

TD526
A1
M135F
C.2
IRC

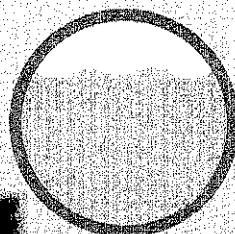
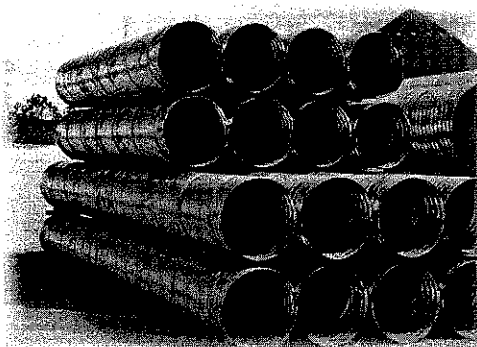
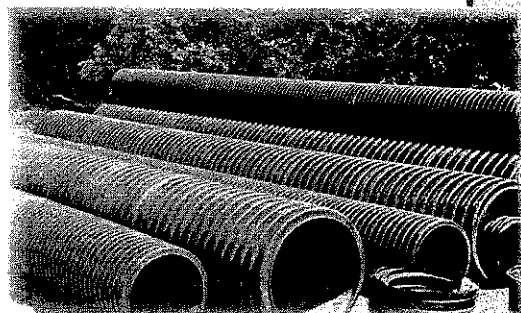
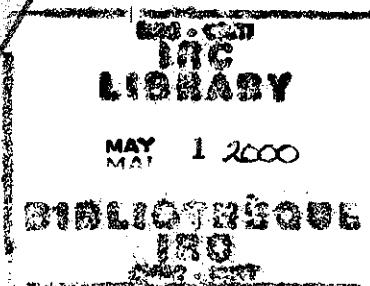
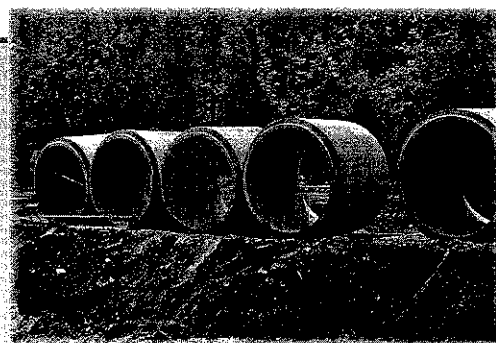
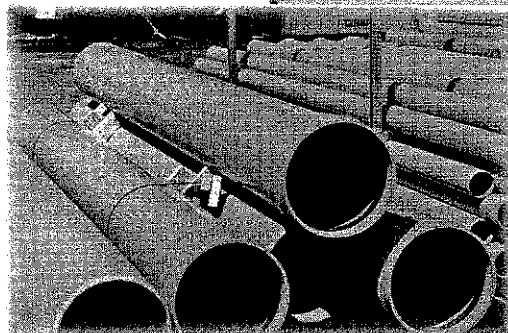


Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

CNRC - NRC

Durabilité et performance des conduites à écoulement libre : pratiques actuelles



Durabilité et performance des conduites à écoulement libre : pratiques actuelles

par Shelley McDonald
Programme de réhabilitation des infrastructures urbaines

Publié par
Institut de recherche en construction
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa, Canada K1A 0R6

©Conseil national de recherches du Canada
Août 1998
ISBN 0-660-96021-4
NRCC 42559F

Remerciements

L'auteure tient à remercier les municipalités et les ministères provinciaux des transports qui ont répondu aux questionnaires. Ce projet de recherche a été financé conjointement par la Canadian Concrete Pipe Association (CCPA) et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC).

Table des matières

1. Introduction	1
2. Inventaire	1
2.1 Inventaire des conduites d'égouts sanitaires et pluviaux municipales	1
2.2 Inventaire des ponceaux des ministères des transports	5
3. Conception	6
3.1 Conception des conduites municipales d'égouts pluviaux et sanitaires	6
3.2 Conception des ponceaux des ministères des transports	10
4. Installation	12
4.1 Installation des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires dans les municipalités	12
4.2 Installation des ponceaux des ministères des transports	16
5. Performance	18
5.1 Performance des conduites municipales d'égouts pluviaux et sanitaires	18
5.2 Performance des ponceaux des ministères des transports	22
6. Sommaire	24
Annexe	25

Liste des tableaux

Tableau 1 - Longueur de nouvelles conduites d'égouts pluviaux installées au cours des 5 dernières années, selon le matériau (22 villes)	5
Tableau 2 - Longueur de nouvelles conduites d'égout sanitaire installées au cours des 5 dernières années, selon le matériau (22 villes)	5
Tableau 3 - Longueur de nouveaux ponceaux installés au cours de 5 dernières années, selon le matériau (4 ministères)	6
Tableau 4 - Responsabilité de la conception et de la spécification des conduites pour les égouts pluviaux (34 villes : 30 910 km de conduite)	7
Tableau 5 - Responsabilité de la conception et de la spécification des conduites pour les égouts sanitaires (34 villes : 30 910 km de conduite)	7
Tableau 6 - Choix du matériau des conduites (34 villes : 30 910 km de conduite)	7
Tableau 7 - Conditions ou critères régissant le choix des matériaux pour les conduites de 450 à 600 mm de diamètre (30 villes : 30 120 km de conduite)	8
Tableau 8 - Conditions ou critères régissant le choix des matériaux pour les conduites de 675 à 900 mm de diamètre (30 villes : 30 120 km de conduite)	8
Tableau 9 - Normes de conception utilisées pour l'assise (32 villes : 30 870 km de conduite)	9
Tableau 10 - Paramètres de conception les plus pertinents pour les conduites d'égouts pluviaux et sanitaires de 450 à 600 mm de diamètre (29 villes : 30 215 km de conduite)	10
Tableau 11 - Paramètres de conception les plus pertinents pour les conduites d'égouts pluviaux et sanitaires de 675 à 900 mm de diamètre (29 villes : 29 715 km de conduite)	10
Tableau 12 - Responsabilité de la spécification et/ou de la conception des ponceaux (6 provinces)	10
Tableau 13 - Choix du matériau des ponceaux (6 provinces)	10
Tableau 14 - Conditions et critères régissant le choix du matériau des ponceaux (5 provinces)	11
Tableau 15 - Normes de conception utilisées pour l'assise des ponceaux (6 provinces)	11
Tableau 16 - Paramètres de conception les plus pertinents pour les ponceaux (6 provinces)	11
Tableau 17 - Facilité relative d'installation (32 villes : 30 925 km de conduite)	12
Tableau 18 - Raisons de la facilité d'installation des conduites de 450 à 600 mm de diamètre (32 villes : 30 925 km de conduite)	13
Tableau 19 - Raisons de la difficulté d'installation des conduites de 450 à 600 mm de diamètre (32 villes : 30 925 km de conduite)	13

Tableau 20 - Raisons de la facilité d'installation des conduites de 675 à 900 mm de diamètre (31 villes : 29 625 km de conduite)	14
Tableau 21 - Raisons de la difficulté d'installation des conduites de 675 à 900 mm de diamètre (31 villes : 29 625 km de conduite)	14
Tableau 22 - Suggestions pour améliorer l'installation (10 villes : 13 860 km de conduite)	15
Tableau 23 - Problèmes lors d'installation par temps froid (13 villes : 15 540 km de conduite)	15
Tableau 24 - Facilité relative d'installation (5 provinces)	16
Tableau 25 - Raisons de la facilité d'installation (5 provinces)	17
Tableau 26 - Raisons des difficultés d'installation (5 provinces)	17
Tableau 27 - Facilité relative d'assemblage des sections de conduite (4 provinces)	18
Tableau 28 - Techniques de réhabilitation (26 villes : 23 260 km de conduite)	19
Tableau 29 - Types de dommages/ruptures en service nécessitant la réparation ou le remplacement	20
Tableau 30 - Causes de l'endommagement et des ruptures en service	21
Tableau 31 - Performance des joints (27 villes : 24 200 km de conduite)	21
Tableau 32 - Techniques de réhabilitation pour les ponceaux (6 provinces)	22
Tableau 33 - Dommages et ruptures des ponceaux en service nécessitant la réparation ou le remplacement	23
Tableau 34 - Causes des dommages et ruptures des ponceaux en service	23

Liste des figures

Figure 1 - Diamètre des conduites d'égouts pluviaux (32 villes : 12 600 km de conduite)	2
Figure 2 - Diamètre des conduites d'égouts sanitaires (27 villes : 14 370 km de conduite)	2
Figure 3 - Matériaux des conduites d'égouts pluviaux de 450 à 600 mm de diamètre (30 villes : 12 500 km de conduite)	3
Figure 4 - Matériaux des conduites d'égouts pluviaux ayant un diamètre de 675 à 900 mm (29 villes : 12 480 km de conduite)	3
Figure 5 - Matériaux des conduites d'égouts sanitaires de 450 à 600 mm de diamètre (23 villes : 13 640 km de conduite)	4
Figure 6 - Matériaux des conduites d'égouts sanitaires de 675 à 900 mm de diamètre (21 villes : 12 830 km de conduite)	4

Résumé

Ce document expose les résultats de deux questionnaires, le premier envoyé à quatre-vingts villes/municipalités du Canada et le second, aux dix ministères provinciaux des transports. Le questionnaire adressé aux municipalités couvre les conduites d'eaux pluviales ou d'eaux usées, et celui envoyé aux provinces couvre les conduites d'eaux pluviales et les ponceaux.

L'étude a montré qu'on utilise quatre types de matériaux : le béton armé, la tôle d'acier ondulée, le PEHD ondulé et le PVC, mais que la plupart des conduites d'eaux pluviales ou d'eaux usées actuellement en place sont en béton, armé ou non. La majorité des ponceaux (60 à 95 %) sont faits en tôle d'acier ondulée.

Habituellement, c'est la municipalité/ville ou le ministère des transports, et non l'ingénieur concepteur ou le fabricant, qui décide du type de conduite à installer. Plusieurs normes sont utilisées pour prescrire les conditions d'assise; cependant, certaines régions se servent de la même.

Les réponses obtenues ont permis de faire l'inventaire des systèmes de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées, ainsi que d'avoir une meilleure idée du nombre et du type de tuyaux de ponceaux en place. Les paramètres de conception et les méthodes d'installation ont aussi été bien décrits. Toutes les sections des questionnaires ont été complètement remplies, à l'exception de celle portant sur la performance. Il manque donc, à ce chapitre, des données importantes qui pourraient aider les ingénieurs municipaux et les représentants des ministères provinciaux des transports à établir leurs plans de renouvellement et de réhabilitation.

1. Introduction

Les conduites d'égouts sanitaires et pluviaux font partie intégrante des infrastructures urbaines. Afin de recueillir des renseignements sur l'état actuel des divers types de matériaux utilisés dans la fabrication des conduites d'eaux pluviales et d'eaux usées et des ponceaux d'un diamètre compris entre 450 et 900 mm (18 et 36 po), nous avons rédigé deux questionnaires et les avons envoyés à diverses municipalités et aux ministères provinciaux des transports. Ces questionnaires étaient divisés en quatre sections : inventaire, conception, aménagement et performance.

La population et l'emplacement ont constitué les critères de choix des villes. Les réponses escomptées devaient parvenir de villes ayant une population de moins de 10 000 habitants jusqu'à des villes comptant plus de 100 000 habitants. Des 80 questionnaires expédiés, 38 ont été remplis et retournés, et 21 nous sont revenus partiellement remplis (taux de réponse de 74 %). Quant aux ministères provinciaux des transports, six ont rempli et retourné les questionnaires (soit un taux de réponse de 70 %), tandis qu'une province ne comptait aucun ponceau répondant aux diamètres visés, c'est-à-dire que tous les ponceaux se trouvant sur son territoire ont des diamètres supérieurs à 900 mm (36 po).

Dans le passé, diverses organisations comme la Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada ont fait parvenir des questionnaires aux municipalités et ont obtenu des taux de réponse plus élevés. Nous attribuons les taux de réponse inférieurs obtenus dans ce cas-ci (74 % et 70 %) au fait que les questionnaires exigeaient trop de temps et d'efforts. D'autres organisations nous ont répondu qu'elles ne disposaient pas des renseignements demandés ou que les conduites et ponceaux installés n'avaient pas les diamètres spécifiés.

¹ Heward Gough travaille à la Division des relevés démographiques de Statistique Canada. Il possède une vaste expérience dans la conception des questionnaires et dans l'interprétation des données.

² Duncan Ellison est directeur exécutif de l'Association canadienne des eaux potables et usées.

Le contenu des questionnaires, la méthode de choix des villes, l'auditoire cible et le type de renseignements recueillis ont été révisés par M. Heward Gough¹, de Statistique Canada. M. Gough a conclu que le questionnaire adressé aux municipalités couvrait un échantillonnage représentatif tant de la géographie que de la population car des petites et grandes villes avaient été choisies dans chaque province. Le questionnaire transmis aux provinces couvrait les régions de l'Ouest, du Centre et de l'Est. M. Gough faisait également remarquer que la représentation géographique revêt une importance pour les statistiques car elle mène à la stratification géographique. En principe, la variance des résultats dans une région stratifiée sera petite. (Heward Gough, communications privées)

La longueur totale des conduites d'égouts sanitaires visées par cette enquête était de 17 725 km, soit environ 15 % des 109 000 km existants au Canada (Duncan Ellison, communications privées)². Malgré tout, il convient de mentionner que les résultats présentés dans ce rapport, bien qu'utilitaires et représentatifs de la pratique actuelle, demeurent approximatifs.

Ce document résume les résultats des questionnaires envoyés aux municipalités et aux ministères provinciaux des transports du Canada. Les mots « ville » et « municipalité » y sont utilisés de façon interchangeable. L'enquête a été menée entre octobre 1996 et avril 1997. L'annexe contient un exemplaire de chacun des questionnaires.

2. Inventaire

2.1 Inventaire des conduites d'égouts sanitaires et pluviaux municipales

Sur les 80 questionnaires envoyés, 38 ont été remplis et retournés. Ceux-ci couvrent une population de 5,7 millions d'habitants répartis dans 36 villes. L'enquête couvre un

total de 14 425 km de conduites d'égouts sanitaires et pluviaux, et de 17 725 km de conduites d'égouts sanitaires, dans 33 villes. La longueur totale des égouts sanitaires inclut les égouts séparatifs et les égouts unitaires.

Les figures 1 et 2 illustrent la répartition des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires selon leur diamètre. Parmi les conduites d'égouts pluviaux actuellement en usage, 43 % ont des diamètres compris entre 450 et 900 mm. Les conduites d'égouts sanitaires répondant aux

critères de diamètre de cette enquête représentent 18 % du total. Le nombre de villes ayant répondu à chaque question et la longueur totale des conduites sont indiqués entre parenthèses dans le titre des figures.

Mentionnons que tous les résultats présentés dans ce rapport ne s'appliquent qu'aux diamètres compris entre 450 et 600 mm et entre 675 et 900 mm. Les figures 3 à 6 font voir les pourcentages des matériaux pour les égouts pluviaux et sanitaires au sein de chaque groupe. Nombre de secteurs municipaux

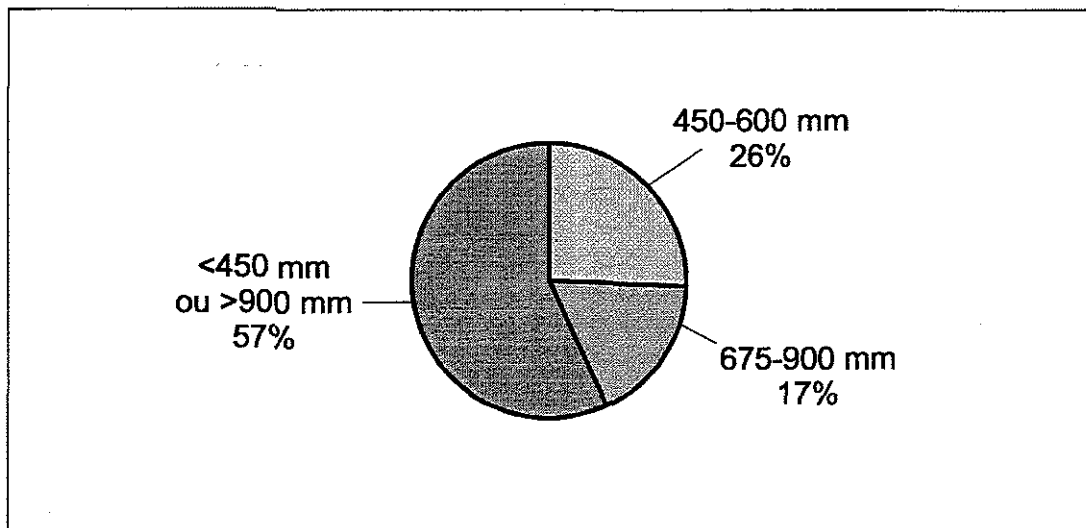


Figure 1. Diamètre des conduites d'égouts pluviaux (32 villes : 12 600 km de conduite)

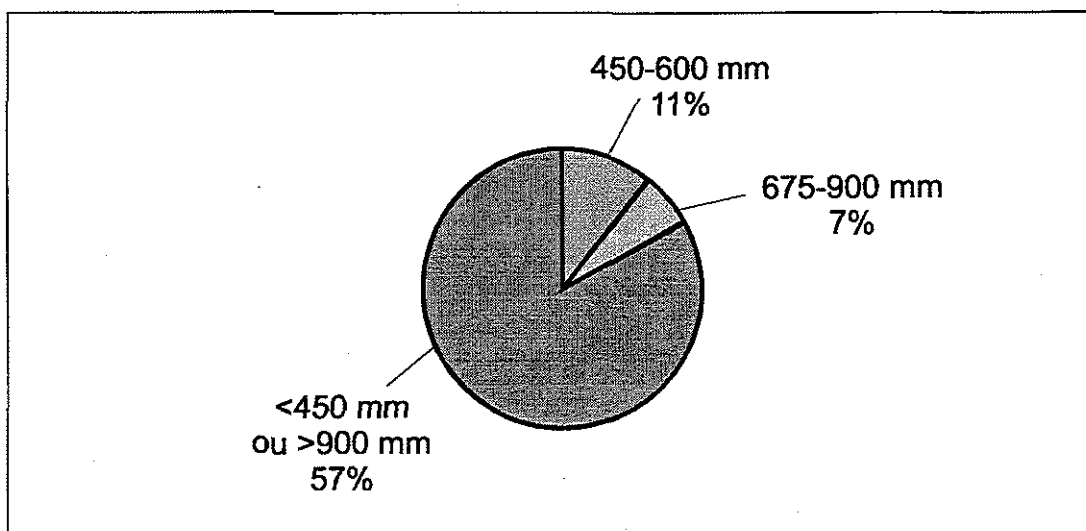


Figure 2. Diamètre des conduites d'égouts sanitaires (27 villes : 14 370 km de conduite)

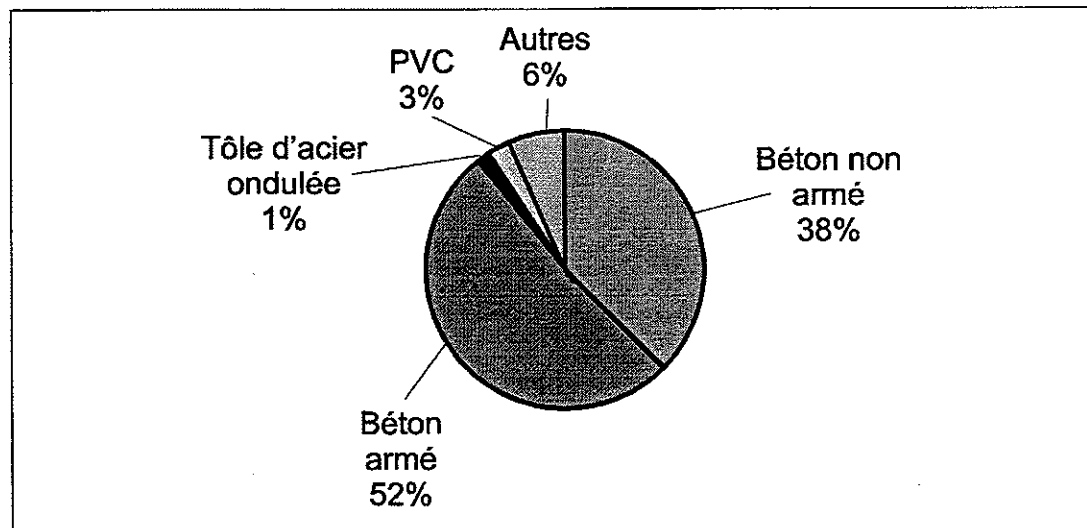


Figure 3. Matériaux des conduites d'égouts pluviaux de 450 à 600 mm de diamètre (30 villes : 12 500 km de conduite)

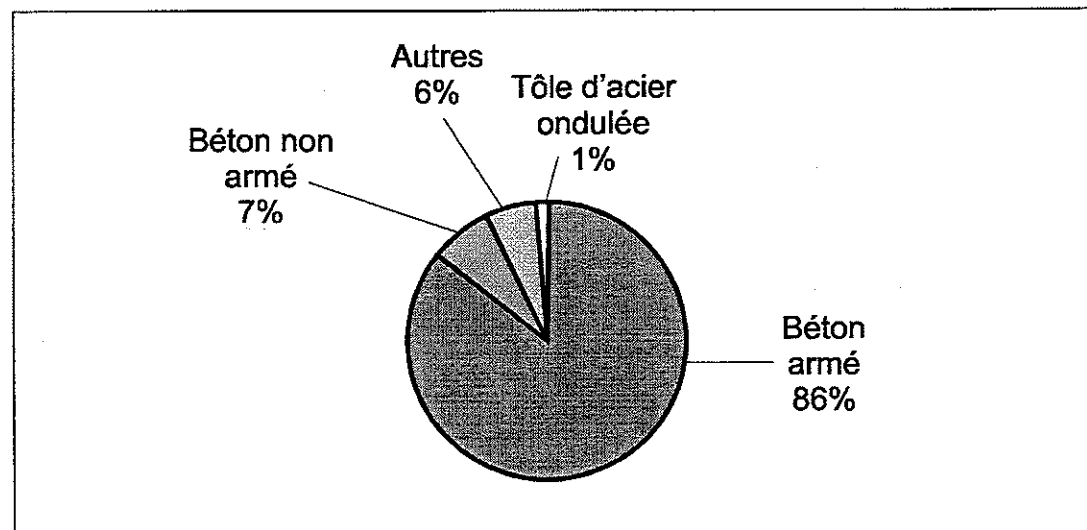


Figure 4. Matériaux des conduites d'égouts pluviaux ayant un diamètre de 675 à 900 mm (29 villes : 12 480 km de conduite)

possèdent d'importantes quantités de conduites d'égouts sanitaires faites en grès vitrifié et en briques. Ces matériaux sont classés dans la catégorie « Autres » dans les figures, de même que tout autre matériau utilisé par une municipalité et qui n'est pas mentionné à la question 5 du questionnaire. À la figure 3, on peut constater que 90 % des conduites d'égouts pluviaux ayant un diamètre de 450 à 600 mm sont faites de béton, armé ou non. En ce qui

concerne les plus gros diamètres (675 à 900 mm), 93 % des conduites d'égouts pluviaux sont en béton (voir la figure 4).

La figure 5 montre que 63 % des conduites d'égouts sanitaires ayant un diamètre de 450 à 600 mm sont en béton, contre 8 % en PVC et 28 % pour les autres matériaux. Pour les conduites d'égouts sanitaires dont le diamètre est compris entre 675 et 900 mm, les bétons

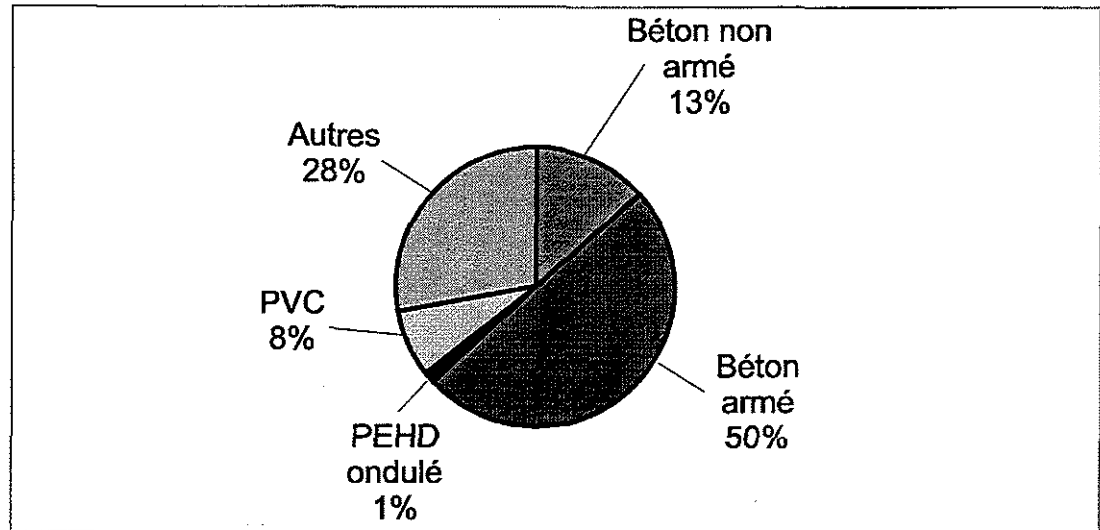


Figure 5. Matériaux des conduites d'égouts sanitaires de 450 à 600 mm de diamètre (23 villes : 13 640 km de conduite)

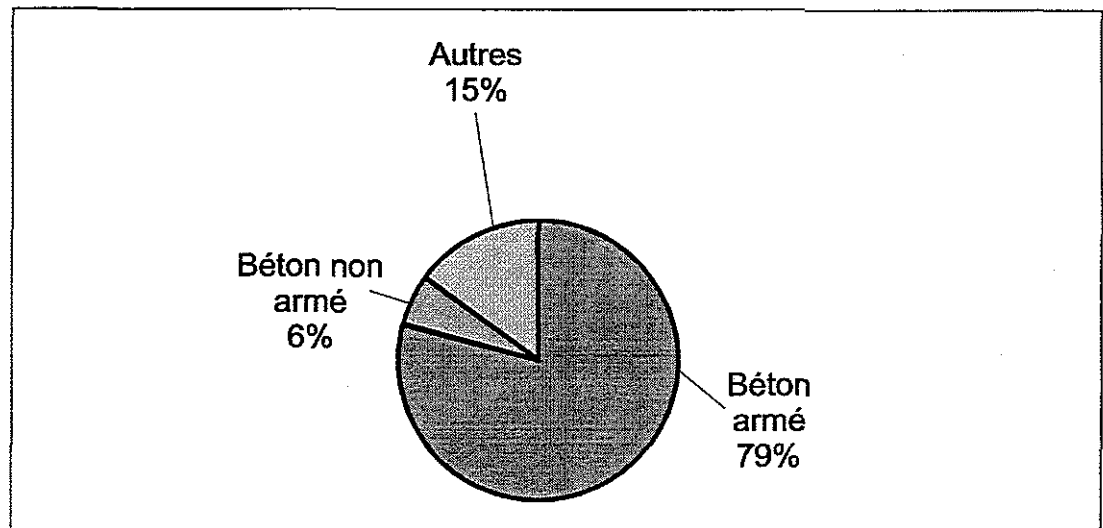


Figure 6. Matériaux des conduites d'égouts sanitaires de 675 à 900 mm de diamètre (21 villes : 12 830 km de conduite)

armé et non armé représentent 85 % des réseaux, et les matériaux classés dans la catégorie "Autres" composent les 15 % restants (voir figure 6).

La nature des sols dans lesquels sont enfouies les conduites d'égouts pluviaux et sanitaires varie d'un bout à l'autre du pays. La plupart des conduites sont installées dans des sols argileux, mais certaines le sont dans des sols à

grain fin, à gros grain, rocheux ou riches en matières organiques.

L'âge des conduites en béton varie entre les catégories « moins de 25 ans » et « plus de 75 ans ». De nombreuses villes ont déclaré posséder des conduites en béton dans les deux autres catégories d'âge : de 25 à 50 ans et de 51 à 75 ans. Les conduites en PVC, tant pour les égouts pluviaux que sanitaires, ont moins de 25

ans, tandis que celles en tôle d'acier ont moins de 50 ans.

Les tableaux 1 et 2 indiquent que la quantité de conduites installées au cours des cinq dernières années est assez faible, ce qui peut être étonnant à première vue. Cela tient au fait que les nouvelles installations relèvent maintenant de la responsabilité des promoteurs immobiliers, comme l'ont signalé plusieurs répondants. Par conséquent, l'inventaire des municipalités au moment de remplir le questionnaire pourrait ne pas inclure toutes les conduites récemment installées par des promoteurs.

Au cours des dernières années, il appert que les villes ont continué à favoriser le béton pour les conduites d'égout pluvial des deux catégories de diamètres, suivi du PVC (voir tableau 1). Le tableau 2 indique que le béton armé demeure le matériau de prédilection pour les conduites

d'égout sanitaire installées au cours des 5 dernières années; il est suivi du PVC.

2.2 Inventaire des ponceaux des ministères des transports

Les questionnaires ont été remplis par six ministères provinciaux des transports. Un autre ministère provincial nous mentionnait que ses ponceaux n'ont pas les diamètres visés par l'enquête. Dans les six questionnaires remplis, les gouvernements provinciaux s'entendent pour dire qu'ils ne sont pas responsables, en grande partie, des égouts pluviaux. Les renseignements contenus dans ce document ne s'appliquent donc qu'aux ponceaux. Une province n'ayant pas rempli la section sur l'inventaire, les résultats ne s'appliquent qu'à cinq provinces. Il y a environ 230 000 ponceaux entretenus par quatre ministères des transports. Leur longueur varie de six (6) à cent mètres, avec une moyenne de 22,7 m.

Tableau 1. Longueur de nouvelles conduites d'égouts pluviaux installées au cours des 5 dernières années, selon le matériau (22 villes)

Matériau	Longueur de conduite d'égout pluvial installée (km)		
	450 à 600 mm	675 à 900 mm	Longueur totale des installations récentes (%)
Béton non armé	11,9	2,3	8,5
Béton armé	85,6	50,6	82,0
Tôle d'acier ondulée	0,2	0,3	0,3
PEHD ondulé	0,6	0,1	0,4
PVC	11,5	1,9	8,0
Autres	0,8	0,6	0,8
Total	110	56	100

Tableau 2. Longueur de nouvelles conduites d'égout sanitaire installées au cours des 5 dernières années, selon le matériau (22 villes)

Matériau	Longueur de conduite d'égout sanitaire installée (km)		
	450 à 600 mm	675 à 900 mm	Longueur totale des installations récentes (%)
Béton non armé	5,7	0,3	13,6
Béton armé	22,5	3,0	58,0
Tôle d'acier ondulée	-	-	-
PEHD ondulé	0,2	0,1	0,7
PVC	10,7	0,02	24,4
Autres	0,7	0,8	3,4
Total	40	4,2	100

Tableau 3. Longueur de nouveaux ponceaux installés au cours de 5 dernières années, selon le matériau (4 ministères)

Matériau	Longueur de ponceaux installés (km)	
	450 à 600 mm	675 à 900 mm
Béton non armé	-	-
Béton armé	2,0	2,5
Tôle d'acier ondulée	42,3	17,8
PEHD ondulé	-	-
PVC	-	-
Répartition inconnue	120	22,6
Total	164,3	42,9

Les chiffres fournis par deux ministères révèlent que 10 % des ponceaux ont des diamètres compris entre 450 et 600 mm, et 17 % des diamètres compris entre 675 et 900 mm. La plupart des ponceaux actuellement en service sont faits en tôle d'acier ondulée ou en béton armé. Dans une province, 60 % des ponceaux sont en tôle acier ondulée et 40 % en béton armé, tandis que dans une autre, 95 % sont en tôle d'acier ondulée et 5 % en béton armé. L'auteure a été informée de l'installation récente, en Ontario, de ponceaux en PEHD ondulé.

Les ponceaux en tôle d'acier ondulée et en béton armé ont moins de 50 ans. Les ponceaux récemment installés sont principalement en béton armé et en tôle d'acier ondulée. Le tableau 3 indique la longueur de ponceau de chaque matériau pour les deux catégories de diamètres, dans deux provinces. Deux autres provinces ont signalé qu'elle ne conservent d'information sur le matériau des ponceaux.

Quatre ministères utilisent des ponceaux en PVC nervuré de diamètre compris entre 450 et 600 mm. Un ministère utilise l'aluminium ondulé, tandis qu'un autre utilise le PEHD nervuré (pour le contrôle de l'érosion). Deux des provinces n'utilisent maintenant que le PEHD nervuré (pour lutter contre l'érosion) et l'aluminium ondulé pour leurs ponceaux de diamètre compris entre 675 et 900 mm.

3. Conception

La section 2 du questionnaire portait sur la conception des conduites. Plus particulièrement, les questions portaient sur les points suivants : « Comment s'établit le choix du matériau des conduites (qui choisit, et ce choix est-il fait en fonction du coût du cycle de vie du matériau ou du coût à l'origine), quelles sont les normes appliquées à l'assise et quelle est l'approche conceptuelle de la canalisation (*conduite, tranchée, remblai*)? ». Une autre question, on demandait à l'ingénieur ou au technicien municipal d'indiquer les conditions influant sur le choix du matériau. Finalement, on demandait d'énumérer par ordre d'importance les paramètres de conception pour chaque type de matériau. Toutefois, aucune distinction n'a été faite entre « conception et spécifications » et « spécifications seulement », même si les municipalités pouvaient choisir l'une ou l'autre. Au total, 34 villes ont rempli cette section.

3.1 Conception des conduites municipales d'égouts pluviaux et sanitaires

Dans la première question, on demandait le nom de la personne ou de l'organisme chargé de la conception des canalisations (conduites et installation). Le tableau 4 indique qui est responsable de la conception des égouts pluviaux.

Tableau 4. Responsabilité de la conception et de la spécification des conduites pour les égouts pluviaux (34 villes : 30 910 km de conduite)

Matériau des conduites	Municipalité (%)	Consultant (%)	Fabricant (%)
Béton non armé	60	30	10
Béton armé	64	27	9
Tôle d'acier ondulée	58	33	8
PEHD ondulé	55	30	15
PVC	67	28	6

Tableau 5. Responsabilité de la conception et de la spécification des conduites pour les égouts sanitaires (34 villes : 30 910 km de conduite)

Matériau des conduites	Municipalité (%)	Consultant (%)	Fabricant (%)
Béton non armé	64	29	7
Béton armé	68	27	5
Tôle d'acier ondulée	65	25	10
PEHD ondulé	50	35	15
PVC	68	27	5

Le tableau 4 montre que ce sont surtout les municipalités qui établissent les spécifications pour les égouts pluviaux. De même, les spécifications des égouts sanitaires sont principalement établies par la municipalité, suivie du consultant et du fabricant (voir le tableau 5).

Le tableau 6 indique que la municipalité choisit aussi, de manière générale, le matériau des conduites pour les égouts d'eaux pluviaux et sanitaires.

Tableau 6. Choix du matériau des conduites (34 villes : 30 910 km de conduite)

Organisation	Choix du matériau des conduites (%)
Municipalité	62
Entrepreneur	14
Consultant	24

Le tableau 7 montre que pour les conduites dont le diamètre est compris entre 450 et 600 mm, le béton est couramment utilisé lorsque la profondeur d'enfouissement est la considération principale. Le principal critère de choix des tuyaux en tôle d'acier ondulée est l'usage qu'on veut en faire (ponceau, émissaire). Par ailleurs, les conduites en PEHD

et en PVC sont choisies principalement en fonction de la nature des sols.

Pour la plage des plus grands diamètres (675 à 900 mm), les raisons principales déterminant le choix d'un matériau sont les mêmes que pour les plus petites conduites. Par exemple, la profondeur d'enfouissement est la raison principale pour laquelle on utilise du béton armé, tandis que le béton non armé est utilisé lorsque la profondeur d'enfouissement et le diamètre des conduites sont les principales considérations. Les facteurs déterminants dans le choix de la tôle d'acier ondulée sont la nature du sol et l'usage de la conduite. La nature du sol est également un critère important justifiant l'emploi de conduites en PEHD ondulé et en PVC (pour plus de détails, voir le tableau 8).

L'emplacement géographique des municipalités semble influencer sur les normes de conception. Par exemple, comme l'indique le tableau 9, les normes ASTM sont utilisées dans les provinces de l'Ouest, des Prairies et des Maritimes. L'Ontario et le Québec ont leurs propres normes pour les assises de conduites, tandis que la Colombie-Britannique est la seule province où les normes techniques de conception sont utilisées de concert avec les normes ASTM et municipales.

Tableau 7. Conditions ou critères régissant le choix des matériaux pour les conduites de 450 à 600 mm de diamètre (30 villes : 30 120 km de conduite)

Matériau du tuyau	Conditions ou critères de conception
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> • profondeur d'enfouissement (5)* • condition des eaux souterraines (2) • usage de la conduite (2) • considérations économiques • seul matériau offert dans ce diamètre
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> • profondeur d'enfouissement (14) • usage de la conduite (3) • utilité dans toutes les conditions (3) • condition des eaux souterraines (2) • toutes les applications sauf les sols mous (2) • nature du sol (2) • considérations économiques • tuyau de plus de 380 mm de diamètre • seul matériau offert dans ce diamètre
Tôle d'acier ondulée	<ul style="list-style-type: none"> • usage de la conduite (6) • nature du sol (3) • profondeur d'enfouissement (2) • condition des eaux souterraines
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> • nature du sol (3) • condition des eaux souterraines (2) • aucune expérience requise • usage de la conduite
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • nature du sol (6) • usage de la conduite (5) • utilité dans toutes les conditions (5) • profondeur d'enfouissement (2) • condition des eaux souterraines (2) • considérations économiques (2) • conditions particulières de construction (2) • disponibilité • manutention

* Nota : Le nombre de villes qui ont mentionné chacune des considérations est indiqué entre parenthèses.

Tableau 8. Conditions ou critères régissant le choix des matériaux pour les conduites de 675 à 900 mm de diamètre (30 villes : 30 120 km de conduite)

Matériau	Conditions ou critères de conception
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> • profondeur d'enfouissement (3)* • diamètre du tuyau (non utilisé si le diamètre est supérieur à 600 mm) (3) • considérations économiques • nature du sol
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> • profondeur d'enfouissement (14) • utilisable dans toutes les conditions (8) • nature du sol (4) • usage de la conduite (3) • diamètre de de la conduite (2) • considérations économiques • installation par temps froid • condition des eaux souterraines

Matériau	Conditions ou critères de conception
Tôle d'acier ondulée	<ul style="list-style-type: none"> • nature du sol (5) • usage de la conduite (5) • profondeur d'enfouissement (3) • diamètre de la conduite • condition des eaux souterraines
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> • nature du sol (3) • profondeur d'enfouissement • aucune expérience requise
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • nature du sol (5) • usage de la conduite (4) • toutes conditions (4) • diamètre de la conduite (3) • profondeur d'enfouissement (3) • condition des eaux souterraines (2) • disponibilité • facilité de manutention

* Nota : Le nombre de villes qui ont mentionné chacune des considérations est indiqué entre parenthèses.

Tableau 9. Normes de conception utilisées pour l'assise (32 villes : 30 870 km de conduite)

Province	Normes de conception
Colombie-Britannique	ASTM, normes techniques de conception, municipales
Alberta	ASTM, CSA
Saskatchewan	ASTM, CSA
Manitoba	ASTM, fabricant
Ontario	provinciales (OPSS), municipales
Québec	provinciales (BNQ)
Nouveau-Brunswick	ASTM
Île-du-Prince-Édouard	ASTM

Parmi les 35 municipalités qui ont mentionné qu'elles utilisaient une méthode de choix de matériau, 55 % examinent le coût initial et 34 % effectuent une analyse du cycle de vie. On a dû téléphoner à une ville de l'Ouest, du Centre et de l'Est pour obtenir plus de précisions sur leur méthode d'analyse du cycle de vie. Les trois ont répondu que leur analyse englobe le coût initial et le coût prévu d'entretien de la conduite. Une ville compare également les coûts actuels de reconstruction pour chaque matériau possible.

Le tableau 10 montre que des paramètres de conception semblables sont utilisés pour les conduites en béton armé et en PVC. Le volume de la circulation routière est le principal critère dans le choix des conduites en béton, suivi par l'écoulement hydraulique et le matériau de remblai. Les villes qui choisissent des conduites en PVC s'intéressent tout d'abord à l'écoulement hydraulique, puis au volume de la circulation routière et au matériau de remblai. Par ailleurs, la corrosion est le facteur le plus important dans le choix de conduites en tôle d'acier ondulée.

Pour les conduites dont les diamètres se situent entre 675 et 900 mm, particulièrement les conduites flexibles, le compactage est un facteur clé (voir le tableau 11). Le compactage se classe deuxième parmi les quatre paramètres principaux de conception, derrière l'écoulement hydraulique, pour les conduites en tôle d'acier ondulée et le PEHD, et troisième pour les conduites en PVC. Quant à la conception des conduites de béton, le volume de la circulation routière s'avère le paramètre le plus important.

Tableau 10. Paramètres de conception les plus pertinents pour les conduites d'égouts pluviaux et sanitaires de 450 à 600 mm de diamètre (29 villes : 30 215 km de conduite)

Classement	Matériau				
	Béton non armé	Béton armé	Tôle d'acier ondulée	PEHD	PVC
1	volume de la circulation routière	volume de la circulation routière	corrosion hydraulique	écoulement hydraulique	écoulement
2	matériau de remblai	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique	compactage	volume de la circulation routière
3	compactage	matériau de remblai	compactage	matériau de remblai	matériau de remblai
4	écoulement hydraulique	compactage	volume de la circulation routière	volume de la circulation routière	compactage

Nota : PEHD est l'abréviation de polyéthylène haute densité, et PVC, celle du polychlorure de vinyle.

Tableau 11. Paramètres de conception les plus pertinents pour les conduites d'égouts pluviaux et sanitaires de 675 à 900 mm de diamètre (29 villes : 29 715 km de conduite)

Classement	Matériau				
	Béton non armé	Béton armé	Tôle d'acier ondulée	PEHD	PVC
1	volume de la circulation routière	volume de la circulation routière	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique
2	matériau de remblai	écoulement hydraulique	compactage	compactage	volume de la circulation routière
3	compactage	matériau de remblai	corrosion	matériau de remblai	compactage
4	risque de gel	compactage	volume de la circulation routière	volume de la circulation routière	matériau de remblai

3.2 Conception des ponceaux des ministères des transports

Comme c'est le cas pour les municipalités, ce sont les gouvernements provinciaux qui jouent le rôle prédominant dans la spécification et/ou la conception des ponceaux (voir le tableau 12).

Tableau 12. Responsabilité de la spécification et/ou de la conception des ponceaux (6 provinces)

Matériau	Ministère (%)	Consultant (%)
Béton non armé	83,3	16,7
Béton armé	90	10
Tôle d'acier ondulée	91,7	8,3
PEHD ondulé	75	25
PVC	83,3	16,7

Nota : Les fabricants ne jouent pas de rôle au niveau de la spécification et de la conception des ponceaux.

De même, ce sont généralement les provinces qui choisissent le matériau des ponceaux (voir tableau 13).

Tableau 13. Choix du matériau des ponceaux (6 provinces)

Organisation	Choix du matériau des ponceaux (%)
Ministère	75
Entrepreneur	16,7
Consultant	8,3

Cinq provinces ont répondu aux questions portant sur les conditions d'utilisation des différents ponceaux (voir le tableau 14). Une province a indiqué que le coût était le seul facteur servant à déterminer le choix du matériau de ses ponceaux.

Tableau 14. Conditions et critères régissant le choix du matériau des ponceaux (5 provinces)

Matériau	Diamètre des ponceaux (mm)	
	450 - 600	675 - 900
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> profondeur d'enfouissement, niveau de la nappe phréatique, nature du sol, usage du ponceau 	<ul style="list-style-type: none"> profondeur d'enfouissement, niveau de la nappe phréatique, nature du sol, usage du ponceau
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> nature du sol (2) construction par temps froid profondeur d'enfouissement, niveau de la nappe phréatique, usage du ponceau 	<ul style="list-style-type: none"> construction par temps froid, nature du sol, forte circulation routière, remblai élevé
Tôle d'acier ondulée	<ul style="list-style-type: none"> nature du sol (2) profondeur d'enfouissement, niveau de la nappe phréatique, traversée de champs, construction par temps froid, installation en profondeur 	<ul style="list-style-type: none"> construction par temps froid, installation en profondeur, faible circulation routière, nature du sol et conditions environnementales
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> sol de nature corrosive ou agressive 	—
PVC	<ul style="list-style-type: none"> sol de nature corrosive ou agressive 	<ul style="list-style-type: none"> milieux corrosifs

Le tableau 14 indique que l'usage du ponceau, la nature du sol et les conditions environnementales, la profondeur d'enfouissement ainsi que les conditions de construction comptent parmi les facteurs pris en considération.

Tout comme pour les normes municipales relatives aux assises des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires, l'emplacement géographique semble jouer un rôle dans l'aménagement des ponceaux. Par exemple, le tableau 15 indique que les normes ASTM sont utilisées dans les provinces de l'Ouest et des Prairies ainsi que dans l'est de Terre-Neuve. Les provinces centrales (Ontario et Québec) et la Nouvelle-Écosse appliquent leurs propres

normes provinciales pour les assises de ponceaux. La Colombie-Britannique, pour sa part, utilise les normes de l'AASHTO, de la CSA et du fabricant.

Tableau 15. Normes de conception utilisées pour l'assise des ponceaux (6 provinces)

Province	Normes de conception
Colombie-Britannique	ASTM, AASHTO, CSA, normes des fabricants
Saskatchewan	ASTM
Manitoba	ASTM
Ontario	provinciales (OPSS)
Québec	provinciales (BNQ)
Nouvelle-Écosse	provinciales
Terre-Neuve	ASTM

Tableau 16. Paramètres de conception les plus pertinents pour les ponceaux (6 provinces)

Classement	Matériau				
	Béton non armé	Béton armé	Tôle d'acier ondulée	PEHD	PVC
1	volume de la circulation routière	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique	écoulement hydraulique
2	écoulement hydraulique	corrosion	corrosion	corrosion	volume de la circulation routière/corrosion
3	corrosion	volume de la circulation routière	volume de la circulation routière/ compactage/ matériau de remblai	-	-
4	condition des eaux souterraines	condition des eaux souterraines	condition des eaux souterraines	-	matériau de remblai

Les réponses concernant les plus importants paramètres de conception des ponceaux sont en grande partie les mêmes pour les différents diamètres. Toutefois, pour les tuyaux en tôle d'acier ondulée de 675 à 900 mm de diamètre, les paramètres en italique au tableau 16 partagent le troisième rang avec le volume de la circulation routière.

À la question 13, le répondant devait indiquer si le choix du matériau des ponceaux était fondé sur le coût initial ou sur le coût du cycle de vie. Trois provinces fondent leur choix sur le coût d'origine, alors qu'une seule tient compte du coût du cycle de vie. Une autre province affirme qu'elle n'analyse ni l'un ni l'autre, tandis que la sixième laisse la décision à l'entrepreneur.

4. Installation

L'enquête incluait des questions sur les difficultés et le coût d'installation, le nombre et le type de conduites endommagées, la forme de la tranchée, les problèmes rencontrés pendant l'installation, de même que la possibilité de suggérer des méthodes d'amélioration de l'aménagement de conduites faites de divers matériaux. D'autres questions portaient sur la classification de différents matériaux en fonction de leur facilité d'assemblage, sur les méthodes d'inspection nécessaires à l'installation et sur la personne qui effectue ces inspections. À la dernière question, on demandait si la municipalité ou la province utilisait ou non du remblai sans retrait.

4.1 Installation des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires dans les municipalités

Le tableau 17 montre la perception des ingénieurs ou des techniciens municipaux à l'égard de la facilité d'installation des différents types de conduite dans les deux plages de diamètres. Les résultats sont la moyenne des cotes indiquées par les villes sur l'échelle donnée (1 étant le plus facile et 5, le plus difficile). Donc, plus le chiffre indiqué au tableau 17 est petit, plus l'installation est considérée facile. Les ingénieurs considèrent que le PVC est le matériau le plus facile à

installer pour les conduites dont les diamètres se situent entre 450 et 600 mm, suivi par le PEHD ondulé et le béton armé. Pour les diamètres compris entre 675 et 900 mm, le PVC arrive encore bon premier, suivi par le béton armé, puis le PEHD ondulé. Il convient de souligner que les conduites en PEHD ondulé actuellement en place ne représentent qu'un faible pourcentage, comparativement à celles en PVC et en béton armé (voir les figures 3 à 6 pour plus de détails).

Tableau 17. Facilité relative d'installation (32 villes : 30 925 km de conduite)

Matériau	Diamètre de la conduite (mm)	
	450 - 600	675 - 900
Béton non armé	2,7	2,6
Béton armé	2,4	2,2
Tôle d'acier ondulée	3,3	3,2
PEHD ondulé	2,1	2,8
PVC	1,2	1,3

Le tableau 18 indique les raisons pour lesquelles les conduites de 450 à 600 mm de diamètre sont considérées faciles à installer, tandis que le tableau 19 montre où se situent les difficultés. Des listes semblables pour les conduites de 675 à 900 mm de diamètre sont fournies aux tableaux 20 et 21. Le nombre de villes ayant mentionné chacune des raisons est indiqué entre parenthèses, dans les tableaux.

Selon le tableau 18, les trois principales raisons invoquées au chapitre de la facilité d'installation sont la légèreté et la manipulation aisée, les sections plus longues des conduites et la facilité d'assemblage des joints. Quelques villes ont indiqué pour quelles raisons elles trouvent facile l'installation des conduites rigides; elles sont signalées par deux astérisques au tableau 18.

Tableau 18. Raisons de la facilité d'installation des conduites de 450 à 600 mm de diamètre (32 villes : 30 925 km de conduite)

Classement	Raisons
1	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté et manipulation aisée (31) • Moins de joints • Faible profondeur • Assise • Assise requise * • Matériau robuste • Expérience • Solidité **
2	<ul style="list-style-type: none"> • Longueur de conduite supérieure (11) • Facilité d'assemblage des joints (5) • Facilité de découpage (5) • Légèreté (3) • Disponibilité des composants (2) • Aucune machinerie lourde requise • Remblayage • Extérieur lisse • Conditions climatiques • Durabilité **
3	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité d'assemblage des joints (10) • Facilité/possibilité de découpage (3) • Légèreté et manipulation aisée (2) • Longueurs supérieures • Connaissance locale • Facilité d'alignement • Joints d'étanchéité • Facilité de disposition latérale • Services privés • Meilleure étanchéité aux joints • Réussite aux essais • Assise • Durabilité **

Nota : * conduites en béton armé et ** conduites rigides

Tableau 19. Raisons de la difficulté d'installation des conduites de 450 à 600 mm de diamètre (32 villes : 30 925 km de conduite)

Classement	Raisons
1	<ul style="list-style-type: none"> • Poids élevé/difficulté de manipulation (29) • Assemblage plus compliqué (1) • Raccords (1) • Difficulté d'assemblage des joints (2) • Assise requise (2) • Mise en place de garnitures par temps froid (1) • Connaissance locale • Faible disponibilité des composants • Sensibilité à l'assise et au remblai *
2	<ul style="list-style-type: none"> • Longueurs inférieures (8) ** • Difficulté d'assemblage des joints (4) - corps étrangers gelés dans le bout mâle • Difficulté de manœuvre (4) • Compactage inférieur • Remblayage • Poids supérieur • Difficulté d'insertion des selles • Difficulté d'ajustement • Extérieur rugueux • Fragilité (2) * • Assise/compactage critiques * • Taux de réussite aux essais hydrauliques
3	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté d'ajustement/coupe (6) • Difficulté d'assemblage des sections (5) • Assise partiellement gelée • Extrémités non rondes • Joints d'étanchéité • Taux de réussite aux essais • Installation moins soignée • Difficulté de remblayage • Nécessité de réaliser l'assise avec soin *

Nota : * conduites flexibles ** conduites rigides

Les trois principales raisons invoquées au chapitre de la difficulté d'installation sont le poids et la manipulation, les sections courtes et la difficulté d'ajuster les longueurs. Un astérisque indique les villes qui ont mentionné les difficultés d'installation des conduites flexibles.

Tableau 20. Raisons de la facilité d'installation des conduites de 675 à 900 mm de diamètre (31 villes : 29 625 km de conduite)

Classement	Raisons
1	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté et manipulation aisée (18) • Connaissance locale • Facilité d'alignement • Longueurs supérieures • Faible profondeur • Assise • Matériau robuste ** • Faible sensibilité au compactage ** • Seul matériau disponible dans ce diamètre ** • Solidité ** • Durabilité **
2	<ul style="list-style-type: none"> • Longueurs supérieures (8) • Facilité d'assemblage des joints (7) • Légèreté (3) • Disponibilité des composants • Facilité de pose des selles • Joints d'étanchéité internes • Extérieur lisse • Facilité de coupe (2) • Remblayage moins minutieux (2) ** • Conduites plus courtes (remblayage à la rétrocaveuse **)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité d'assemblage des joints (6) • Légèreté et manipulation aisée • Facilité/possibilité de coupe (4) • Longueurs supérieures • Machinerie lourde non requise • Facilité de disposition latérale • Services privés • Meilleure étanchéité aux joints • Réussite aux essais • Assise **

Nota : ** conduites rigides

Parmi les conduites de 675 à 900 mm de diamètre, les mêmes facteurs ont souvent été mentionnés comme contribuant à la facilité d'installation.

Encore une fois, pour les conduites dont le diamètre est compris entre 675 et 900 mm, les trois principales difficultés d'installation sont les mêmes que pour les conduites de plus faible diamètre.

Tableau 21. Raisons de la difficulté d'installation des conduites de 675 à 900 mm de diamètre (31 villes : 29 625 km de conduite)

Classement	Raisons
1	<ul style="list-style-type: none"> • Poids élevé/difficulté de manipulation (15) • Connaissance locale • Assemblage plus compliqué • Raccords • Difficulté de pose des joints (2) • Assise • Mise en place de garnitures par temps froid • Faible disponibilité des composants • Problèmes d'alignement
2	<ul style="list-style-type: none"> • Longueurs inférieures (5) * • Difficulté d'assemblage des joints (2) – corps étrangers gelés dans le bout mâle • Difficulté d'ajustement/coupe (2) • Remblayage (2) et compactage • Poids élevé (1) • Difficulté d'insertion des selles • Difficulté d'ajustement • Extérieur rugueux • Fragilité (2) * • Assise/compactage critiques *
3	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté d'ajustement ou de coupe (4) • Difficulté d'assemblage des joints (3) • Machinerie lourde requise pour installation • Assise partiellement gelée • Joints de conduite de moins bonne qualité • Difficulté des branchements latéraux • Enroulement des garnitures d'étanchéité • Taux de réussite aux essais • Installation moins soignée • Difficulté de remblayage • Nécessité de réaliser l'assise avec soin *

Nota : * conduites flexibles

Les questions portant sur les coûts d'installation récente, le nombre de conduites rejetées ou endommagées pendant le transport, l'entreposage et l'installation, et les types de dommages subis ont mené à des résultats non concluants. Le but visé était de déterminer si le choix du matériau des conduites dans une ville était fondé sur le coût d'installation du produit. Parmi les villes qui ont répondu à cette question,

la plupart n'ont indiqué les coûts que pour un seul matériau. Aucune comparaison ne peut être faite en raison de l'insuffisance de données.

Tableau 22. Suggestions pour améliorer l'installation (10 villes : 13 860 km de conduite)

Matériau	Suggestion
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> • systèmes de levage/manutention • propreté des joints • largeur suffisante de tranchée pour faciliter l'obtention d'une assise uniforme
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> • poids (installation sans machinerie lourde) (2) • amélioration des joints • joints d'étanchéité à surface rugueuse • propreté des joints • largeur suffisante de tranchée pour faciliter l'obtention d'une assise uniforme • nervure plus profonde dans l'emboîtement pour que les joints d'étanchéité restent à l'intérieur • problèmes de levée
Tôle d'acier ondulée	<ul style="list-style-type: none"> • propreté des joints • choix d'une assise appropriée • plus de choix parmi les raccords spéciaux (coudes)
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> • frottement excessif sur l'assise pendant les opérations d'assemblage des joints • propreté des joints • pas d'installation par temps froid • précautions pendant le transport • matériau ne convenant pas pour une installation sous les routes asphaltées avec circulation lourde
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • compactage approprié du remblai • problèmes de flottement et de déplacement (2) • état du sol existant (marais tourbeux, grès, etc.) • propreté des joints • choix d'une assise appropriée • inspection avec caméra lorsque des problèmes surviennent en service

La forme de la tranchée destinée aux conduites semble être propre à chaque situation, comme le type de sol et la profondeur d'enfouissement. Les municipalités ont indiqué qu'elles utilisaient les trois types de tranchée présentés

dans le questionnaire (carrée, inclinée, combinaison des deux), mais qu'elles utilisaient la plupart du temps la combinaison des deux.

Les suggestions faites par certaines villes pour faciliter l'installation des conduites sont énumérées au tableau 22. La suggestion la plus fréquente pour le béton armé consiste à équilibrer le poids de la conduite, ce qui permettrait de se passer de machinerie lourde. Pour les conduites en PVC, deux villes ont suggéré de veiller de plus près au choix du remblai et aux méthodes de compactage afin d'éliminer ou tout au moins de réduire le flottement et le déplacement de la conduite.

On a demandé aux villes de signaler tout problème d'installation à des températures inférieures à -10 °C. Le durcissement des joints d'étanchéité en caoutchouc, dans le cas des conduites en béton armé, compte parmi ces problèmes. La fragilité (rupture fragile) et le gel sur le sol des sites de stockage sont deux problèmes fréquents pour les conduites en PVC. Le tableau 23 énumère les problèmes signalés.

Tableau 23. Problèmes lors d'installation par temps froid (13 villes : 15 540 km de conduite)

Matériau	Installation par temps froid
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> • Durcissement des joints d'étanchéité en caoutchouc • Fissuration
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> • Durcissement des joints d'étanchéité en caoutchouc (2) • Rétrécissement • Fissuration • Joints qui sortent lorsque la conduite n'est pas bien supportée par les assises • Joints glacés
Tôle d'acier ondulée	—
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau fragile par temps froid (2) • Rainures cassées (PEHD nervuré)
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau cassant (6) • Gel des conduites sur le sol si elles ne sont pas sur des cales (2) • Sujet au bris • Problèmes avec les conduites de plus petit diamètre • Matériau très fragile • Problèmes de joints

Parmi les diverses méthodes d'inspection réalisées après l'installation des égouts pluviaux et sanitaires, mentionnons :

- essai de compactage de l'assise et du remblai (9);
- inspection vidéo en circuit fermé (8);
- vérification des joints (7);
- vérification de l'assise (6);
- vérification du fléchissement (3), de l'alignement (3), de la pente du radier (3), du remblai (3) et de l'élévation (3) des conduites, en conformité avec les normes de l'Ontario (Ontario Provincial Standard Specifications - OPSS) et avec les spécifications du fabricant et de la ville (3),
- contrôle complet (2), essai à l'air (2), inspection de la profondeur après l'installation de la conduite (2);
- inspection des conduites en stock et rejet des sections brisées ou fissurées (1).

Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de villes qui ont inclut ce commentaire dans leur réponse. L'essai de compactage de l'assise et du remblai est la vérification la plus fréquente. La vérification de conformité aux OPSS et aux spécifications du fabricant et de la ville peut couvrir les spécifications de compactage de l'assise et du remblai mais, étant donné qu'elle couvre sans doute aussi d'autres spécifications et méthodes, on n'a pas inclut dans le total correspondant les trois villes qui en ont fait mention.

À la question 25, on demandait d'identifier les responsables de l'inspection des égouts pluviaux et sanitaires. Les réponses obtenues indiquent que les inspections sont effectuées par les employés municipaux (56 %), par les entrepreneurs (40 %) ou par des consultants engagés spécialement pour effectuer l'inspection des nouveaux réseaux (4 %).

On n'utilise que très peu le remblai sans retrait. De tous les répondants, 51 % des villes ne l'utilisent jamais et 46 % ne l'utilisent que dans moins de 20 % de leurs installations. Seulement 3 % l'utilisent dans 20 % à 40 % des cas.

4.2 Installation des ponceaux des ministères des transports

Cinq ministères des transports ont fait des commentaires sur la facilité et les difficultés d'installation des différents types de ponceaux (voir le tableau 24). L'échelle de réponse à cette question est la même que celle du tableau 17 concernant les municipalités. Plus la valeur est proche de 1, plus le type de conduite a semblé facile à installer.

Le tableau 25 montre que les raisons invoquées au chapitre de la facilité d'installation sont les mêmes pour les deux plages de diamètres, à une seule exception près : le contrôle de l'assise pour les diamètres compris entre 675 et 900 mm.

Tableau 24. Facilité relative d'installation (5 provinces)

Matériau des ponceaux	Diamètre des ponceaux (mm)	
	450 à 600	675 à 900
Béton non armé	3,7	3,6
Béton armé	3,2	2,6
Tôle d'acier ondulée	1,4	1,6
PEHD ondulé	3,0	2,0
PVC	3,7	4,0

Le tableau 26 donne les principales raisons invoquées au chapitre de la difficulté d'installation pour les deux plages de diamètres. Le poids des conduites, les exigences en matière d'assise et de compactage ainsi que l'assemblage des sections ou le raccordement des conduites sont les principales préoccupations mentionnées.

Tableau 25. Raisons de la facilité d'installation (5 provinces)

Classement	Raisons	
	450 à 600 mm	675 à 900 mm
1	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté/manipulation (4) • Raccordement facile 	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté/manipulation(4) • Raccordement facile
2	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté (2) • Flexibilité, rigidité, insensibilité au remblai, raccordement facile 	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté (2) • Flexibilité, rigidité, insensibilité au remblai, raccordement facile
3	<ul style="list-style-type: none"> • Raccordement facile(2) • Expérience de l'entrepreneur, travaux préparatoires allégés 	<ul style="list-style-type: none"> • Raccordement facile(2) • Expérience de l'entrepreneur, travaux préparatoires et inspection de l'assise allégés

Tableau 26. Raisons des difficultés d'installation (5 provinces)

Classement	Raisons	
	450 à 600 mm	675 à 900 mm
1	<ul style="list-style-type: none"> • Poids/manipulation (2) • Flottement lors du remblayage initial, sensibilité au compactage, travaux préparatoires accrus 	<ul style="list-style-type: none"> • Poids (2) • Travaux préparatoires accrus, sensibilité au compactage, sensibilité aux dommages
2	<ul style="list-style-type: none"> • Poids (2) • Endommagement facile (2) • Transport vers la zone d'installation 	<ul style="list-style-type: none"> • Endommagement facile, transport vers la zone d'installation, main-d'oeuvre expérimentée nécessaire, poids, sensibilité au remblayage
3	<ul style="list-style-type: none"> • Assemblage des joints difficile (2) • Perforations faciles, manipulation nécessitant plus d'équipement 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible à l'assise (2) • Effilochage facile des joints si endommagés

Cinq ministères des transports ont fait des commentaires sur le coût relatif d'installation pour chaque type de ponceau, dans les deux catégories de diamètres. Toutefois, les réponses n'indiquent pas si un type de matériau (rigide ou flexible) est de façon constante plus coûteux qu'un autre, toutes les autres variables étant égales.

Nous avons obtenu un nombre insuffisant de réponses quant au nombre ou au pourcentage de ruptures survenant pendant le transport, l'entreposage et l'installation, quant au type de tranchée et quant au pourcentage d'écart de la largeur de la tranchée pour pouvoir présenter une analyse des données.

Nous avons demandé aux répondants de faire des suggestions en vue d'améliorer l'installation des ponceaux. Pour les conduites en béton armé, il a entre autres été suggéré de donner une

meilleure formation aux responsables de l'installation et d'améliorer les systèmes d'assemblage des sections de conduite. Pour les ponceaux en tôle d'acier ondulée, on a proposé d'améliorer le matériel de compactage. Une province a mentionné que les problèmes dépendaient du secteur, de l'environnement, du matériau et de l'emplacement du ponceau.

Peu de problèmes ont été soulevés quant aux installations par temps froid. Toutefois, une province a mentionné que les conduites en tôle d'acier ondulée se fendent ou se déchirent lorsqu'on les installe par temps froid. Une autre province tente d'éviter les installations dans de telles conditions. Les quatre autres provinces n'ont pas répondu à la question.

Le personnel des ministères des transports devait également classer les matériaux de ponceau selon la facilité d'assemblage des

sections de conduite. Le tableau 27 résume les réponses obtenues à cette question. Il convient de noter que, dans certains cas, les employés provinciaux ont fait des commentaires sur des matériaux qu'ils n'utilisent pas.

Tableau 27. Facilité relative d'assemblage des sections de conduite (4 provinces)

Matériau	Classement
Béton non armé	2,3
Béton armé	4,0
Tôle d'acier ondulée	3,3
PEHD ondulé	1,0
PVC	1,7

Quatre ministères des transports ont souligné avoir établi leurs propres méthodes d'inspection lors de l'installation des ponceaux. Certaines de ces méthodes portent sur les éléments suivants : assemblage des sections, tassement, largeur de tranchée, épaisseur et matériaux de l'assise, élévation du radier, matériaux de remblai (2), méthodes et densité de compactage (2) et conformité aux OPSS. Dans toutes les provinces où des inspections pendant l'installation sont obligatoires, ces dernières sont effectuées par leur propre personnel.

Enfin, une seule province utilise actuellement du remblai sans retrait.

5. Performance

La dernière section du questionnaire portait sur la perception de la performance des différents matériaux de conduite. Nous pouvons attribuer le manque de données sur l'état actuel des infrastructures souterraines à la faible compréhension de la performance des différents composants. La majorité des villes et provinces n'ont pu répondre correctement aux questions et soulignent qu'elles ne recueillent ou ne conservent pas de données à ce sujet.

La section 5.1 résume les renseignements recueillis et les statistiques nous permettant d'établir un parallèle entre les résultats.

5.1 Performance des conduites municipales d'égouts pluviaux et sanitaires

On a demandé aux répondants s'ils avaient mis au point un système de classement ou des

critères servant à évaluer l'état des égouts pluviaux et sanitaires. Parmi les villes ayant répondu à cette question, 32 % utilisent un système ou des critères de ce type. Toutefois, 68 % n'ont aucune approche systématique face à l'évaluation de l'état de ces infrastructures.

Des inspections périodiques sont effectuées par 64 % des villes qui ont répondu à cette question [soit 35 villes et 30 800 km de conduites]. Bien que de nombreuses villes aient exprimé leur intention d'établir un calendrier de réhabilitation des égouts pluviaux et sanitaires, rares sont celles qui effectuent maintenant des inspections.

Les 23 villes qui font des vérifications périodiques de leurs conduites utilisent toutes des techniques d'inspection par télévision en circuit fermé. Des inspections visuelles extérieures sont effectuées par huit villes. Toutefois, la fréquence des inspections varie d'une ville à l'autre. Certaines d'entre elles suivent un cycle d'entretien et d'inspection, tandis que d'autres inspectent tous les cinq ou dix ans la totalité de leurs conduites à l'aide d'un système de télévision en circuit fermé. La fréquence des inspections visuelles varie entre une fois l'an et « lorsque c'est possible ».

À partir des réponses à la question 29, voici les facteurs dont on tient compte dans le choix des techniques de réhabilitation (pour 28 villes et 30 595 km de conduites) :

- coût de remplacement (cycle de vie, rentabilité) (12);
- défaut de la conduite (6);
- profondeur d'enfouissement de la conduite (3);
- emplacement de la conduite (2);
- état et matériau de la conduite, projets individuels, ampleur des infiltrations, coefficient d'écoulement, etc.
- analyse des répercussions, analyse du coût de concert avec d'autres travaux (construction routière), choix de l'ingénieur, appel d'offres;

- évaluation des avantages et des risques, coût de réhabilitation par rapport au coût de creusage (coûts sociaux), méthodes déjà utilisées, emplacement et matériau (matrice).

Le tableau 28 présente les techniques de réhabilitation utilisées dans différentes villes pour chaque type de matériau, pour les deux plages de diamètres. Le choix de ces techniques ne semble pas dépendre des diamètres des conduites. Pour les deux plages de diamètres, le creusage et le remplacement constituent la formule privilégiée pour les conduites en béton non armé, en béton armé et en tôle d'acier ondulée, suivie par la pose d'un revêtement intérieur. Le creusage et le remplacement constituent aussi la technique de

réhabilitation préférée pour les conduites en PVC et en PEHD ondulé; vient ensuite la considération de toutes les autres techniques, pour les deux catégories de diamètres.

Les réponses obtenues aux questions 31a et 31b relatives au nombre de réparations et de remplacements pour chaque matériau de conduite n'ont pas permis la réalisation d'une évaluation satisfaisante, soit que ces données n'étaient pas consignées, soit que les réponses étaient exprimées en différents types d'unités.

Les types de dommages et de ruptures sont indiqués au tableau 29 pour chaque matériau et chaque catégorie de diamètre. La fissuration est le dommage le plus fréquent subi par le béton non armé, dans les deux plages de diamètres. La

Tableau 28. Techniques de réhabilitation (26 villes : 23 260 km de conduite)

Matériau	Diamètre de conduite (mm)	
	450 à 600 ^a	675 à 900 ^b
Béton non armé (a = 790,1 km; 26,2 %) (b = 85,6 km; 4,2 %)	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (14) Revêtements intérieurs (6) Toutes les techniques (2) Coulis (2) Réparations locales Chemises en U 	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (12) Revêtements intérieurs (4) Toutes les techniques (2) Coulis (2) Réparations locales
Béton armé (a = 1988,6 km; 65,8 %) (b = 1885,3 km; 98,9 %)	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (21) Revêtement (7) Coulis (5) Manchons internes (2) Toutes les techniques, selon le problème, aucune rupture, réparations locales, enlèvement des racines par alésage, procédé Insituform pour obtenir les perforations du revêtement intérieur 	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (19) Revêtements intérieurs (8) Coulis (4) Toutes les techniques (2) Selon le problème, aucune rupture, réparation locale, réparation des perforations
Tôle d'acier ondulée (a = 28,5 km; 0,9 %) (b = 21,5 km; 1,1 %)	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (13) Revêtements intérieurs (3) Coulis, toutes les techniques 	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (11) Revêtements intérieurs (3) Coulis, toutes les techniques
PEHD ondulé (a = 16,9 km; 0,6 %) (b = 3,8 km; 0,2 %)	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (4) Toutes les techniques (2) Coulis 	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (4) Toutes les techniques (2) Coulis
PVC (a = 196,5 km; 6,5 %) (b = 11,6 km; 0,6 %)	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (9) Toutes les techniques (2) Revêtements intérieurs (2) Coulis (2) 	<ul style="list-style-type: none"> Creusage et remplacement (9) Toutes les techniques (2) Revêtements intérieurs (2) Coulis (2)

On notera que la longueur de chaque conduite et le pourcentage correspondant aux villes ayant répondu, pour les deux plages de diamètres, figurent entre parenthèses sous chaque type de matériau. Les deux plages de diamètres sont de 450 à 600 mm (a) et de 675 à 900 mm (b).

rupture des joints est le dommage le plus fréquemment subi par le béton armé, pour les deux plages de diamètres. Quant à la tôle d'acier ondulée, pour les deux catégories de diamètre, il s'agit de la dégradation du matériau. Pour les conduites en PVC, la rupture de joints et le fléchissement sont les deux dommages les plus courants. Par contre, on n'a pas signalé de dommages en service dans le cas des conduites en PEHD ondulé. Précisons que les questionnaires ne comportaient aucune définition du terme « rupture ». Il était sous-entendu qu'il s'agissait de défauts ou de dommages au sens général.

Le tableau 30 montre que l'état de l'assise est la principale cause d'endommagement des conduites en béton non armé de diamètre compris entre 450 et 600 mm. Quant à celles dont le diamètre se situe entre 675 et 900 mm, les principales causes d'endommagement semblent être la corrosion due à l'acide, l'état de l'assise et l'infiltration. L'état de l'assise et l'infiltration sont les deux causes d'endommagement des conduites de béton armé, pour les deux plages de diamètres. Les ingénieurs municipaux sont portés à croire que la corrosion est la principale cause

Tableau 29. Types de dommages/ruptures en service nécessitant la réparation ou le remplacement

Matériau	Diamètre des conduites (mm)	
	450 - 600 ^a (20 villes; 17 090 km)	675 - 900 ^b (16 villes; 16 830 km)
Béton non armé (a = 656,1 km; 25,1 %) (b = 283,2 km; 16,4 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuration (9) • Effondrement (7) • Dégradation du matériau (4) • Rupture des joints (4) • Fentes (3) • Trous, infiltration, puisards, flambage 	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuration (5) • Effondrement (5) • Dégradation du matériau (3) • Infiltration et rupture des joints
Béton armé (a = 1757,1 km; 67,3 %) (b = 1419,3 km; 82,1 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture des joints (10) • Fissuration (8) • Effondrement (4) • Trous (4) • Dégradation du matériau (2) • Fentes (2) • Infiltration (2) • Affaissement (2) • Déformations importantes, flambage, racines 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture des joints (7) • Fissuration (5) • Effondrement (3) • Dégradation du matériau (2) • Flambage (2) • Affaissement (2) • Puisards, trous, infiltration
Tôle d'acier ondulée (a = 25,1 km; 1,0 %) (b = 17,3 km; 1,0 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation du matériau (4) • Déformation importante (3) • Trous (2) • Effondrement (2) • Fentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation du matériau (3) • Déformation (2) • Effondrement, trous
PEHD ondulé (a = 15,6 km; 0,6 %) (b = 3,5 km; 0,2 %)	—	—
PVC (a = 157,9 km; 6 %) (b = 6,0 km; 0,3 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture des joints (2) • Fléchissement (2) • Flambage, déformation, puisards 	<ul style="list-style-type: none"> • Fléchissement (2) • Flambage, déformation

On notera que la longueur de chaque conduite et le pourcentage correspondant aux villes ayant répondu, pour les deux plages de diamètres, figurent entre parenthèses sous chaque type de matériau. Les deux plages de diamètres sont de 450 à 600 mm (a) et de 675 à 900 mm (b).

Tableau 30. Causes de l'endommagement et des ruptures en service

Matériau	Diamètre des conduites (mm)	
	450 à 600 ^a (20 villes : 17 090 km)	675 à 900 ^b (16 villes : 16 100 km)
Béton non armé (a = 656,1 km; 25,1 %) (b = 283,2 km; 16,4 %)	<ul style="list-style-type: none"> État de l'assise (6) Infiltration (3) Corrosion due à l'acide (3) Compactage (2) Installation/manipulation, gel, attaque par les sulfates 	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion due à l'acide (3) État de l'assise (2) Infiltration (2) Attaque par les sulfates, compactage
Béton armé a = 1757,1 km; 67,3 % (b = 1419,3 km; 82,1 %)	<ul style="list-style-type: none"> État de l'assise (9) Infiltration (8) Compactage (5) Cavités (2) Attaque par les sulfates (2) Tassement de la fondation (2) Gel, mouvement de la pente, trous, fissures, rupture des joints, corrosion due à l'acide, surcharges, racines, ouverture de joint, installation/manipulation 	<ul style="list-style-type: none"> État de l'assise (4) Infiltration (4) Compactage (3) Cavités (3) Fondations (2) Effondrement, attaque par les sulfates, corrosion due à l'acide
Tôle d'acier ondulée (a = 25,1 km; 1,0 %) (b = 17,3 km; 1,0 %)	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion du métal (4) Compactage (2) État de l'assise, trous, compactage, surcharge 	<ul style="list-style-type: none"> Trous, compactage, corrosion du métal, tassement de la fondation
PEDH ondulé (a = 15,6 km; 0,6 %) (b = 3,5 km; 0,2 %)	—	—
PVC (a = 157,9 km; 6 %) (b = 6,0 km; 0,3 %)	<ul style="list-style-type: none"> État de l'assise (2) Compactage, déformation, fléchissement 	<ul style="list-style-type: none"> Compactage

On notera que la longueur de chaque conduite et le pourcentage des villes ayant répondu, pour les deux plages de diamètres, figurent entre parenthèses sous chaque type de matériau. Les deux plages de diamètres sont de 450 à 600 mm (a) et de 675 à 900 mm (b).

d'endommagement des conduites en tôle d'acier ondulée, pour les diamètres compris entre 450 et 600 mm, tandis que l'état de l'assise et le mauvais compactage semblent dans la majorité des cas être les causes d'endommagement et de rupture des conduites en PVC.

Le tableau 31 donne la liste de chaque matériau de conduite avec son classement à la lumière des réponses obtenues sur la performance des joints des conduites d'égout pluvial et sanitaire. Comme pour les tableaux précédents, le chiffre le plus près de 1 représente la meilleure performance.

Tableau 31. Performance des joints (27 villes : 24 200 km de conduite)

Matériau	Performance des joints
Béton non armé	3,2
Béton armé	2,6
Tôle d'acier ondulée	4,2
PEHD ondulé	2,3
PVC	1,1

Nota : Les chiffres fournis sont des moyennes de classement (1 pour le meilleur, 5 pour le pire) fournies par les municipalités. Plus le chiffre s'approche de 1, meilleure est la performance des joints.

La dernière question portait sur l'influence des types de matériau composant une conduite enfouie sous un remblai de même nature sur la performance des installations de surface telles que les routes, les regards et les puisards. Le trop faible taux de réponse ne nous a pas permis de tirer des conclusions.

5.2 Performance des ponceaux des ministères des transports

Le questionnaire a révélé qu'aucune des six provinces n'est dotée d'un système pour évaluer ses ponceaux.

De ce groupe, quatre provinces effectuent des inspections visuelles périodiques, la seule méthode d'inspection actuellement utilisée.

Quant aux techniques de réhabilitation, deux provinces affirment remplacer les tronçons de conduite, tandis que les quatre autres font leur choix en se fondant sur :

- l'expérience et les discussions avec les fabricants de conduites
- l'opinion du consultant ou les recommandations du ministère

- les économies
- les exigences particulières

Le tableau 32 présente les diverses techniques de réhabilitation des ponceaux pour les deux plages de diamètres. Le creusage et le remplacement constituent la méthode la plus populaire, suivie par la pose de revêtements et de manchons intérieurs.

Personne n'a répondu à la question sur le nombre de ruptures et de remplacements.

Toutefois, quatre provinces ont répondu aux questions sur les types et causes de dommages et de ruptures en service. Celles-ci sont résumées aux tableaux 33 et 34. Ces derniers présentent également la longueur totale inventoriée dans chacune des provinces pour chaque type de matériau de ponceau.

En ce qui concerne les produits en béton, aucune province n'a signalé les mêmes types de dommages. Les dommages et les ruptures des conduites en tôle d'acier ondulée semblent être provoqués par l'effondrement et la dégradation du matériau. Les autres causes de dommages et de ruptures sont indiquées au tableau 34. Encore une fois, seulement quatre provinces ont répondu.

Tableau 32. Techniques de réhabilitation pour les ponceaux (6 provinces)

Matériau	Diamètre des ponceaux (mm)	
	450 à 600	675 à 900
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> • Creusage et remplacement (2) • Revêtements et manchons intérieurs (2) • Coulis 	<ul style="list-style-type: none"> • Revêtements et manchons intérieurs (3) • Creusage et remplacement (2) • Coulis (2)
Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> • Creusage et remplacement (4) • Revêtements et manchons intérieurs (3) • Coulis 	<ul style="list-style-type: none"> • Creusage et remplacement (4) • Revêtements et manchons intérieurs (4) • Coulis (2)
Tôle d'acier ondulée	<ul style="list-style-type: none"> • Creusage et remplacement (5) • Revêtements et manchons intérieurs (2) • Coulis 	<ul style="list-style-type: none"> • Creusage et remplacement (5) • Revêtements et manchons intérieurs (3) • Coulis (2)
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> • Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> • Sans réponse
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> • Sans réponse

Tableau 33. Dommages et ruptures des ponceaux en service nécessitant la réparation ou le remplacement

Matériau	Diamètre des ponceaux (mm)	
	450 à 600 ^a (4 provinces)	675 à 900 ^b (4 provinces)
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> Fentes, fissures, ruptures de joints, trous 	<ul style="list-style-type: none"> Effondrement, ruptures de joints, fentes, fissures
Béton armé (a = 2 km) (b = 2,5 km)	<ul style="list-style-type: none"> Fentes, fissures, ruptures de joints, trous 	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse
Tôle d'acier ondulée (a = 42,3 km) (b = 17,8 km)	<ul style="list-style-type: none"> Effondrement (4) Dégradation du matériau (3) Trous (2) Affaissements de structure, fentes, puisards, déformation excessive, flambage 	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation du matériau (4) Effondrement (3) Flambage (2) Trous, déformation excessive, fentes
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse
PVC	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse

Nota : Il y a 120 km de ponceaux dont les diamètres se situent entre 450 et 600 mm, et 22,6 km de ponceaux dont les diamètres se situent entre 675 et 900 mm, mais qui sont faits d'un matériau inconnu; voir le tableau 3.

Tableau 34. Causes des dommages et ruptures des ponceaux en service

Matériau	Diamètre des ponceaux (mm)	
	450 à 600 ^a (4 provinces)	675 à 900 ^b (4 provinces)
Béton non armé	<ul style="list-style-type: none"> Compactage, assise 	<ul style="list-style-type: none"> Compactage, assise
Béton armé (a = 2 km) (b = 2,5 km)	<ul style="list-style-type: none"> Compactage, assise 	<ul style="list-style-type: none"> Compactage, assise
Tôle d'acier ondulée (a = 42,3 km) (b = 17,8 km)	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion du métal (4) État de l'assise (4) Compactage (3) Infiltration (2) 	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion du métal (3) Compactage (3) État de l'assise (3) Infiltration
PEHD ondulé	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse
PVC	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse 	<ul style="list-style-type: none"> Sans réponse

Nota : Il y a 120 km de ponceaux dont les diamètres se situent entre 450 et 600 mm, et 22,6 km de ponceaux dont les diamètres se situent entre 675 et 900 mm, mais qui sont faits d'un matériau inconnu; voir le tableau 3.

Comme l'indique le tableau 34, les ingénieurs provinciaux croient que les principales causes de rupture en service sont la nature du compactage, l'état de l'assise et la corrosion du métal.

Les résultats concernant la performance des joints ne sont pas très significatifs étant donné que seulement trois des six provinces ont répondu à ces questions.

6. Sommaire

Cette étude pancanadienne sur l'état et la performance des égouts municipaux et des ponceaux provinciaux et municipaux a mené à certaines découvertes intéressantes.

Au Canada, la plupart des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires dont le diamètre se situe entre 450 et 900 mm sont en béton (armé ou non), tandis que la plupart des ponceaux sont en tôle d'acier ondulée. L'âge des conduites en béton varie entre « tout récent » et plus de 75 ans, alors que les conduites en PVC ont moins de 25 ans.

En général, ce sont les gouvernements provinciaux et municipaux qui sont responsables du choix des matériaux des conduites. Le choix de l'assise dépend de l'emplacement géographique de la ville ou de la province.

Les critères utilisés dans le choix des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires varient selon le matériau employé, et non selon le diamètre. Par exemple, les conduites en béton sont choisies en fonction de la profondeur d'enfouissement, tandis que la tôle d'acier ondulée est choisie selon l'usage prévu de la conduite et la nature du sol. Enfin, le choix de conduites en PEHD ondulé et en PVC dépend la plupart du temps de la nature du sol. Quant aux ponceaux, nous avons indiqué une série de conditions pour chaque matériau constitutif.

Par ailleurs, les paramètres de conception varient selon qu'il s'agit de conduites rigides ou flexibles. Par exemple, pour les conduites en béton (armé ou non), la charge due à la circulation routière semble être le principal paramètre de conception pour les deux plages de diamètres. Quant aux conduites en tôle d'acier ondulée, la corrosion prime pour les diamètres compris entre 450 et 600 mm, tandis que l'écoulement hydraulique vient en premier lieu pour les diamètres compris entre 675 et 900 mm. L'écoulement hydraulique est aussi le paramètre le plus important pour la conception des conduites en PEHD ondulé et en PVC, pour

les deux plages de diamètres. Dans le cas des ponceaux, on tient d'abord compte des charges dues à la circulation routière dans la conception des conduites en béton non armé. Pour tous les autres types de matériaux, l'écoulement hydraulique est le principal paramètre considéré.

Règle générale, les répondants considèrent que les conduites en PVC sont les plus faciles à installer pour les égouts pluviaux et sanitaires à cause de leur légèreté, de la facilité de manipulation, de la longueur des sections et de la facilité d'assemblage des sections. Pour les ponceaux, on préfère utiliser des conduites en tôle d'acier ondulée à cause de leur légèreté et de la facilité d'assemblage des sections.

L'étude a également révélé que les principaux facteurs pris en compte lorsqu'il s'agit de décider de réhabiliter ou non sont le coût de remplacement (coût du cycle de vie), suivi par les types de défauts. Le creusage et le remplacement constituent la méthode la plus répandue pour tous les types de conduites et de ponceaux, suivie par la pose de revêtements intérieurs.

Cette étude semble avoir permis de documenter l'inventaire, les méthodes de conception et d'installation des conduites d'égouts pluviaux et sanitaires, ainsi que des ponceaux. Par contre, nous n'avons obtenu que peu de réponses sur la performance en raison d'un manque de données, ce qui justifierait la poursuite de recherches dans ce sens. On pourrait par exemple réaliser des études de cas en vue d'évaluer la performance de différents types de conduites au cours de leur période de service.

Annexe

1

**COMPARAISON DE LA DURABILITÉ ET DE LA PERFORMANCE
DES CANALISATIONS EN BÉTON, EN PVC, EN ACIER ONDULÉ
ET EN POLYETHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ ONDULÉ DONT LE
DIAMÈTRE VARIE DE 450 À 900 mm (18-36 po)**

PONCEAUX, CANALISATIONS D'ÉGOUTS PLUVIAUX ET SANITAIRES

Veillez remplir le questionnaire ci-après et le retourner à Sylvain Boudreau, Laboratoire d'infrastructures, bâtiment M-20, chemin de Montréal, IRC/CNRC, Ottawa (Ontario) K1A 0R6. Le numéro du télécopieur est: (613) 954-5984.

Nom de la municipalité: _____

Adresse: _____

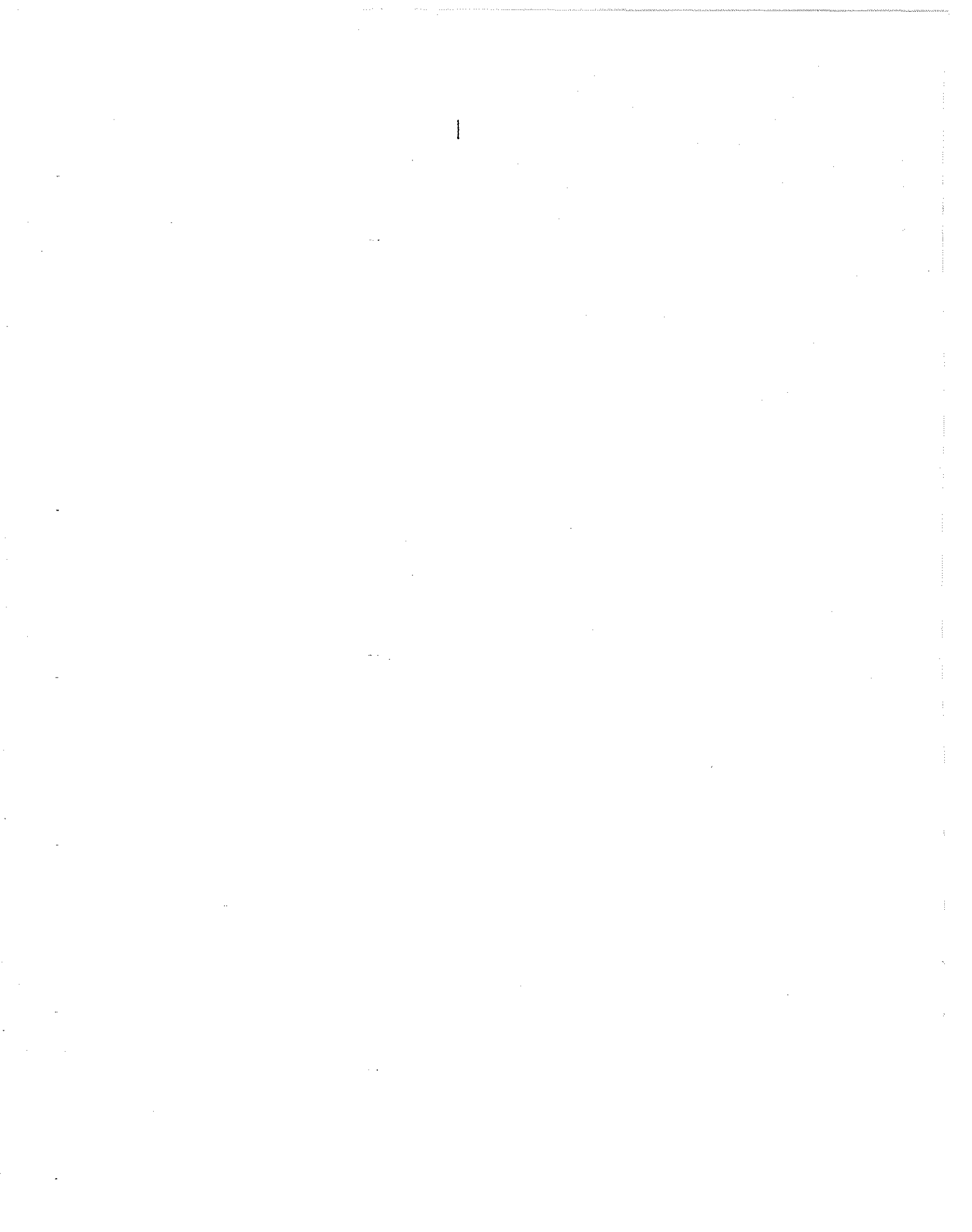
Nom du répondant: _____

Titre du répondant: _____

Numéro de téléphone/télécopieur: _____

Population totale de la municipalité: _____

Afin d'assurer la confidentialité des réponses données pour chaque municipalité, les résultats obtenus grâce aux questionnaires seront rassemblés avant d'être présentés. Par exemple, les résultats seront présentés par groupes de population, soit plus de 100 000, entre 50 000 et 100 000 et moins de 50 000.



A) Inventaire

1a. Disposez-vous d'un système d'information sur l'inventaire ?

oui

non

1b. Si oui, veuillez préciser le type

2a. Quelle est la longueur totale des canalisations d'égouts pluviaux ?

_____ km

2b. Quelle est la longueur totale des canalisations d'égouts sanitaires ?

_____ km

2c. Quelle est la longueur totale des canalisations servant de ponceaux ?

_____ km

3. Veuillez indiquer le pourcentage approximatif de canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires et ponceaux construits dans les divers types de sols ci-contre. Les catégories sont < 25, 25-50, 51-75, > 75 %

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

Argile

À grains fins (limon, sable fin)

À gros grains (sable gravier)

Roche

Autre (till, sol organique, etc.)

	Pluviaux	Sanitaires	Ponceaux
Argile	_____	_____	_____
À grains fins (limon, sable fin)	_____	_____	_____
À gros grains (sable gravier)	_____	_____	_____
Roche	_____	_____	_____
Autre (till, sol organique, etc.)	_____	_____	_____

4. Quel pourcentage ou longueur des canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires ou Ponceaux ont un diamètre de...

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

<450 mm (<18 po)

450-600 mm (18-24 po)

600-900 mm (24-36 po)

>900 mm (>36 po)

	Pluviaux	Sanitaires	Ponceaux
<450 mm (<18 po)	_____	_____	_____
450-600 mm (18-24 po)	_____	_____	_____
600-900 mm (24-36 po)	_____	_____	_____
>900 mm (>36 po)	_____	_____	_____

% km

5a. Dans le cas des canalisations dont le diamètre varie de 450 à 600 mm (18 - 24 po), quel pourcentage des canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires et ponceaux est constitué des matériaux ci-contre ?

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

Béton non armé

Béton armé

Acier ondulé

PEHD ondulé

PVC

Autre

%

	Pluviaux	Sanitaires	Ponceaux
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____
Autre	_____	_____	_____

5b. Dans le cas des canalisations dont le diamètre varie de 675 à 900 mm (27 - 36 po), quel pourcentage des canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires et ponceaux est constitué des matériaux ci-contre ?

- Béton non armé
- Béton armé
- Acier ondulé
- PEHD ondulé
- PVC
- Autre
- %

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6a. Pour chaque type de matériau, quel est l'âge moyen des canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires et ponceaux dont le diamètre varie de 450 à 600 mm (18 - 24 po) ? Choisir parmi les groupes d'âge < 25, 25-50, 51-75, > 75 ans

- Béton non armé
- Béton armé
- Acier ondulé
- PEHD ondulé
- PVC

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6b. Pour chaque type de matériau, quel est l'âge moyen des canalisations d'égouts pluviaux, sanitaires et ponceaux dont le diamètre varie de 675 à 900 mm (27 - 36 po) ? Choisir parmi les groupes d'âge < 25, 25-50, 51-75, > 75 ans

- Béton non armé
- Béton armé
- Acier ondulé
- PEHD ondulé
- PVC

Pluviaux Sanitaires Ponceaux

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

7a. Dans le cas des canalisations dont le diamètre varie de 450 à 600 mm (18 - 24 po), quelle est la longueur totale des canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires constituées de chacun des matériaux ci-contre qui a été installée au cours des 5 dernières années ?

- Béton non armé
- Béton armé
- Acier ondulé
- PEHD ondulé
- PVC

Pluviaux Sanitaires

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

7b. Dans le cas des canalisations dont le diamètre varie de 675 à 900 mm (27 - 36 po), quelle est la longueur totale des canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires constituées de chacun des matériaux ci-contre qui a été installée au cours des 5 dernières années ?

- Béton non armé
- Béton armé
- Acier ondulé
- PEHD ondulé
- PVC

Pluviaux Sanitaires

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

8a. Au cours des 5 dernières années, avez-vous utilisé des canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) constituées de plastiques nervurés ou d'autres matériaux nouveaux ?

Type de matériau

Raison

8b. Au cours des 5 dernières années, avez-vous utilisé des canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires de diamètre variant de 675 à 900 mm (27 à 36 po) constituées de plastiques nervurés ou d'autres matériaux

Type de matériau

Raison

nouveaux ?

B) Conception

Veillez noter, qu'en l'absence d'indications contraires, toutes les questions de la présente section portent uniquement sur les canalisations dont le diamètre varie de 450 à 900 mm (18 - 36 po).

9. Qui établit les normes de conception de chaque système de canalisations ? Le système de canalisations comprend le matériau, la taille et la classe, ainsi que la conception de la tranchée. Veillez utiliser les codes MU, FA et CO pour désigner respectivement la municipalité, le fabricant et le consultant en conception.

10. Qui choisit le matériau utilisé pour l'installation ?

11a. Existe-t-il des conditions dans lesquelles on préfère un type de canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) plutôt qu'un autre type ? Si oui, quelles sont ces conditions ? Par exemple, type d'utilisation, profondeur d'enfouissement, niveau des eaux souterraines, construction par temps froid, conditions corrosives et/ou agressives dans le sol.

11b. Existe-t-il des conditions dans lesquelles on préfère un type de canalisations de diamètre variant de 675 à 900 mm (27 - 36 po) plutôt qu'un autre type ? Si oui, quelles sont ces conditions ? Par exemple, type d'utilisation, profondeur d'enfouissement, niveau des eaux souterraines, construction par temps froid, conditions corrosives et/ou agressives dans le sol.

12a. Quelles normes applique-t-on aux conditions de l'assise pour chaque matériau de canalisation et pour chaque groupe de

Pluviaux Sanitaires

Béton non armé	_____	_____
Béton armé	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____
PVC	_____	_____

Municipalité _____
Entrepreneur _____
Consultant en conception _____

Béton non armé	_____	_____
Béton armé	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____
PVC	_____	_____

Béton non armé	_____	_____
Béton armé	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____
PVC	_____	_____

	450-600 mm	600-900 mm
Béton non armé	_____	_____
Béton armé	_____	_____

diamètres ? Par exemple, BNQ, MTQ, OPSS, ASTM, AASHTO, ASCE, etc.

13a. A-t-on choisi le matériau en se fondant sur le coût initial (Ci) ou sur l'analyse des coûts du cycle de vie (CCV) ?

13.b Si le choix est basé sur l'analyse des coûts du cycle de vie, qui effectue l'analyse ?

14a. À votre avis, quels sont, pour un matériau donné, les paramètres de conception les plus pertinents pour une canalisation de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) ? Veuillez attribuer aux paramètres ci-après un degré de pertinence allant de 1 à 9 (1 étant la pertinence maximum): écoulement hydraulique (EH), Charge due aux sols (CS), charge de circulation (CC), charge due au gel (GE), Type de fondation (TF),), choix du matériau de remblai (RE), résistance à l'abrasion (RA), conditions des eaux souterraines (CES), etc

14b. À votre avis, quels sont, pour un matériau donné, les paramètres de conception les plus pertinents pour une canalisation de diamètre variant de 675 à 900 mm (27 - 36 po) ? Veuillez attribuer aux paramètres ci-après un degré de pertinence allant de 1 à 9 (1 étant la pertinence maximum): écoulement hydraulique (EH), Charge due aux sols (CS), charge de circulation (CC), charge due au gel (GE), Type de fondation (TF),), choix du matériau de remblai (RE), résistance à l'abrasion (RA), conditions des eaux souterraines (CES), etc

C) Installation

Veuillez noter, qu'en l'absence d'indications contraires, toutes les questions de la présente section portent uniquement sur les canalisations dont le diamètre varie de 450 à 900 mm (18 - 36 po).

15a. Veuillez classer les types suivants de

Acier ondulé _____
 PEHD ondulé _____
 PVC _____

Ci CCV

Consultant en conception _____
 Propriétaire _____

Classe/ matériau	Béton non armé	Béton armé	Acier ondulé	PEHD ondulé	PVC
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Classe/ matériau	Béton non armé	Béton armé	Acier ondulé	PEHD ondulé	PVC
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Béton non armé _____

matériaux de canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires dont le diamètre varie de 450 à 600 mm (18 - 24 po) par ordre de facilité d'installation (1 = le plus facile à installer, 5 = le plus difficile à installer, s/o = sans objet ou aucune expérience avec ce type de matériau).

15b. Pour le type le plus facile à installer, veuillez donner trois raisons justifiant la facilité relative d'installation.

15c. Pour le type le plus difficile à installer, veuillez donner trois raisons justifiant la difficulté d'installation.

16a. Veuillez classer les types suivants de matériaux de canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires dont le diamètre varie de 600 à 900 mm (24 - 36 po) par ordre de facilité d'installation (1 = le plus facile à installer, 5 = le plus difficile à installer, s/o = sans objet ou aucune expérience avec ce type de matériau).

16b. Pour le type le plus facile à installer, veuillez donner trois raisons justifiant la facilité relative d'installation.

16c. Pour le type le plus difficile à installer, veuillez donner trois raisons justifiant la difficulté d'installation.

17. Quels étaient les coûts d'installation les plus récents des canalisations de chaque groupe de diamètre (\$/unité de longueur)

18a. Au cours des 5 dernières années, quel a été le pourcentage de canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) qui ont été refusées ou endommagées durant le transport (TR), l'entreposage (EN) et l'installation (IN)? Veuillez donner une réponse pour chaque matériau de canalisation ci-contre.

Béton armé _____
 Acier ondulé _____
 PEHD ondulé _____
 PVC _____

1. _____
 2. _____
 3. _____

1. _____
 2. _____
 3. _____

Béton non armé _____
 Béton armé _____
 Acier ondulé _____
 PEHD ondulé _____
 PVC _____

1. _____
 2. _____
 3. _____

1. _____
 2. _____
 3. _____

	450-600 mm	600-900 mm
Béton non armé	_____	_____
Béton armé	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____
PVC	_____	_____
<input type="checkbox"/> \$/m		<input type="checkbox"/> \$/pi

	TR	EN	IN
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____

18b. Quels types de dommages a-t-on observé pour chaque type de matériaux, dans le cas des canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) ? Par exemple, enfoncements, fissures, ovalisation nervures brisées, joints, etc.

19a. Au cours des 5 dernières années, quel a été le pourcentage de canalisations de diamètre variant de 600 à 900 mm (24 - 36 po) qui ont été refusées ou endommagées durant le transport (TR), l'entreposage (EN) et l'installation (IN) ? Veuillez donner une réponse pour chaque matériau de canalisation ci-contre.

19b. Quels types de dommages a-t-on observé pour chaque type de matériaux, dans le cas des canalisations de diamètre variant de 600 à 900 mm (24 - 36 po) ? Par exemple, enfoncements, fissures, ovalisation, nervures brisées, joints, etc.

20a. En vous basant sur l'expérience acquise, quel était l'écart moyen, exprimé en pourcentage, entre la largeur réelle de la tranchée et la largeur spécifiée durant l'installation, pour les trois diamètres ?

20b. Quelle était la forme de la tranchée dans laquelle les canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires de diamètre variant entre 450 et 600 mm (18 - 24 po) ont été installées ? Veuillez encadrer la forme qui convient le mieux.

20c. Quelle était la forme de la tranchée dans laquelle les canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires de diamètre variant entre 600 et 900 mm (24 - 36 po) ont été installées ? Veuillez encadrer la forme qui convient le mieux.

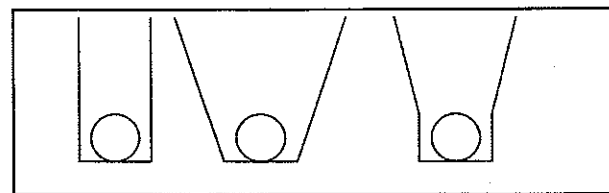
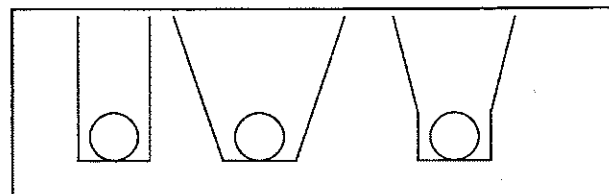
21a. Avez-vous éprouvé des problèmes durant l'installation des égouts pluviaux et sanitaires ?

	TR	EN	IN
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____

	TR	EN	IN
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____

	TR	EN	IN
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____

	450 mm	600 mm	900 mm
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____



OUI

NON

21b. Si oui, que recommanderiez-vous pour améliorer l'installation des canalisations constituées de divers types de matériaux ?

22. Avez-vous éprouvé des problèmes lors de la manipulation par temps froid (température de l'air inférieure à -10°C) de canalisations constituées de divers types de matériaux? Si oui, veuillez décrire brièvement les problèmes en question.

23. Veuillez classer les types suivants de matériaux pour canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires par ordre de facilité d'assemblage (1 = le plus facile, 5 = le plus difficile, n/e = ne s'applique pas ou aucune expérience avec ces matériaux).

24a. Précisez-vous des méthodes d'inspection à appliquer lors de l'installation des canalisations ?

24b. Si oui, que comprennent-elles ?

24c. Si non, qui précise de telles méthodes d'inspection ?

25. Qui réalise l'inspection ?

26. À quelle fréquence utilise-t-on un remblai sans retrait (ou un matériau à résistance contrôlée) ? Veuillez cocher une seule case.

Béton non armé _____
Béton armé _____
Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

Béton non armé _____
Béton armé _____
Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

Béton non armé _____
Béton armé _____
Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

NON OUI

Fonctionnaire municipal _____
Entrepreneur _____
Consultant _____
Autre _____

0 % 20 % 40 % 60 % 80 % 100 %

D) Performance

Veillez noter, qu'en l'absence d'indications contraires, toutes les questions de la présente section portent uniquement sur les canalisations dont le diamètre varie de 450 à 900 mm (18 - 36 po).

27. Disposez-vous d'un système ou de critères vous permettant d'évaluer l'état des canalisations d'égouts pluviaux et sanitaires ?

NON OUI
(SI OUI VEUILLEZ S.V.P ENVOYER UNE COPIE)

28a. Effectuez-vous régulièrement des inspections ?

NON OUI

28b. Si oui, de quels types d'inspection s'agit-il et à quelle fréquence sont elles effectuées ?

Examen visuel _____
Télévision en circuit fermé _____
Systèmes de sonar _____
Radiographie _____
Découpage de sections _____
Autre _____

29. De quelle façon procédez-vous pour choisir une technique de réhabilitation

30a. Quels types de techniques de réhabilitation appliquez-vous aux matériaux des canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) ? Par exemple, excavation et remplacement, scellage avec un coulis, application d'un revêtement, installation de manchons intérieurs, etc.

Béton non armé _____
Béton armé _____
Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

30b. Quels types de techniques de réhabilitation appliquez-vous aux matériaux des canalisations de diamètre variant de 675 à 900 mm (27 - 36 po) ? Par exemple, excavation et remplacement, scellage avec un coulis, application d'un revêtement, installation de manchons intérieurs, etc.

Béton non armé _____
Béton armé _____
Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

31a. Au cours des 5 dernières années, combien de réparations ont été effectuées au total pour chaque type de matériau et chaque diamètre ci-contre ?

	450 mm	600 mm	900 mm
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____
Acier ondulé	_____	_____	_____
PEHD ondulé	_____	_____	_____
PVC	_____	_____	_____

km

31b. Au cours des 5 dernières années, combien de remplacements ont été

	450 mm	600 mm	900 mm
Béton non armé	_____	_____	_____
Béton armé	_____	_____	_____

effectués au total pour chaque type de matériau ?

32a. Quelles étaient les 3 principaux types de défaillances en cours de service qui exigeaient une réparation ou un remplacement pour chaque type de matériaux dans le cas des canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18-24 po)? Ces causes comprennent: affaissement, fissures, pliage, effilochage, séparation aux joints, dégradation du matériau, gondolage, déformation importante ovalisation, perforations etc. Veuillez commencer par les causes prédominantes de défaillances.

32b. Quelles étaient les causes des défaillances en cours de service pour chaque type de matériaux dans le cas des canalisations de diamètre variant de 450 à 600 mm (18 - 24 po) ? Ces causes comprennent: surcharge, tassement de l'assise, infiltration, vides, attaque par les sulfates, corrosion par les acides, corrosion du métal, abrasion, attaque biologique.

33a. Quelles étaient les 3 principaux types de défaillances en cours de service qui exigeaient une réparation ou un remplacement pour chaque type de matériaux dans le cas des canalisations de diamètre variant de 675 à 900 mm (27-36 po)? Ces causes comprennent: affaissement, fissures, pliage, effilochage, séparation aux joints, dégradation du matériau, gondolage, déformation importante ovalisation, perforations etc. Veuillez commencer par les causes prédominantes de défaillances.

33b. Quelles étaient les causes des défaillances en cours de service pour chaque type de matériaux dans le cas des canalisations de diamètre variant de 600 à 900 mm (24 - 36 po) ? Ces causes

Acier ondulé _____
PEHD ondulé _____
PVC _____

km

Béton non armé _____

Béton armé _____

Acier ondulé _____

PEHD ondulé _____

PVC _____

Béton non armé _____

Béton armé _____

Acier ondulé _____

PEHD ondulé _____

PVC _____

Béton non armé _____

Béton armé _____

Acier ondulé _____

PEHD ondulé _____

PVC _____

Béton non armé _____

Béton armé _____

Acier ondulé _____

comprennent: surcharge, tassement de l'assise, infiltration, vides, attaque par les sulfates, corrosion par les acides, corrosion du métal, abrasion, attaque biologique.

34. Veuillez classer les types suivants de matériaux pour canalisations d'égouts sanitaires par ordre de performance des joints,
1 = performance maximum,
5 = performance minimum,
s/o = sans objet ou aucune expérience avec ces matériaux.

35. Selon votre expérience, un matériau donné de canalisation comparativement à un autre, (dans le même remblai), peut-il influencer sur la performance des installations en surface (routes, regards et puisards) ?

NOUS VOUS REMERCIONS DE VOTRE COOPÉRATION

Veuillez indiquer l'adresse où nous ferons parvenir le chèque de 100 \$.

PEHD ondulé

PVC

Béton non armé

Béton armé

Acier ondulé

PEHD ondulé

PVC

NON

OUI

Si oui, indiquer le type de conduit
