
(b) Assemblage du caisson

Figure 8 - Le caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc.

(Source : Efficiency Production Inc., 2006)

Le Tableau 7 donne les spécifications du caisson «XLAP» de Efficiency Production Inc.

Tableau 7
Spécifications du caisson « XLAP » de Efficiency Production Inc.

Manufacturier	Efficiency production Inc. (Michigan / États-Unis) Modèle: XLAP (3 pouces d'épaisseur) www.epi-shields.com				Légende					
Fournisseur	Terradrain Ltée 1555 boul. Pitfield Saint-Laurent, Québec H4S 1G3 T : (514) 336-4121									
(Source : Efficiency production Inc. 2006)										
Modèle	Hauteur (H) pi	Longueur (L) Pi	Largeur ^A (W) po	Ouverture (pipe clear) (C dans la légende) po	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
					Type A pi	Type B pi	Type C pi			
46 XLAP	4	6	Voir note A	10	96	53	40	2 400	470	ND
...
416 XLAP	4	16	Voir note A	10	19	11	8	480	1 050	ND
...
86 XLAP	8	6	Voir note A	30	62	35	26	1 560	900	ND
...
816 XLAP	8	16	Voir note A	30	19	11	8	480	1 990	ND
...
108 XLAP	10	8	Voir note A	24	43	24	18	1 080	1 380	ND
...
1014 XLAP	10	14	Voir note A	24	26	15	11	660	2 190	ND
<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des panneaux ou la longueur des étrésoillons optionnels (17 à 27 po – 22 à 36 po – 28 à 46 po – 34 à 55 po – 42 à 69 po – 52 à 88 po)</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>ND: non disponible</p> <p>1 po = 304,8 mm; 1 lb = 0,454 kg; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p>										
Avantages	Facile d'entretien (aluminium) Rapidité d'installation Modulaire Robuste									
Inconvénients	Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport Matériau fragile (Aluminium)									

3.1.8 Le caisson « Gigant alu » de Ischebeck

Ce système d'étalement est utilisé par les villes de Montréal, Gatineau, Drummondville, Québec, Chicoutimi, Sherbrooke, Trois-rivières et Victoriaville. Il est formé de 2 panneaux en aluminium séparés par des étrépillons. La longueur des panneaux est variable mais sa hauteur est fixée à 1'8" (0,5 mètre). Pour obtenir la profondeur voulue, il suffit d'emboîter les panneaux les uns dans les autres (Figure 9).



(a) Assemblage du caisson



(b) Vue en élévation du caisson

Figure 9 - Le caisson « Gigant alu » de Ischebeck
(Source : Ischebeck, 2006)

Le Tableau 8 donne les spécifications du caisson «Gigant alu» de Ischebeck.

Tableau 8
Spécifications du caisson « Gigant alu » de Ischebeck

Manufacturier	Ischebeck (Ennepetal / Germany) <i>Modèle: Gigant alu</i> http://www.ischebeck.com/							
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur^A	Ouverture	Profondeur Permise	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	m	m	M		m	kN/m ²	kg	Can \$
	1,5	1,55 2 3	Voir note A	ND	1,5	17,5	313 241 199	ND
	2	1,55 2 3	Voir note A	ND	2	17,5	401 305 249	ND
	3	1,55 2 3	Voir note A	ND	3	17,5	510 466 382	ND
Note : A: La largeur est la longueur des panneaux ou la longueur des étrépillons optionnels (0.6 à 0.91 m – 0.8 à 1.21 m – 1.29 à 2.18 m) 1 m = 3,0828 pi; 1 kg = 2,2046 lb ND: non disponible								
Avantages	Léger et maniable Possibilité de combiner les parois en aluminium avec des vérins hydrauliques pour augmenter la productivité Efficace dans les espaces réduits Facilité d'entretien (aluminium) Hauteur variable							
Inconvénients	Matériau fragile (aluminium) Mal adapté pour réparer les réseaux d'aqueduc existant Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport							

3.1.9 Le caisson « Mod » de Pro-tec

Ce type d'étalement est utilisé par les villes de Montréal, Gatineau, Laval, Lévis, Longueuil, et Saint-Hyacinthe. Il est composé de plusieurs panneaux juxtaposés en aluminium, de hauteur égale à 2 pieds, et de longueur de 3 pieds, 4 pieds, 6 pieds, 8pieds, 10 pieds, 12 pieds ou encore 14 pieds. Les panneaux sont assemblés pour former un caisson de 2, 3, ou 4 côtés pleins, selon le choix de l'utilisateur (Figure 10). Des oeilletons permettent de manipuler facilement l'étalement avec un camion grue ou une retrocaveuse.



(a) Assemblage du caisson
(Source : Équipement NCN Ltée, 2006)



(b) Vue en élévation du caisson
(Source : Pro-tec, 2006)

Figure 10 - Le caisson « Mod » de Pro-tec

Le Tableau 9 donne les spécifications du caisson «Mod» de Pro-tec.

	MPS 2 x 6 MPS 2 x 12	2, 4 ... 10	12	6	...	...	...	9	3 000	70-135	ND

	MPS 2 x 10	2, 4 ... 14	10	10	...	...	...	13	3 000	49	ND

	MPS 2 x 10 MPS 2 x 12	2, 4 ... 10	12	10	...	...	...	9	3 000	113-135	ND

	MPS 2 x 14	2, 4 ... 6	14	14	...	...	...	6	363	156	ND
<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des panneaux ou la longueur des étrépillons optionnels (24 à 36 po; 36 à 60 po; 60 à 84 po; 84 à 108 po)</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>C : Le modèle 1 représente les caissons ayant 2 côtés avec des panneaux. Le modèle 2 représente les caissons ayant 3 ou 4 côtés avec des panneaux. Si le caisson a trois côtés, un étrépillon optionnels est requis (voir note (D)).</p> <p>D : Le nom du modèle provient du fournisseur « équipements NCN ».</p> <p>1' = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg</p> <p>ND: non disponible</p>											
Avantages	<p>Facilité d'entretien (aluminium) Permet de s'installer dans tout type de sol. Système polyvalent (dimension variable), flexible et léger Possibilité d'enlever des panneaux au bas pour réparer une connections en T ou en croix</p>										
Inconvénients	<p>Matériau fragile (aluminium) L'assise doit être de niveau Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport</p>										

3.1.10 Le caisson Longueuil

Ce système d'étaçonnement est utilisé par la Ville de Longueuil. Il a été conçu par la Division des canalisations municipales de Longueuil avec la collaboration des cols bleus. Il s'agit d'une boîte en aluminium télescopique réglable à la profondeur requise avec des coffres à outils, des passerelles d'accès, des échelles, intégrés au caisson et des projecteurs pour éclairer les travaux de nuit (Figure 11).



(a) Vue en élévation du caisson



(b) Vue en plan du caisson

Figure 11 - Le caisson Longueuil
(Photos : Mario Lachapelle, 2006)

Le Tableau 10 donne les spécifications du caisson «Longueuil» de la Ville de Longueuil.

Tableau 10
Spécification du caisson Longueuil

Manufacturier	Ville de Longueuil <i>Type: Caisson Longueuil</i>							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur Permise	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	pi	pi	pi	pi	pi	lb/pi ²	lb/	Can \$
	6	8	6	5	12	ND	2 400	23 000
Note :								
1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg								
N/A : non applicable; ND: non disponible								
Avantages	Facilité d'utilisation Passerelles d'accès et échelles intégrées au caisson Hauteur variable Très stable Rapidité d'installation							
Inconvénients	Lourd Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport Matériau fragile (Aluminium)							

3.2 Les étançonnements tubulaires (tuyaux)

Par tuyau, il est entendu une enceinte légère, de forme cylindrique, permettant de retenir les poussées de terre lors des travaux d'excavation. Les tuyaux servant d'éтанçonnement peuvent être en acier galvanisé ou en polyéthylène haute densité, et sont dotés de nervures afin d'augmenter leur rigidité. Plus faciles à fabriquer (produire), ils ont l'avantage d'être plus économiques. Du point de vue comportement structural, la forme cylindrique est particulièrement efficace contre les poussées de terre.

3.2.1 Le tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD)

Ce système d'éтанçonnement est utilisé par les Villes de Longueuil et Victoriaville (Figure 12). Dans la Ville de Longueuil, le tuyau en polyéthylène haute densité est fabriqué par SOLENO Inc., et commercialisé sous le nom de SOLFLO MAX. Il est constitué d'une double paroi et de diamètre égal à 0,914 m (36 pouces).



Figure 12 - Le tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD)
(Source : Lan et al, 2003)

Le Tableau 11 donne les spécifications du tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD).

Tableau 11
Spécifications du tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD)

Manufacturier	Ville de Longueuil <i>Modèle : tuyau en polyéthylène</i>			Ville de Victoriaville <i>Modèle : caisson circulaire</i>				
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Diamètre	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	m		m		m	kPa	kg/m	Can \$
Tuyau en polyéthylène	2,5	N/A	0,914	N/A	2,5	320	35	1 800
Caisson circulaire	2,5	N/A	1,2	N/A	2,1	ND	90	1 000
Note : 1 m = 3,0828 pi ; 1 kg = 2,2046 lb ; 1 kPa = 20,89 lb/pi ² N/A: non applicable ; ND: non disponible								
Avantages	Système polyvalent, flexible, léger Coût peu élevé Idéal pour les petites excavations Facile à installer si le sol est cohésif							
Inconvénients	Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport L'assise doit être de niveau Espace restreint pour travailler Mauvaise aération due au confinement de l'endroit Appliquer la procédure de travail en espace clos où c'est nécessaire							

3.2.2 Le tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG)

Ce système d'étançonnement est utilisé par les villes de Chicoutimi, Victoriaville et Sept-Îles. La ville de Chicoutimi a choisi d'utiliser un seul type de tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé, désigné par TTAOG-1500. Le diamètre de ce tuyau est de 1500 mm et l'épaisseur de la paroi est de 3,5 mm (Figure 13). Les ouvriers de la Ville ont rajouté quelques éléments d'acier pour faciliter l'utilisation et la manutention du TTAOG-1500.



(a) Vue à l'intérieure du TTAOG



(b) Vue en élévation du TTAOG

Figure 13 - Le tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG)

Le Tableau 12 donne les spécifications du tuyau en tôle d'acier ondulé et galvanisé (TTAOG).

Tableau 12
Spécification du tuyau de tôle en acier ondulé et galvanisé (TTAOG)

Manufacturier	Ville de Chicoutimi <i>Modèle: TTAOG-1500</i>				Ville de Victoriaville <i>Modèle : TTAOG-60</i>			
	Ville de Sept-Îles <i>Modèle: TTAOG-6'</i>							
Fournisseur	N/A							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	pi		po		pi		kg	Can \$
Victoriaville	8	N/A	60	N/A	7	ND	800	1 000
Saguenay	11	N/A	60	N/A	11	ND	850	3 000
Sept-Îles	ND	N/A	72	N/A	ND	ND	ND	ND
<p>Note :</p> <p>1 kg = 2,2046 lb ; 1pi = 304,8 mm ; 1 po = 25.4 mm</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>								
Avantages	<p>Coût peu élevé</p> <p>Facile à installer si le sol est cohésif</p> <p>Idéal pour les petites excavations</p>							
Inconvénients	<p>Nécessite un récurveur pour pratiquer facilement un trou circulaire</p> <p>Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport</p> <p>Mauvaise aération due au confinement de l'endroit</p> <p>Espace restreint pour travailler</p> <p>Appliquer la procédure de travail en espace clos où c'est nécessaire</p>							

3.3 Les vérins hydrauliques

Par vérin hydraulique, il est entendu un système d'étançonnement utilisant des vérins hydrauliques sous forme d'étrésillons ajustables. Ceci permet de réaliser des étançonnements à la mesure des dimensions des excavations. Ce type d'étançonnement présente l'avantage d'être léger, ce qui réduit le recours aux équipements lourds lors de son installation. Mais, dans la mesure où les parois de l'étançonnement doivent être droites, il ne peut être utilisé que dans un sol cohésif.

3.3.1 Le vérin hydraulique « Vertical Shore » de Speed Shore

Ce système d'étançonnement est utilisé par les villes de Montréal, Gatineau, Saint-Hyacinthe et Victoriaville. Il est constitué de vérins hydrauliques et de rails en aluminium. Sur les cadres, on appuie des panneaux en contreplaqué d'épaisseur égale à 3/4 pouce. Pour éviter l'éboulement sur le côté de l'étançonnement, il est possible de rajouter des vérins hydrauliques plus rigides pour pouvoir appuyer des panneaux en contreplaqué ou en tôle (Figure 14). La Figure 15 donne les étapes d'installation du système.



(a) Vue à l'intérieure de l'étançonnement avec vérins hydrauliques «vertical shore»



(b) Vue en élévation de l'étançonnement avec vérins hydrauliques «vertical shore»

Figure 14 - Le vérin hydraulique «Vertical Shore » de Speed Shore

(Source : Équipement NCN Ltée, 2006)

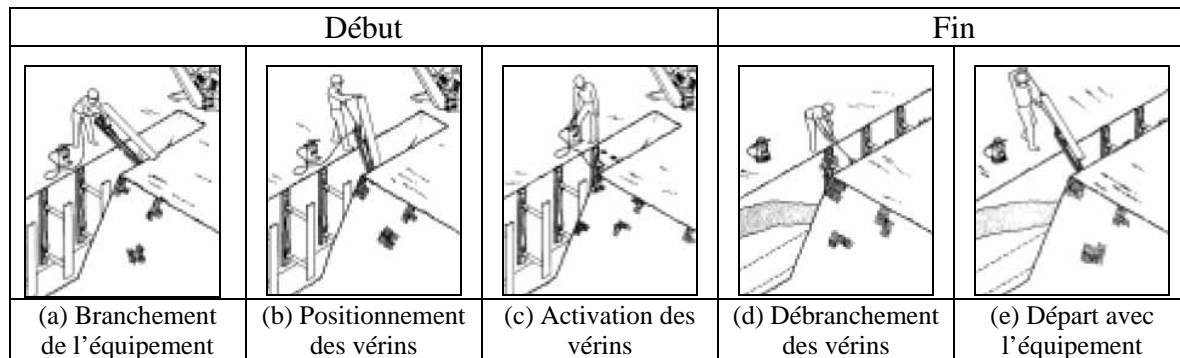


Figure 15 - Étapes d'installation du système

(Adapté de Speed Shore, 2006)

Le Tableau 13 donne les spécifications du vérin hydraulique «Vertical Shore» de Speed Shore.

Tableau 13
Spécifications du vérin hydraulique «Vertical Shore » de Speed Shore

Description	L'étançonnement est constitué de vérins hydrauliques et des rails en aluminium. Sur ces cadres, on appuie des panneaux en contreplaqué ¾".							
Manufacturier	Speed Shore (Houston / États-Unis) Modèle: Vertical shore http://www.speedshore.com/							
Fournisseur	Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise	Contrainte admissible	Masse	Coût, (avant taxes)
	Pi	Pi	Po				lb/cylindre	Can \$
V-01,5-27	1,5	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	21	ND
...
KMV555 ^A	8	12	34 à 55	N/A	8	ND	168	7 500
...
V-01,5-88	1,5	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	36	ND
V-07-27	7	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	65	ND
...
KMV755 ^A	10	12	34 à 55	N/A	10	ND	480	8 000
...
V-07-88	7	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	97	ND
V-08-27	8	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	90	ND
...
V-08-88	8	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	118	ND
V-16-27	16	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	174	ND
...
V-16-88	16	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	236	ND
<p>Note :</p> <p>A : Le nom du modèle provient du fournisseur « équipements NCN ».</p> <p>1 pi = 304,8 mm; 1 lb = 0,454 kg ; 1 po = 25,4 mm</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>								
Avantages	<p>Rapidité d'installation</p> <p>Léger et maniable</p> <p>Aucun équipement de levage n'est requis</p> <p>Bonne adaptation aux obstacles urbains</p> <p>Possibilité de le combiner à certains caissons comme le modèle « mod » de « Pro-tec ».</p> <p>Pas besoin de descendre dans l'excavation pour installer l'étançonnement</p>							
Inconvénients	<p>Nécessite un sol cohésif</p> <p>La paroi de l'excavation se doit d'être droite</p> <p>Manutention : nécessite une remorque pour le transport</p>							

4. SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT NON UTILISÉS AU QUÉBEC

Nous présentons dans la présente section les systèmes disponibles sur le marché québécois, mais non encore utilisés par les municipalités. Ceux-ci peuvent être classés en quatre catégories : (a) les caissons, (b) les tuyaux, (c) les vérins hydrauliques, et (d) les boîtes de tranchée qui seront traités successivement. Nous donnons une description détaillée de chacun de ces systèmes.

4.1 Les caissons

4.1.1 Le caisson « Wall Shields » de GME

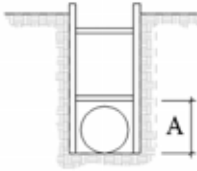
Les parois du caisson sont en acier. L'épaisseur des parois est soit de trois ou quatre pouces. Des oeillets permettent de manipuler facilement l'étançonnement avec une rétrocaveuse. Le fait de disposer de longueurs d'étrésillons variables permet de réaliser des excavations de différentes largeurs (Figure 16).



Figure 16 - Le caisson «Wall Shields » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 14 donne les spécifications du caisson «Wall Shields» de GME.

Tableau 14
Spécifications du caisson « Wall Shields » de GME

Manufacturier		GME (Michigan / États-Unis) Modèle: Wall shields http://www.gme-shields.com/			Légende  (Dessin des auteurs)						
Fournisseur		Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746		Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345							
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear) (A dans la légende)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$	
					Type A pi	Type B Pi	Type C Pi				
	Pi	Pi	po	po							
Modèle 1 ^C	3L46	4	6	Voir note A	24	48	27	21	1 142	673	ND

	3L412	4	12	Voir note A	24	16	10	8	360	1 158	ND

	3L66	6	6	Voir note A	24	53	31	24	1 244	921	ND

	3L86	8	6	Voir note A	24	49	29	23	1 169	1 125	ND
Modèle 2 ^C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	3L812	8	12	Voir note A	24	16	11	9	304	2 064	ND
	4L48SW	4	8	Voir note A	16	63	36	27	1 517	2 044	ND

	4L412SW	4	12	Voir note A	16	26	15	12	604	2 556	ND

	4L68W	6	8	Voir note A	40	53	31	24	1 250	2 505	ND
Modèle 3 ^P	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	4L88SW	8	8	Voir note A	48	41	24	19	919	3 004	ND

	4L812SW	8	12	Voir note A	48	27	17	13	565	3 917	ND
	4L410	4	10	Voir note A	16	68	39	30	1 662	2 576	ND

	4L416	4	16	Voir note A	16	38	22	17	906	3 470	ND
Modèle 3 ^P	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	4L612	6	12	Voir note A	40	61	35	27	1 444	3 775	ND

	4L812	8	12	Voir note A	48	63	37	29	1 475	4 714	ND

4L820	8	20	Voir note A	48	28	17	14	592	6 976	ND	

<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des étrépillons optionnels (24 po (441 lb pour 4 étrépillons) – 30 po – 36 po – 42 po – 48 po – 60 po – 72 po – 84 po – 96 po – 108 po – 120 po – 132 po – 144 po (2 246 lb pour 4 étrépillons))</p> <p>B: Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>C : Le modèle 1 représente les étaçonnements ayant des parois de 3 po d'épaisseur. Le modèle 2 représente les étaçonnements ayant des parois de 4 po d'épaisseur avec une simple paroi d'acier à chaque côté. Le modèle 3 représente les étaçonnements ayant des parois de 4 po d'épaisseur avec une double parois d'acier à chaque côté.</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p>	
Avantages	<p>Solide</p> <p>Rapidité d'installation</p>
Inconvénients	<p>Entretien (acier à peindre)</p> <p>Lourd</p> <p>Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport</p> <p>Éboulements possibles aux extrémités</p>

4.2 Le caisson « Manhole Shields » de GME

Ce système d'étanchéonement est constitué de 2 panneaux en acier, séparés par des étrépillons (Figure 17). Pour la réparation de conduites en T ou en croix, il est alors prévu deux autres ouvertures. Ces ouvertures sont carrées, de côté égal soit à 24 soit à 36 pouces.



Figure 17 - Le caisson « Manhole Shields » de GME

(Source : GME, 2006)

Le Tableau 15 donne les spécifications du caisson «Manhole Shields» de GME.

Tableau 15
Spécification du caisson «Manhole Shields » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: Wall shields http://www.gme-shields.com/									
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345					
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise d'après OSHA ^A			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
	Pi	pi	po	po	Type A pi	Type B pi	Type C Pi			
MH8SW	8	8	8	45	30	19	15	655	3 717	ND
MH10SW	8	10	10	45	21	13	11	426	4 270	ND
MH48SW	4	8	8	N/A	37	22	17	884	2 533	ND
MH410SW	4	10	10	N/A	...	...	12	590	2 500	ND
MH8DW	8	8	8	45	90	52	40	2 160	4 387	ND
MH10DW	8	10	10	...	70	40	31	1 641	5 084	ND
MH12DW	8	12	12	...	56	33	26	1 297	5 781	ND
MH48DW	4	8	8	N/A	88	50	38	2 160	2 866	ND
MH410DW	4	10	10	N/A	75	42	32	1 813	3 332	ND
<p>Note :</p> <p>A : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B). 1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa N/A: non applicable; ND : non disponible</p>										
Avantages	Robuste (acier) Rapidité d'assemblage									
Inconvénients	Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport La réparation des connexions de conduites en T ou en croix exige de commander séparément le système d'ouvertures									

4.2.1 Le caisson « Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME

Il s'agit d'un caisson, formé de 2 panneaux en aluminium, séparés par des étrépillons. Le premier chiffre de la nomenclature indique l'épaisseur des parois (en pouces), alors que les deux derniers de la série indiquent la hauteur et la longueur de l'étançonnement, respectivement. C'est ainsi que 2AEX86 indique un panneau d'épaisseur égale à 2 pouces, de hauteur égale à 8 pieds, et de longueur égale à 6 pieds (Figure 18). Facile à assembler, ce type de caisson nécessite cependant un camion grue ou une retrocaveuse pour le déplacer.



Figure 18 - Le caisson «Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 16 donne les spécifications du caisson «Aluminium Trench Shield 2AEX/4AEX» de GME.

Tableau 16
Spécifications du caisson « Aluminium Trench Shield 2AEX / 4AEX » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: aluminium trench shield 2AEX / 4AEX http://www.gme-shields.com/									
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345					
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
	Pi	pi	po	po	Type A pi	Type B pi	Type C pi			
2AEX-66	6	6	Voir note A	ND	67	38	29	ND	724	ND
2AEX-68	6	8	Voir note A	ND	37	21	17	ND	906	ND
2AEX-610	6	10	Voir note A	ND	23	14	11	ND	1 088	ND
2AEX-612	6	12	Voir note A	ND	15	9	8	ND	1 270	ND
2AEX-86	8	6	Voir note A	ND	45	26	20	ND	943	ND
2AEX-88	8	8	Voir note A	ND	34	20	15	ND	1 177	ND
2AEX810	8	10	Voir note A	ND	23	14	11	ND	1 412	ND
2AEX-812	8	12	Voir note A	ND	15	9	8	ND	1 647	ND
4AEX-68	6	8	Voir note A	ND	117	66	50	ND	1 438	ND
4AEX-610	6	10	Voir note A	ND	72	41	31	ND	1 708	ND
4AEX612	6	12	Voir note A	ND	49	28	21	ND	2 050	ND
4AEX614	6	14	Voir note A	ND	35	20	16	ND	2 301	ND
4AEX-616	6	16	Voir note A	ND	26	15	12	ND	2 539	ND
4AEX-88	8	8	Voir note A	ND	69	39	30	ND	1 736	ND
4AEX-810	8	10	Voir note A	ND	55	31	24	ND	2 195	ND
4AEX-812	8	12	Voir note A	ND	45	28	20	ND	2 631	ND
4AEX-814	8	14	Voir note A	ND	35	20	15	ND	2 937	ND
4AEX-816	8	16	Voir note A	ND	26	15	12	ND	3 197	ND
<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des étrésoillons (26 à 40 po – 32 à 50 po – 38 à 59 po – 44 à 68 po – 56 à 92 po)</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>ND: non disponible</p>										
Avantages	Facile d'entretien (aluminium) Rapidité d'assemblage									
Inconvénients	Matériau fragile (aluminium) Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport Ne peut pas réparer des connections de conduites en T ou en croix									

4.2.2 Le caisson « Lite-Shield 24 » de GME

Il est constitué de deux, trois ou quatre panneaux en aluminium et des étréssillons (Figure 19). Tous les panneaux ont une hauteur de 24 pouces. Quant aux longueurs, elles sont variables. Pour obtenir la profondeur voulue, il suffit d'emboîter les panneaux les uns dans les autres. Il est à noter que ce système d'étançonnement est utilisé par la Ville d'Ottawa.

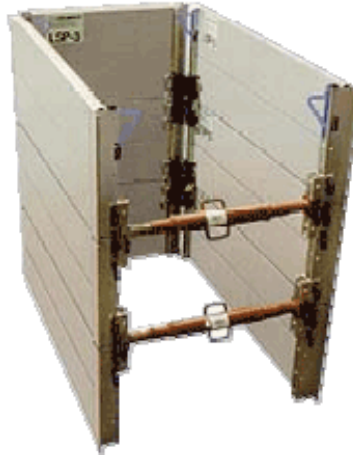


Figure 19 - Le caisson «Lite-Shield 24 » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 17 donne les spécifications du caisson «Lite-Shield 24» de GME.

Tableau 17
Spécifications du caisson « Lite-Shield 24 » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: aluminium trench shield 2AEX / 4AEX http://www.gme-shields.com/									
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345					
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
	Pi	pi	po		Type A pi	Type B pi	Type C pi			
N/A	2, 4 ... 22	2 à 6	Voir note A	N/A	24	24	22	ND	N/A	ND
N/A	2, 4 ... 16	7 à 8	-	N/A	24	23	17	ND	N/A	ND
N/A	2, 4 ... 10	10	-	N/A	24	14	10	ND	N/A	ND
N/A	2, 4 ... 6	12	-	N/A	16	9	7	ND	N/A	ND
<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des panneaux ou la longueur des étrépillons optionnels (24 à 32 po – 32 à 48 po – 40 à 64 po – 51 à 86 po)</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>										
Avantages	Léger et maniable Facilité d'entretien (aluminium) Hauteur variable									
Inconvénients	Matériau fragile (aluminium) Mal adapté pour réparer les réseaux des aqueducs existants Manutention : nécessite une remorque pour le transport									

4.2.3 Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec

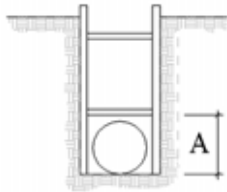
Il s'agit d'un système formé de 2 panneaux en acier, séparé par des étrépillons. Des rebords confèrent aux ouvriers une sécurité accrue. L'épaisseur des panneaux est égale à 4 pouces. Il existe des modèles avec simple et double parois, selon la rigidité de l'étalement désirée. Conçu pour installer et/ou réparer les puits, ce caisson est facile à assembler (Figure 20). Il nécessite cependant un camion grue ou une retrocaveuse pour le déplacer.



Figure 20 - Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec
(Source : Pro-tec, 2006)

Le Tableau 18 donne les spécifications du caisson «Manhole Shields» de Pro-tec.

Tableau 18
Spécifications du caisson « Manhole Shields » de Pro-tec

Manufacturier		Pro-tec (Charlotte / États-Unis) Modèle: manhole shields http://www.pro-tecequipment.com				Légende  (Dessin des auteurs)					
Fournisseur		Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636									
Modèle	Hauteur Pi	Longueur pi	Largeur ^A po	Ouverture (pipe clear) (A dans la légende) po	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$	
					Type A pi	Type B Pi	Type C Pi				
Modèle 1 ^A	MAN4-48S	4	8	8	24	72	42	30	1 800	2 700	ND
	MAN4-410S	4	10	10	24	55	31	23	1 380	3 000	ND
	MAN4-88	8	8	8	48	46	25	19	1 140	4 200	ND
	MAN4-810S	8	10	10	48	31	17	13	780	4 900	ND
	MAN4-812S	8	12	12	48	24	13	10	600	5 600	ND
Modèle 2 ^A	MAN4-48D	4	8	8	24	120	67	50	3 000	3 100	ND
	MAN4-410D	4	10	10	24	120	67	50	3 000	3 600	ND
	MAN4-410D	4	12	12	24	84	47	35	2 100	4 200	ND
	MAN4-88D	8	8	8	48	96	53	40	2 400	4 990	ND
	MAN4-810D	8	10	10	48	84	47	35	2 100	4 890	ND
	MAN4-812D	8	12	12	48	67	37	28	1 680	6 750	ND
	MAN4-814D	8	14	14	48	60	33	25	1 500	7 700	ND
<p>Note :</p> <p>A : Le modèle 1 représente les étançonnements ayant des parois simples en acier. Le modèle 2 représente les étançonnements ayant des parois doubles en acier.</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>ND: non disponible</p>											
Avantages		Robuste (acier) Rapidité d'assemblage Conçu pour les puisards									
Inconvénients		Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en T ou en croix Trop large pour les excavations conventionnelles (habituellement rencontrées dans les travaux municipaux)									

4.2.4 Le caisson « Série Pal » de Pro-tec

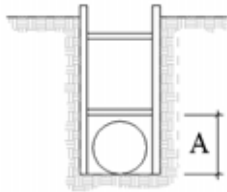
Formé de 2 panneaux en acier, séparés par des étrépillons, ce type d'étançonnement est disponible suivant des modèles à simple ou double parois, selon la rigidité désirée (Figure 21). Il est facile à assembler mais nécessite un camion grue ou une retrocaveuse pour le déplacer.



Figure 21 - Le caisson « Série Pal » de Pro-tec
(Source : Pro-tec, 2006)

Le Tableau 19 donne les spécifications du caisson «Série Pal» de Pro-tec.

Tableau 19
Spécifications du caisson « Série Pal » de Pro-tec

Manufacturier		Pro-tec (Charlotte / États-Unis) Modèle: Série Pal http://www.pro-tecequipment.com/				Légende :						
Fournisseur		Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636				 <p>(Dessin des auteurs)</p>						
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear) (A dans la légende)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi	Masse	Coût (avant taxes)		
					Type A	Type B	Type C					
	Pi	Pi	po	po	Type A pi	Type B pi	Type C pi	lb/pi ²	lb	Can \$		
Modèle 1 ^C	PAL 3 – 44 S	4	4	Voir note A	24	120	66	50	3 000	790	10 000	
	PAL 3 – 46 S	4	6	Voir note A	24	73	41	31	1 851	1 050	ND	
	PAL 3 – 48 S	4	8	Voir note A	24	39	22	17	1 009	1 250	ND	
	PAL 3 – 410 S	4	10	Voir note A	24	24	14	11	647	1 490	ND	
	PAL 3 – 412 S	4	12	Voir note A	24	19	11	8	500	1 790	ND	
	PAL 3 – 64 S	6	4	Voir note A	36	55	30	23	1 380	990	ND	
	PAL 3 – 66 S	6	6	Voir note A	36	38	21	16	960	1 290	ND	
	PAL 3 – 68 S	6	8	Voir note A	36	27	16	13	770	1 590	ND	
	PAL 3 – 610 S	6	10	Voir note A	36	22	13	10	590	1 990	ND	
	PAL 3 – 612 S	6	12	Voir note A	36	19	11	8	500	2 350	ND	
	PAL 3 – 84 S	8	4	Voir note A	36	60	33	25	1 500	1 350	ND	
	PAL 3 – 86 S	8	6	Voir note A	36	40	23	17	1 020	1 700	ND	
PAL 3 – 88 S	8	8	Voir note A	36	34	19	14	840	1 990	ND		
PAL 3 – 810 S	8	10	Voir note A	36	26	15	11	660	2 750	ND		
Modèle 2 ^C	PAL 3 – 46 D	4	6	Voir note A	24	120	66	50	3 000	1 170	ND	
	PAL 3 – 48 D	4	8	Voir note A	24	112	62	47	2 830	1 460	ND	
	PAL 3 – 410 D	4	10	Voir note A	24	69	39	29	1 770	1 740	ND	
	PAL 3 – 412 D	4	12	Voir note A	24	43	24	18	1 080	2 120	ND	
	PAL 3 – 416 D	4	16	Voir note A	24	27	15	11	680	2 370	ND	
	PAL 3 – 66 D	6	6	Voir note A	36	120	66	50	3 000	1 630	ND	
	PAL 3 – 68 D	6	8	Voir note A	36	110	62	46	2 790	2 060	ND	
	PAL 3 – 610 D	6	10	Voir note A	36	60	33	25	1 500	2 510	ND	
	PAL 3 – 612 D	6	12	Voir note A	36	43	24	18	1 080	2 960	ND	
	PAL 3 – 616 D	6	16	Voir note A	36	27	15	11	680	3 700	ND	
	PAL 3 – 86 D	8	6	Voir note A	48	81	45	34	2 040	2 100	ND	
	PAL 3 – 88 D	8	8	Voir note A	48	69	38	29	1 740	2 590	ND	
	PAL 3 – 810 D	8	10	Voir note A	48	53	29	22	1 320	3 220	ND	
	PAL 3 – 812 D	8	12	Voir note A	48	43	24	18	1 080	3 800	ND	
	PAL 3 – 816 D	8	16	Voir note A	48	27	15	11	680	4 850	20 000	

<p>Note :</p> <p>A : La largeur est la longueur des étrépillons optionnels (24 po (140 lb pour 4 étrépillons) – 30 po – 36 po – 42 po – 48 po – 60 po – 72 po – 84 po – 96 po – 108 po – 120 po – 144 po (580 lb pour 4 étrépillons)</p> <p>B : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>C : Le modèle 1 représente les étaçonnements ayant des parois simples en acier. Le modèle 2 représente les étaçonnements ayant des parois doubles en acier.</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>ND: non disponible</p>	
Avantages	<p>Robuste (acier)</p> <p>Rapidité d'assemblage</p> <p>Très léger</p>
Inconvénients	<p>Entretien (acier à peindre)</p> <p>Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport</p> <p>N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en T ou en croix</p>

4.3 Les étançonnements tubulaires (tuyaux)

4.3.1 Le tuyau « Round Manhole Shields » de GME

C'est un système en acier, extrêmement robuste (rigide), qui nécessite un camion grue ou une retrocaveuse pour le déplacer. Pour réparer des connections de conduites en « T », certains modèles admettent jusqu'à trois ouvertures (Figure 22).



Figure 22 - Le caisson « Manhole Shields » de Pro-tec
(Source : Pro-tec, 2006)

Le Tableau 20 donne les spécifications du tuyau «Round Manhole Shields» de GME.

Tableau 20
Spécifications du tuyau « Round Manhole Shields » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: round manhole shields http://www.gme-shields.com/									
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345					
Modèle	Hauteur pi	Longueur pi	Largeur po	Ouverture (pipe clear) po	Profondeur permise d'après OSHA ^A			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
					Type A pi	Type B pi	Type C pi			
RMH 8,5 x 4	4	N/A	8,5	N/A	32	32	32	1 920	920	ND
RMH 8,5 x 8	8	N/A	8,5	N/A	32	32	32	1 920	1 609	ND
RMH 10 x 4	4	N/A	10	N/A	32	32	32	1 862	1 100	ND
RMH 10 x 8	8	N/A	10	N/A	32	32	32	1 862	1 969	ND
RMH 8,5 x 8 w/RC	8	N/A	8,5	2: 55 x 40 1: 29 x 24	25	25	25	1 649	2 319	ND
RMH 10 x 8 w/RC	8	N/A	10	2: 72 x 48 1: 41 x 30	25	25	25	1 649	2 675	ND
<p>Note :</p> <p>A : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>W/RC = with replaceable cutout (avec découpe remplaçable)</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>N/A: non applicable; ND : non disponible</p>										
Avantages	Robuste (acier) Rapidité d'assemblage									
Inconvénients	Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en croix									

4.3.2 Le tuyau « Manguards » de Speed Shore

Identique au système précédent, celui-ci est également en acier, et est très robuste (Figure 23). Pour son déplacement, un camion grue ou une retrocaveuse est requis. Pour la réparation des connections de conduites en « T », il est offert des modèles qui admettent jusqu'à trois ouvertures.



Figure 23 - Le caisson « Manguard » de Speed Shore

(Source : Speed-Shore, 2006)

Le Tableau 21 donne les spécifications du tuyau «Manguard» de Speed Shore.

Tableau 21
Spécifications du caisson « Manguard » de Speed Shore

Manufacturier	Speed Shore (Houston / États-Unis) Modèle: <i>manguards</i> http://www.speedshore.com/									
Fournisseur	Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636									
Modèle	Hauteur pi	Longueur pi	Largeur po	Ouverture (pipe clear) po	Profondeur permise d'après OSHA ^A			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$
					Type A pi	Type B pi	Type C pi			
MG – 06 x 4	4	N/A	6	N/A	50	45	34	2 000	900	13 000
MG – 06 x 8	8	N/A	6	N/A	50	42	32	2 000	1 300	N/D
MG – 08.5 x 4	4	N/A	8.5	N/A	50	40	31	1 900	1 200	N/D
MG – 08.5 x 8	8	N/A	8.5	N/A	50	34	25	1 900	1 700	N/D
MG – 10 x 4	4	N/A	10	N/A	50	34	25	1 800	1 500	N/D
MG – 10 x 8	8	N/A	10	N/A	50	34	25	1 800	2 200	N/D
MG – 0.8,5 x 8 RC-40/40/24	8	N/A	8.5	2: 24 x 24 1: 18 x 18	24	24	24	1 600	2 600	17 000
MG – 10 x 8 RC-48/48/30	8	N/A	10	2: 48 x 48 1: 30 x 30	24	24	16	1 600	3 100	18 000
<p>Note :</p> <p>A : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>RC = replaceable cutout (découpe remplaçable)</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>										
Avantages	Robuste (acier) Rapidité d'assemblage									
Inconvénients	Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en croix									

4.4 Les vérins hydrauliques

4.4.1 Le vérin hydraulique « Waler » de GME

L'étançonnement est constitué de tabliers en acier galvanisé, de vérins hydrauliques et de poutres en aluminium. Celles-ci sont disposées horizontalement (Figure 24). Le système comprend 2 vérins hydrauliques et le rail. La mise en place du système comprend la pose des tabliers en acier au pourtour de l'excavation d'abord, puis l'installation des vérins hydrauliques, lesquels sont connectés aux poutres. Il y a lieu de noter que le tablier est fourni séparément des vérins et du rail.



Figure 24 - Le vérin hydraulique « Waler » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 22 donne les spécifications du vérin hydraulique «Waler» de GME.

Tableau 22
Spécifications du vérin hydraulique « Waler » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: waler http://www.gme-shields.com/							
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345			
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture	Profondeur permise^A	Contrainte admissible	Masse (2 vérins + le rail)	Coût, (avant taxes)
		pi	po		pi	lb/pi ²	lb	Can \$
WMD-6-2640-HS	Variable	6	26 à 40	N/A	ND	ND	270	ND
...
WMD-8-5692-HS	Variable	8	56 à 92	N/A	ND	ND	467	ND
...
WMD-16-5692-HS	Variable	16	56 à 92	N/A	ND	ND	467	ND
Note :								
A : Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi ² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi ² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi ² par pied de profondeur (voir Annexe B).								
1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po ² = 47,88 Pa								
N/A: non applicable; ND : non disponible								
Avantages	Rapidité d'installation Léger et maniable Aucun équipement de levage n'est requis							
Inconvénients	Le sol doit être cohésif La paroi de l'excavation doit être droite Manutention : nécessite une remorque pour le transport							

4.4.2 Le vérin hydraulique « Vertical Shores » de GME

Ce type d'étalement est constitué de vérins hydrauliques et des rails en aluminium. Sur les cadres viennent s'appuyer des panneaux en acier ou en contreplaqué si requis (Figure 25).



Figure 25 - Les vérins hydrauliques « Vertical Shores » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 23 donne les spécifications du vérin hydraulique «Vertical Shores» de GME.

Tableau 23
Spécifications du vérin hydraulique « Vertical Shores » de GME

Manufacturier	GME (Michigan / États-Unis) Modèle: vertical shores http://www.gme-shields.com/								
Fournisseur	Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746				Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345				
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur	Ouverture	Profondeur Permise	Contrainte admissible	Masse (2 vérins + le rail) lb/cylindre	Coût, (avant taxes) Can \$	
	pi		po						
HVS-1,5-1727	1,5	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	20	ND	
...	
HVS-1,5-5288	1,5	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	35	ND	
...	
HVS-3,5-1727	3,5	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	43	ND	
...	
HVS-3,5-5288	3,5	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	76	ND	
...	
HVS-5-1727	5	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	54	ND	
...	
HVS-5-5288	5	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	86	ND	
...	
HVS-7-1727	7	Variable	17 à 27	N/A	ND	ND	64	ND	
...	
HVS-7-5288	7	Variable	52 à 88	N/A	ND	ND	96	ND	
<p>Note :</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa ; 1" = 25,4 mm N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>									
Avantages	<p>Rapidité d'installation Léger et maniable Aucun équipement de levage n'est requis Bonne adaptabilité aux obstacles urbains Il n'est pas nécessaire de descendre dans l'excavation pour installer l'étançonnement</p>								
Inconvénients	<p>Le sol doit être cohésif La paroi de l'excavation doit être droite Manutention : nécessite une remorque pour le transport</p>								

4.4.3 Le vérin hydraulique « Manhole Shores » de GME

De forme carrée ou rectangulaire, ce type d'étaisonnement est constitué de quatre vérins hydrauliques reliés à des panneaux en acier. Il est proposé plusieurs types de panneaux, selon la profondeur permise de l'excavation.

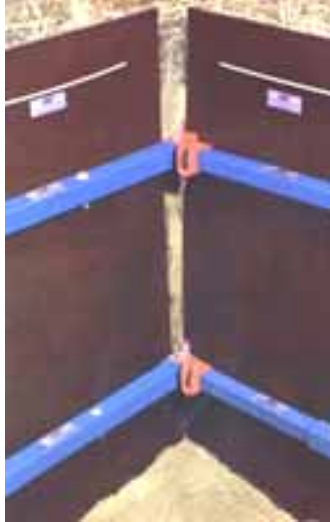


Figure 26 – Le vérin hydraulique «Manhole Shores » de GME (Source : GME, 2006)

Le Tableau 24 donne les spécifications du vérin hydraulique «Manhole Shores» de GME. Le premier chiffre de la nomenclature indique le diamètre du vérin requis (en pouces). Les deux derniers chiffres de la série indiquent les dimensions des tubes recouvrant les vérins hydrauliques (Figure 26).

Tableau 24
Spécifications du vérin hydraulique « Manhole Shores » de GME

Manufacturier		GME (Michigan / États-Unis) <i>Modèle: manhole shores</i> http://www.gme-shields.com/									
Fournisseur		Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746			Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345						
Modèle	Hauteur pi	Longueur pi	Largeur po	Ouverture (pipe clear)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$	
					Type A pi	Type B pi	Type C pi				
Modèle 1 ^A	2 MHS 4-5	Variable	5 à 8	5 à 8	N/A			20	ND	ND	ND

Modèle 2 ^A	2 MHS 4-7	Variable	7 à 10	7 à 10	N/A			20	ND	ND	ND
	3 MHS 6-6	Variable	6 à 9	6 à 9	N/A			25	ND	ND	ND

	3 MHS 6-17	Variable	17 à 20	17 à 20	N/A			5	ND	ND	ND

	3 MHS 8-8	Variable	8 à 11	8 à 11	N/A			25	ND	ND	ND
...	
3 MHS 8-21	Variable	21 à 24	21 à 24	N/A			7	ND	ND	ND	
<p>Note :</p> <p>A : Le modèle 1 représente les étançonnements ayant des vérins hydrauliques de 2 pouces de diamètre. Le modèle 2 représente les étançonnements ayant des vérins hydrauliques de 3 pouces de diamètre.</p> <p>B: Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).</p> <p>1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa</p> <p>N/A: non applicable ; ND: non disponible</p>											
Avantages		<p>Rapidité d'installation</p> <p>Bonne adaptabilité aux obstacles urbains</p> <p>Il n'est pas nécessaire de descendre dans l'excavation pour installer l'étançonnement</p> <p>Offre une large gamme de dimensions</p>									
Inconvénients		<p>Manutention : nécessite un camion grue (camion de la ville équipé d'un moyen mécanique de levage) ou la retrocaveuse et une remorque pour le transport</p>									

4.5 Les boîtes de tranchées

Par boîte, il est entendu une enceinte permettant de retenir les poussées de terre lors des travaux d'excavation, mais de forme plutôt massive et allongée (Figure 27).



(a) « Husky Box » de Atlanta Equipment
(Source : Atlanta Equipment, 2006)



(b) «Steel Trench Shields » de Cormier
(Source : Cormier, 2006)

Figure 27 - Les boîtes de tranchées

4.5.1 La boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec

Elle est à double paroi en acier; l'épaisseur des parois étant de 4, 6 ou 8 pouces. Des oeillets permettent de manipuler facilement l'étançonnement avec une rétrocaveuse. Différentes longueurs d'étrésillons permettent de réaliser des excavations suivant des largeurs différentes (Figure 28).

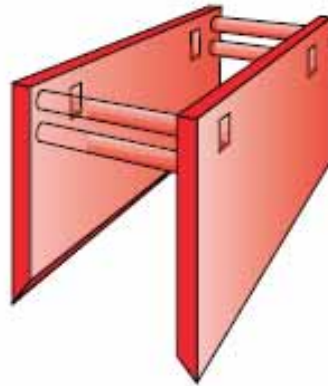
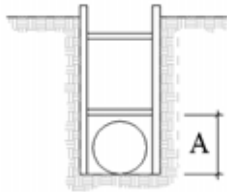


Figure 28 - La boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec
(Source : Pro-tec, 2006)

Le Tableau 25 donne les spécifications de la boîte de tranchée «Série Pro» de Pro-tec.

Tableau 25
Spécifications de la boîte de tranchée « Série Pro » de Pro-tec

Manufacturier		Pro-tec (Charlotte / États-Unis) Modèle: Série Pal http://www.pro-tecequipment.com/				Légende :  (Dessin des auteurs)					
Fournisseur		Équipement NCN Ltée 1200 de Louvain Ouest, suite 4 Montréal, Québec H4N 1G5 (514) 385-9636									
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear) (A dans la légende)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi lb/pi ²	Masse lb	Coût (avant taxes) Can \$	
	Pi	pi	po	po	Type A Pi	Type B Pi	Type C Pi				
Modèle 1 ^C	PRO 4-410 D	4	10	Voir note A	21	120	67	50	3 000	2 920	10 000

	PRO 4-424 D	4	24	Voir note A	21	28	17	13	775	5 700	ND

	PRO 4-1010 D	10	10	Voir note A	70	66	38	29	1 723	5 750	ND
Modèle 2 ^C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	PRO 4-1024 D	10	24	Voir note A	70	29	17	13	791	11 820	ND
	PRO 6-416 D	4	16	Voir note A	21	100	55	42	2 500	4 650	ND

	PRO6-428 D	4	20	Voir note A	21	29	17	13	769	7 320	ND
Modèle 3 ^C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	PRO 6-1016	10	16	Voir note A	85	58	32	24	1 422	9 900	ND

	PRO 6-1028	10	28	Voir note A	85	29	17	13	780	15 000	ND
	PRO 8-416 D	4	16	Voir note A	21	120	67	50	3 000	5 280	ND
Modèle 3 ^C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	PRO 8-430 D	4	30	Voir note A	21	34	20	15	899	8 770	ND

	PRO 8-1016 D	10	16	Voir note A	85	83	46	35	2 083	11 700	ND

PRO 8-1030 D	10	30	Voir note A	85	...	...	15	908	18 070	28 000	

Note :

A : La largeur est la longueur des étrépillons optionnels (24 po (470 lb pour 4 étrépillons) – 30 po – 36 po – 42 po – 48 po – 60 po – 72 po – 84 po – 96 po – 108 po – 120 po – 132 po – 144 po (2 210 lb pour 4 étrépillons))

B: Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).

C : Les modèles 1, 2, 3 représentent, respectivement, les étalements ayant des parois de 4 po, 6 po et 8 po d'épaisseur.

1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa

ND: non disponible

Avantages	Robuste (acier) Rapidité d'assemblage
Inconvénients	Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue ou une retrocaveuse et une remorque pour le transport N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en T ou en croix

4.5.2 La boîte de tranchée « Wall Shields » de GME

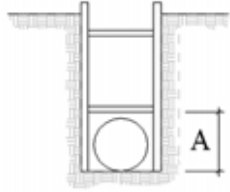
Sensiblement identique au précédent, ce système aussi est à double paroi en acier. L'épaisseur des parois dans ce cas-ci peut être de 6 ou de 8 pouces. Des oeillets permettent de manipuler facilement l'étalement avec un camion grue ou une rétrocaveuse. Les longueurs d'étrésillons sont variables, ce qui permet de réaliser des excavations suivant différentes largeurs (Figure 29).



Figure 29 - La boîte de tranchée «Wall Shields » de GME
(Source : GME, 2006)

Le Tableau 26 donne les spécifications de la boîte de tranchée «Wall Shields» de GME.

Tableau 26
Spécifications de la boîte de tranchée « Wall Shields de GME

Manufacturier		GME (Michigan / États-Unis) Modèle: Wall shields http://www.gme-shields.com/							Légende :		
Fournisseur		Équipement Robert Nadeau inc. 3, rue Goodfellow Delson, Québec J5B 1V2 (450) 635-3746			Gradtek 8100, Transcanadienne Saint-Laurent, Québec H4S 1M5 (514) 334-3345				 <p>(Dessin des auteurs)</p>		
Modèle	Hauteur	Longueur	Largeur ^A	Ouverture (pipe clear) (A dans la légende)	Profondeur permise d'après OSHA ^B			Contrainte admissible de la paroi	Masse	Coût (avant taxes)	
					Type A pi	Type B Pi	Type C Pi				lb/pi ²	lb	Can $
		Pi	Pi	po	po						
Modèle 1 ^C	6M416	4	16	Voir vote A	16	85	48	37	2 073	4 975	ND

	6M424	4	24	Voir vote A	16	37	21	16	868	6 873	ND

	6M816	8	16	Voir vote A	64	91	52	40	2 168	8 300	ND

	6M1016	10	16	Voir vote A	76	66	39	31	1 537	9 989	ND
...	
6M1028	10	28	Voir vote A	76	33	20	17	694	16 335	ND	
Modèle 2 ^C	8M416	4	16	Voir vote A	16	99	63	47	2 729	5 538	ND

	8M424	4	24	Voir vote A	16	48	27	21	1 142	7 595	ND

	8M816	8	16	Voir vote A	64	99	57	44	2 387	9 135	ND

	8M1016	10	16	Voir vote A	76	89	52	40	2 109	10 959	ND
...	
8M1028	10	28	Voir vote A	76	42	26	21	937	17 731	ND	

Note :

A : La largeur est la longueur des étrésoillons optionnels (24'' (441 lb pour 4 étrésoillons) – 30'' - 36'' - 42'' - 48'' - 60'' - 72'' - 84'' - 96'' - 108'' - 120'' - 132'' - 144'' (2 246 lb pour 4 étrésoillons))

B: Les profondeurs permises sont basées sur les types de sols A, B et C, mentionnés à la sous division 1926 P de la 29e norme américaine OSHA, avec le Type A n'excédant pas 25 lb/pi² par pied de profondeur, Type B n'excédant pas 45 lb/pi² par pied de profondeur et Type C n'excédant pas 60 lb/pi² par pied de profondeur (voir Annexe B).

C : Le modèle 1 représente les étançonnements ayant des parois de 6'' d'épaisseur. Le modèle 2 représente les étançonnements ayant des parois de 8'' d'épaisseur.

1 pi = 304,8 mm ; 1 lb = 0,454 kg ; 1 lb/po² = 47,88 Pa

ND: non disponible

Avantages	Robuste (acier) Rapidité d'assemblage
-----------	--

Inconvénients	Entretien (acier à peindre) Manutention : nécessite un camion grue ou une retrocaveuse et une remorque pour le transport N'est pas adapté à la réparation des connections de conduites en T ou en croix
---------------	---

5. STATISTIQUES SUR L'UTILISATION DES SYSTÈMES D'ÉTANÇONNEMENT AU QUÉBEC

Cette section présente un aperçu sur l'utilisation des systèmes d'éтанçonnement dans les différentes villes du Québec lors de travaux d'excavation. Il complète ainsi les sections précédentes, dédiées, respectivement, au recensement des différents systèmes d'éтанçonnement utilisés, ou non, au Québec.

5.1 Description du sondage

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé, entre le 15 février et le 15 avril 2006, un sondage auprès de plusieurs villes (et/ou arrondissements) au Québec sur leur utilisation de systèmes d'éтанçonnement lors de travaux d'excavation. Sur un total de 17 plus grandes municipalités et des régions représentées contactées, 12 d'entre elles ont répondu au questionnaire que nous leur avons soumis, soit un taux de réponse de 71%. Les villes qui ont répondu sont: Chicoutimi, Drummondville, Gatineau, Lévis, Longueuil, Montréal, Québec, Saint-Hyacinthe, Sept-Îles, Sherbrooke, Trois-Rivières et Victoriaville. Dans les villes importantes où l'information n'est pas centralisée, comme Montréal et Québec, nous avons sondé des différents arrondissements, et ce dans le but de dresser un portrait qui se veut fiable de l'utilisation des éтанçonnements. À Québec, quatre arrondissements sur huit ont été contactés : Sainte-Foy Sillery, Charlesbourg, et celui des Rivières. À Montréal, ce sont cinq arrondissements sur neuf, faisant partie de la Ville avant les fusions, qui ont été contactés : Ahuntsic/Cartierville, Villeray / St-Michel/ Parc extension, Mercier / Hochelaga / Maisonneuve, Plateau Mont-Royal / Centre-sud et Rivières-des-Prairies. Selon Martin Tremblay¹, ing. à la section géotechnique de la Ville de Montréal, il y avait eu environ 2000 excavations par année dans cette ville (avant fusion).

5.2 Résultats du sondage

Les résultats du sondage sont présentés au Tableau 27. Ils sont assortis des coordonnées des personnes ressources dans les différentes villes. Les données statistiques sont présentées par ville et concernent le nombre d'excavations (total, et selon la profondeur) et le nombre d'excavations par type d'éтанçonnement utilisé. Ces données sont résumées dans le Tableau 28. Et, pour une meilleure visualisation des résultats du sondage, ces derniers sont également présentés sous forme graphique (Figures 30 à 32). Les résultats du sondage sont analysés en termes de :

- ❖ Nombre d'excavations annuelles par ville : La figure 30 permet d'observer que :
 - Le nombre d'excavations est très important : plus de 7460 (voir Tableau 28). Ce nombre est, bien entendu, proportionnel à l'importance de la ville. Pour la seule Ville de Montréal (avant fusion), on compte autour de 2000 excavations;
 - Les excavations dont la profondeur est inférieure à 4 pi ne représentent qu'une fraction modeste du nombre total d'excavations : 1100 (voir Tableau 28). Ceci représente à peine 15% du nombre total d'interventions.
- ❖ Taux d'utilisation par ville des éтанçonnements lors des excavations excédant 4 pieds. La Figure 31 permet d'observer que ce taux est généralement assez élevé dans les villes moyennes à importantes. C'est le cas entre autres des Villes de Montréal et Gatineau;

¹ Communication personnelle à l'ÉTS (Cucurull, I.), en date du 4 mai 2006

- ❖ Fréquence d'utilisation de chacun des systèmes d'étaçonnement. La Figure 32 permet de constater que les étaçonnements de type caisson sont les plus utilisés par les villes. En effet, ils représentent 74 % des étaçonnements utilisés (voir Tableau 28). En revanche, les étaçonnements de type tuyaux, bien qu'ils représentent une solution technique, économique et performante, restent très peu utilisés (à peine 3%). Par ailleurs, l'on constate que les systèmes d'étaçonnement, conçus et réalisés par les Villes elles-mêmes (ex. VM-1) représentent 18 % des étaçonnements utilisés (voir Tableau 28).

Tableau 27
Résultats du sondage

Ville		Chicoutimi	Drummondville	Gatineau	Lévis	Longueuil	Montréal 5 arr. *
Personnes ressources		Jean Paquet Chargé de projet, travaux publics (418) 698-3273 jean.paquet@ville.saguenay.qc.ca	Yves Tousignant (819) 474-8860 ytousignant@ville.drummondville.qc.ca	Daniel Paquin Formateur (819) 243-2345 #7499 paquin.daniel@ville.gatineau.qc.ca	Danny Lessard Contremaître de travaux publics (418) 835-4960 #4606 dlessard@ville.levis.qc.ca	Mario Lachapelle Chef de division; aqueduc et égouts (450) 463-7100 #2529 mario.lachapelle@ville.longueuil.qc.ca	Martin Tremblay, ing. M.Sc.A. Section géotechnique (514) 872-3926 mtremblay@ville.montreal.qc.ca
Nombre total d'interventions (avec et sans étançonnement)		950	300	1 000	50	523	2 000
Nombre d'excavations < 4 pi de hauteur		200	150	100	20	50	40
Nombre d'excavations > 4 pi de hauteur		750	150	900	30	473	1 960
Nombre d'excavations étançonnées par type d'étançonnement	Caissons	Grillagés					350
		Gigant alu de Ischebeck	75	25	150		
		Longueuil					279
		ATS de Pro-tec					550
		Mod de Pro-tec			750	7	191
		Shoring shield de Speed Shore					
		VM					
		VM-1					120
		VM-2					
	XLAP de Efficiency production Inc.					3	
	Tuyaux	Polyéthylène haute densité					
		Tôle en acier ondulé et galvanisé	100				
Vérins hydrauliques	Vertical shore de Speed Shore			100		940	

* Arr. : Arrondissement

Tableau 27 (suite)
Résultats du sondage

Ville		Québec 2 arr. *	Saint-Hyacinthe	Sept-Îles	Sherbrooke	Trois-Rivières	Victoriaville	
Personnes ressources		Daniel Barrette (418) 641-6401 #8982 daniel.barrette@ville.quebec.qc.ca Christian Bilodeau (418) 641-6401 #8741 Christian.bilodeau@ville.quebec.qc.ca	Raymond Latour (450) 778-8461 raymond.latour@ville.st- hyacinthe.qc.ca	Michel Tardif (418) 964-3226 michel.tardif@ville.sept-iles.qc.ca	Yves Perron (819) 821-5815 Yves.Perron@ville.sherbrooke.qc.ca	Jean-Pierre Laporte (819) 372-4603 #1259 jplaporte@v3r.net	Alain Houle (819) 758-0651 alain.houle@ville.victoriaville.qc.ca	
Nombre total d'interventions (avec et sans étançonnement)		230	130	19	400	1 560	300	
Nombre d'excavations < 4 pi de hauteur		110	6	2	40	312	75	
Nombre d'excavations > 4 pi de hauteur		120	124	17	360	1 248	225	
Nombre d'excavations étançonnées par type d'étançonnement	Caissons	Grillagés						
		Gigant alu de Ischebeck	90			300	624	45
		Longueuil						
		ATS de Pro-tec						
		Mod de Pro-tec	7	13				
		Shoring shield de Speed Shore						
		VM						
		VM-1						
	VM-2							
	XLAP de Efficiency production Inc.							
Tuyaux	Polyéthylène haute densité						15	
	Tôle en acier ondulé et galvanisé			0				
Vérins hydrauliques	Vertical shore de Speed Shore		110				5	

* Arr. : Arrondissement

Tableau 28
Résultats agrégés du sondage

Nombre d'interventions (avec ou sans étançonnement)		7 462	100 %
Nombre d'excavations < 4 pi.		1 105	15 %
Nombre d'excavations > 4 pi		6 357	85%
Nombre d'excavations étançonnées par type d'étançonnement	Caissons	Grillagés	350 10 %
		Gigant alu de Ischebeck	1 309 36 %
		Longueuil	279 8 %
		ATS de Pro-tec	550 16 %
		Mod de Pro-tec	968 27 %
		Shoring shield de Speed Shore	0 0 %
		VM	0 0 %
		VM-1	120 3 %
		VM-2	0 0 %
		XLAP de Efficiency production Inc.	3 0 %
		Total	3 579 100 %
	Tuyaux	Polyéthylène haute densité	15 13 %
		Tôle en acier ondulé et galvanisé	100 87 %
		Total	115 100 %
	Vérins hydrauliques	Vertical shore de Speed Shore	1 155 100 %

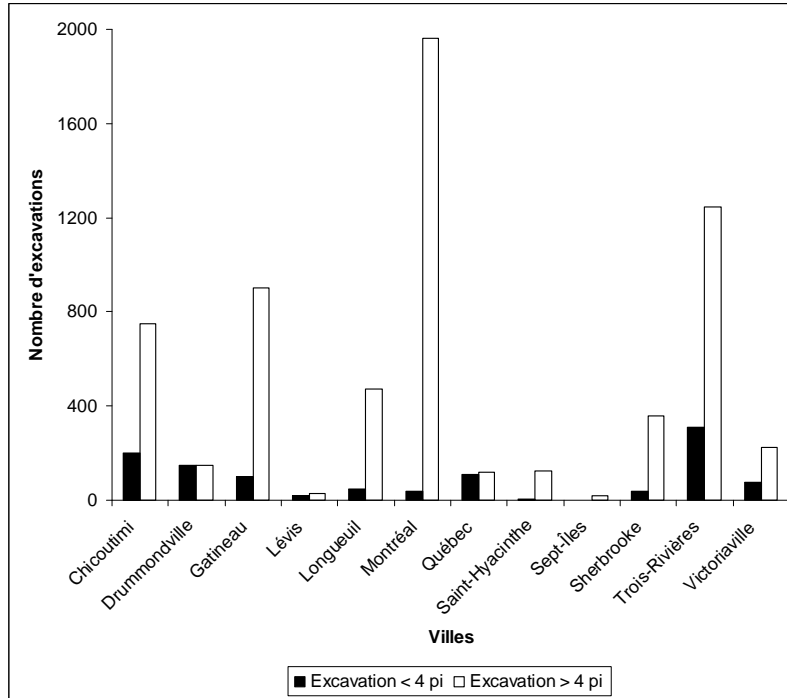


Figure 30 - Nombre annuel d'excavations par ville

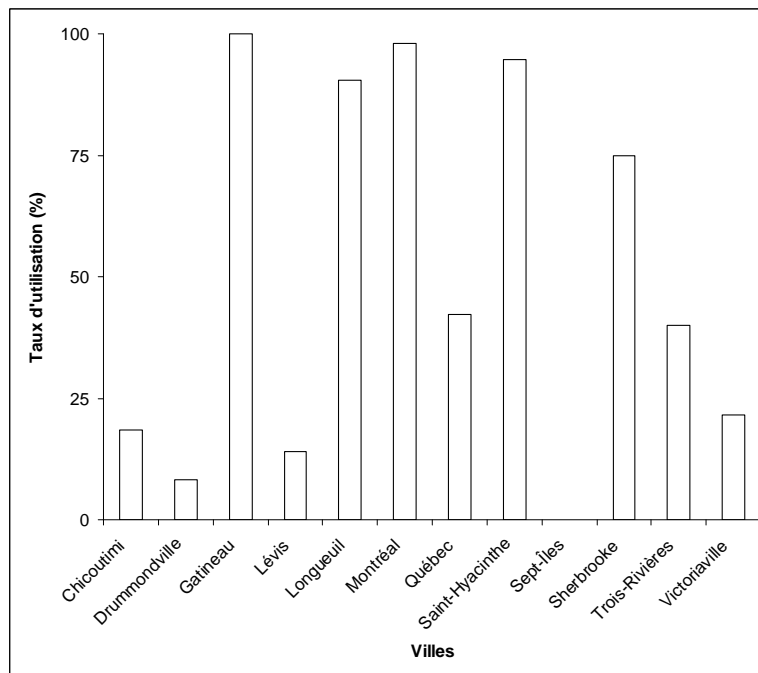


Figure 31 - Taux d'utilisation annuel des étaonnements lors d'excavations par ville

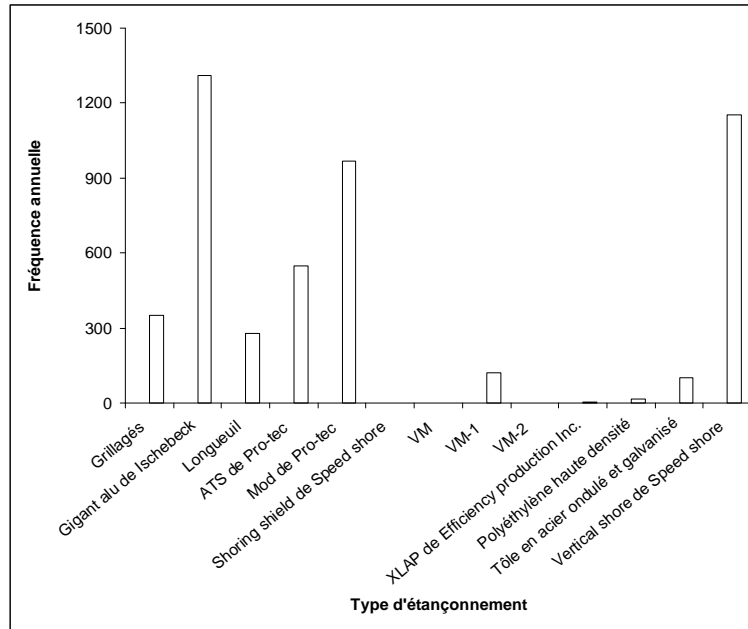


Figure 32 - La fréquence d'utilisation annuelle de chacun des systèmes d'étaçonnement

6. GRILLE D'AIDE AU CHOIX DU SYSTÈME D'ÉTANÇONNEMENT

Cette section présente une grille d'aide au choix du système d'éтанçonnement. Elle se veut un outil très pratique à l'usage des utilisateurs dans leur choix d'un système d'éтанçonnement répondant au mieux à leurs besoins.

6.1 Présentation de la grille

Elle consiste en une matrice permettant de choisir, sur la base d'un ensemble de critères, le système d'éтанçonnement qui répond au mieux aux besoins exprimés par l'utilisateur (Tableaux 29 à 32). La grille (ou matrice) couvre tous les systèmes d'éтанçonnement recensés dans le cadre de cette étude, qu'il s'agisse des systèmes déjà utilisés au Québec (Tableaux 29 à 30), ou des systèmes disponibles sur le marché (québécois) mais non encore utilisés par les villes (Tableau 31 à 32). Les systèmes d'éтанçonnement sont évalués à travers un ensemble de critères majeurs, susceptibles d'être pris en compte dans le choix du type d'éтанçonnement. Chaque critère est pondéré. Cette pondération s'exprime par des étoiles, de une (*) à trois étoiles (***). Par exemple, pour le critère profondeur d'excavation, la pondération est la suivante : (*) < 10 pi; (**) 10 à 25 pi; (***) > 25 pieds. Ces critères se rapportent à plusieurs aspects. L'aspect structural de l'éтанçonnement est couvert à travers des critères comme ses dimensions, sa masse, ou encore son assemblage. Concernant l'excavation, nous nous intéressons aux dimensions de l'excavation et à la nature du sol. Pour l'aspect relatif aux conditions de travail des ouvriers, ce sont les critères de ventilation et visibilité qui sont considérés. Enfin, l'aspect manutention, lui, est couvert à partir des critères que sont l'équipement requis, la mobilisation, ou encore le temps d'installation.

Tableau 30
Grille d'aide au choix - Étançonnements utilisés au Québec (suite)

Critères		Catégories d'étançonnement												
		Caissons										Tuyaux		Vérins
		Grillagés	Gigant alu de Ischebeck	Longueuil	ATS de Protec	Mod de Protec	Shoring shield de Speed shore	VM	VM-1	VM-2	XLAP de Efficiency production Inc.	Polyéthylène haute densité	Tôle en acier nodule et galvanisé	Vertical shore de Speed shore
Entretien	* Acier	**	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	**	**
	** Acier galvanisé	**	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	**	**
	*** Aluminium / PEHD	**	**	*	**	**	***	***	**	**	**	**	**	***
Équipement	* Camion grue ou grue	**	**	*	**	**	***	***	**	**	**	**	**	***
	** Rétrocaveuse (pépine) et remorque	**	**	*	**	**	***	***	**	**	**	**	**	***
	*** Camion	**	**	*	**	**	***	***	**	**	**	**	**	***
Maniabilité	* Formation requise	**	**	***	***	**	*	***	**	*	**	***	***	*
	** Assemblage à faire	**	**	***	***	**	*	***	**	*	**	***	***	*
	*** Prêt à assembler	**	**	***	***	**	*	***	**	*	**	***	***	*
Installation	* Lent	*	**	***	***	**	**	*	*	*	**	***	***	**
	** Vite	*	**	***	***	**	**	*	*	*	**	***	***	**
	*** Très vite	*	**	***	***	**	**	*	*	*	**	***	***	**
Mobilisation	* 4 ouvriers	**	**	***	***	**	**	**	**	*	**	**	**	***
	** 3 ouvriers	**	**	***	***	**	**	**	**	*	**	**	**	***
	*** 2 ouvriers	**	**	***	***	**	**	**	**	*	**	**	**	***
Sols	* Sols cohésifs	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	*
	** N/A	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	*
	*** Peu importe	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	*
Excavation	* < 10'	*	**	*	**	**	**	**	*	**	**	*	*	*
	** 10' à 25'	*	**	*	**	**	**	**	*	**	**	*	*	*
	*** > 25'	*	**	*	**	**	**	**	*	**	**	*	*	*
Tranchée	* Longueur / largeur < 2	*	**	*	**	**	**	*	*	*	**	*	*	***
	** 2 < Longueur / largeur < 4	*	**	*	**	**	**	*	*	*	**	*	*	***
	*** Longueur / largeur > 4	*	**	*	**	**	**	*	*	*	**	*	*	***

Tableau 31
Grille d'aide au choix – Étañonnements non utilisés au Québec

Critères		Catégories d'étañonnement												
		Caissons					Tuyaux			Vérins			Boîtes	
		Wall shields de GME	Manhole shields de GME	Aluminium trench shield 2AEX / 4AEX de GME	Lite-shield 24 de GME	Manhole shields de Pro-tec	Série Pal de Pro-tec	Round manhole shields de GME	Manguard de Speed Shore	Waler de GME	Vertical shores de GME	Manhole shores de GME	Série Pro de Pro-tec	Wall shields de GME
Durabilité (matériaux)	* Bois / PEHD	***	***	**	**	***	***	***	***	***	**	***	***	***
	** Aluminium													
	*** Acier													
Légèreté	* > 2000 lb	*	*	**	**	*	**	*	*	*	***	***	*	*
	** 1000 lb < poids < 2000 lb													
	*** < 1000 lb													
Dimensions	* Rien modifiable	**	*	**	**	*	**	*	*	***	***	***	**	**
	** Largeur modifiable													
	*** Hauteur / longueur / largeur modifiable													
Ouverture et adaptabilité	* Peu adaptable	***	***	*	*	***	*	**	**	***	***	*	*	*
	** Connexion en « T »													
	*** Connexion en croix													
Assemblage	* Plusieurs pièces à assembler	**	**	**	**	**	**	***	***	*	*	*	**	**
	** Quelques pièces à assembler													
	*** Déjà assemblé													
Visibilité	* Opaque	*	**	*	*	**	*	**	**	**	*	*	*	*
	** Ouverture													
	*** Grillage													
Ventilation	* Petit espace	**	***	**	*	***	**	*	*	**	*	***	***	***
	** Moyen espace													
	*** Grand espace													

Tableau 32
Grille d'aide au choix – Étaçonnements non utilisés au Québec (suite)

Critères		Catégories d'étaçonnement												
		Caissons					Tuyaux			Vérins			Boîtes	
		Wall shields de GME	Manhole shields de GME	Aluminium trench shield 2AEX / 4AEX de GME	Lite-shield 24 de GME	Manhole shields de Pro-tec	Série Pal de Pro-tec	Round manhole shields de GME	Manguard de Speed Shore	Water de GME	Vertical shores de GME	Manhole shores de GME	Série Pro de Pro-tec	Wall shields de GME
Entretien	* Acier	*	*	***	***	*	*	*	*	**	***	*	*	*
	** Acier galvanisé	*	*	***	***	*	*	*	*	**	***	*	*	*
	*** Aluminium / PEHD	*	*	**	**	*	**	**	**	***	***	*	*	*
Équipement	* Camion grue ou grue	*	*	**	**	*	**	**	**	***	***	*	*	*
	** Remorque (pépine) et remorque	*	*	**	**	*	**	**	**	***	***	*	*	*
	*** Camion	*	*	**	**	*	**	**	**	***	***	*	*	*
Maniabilité	* Formation requise	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	**	**
	** Assemblage à faire	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	**	**
	*** Prêt à assembler	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	**	**
Installation	* Lent	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**	**	*	*
	** Vite	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**	**	*	*
	*** Très vite	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**	**	*	*
Mobilisation	* 4 ouvriers	**	***	**	**	**	**	**	**	***	**	**	*	*
	** 3 ouvriers	**	***	**	**	**	**	**	**	***	**	**	*	*
	*** 2 ouvriers	**	***	**	**	**	**	**	**	***	**	**	*	*
Sols	* Sols cohésifs	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	*	***	***
	** N/A	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	*	***	***
	*** Peu importe	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	*	***	***
Excavation	* 10'	***	**	**	**	**	***	***	***	**	**	**	***	***
	** 10' à 25'	***	**	**	**	**	***	***	***	**	**	**	***	***
	*** 25' et plus	***	**	**	**	**	***	***	***	**	**	**	***	***
Tranchée	* Longueur / largeur < 2	**	*	*	*	*	**	*	*	***	***	*	***	***
	** 2 < Longueur / largeur < 4	**	*	*	*	*	**	*	*	***	***	*	***	***
	*** Longueur / largeur > 4	**	*	*	*	*	**	*	*	***	***	*	***	***

7. CONCLUSION

Ce rapport porte sur le *recensement des systèmes d'étançonnement et de blindage disponibles au Québec*. Il présente, successivement, les systèmes d'étançonnement utilisés au Québec, et ceux qui sont disponibles sur le marché mais non encore utilisés par les municipalités. Au total, 26 systèmes d'étançonnement ont été recensés. Ils sont classés en quatre catégories distinctes : les caissons, les vérins hydrauliques, les tuyaux, et enfin les boîtes de tranchées. Pour chacune de ces catégories, une description détaillée du système d'étançonnement y est présentée. Cette dernière couvre, entre autres, les propriétés géométriques de l'étançonnement, la profondeur permise et contrainte admissible de la paroi de l'étançonnement, ainsi que les avantages et inconvénients de ce dernier.

Outre le recensement, le catalogue, et la classification des systèmes d'étançonnement, le présent rapport donne, à travers des données statistiques, un aperçu sur l'utilisation des systèmes d'étançonnement dans les différentes villes du Québec lors de travaux d'excavation. Ces données ont été obtenues à l'issue d'un sondage mené, dans le cadre de cette étude, et auquel ont participé 12 Villes ou arrondissements du Québec. Il en ressort plusieurs conclusions, en particulier en ce qui a trait au nombre d'excavations pratiquées annuellement. Ce dernier s'élève à plus de 7460, dont 75% de profondeur supérieure à 4 pieds. Ce qui par ailleurs dénote de l'importance d'un choix éclairé du système d'étançonnement lors de travaux d'excavations, en vue d'une utilisation à la fois sûre et économique.

Et c'est d'ailleurs dans cette perspective que le rapport met à la disposition des utilisateurs une grille d'aide au choix du système d'étançonnement. Cette grille se veut un outil permettant de choisir de façon éclairée, sur la base d'un ensemble de critères, le système qui correspond le mieux aux besoins de l'utilisateur. Ces critères portent sur divers aspects, dont la structure de l'étançonnement, le type d'excavation, les conditions de travail des ouvriers, ou encore la manutention du système d'étançonnement.

8. RECOMMANDATION

À la lumière des résultats, il est opportun de développer un outil convivial informatique permettant aux utilisateurs de mieux choisir un système d'étançonnement et de blindage adéquat en fonction des conditions d'utilisations aux chantiers.

9. BIBLIOGRAPHIE

Atlanta Equipment. 2006. *Atlanta Equipment*. En ligne : <http://www.trenchbox.com/>.

Chaallal, O. et D. Leboeuf (2003). *Validation d'un étançonnement fait d'un tuyau de polyéthylène haute densité (PEHD) ou de profilés métalliques normalement utilisés pour les ponceaux et les égouts*. IRSST, Rapport R-336, 140 p.

Cormier. 2006. *Cormier Shoring Inc*. En ligne : <http://www.cormiershoring.com/>.

Efficiency Production Inc. 2006. *Efficiency Production Trench Boxes*, [En ligne] : <http://www.epi-shields.com/>.

Équipement NCN Ltée. 2006. Support CD.

GME. 2006. *Griswold Machine & Engineering, Inc.*. En ligne : <http://www.gme-shields.com/>.

Ischebeck. 2006. *Systèmes de blindage de tranchées et Gamme d'étrésillons*. En ligne :
http://www.ischebeck.com/franzoesisch/set_1_g.htm

Lan, André; Daigle, Renaud; LeBoeuf, Denis; Chaallal, Omar. 2003. *Validation d'un étaçonnement fait d'un tuyau de polyéthylène haute densité ou de profilés métalliques normalement utilisés pour les ponceaux et les égouts*, Études et recherches / Rapport -336, Montréal, IRSST, 140 pages.

Pro-tec. 2006. *Pro-tec Equipment: Your Best Source for Trench Shields, Slide Rail, Stone Save*, En ligne: <http://www.pro-tecequipment.com/>.

Speed Shore. 2006. *Speed Shore Corporation – Trench Safety and Shoring Equipment*. En ligne :
<http://www.speedshore.com/>.

Tremblay, M. 2004. *Formation sur l'étaçonnement des tranchées; volet sur les équipements d'étaçonnement*. Service des infrastructures et de l'environnement, division des laboratoires, 32 p.

ANNEXE A

Personnes ressources Téléphone Courriel Fonction		
Types d'étaisonnements utilisés	Type 1	
	Type 2	
	Type 3	
	Type 4	
Nombre d'interventions (avec ou sans étaisonnement)		
Nombre d'excavations < 4 pi		
Nombre d'excavations > 4 pi		
Nombre d'excavations étaisonnées par type d'étaisonnement	Type 1	
	Type 2	
	Type 3	
	Type 4	

ANNEXE B

Extraits de “Soil Classification – 1926 Subpart P App A d’OSHA”

“Soil classification system” means, for the purpose of this subpart, a method of categorizing soil and rock deposits in a hierarchy of stable rock, Type A, Type B and Type C in decreasing order of stability. The categories are determined based on an analysis of the properties and performance characteristics of the deposits and the characteristics of the deposits and the environmental conditions of exposure.

“Stable rock” means natural solid mineral matter that can be excavated with vertical sides and remain intact while exposed.

“Submerged soil” means soil which is under water or is free of seeping.

“Type A” means cohesive soils with an unconfined, compressive strength of 1.5 ton per square foot (tsf) (144 kPa) or greater. Examples of cohesive soils are : clay, silty clay, sandy clay, clay loam and, in some cases, silty clay loam and sandy clay loam. Cimented soils such as caliche and hardpan are also considered Type A. However, no soil is Type A if:

- (i) The soil is fissured; or
- (ii) The soil is subject to vibration from heavy traffic, pile driving, or similar effects; or
- (iii) The soil has been previously disturbed; or
- (iv) The soil is part of a sloped, layered system where the layers dip into the excavation on a slope of four horizontal to one vertical (4H:1V) or greater; or
- (v) The material is subject to other factors that would require it to be classified as a less stable material.

“Type B” means :

- (i) Cohesive soil with an unconfined, compressive strength greater than 0.5 tsf (48 kPa) but less than 1.5 tsf (144 kPa); or
- (ii) Granular cohesionless soils including : angular gravel (similar to crushed rock), silt, silt loam, sandy loam and, in some cases, silty clay loam and sandy clay loam.
- (iii) Previously disturbed soils except those which would otherwise be classed as Type C soil.
- (iv) Soil that meets unconfined compressive strength or cementation requirements for Type A, but is fissured or subject to vibration; or
- (v) Dry rock that is not stable; or
- (vi) Material that is part of a sloped, layered system where the layers dip into the excavation on a slope less steep than four horizontal to one vertical (4H:1V), but only if the material would otherwise be classified as Type B.

“Type C” means :

- (i) Cohesive soil with an unconfined, compressive strength of 0.5 tsf (48 kPa) or less; or
- (ii) Granular soils including gravel, sand, and loamy sand; or
- (iii) Submerged soil or soil from which water is freely seeping; or
- (iv) Submerged rock that is not stable; or
- (v) Material in a sloped, layered system where the layers dip into the excavation on a slope of four horizontal to one vertical (4H:1V) or steeper.

“Unconfined compressive strength” means the load per unit area at which a soil will fail in compression. It can be determined by laboratory testing, or estimated in the field using a pocket penetrometer, by thumb penetration tests, and other methods.

“wet soil” means soil that contains significantly more moisture than moist soil, but in such a range of values that cohesive material will slump or begin to flow when vibrated granular material that would exhibit cohesive properties when moist will lose those cohesive properties when wet.

Extraits de "Soil Classification – 1926 Subpart P App A d'OSHA"

Note : C'est une traduction de l'extrait "Soil Classification – 1926 Subpart P App A d'OSHA" par Denis LeBoeuf, ing., Ph.D., Professeur à l'Université Laval. En cas de doute, se référer à l'extrait original en anglais de "Soil Classification – 1926 Subpart P App A d'OSHA".

Un "système de classification de sol", aux fins de cette sous-section, se réfère à une méthode de catégorisation des dépôts de sols et de roches qui est fondée sur une hiérarchie décroissante de stabilité: Roc stable, Type A, Type B et Type C. Ces catégories sont déterminées sur la base de l'analyse des propriétés et des caractéristiques en performance des dépôts et sur les conditions environnementales des affleurements.

"Roc stable" se réfère à une matière minérale solide qui peut être excavée en parois verticales et demeurer intacte.

"Un sol submergé" se réfère à un sol qui est sous l'eau ou dans lequel l'eau est libre de percoler.

"Type A" : sol cohérent avec une résistance en compression non confinée égale ou supérieure à 1,5 tonnes/pi² (144 kPa). L'argile, l'argile silteuse, l'argile sableuse, l'argile marneuse et, dans certains cas, les marnes silto-argileuse et sablo-argileuse sont des exemples de sols cohérents. Les sols cimentés comme le caliche et le sol dense (hardpan) sont aussi considérés comme des sols de Type A. Les sols suivants ne sont pas considérés comme faisant partie du Type A:

- (i) Les sols fissurés; ou
- (ii) Les sols soumis à des vibrations engendrées par le battage de pieux, la circulation ou d'autres phénomènes semblables; ou
- (iii) Les sols remaniés; ou
- (iv) Les sols faisant partie d'un système stratifié et taluté dans lequel les couches ont un pendage dirigé vers les parois des fouilles et sont inclinées selon une pente égale ou supérieure à 4H :1V; ou
- (v) Les matériaux sont soumis à d'autres facteurs qui exigeraient une classification en un matériau moins stable.

"Type B" se réfère à:

- (i) Un sol cohérent avec une résistance en compression non confinée supérieure à 0.5 tonne/pi² (48 kPa) mais inférieure à 1.5 tonnes/pi² (144 kPa); ou
- (ii) Un sol pulvérulent granulaire incluant : gravier anguleux (semblable à de la pierre concassée), silt, marne silteuse, marne sableuse et, dans quelques cas, une marne silto-argileuse et une marne sablo-argileuse; ou à
- (iii) Des sols remaniés, à l'exclusion de ceux qui pourraient être classifiés comme des sols de Type C; ou
- (iv) Un sol qui rencontre les exigences en résistance en compression non confinée ou en cimentation pour un sol de Type A mais qui est fissuré ou soumis à des vibrations; ou
- (v) Un roc sec instable; ou
- (vi) Un matériau faisant partie d'un système stratifié et taluté dans lequel les couches ont un pendage dirigé vers les parois de la fouille et sont inclinées selon une pente inférieure à 4H :1V, mais seulement si le matériau est, sinon, classifié comme un sol de Type B.

“Type C” se réfère à :

- (i) Un sol cohérent ayant une résistance en compression non confinée égale ou inférieure à 0.5 tonne/pi² (48 kPa); ou
- (ii) Un sol pulvérulent, incluant le gravier, le sable et le sable marneux; ou
- (iii) Un sol submergé ou un sol dans lequel l'eau percole librement; ou
- (iv) Un roc submergé instable; ou
- (v) Un matériau dans un système stratifié et taluté dans lequel le pendage des couches est dirigé vers les parois de la fouille ou l'inclinaison du talus est égal ou supérieure à 4H:1V.

“Résistance en compression non confinée” signifie que la charge par unité de surface à laquelle le sol cèdera en compression. Elle peut être déterminée au moyen d'essais de laboratoire ou estimée en chantier par des essais au pénétromètre de poche, par pénétration du pouce ou par d'autres méthodes.

"Sol saturé" (ou quasi-saturé), signifie que le sol a une teneur en eau largement supérieure à celle d'un sol humide, de telle sorte qu'un sol cohérent s'affaîsserait ou commencerait à s'écouler lorsque soumis à des vibrations ou qu'un sol pulvérulent, qui présenterait une certaine cohésion dans un état humide, en viendrait à perdre cette propriété lorsqu'il devient quasi-saturé ou saturé.