

**GUIDE POUR L'ÉVALUATION DES
COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES
DES TRAVAUX DE RENOUVELLEMENT
DES CONDUITES D'EAU POTABLE ET D'ÉGOUT**

Guide destiné au milieu municipal québécois

JUIN 2010



*Affaires municipales,
Régions et Occupation
du territoire*

Québec 



Coordination :
Isabel Tardif, CERIU

Recherche et rédaction :
Salamatou Modieli Amadou, CERIU
Miosotis Palacios, CERIU
Rébecca Picard-Courtois, CERIU

Révision et suivi (membres du comité de travail) :
Richard Bergeron, MAMROT
Alain Daigle, Ville de Longueuil
Tony Di Fruscia, Ville de Montréal
Robert Dumais, Sanexen Services Environ. Inc.
Janick Lemay, Ville de Mont-Royal
Gérard Marc-Aurèle, Formadrain
Richard Ménard, Aqua Réhab inc.
Saeed Mirza, Université McGill
Charles Martin Ormsby, Université McGill
Gilles St-Denis, Insituform Technologies Itée

Révision linguistique :
Marie Boucher

Le CERIU est le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines
Site web: www.ceriu.qc.ca
1255, rue University, bureau 800, Montréal (Québec), H3B 3W3, Canada
Tél. : 514 848-9885 Fax : 514 848-7031

© Gouvernement du Québec,
ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2010

ISBN 978-2-550-59616-5 (PDF)

Dépôt légal - 2010
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec.



CRÉDITS ET REMERCIEMENTS

Nous remercions le gouvernement du Québec pour son appui financier à ce projet. Ce guide a été réalisé dans le cadre des engagements 43 et 45 de la Politique nationale de l'eau du gouvernement du Québec. La réalisation du guide a été pilotée par le CERIU, le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines dans le cadre de sa convention de subvention avec le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT).

Ce guide est le résultat d'une collaboration entre plusieurs personnes qui ont généreusement accepté d'y consacrer leur temps et de partager leurs connaissances. La production de ce document n'aurait pu être possible sans l'effort soutenu des membres du comité de travail. Nous les remercions tout particulièrement pour leur disponibilité et leur enthousiasme tout au long du projet. Nous remercions aussi tout ceux et celles qui ont pris le temps de lire le document et de faire des commentaires sur les versions préliminaires du texte. Leur apport a grandement contribué à améliorer ce document et nous leur en sommes très reconnaissants.



PRÉAMBULE

Le présent guide s'inscrit dans le cadre de la Politique nationale de l'eau du gouvernement du Québec et plus particulièrement dans les engagements 43 et 45 qui visent respectivement à inciter l'ensemble des municipalités à atteindre un taux de renouvellement de leurs réseaux d'eau de 1 % d'ici 2012 et un taux d'utilisation des techniques de réhabilitation de 25 % par rapport au remplacement.

Afin d'aider les municipalités et autres intervenants du domaine des infrastructures à mieux comprendre les coûts impliqués dans l'utilisation des technologies de renouvellement, le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire a mandaté le CERIU pour élaborer un guide pour l'évaluation des coûts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout. Le conseil permanent Infrastructures souterraines du CERIU a donc mis en place un groupe de travail chargé de produire ce guide.

Le guide a pour objectif principal d'aider les intervenants à choisir la technologie la plus rentable pour la durée de vie des infrastructures municipales en tenant compte de tous les coûts et en particulier des coûts socio-économiques.

Le guide souligne l'importance d'identifier et de quantifier les coûts socio-économiques générés par les travaux de renouvellement. Il ne traite pas des coûts directs.

Le terme « renouvellement » englobe la réhabilitation et le remplacement des conduites en place. Le terme « réhabilitation » fait référence aux techniques de renouvellement sans tranchée.

Le présent guide s'adresse à tous les intervenants dans le domaine du renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout : entreprises, firmes de génie-conseil, municipalités, etc.

Plusieurs municipalités et entreprises de même que le MAMROT ont collaboré à la rédaction de ce guide en fournissant des données et/ou des avis.



TABLE DES MATIÈRES

	Page
CRÉDITS ET REMERCIEMENTS	III
PREAMBULE	IV
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VII
ACRONYMES	VIII
1. INTRODUCTION	1
2. COÛTS DES TRAVAUX DE RENOUVELLEMENT DES CONDUITES D'EAU POTABLE ET D'ÉGOUT	2
2.1. COÛTS DIRECTS.....	2
2.2. COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES.....	2
3. DESCRIPTION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES	3
3.1. IMPACTS SUR LES RÉSEAUX ADJACENTS.....	4
3.1.1. Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes.....	4
3.1.2. Interruptions de service, réseaux temporaires.....	5
3.2. IMPACTS SUR LA CIRCULATION.....	6
3.2.1. Pertes d'espaces de stationnement.....	6
3.2.2. Pertes de temps des personnes.....	6
3.2.2.1. Personnes dans les véhicules.....	6
3.2.2.2. Piétons.....	7
3.2.3. Augmentation des frais d'exploitation des véhicules.....	7
3.3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	7
3.3.1. Présence de saletés et de poussières.....	8
3.3.2. Vibrations et augmentation du bruit.....	8
3.3.3. Augmentation des gaz à effet de serre.....	9
3.3.4. Plaintes des citoyens.....	9
3.4. IMPACTS ÉCONOMIQUES.....	9
3.5. RISQUES ACCRUS AU PLAN DE LA SÉCURITÉ.....	10
3.5.1. Dommages aux biens.....	10
3.5.2. Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments.....	10
3.5.3. Risques d'accidents pour les travailleurs.....	10
3.5.4. Risques d'accidents pour les usagers.....	11



4. MÉTHODES D'ÉVALUATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES	11
4.1. COLLECTE DE DONNÉES	12
4.2. IMPACTS SUR LES RÉSEAUX ADJACENTS.....	16
4.2.1. Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes.....	16
4.2.2. Interruptions de service, réseaux temporaires	18
4.3. IMPACTS SUR LA CIRCULATION	19
4.3.1. Pertes d'espaces de stationnement	19
4.3.2. Pertes de temps des personnes.....	20
4.3.2.1. Personnes dans les véhicules	20
4.3.2.2. Piétons	21
4.3.3. Augmentation des frais d'exploitation des véhicules.....	21
4.3.3.1. Coûts de surconsommation de carburant.....	22
4.3.3.2. Augmentation des coûts d'utilisation des véhicules	23
4.4. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	23
4.4.1. Présence de saletés et de poussières	23
4.4.2. Vibrations et augmentation du bruit.....	24
4.4.3. Augmentation des gaz à effet de serre	25
4.4.4. Plaintes des citoyens.....	27
4.5. IMPACTS ÉCONOMIQUES.....	28
4.6. RISQUES ACCRUS AU PLAN DE LA SÉCURITÉ	29
4.6.1. Dommages aux biens.....	29
4.6.2. Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments	29
4.6.3. Risques d'accidents pour les travailleurs	30
4.6.4. Risques d'accidents pour les usagers.....	31
4.7. RÉSUMÉ DES MÉTHODES D'ESTIMATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES.....	32
5. COMPARAISON DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES ENTRE LES TRAVAUX SANS TRANCHÉE ET LES TRAVAUX EN TRANCHÉE CONVENTIONNELLE	36
6. APPRÉCIATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES	45
7. AVANTAGES ET DÉSAVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE	47
7.1. AVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE	47
7.2. DÉSAVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE.....	48
8. CONCLUSION	49
BIBLIOGRAPHIE	50
ANNEXES – TABLEAUX DE L' APPRÉCIATION DÉTAILLÉE DES COÛTS SOCIO- ÉCONOMIQUES.....	53



LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 3.1 : Impacts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau et d'égout – Liste</i>	3
<i>Tableau 4.1 : Données à collecter et leurs sources</i>	12
<i>Tableau 4.2: Impacts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout – Méthode d'évaluation</i>	32
<i>Tableau 5.1 : Comparaison des coûts socio-économiques entre les travaux sans tranchée et les travaux en tranchée ouverte</i>	37
<i>Tableau 5.2: Coûts socio-économiques de renouvellement d'un égout pluvial – valeur du temps considéré de 0,16 \$/min – Adapté de l'étude de Boyce, G. M. et Bried, E. M. (1994)</i>	43
<i>Tableau 5.3 : Résumé des coûts directs et socio-économiques de travaux à Winnipeg</i>	43
<i>Tableau 5.4: Coûts socio-économiques partiels par km de conduite d'eau potable réhabilitée</i>	44
<i>Tableau 6.1 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés à la technique par tranchée conventionnelle</i>	46
<i>Tableau 6.2 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d'eau potable</i>	46
<i>Tableau 6.3 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d'égout</i>	46

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 4-1 : Impact sur la durée de vie de la chaussée</i>	16
---------------------------------------------------------------	----



ACRONYMES

ASCE :	American Society of Civil Engineers
ASP :	Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction
CAA :	Association canadienne des automobilistes
CNRC :	Conseil national de recherches du Canada
EPA :	Environmental Protection Agency
MAMROT :	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MDDEP :	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MTO :	Ministère des transports de l'Ontario
NASTT :	North American Society for Trenchless Technology
PCI :	Pavement Condition Index
RTU :	Réseau Technique Urbain
WST2 :	Washington State Technology Transfer



1. INTRODUCTION

Nos réseaux d'eau potable et d'égout sont vieillissants et ont grandement besoin d'être renouvelés. Leur renouvellement peut se faire par remplacement ou par réhabilitation. Les municipalités doivent choisir les techniques les plus rentables afin de minimiser les coûts tout en assurant une bonne gestion de leurs actifs. Cela passe par la connaissance des coûts globaux engendrés par les travaux.

Très souvent, les intervenants prennent les décisions en matière de travaux en considérant seulement les coûts directs. L'autre part des coûts globaux, appelée coûts socio-économiques, est rarement prise en compte même si elle peut s'avérer très importante comme le démontrent plusieurs études consultées dans le cadre de l'élaboration ce guide.

De plus en plus, la nécessité de considérer les coûts globaux, c'est-à-dire intégrant les coûts directs et les coûts socio-économiques, engendrés par les travaux dès l'étape de planification et de conception des projets, se fait sentir au niveau des intervenants. Ces derniers sont désormais conscients que l'inclusion des coûts socio-économiques leur permettra d'estimer les vrais coûts des projets et donc d'identifier la solution la plus économique basée sur une minimisation des coûts globaux (McKim, 1997). Malgré leur volonté de prendre en compte les coûts socio-économiques, les intervenants se trouvent confrontés à l'absence ou à la non-maîtrise des outils et/ou des données leur permettant de les identifier et de les quantifier.

Ce document présente donc les descriptions et les méthodes d'évaluation des coûts socio-économiques ainsi qu'une comparaison de ces coûts lors des travaux avec tranchée par rapport aux travaux sans tranchée. Il brosse également les avantages et les désavantages des techniques sans tranchée.

Le Guide se veut un outil d'aide à la décision pour les intervenants leur permettant de choisir la meilleure technique d'intervention. Cela permettra de réduire les coûts globaux des travaux et ultimement d'assurer une meilleure gestion des infrastructures.



2. COÛTS DES TRAVAUX DE RENOUVELLEMENT DES CONDUITES D'EAU POTABLE ET D'ÉGOUT

Les coûts totaux associés aux travaux de renouvellement de façon générale comprennent deux parties : les coûts directs et les coûts socio-économiques. Les sous-sections suivantes présentent les définitions de ces coûts.

2.1. COÛTS DIRECTS

Les coûts directs sont les coûts financiers inhérents au projet. De façon plus concrète, ce sont les coûts de construction et les contingences (planification, conception, et surveillance des travaux). Ces coûts incluent aussi les coûts de laboratoire, de financement, de servitude, etc., s'il y a lieu.

Les coûts de construction sont généralement donnés dans les bordereaux de soumission des coûts et sont donc plus facilement connus et pris en compte.

2.2. COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les coûts socio-économiques englobent les coûts indirects et les coûts sociaux.

Les coûts indirects sont associés aux inconvénients subis par les riverains des chantiers (personnes habitant, travaillant ou se déplaçant dans les environs des chantiers) lors de travaux de construction et qui peuvent entraîner des compensations monétaires. Ces inconvénients peuvent inclure les dommages à la propriété, l'augmentation des frais de carburant, la perte de profit pour les entreprises, les risques d'accidents, etc. On y inclut aussi les impacts sur les réseaux adjacents (exemple la diminution de la durée de vie des chaussées) et les impacts sur l'environnement (Michelsen, 2006).

Les coûts sociaux sont les coûts quantifiables ou non, représentatifs d'un inconfort dû à un chantier et qui sont subis par l'ensemble de la collectivité. Par exemple : retards, augmentation du nombre d'accidents, impacts environnementaux, etc.

L'existence des coûts indirects et des coûts sociaux reliés à la construction et la mitigation de ces coûts lorsqu'on choisit d'utiliser une méthode de réhabilitation sans tranchée sont bien connues. Dans la pratique actuelle, ces coûts sont rarement pris en compte lors de la planification, de la conception et dans l'évaluation d'appels d'offres.

Dans ce document, le terme *coûts socio-économiques* englobera indistinctement les coûts indirects et les coûts sociaux.



3. DESCRIPTION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Cette section présente la description des coûts socio-économiques les plus courants, relatifs aux travaux de renouvellement des infrastructures souterraines avec et sans tranchée. Ces coûts peuvent être classés suivant cinq grandes catégories (CERIU, 2004) :

1. Impacts sur les réseaux adjacents ;
2. Impacts sur la circulation ;
3. Impacts environnementaux ;
4. Impacts économiques ;
5. Risques accrus au plan de la sécurité.

Chacune des catégories est divisée en plusieurs sous-catégories qui seront décrites plus loin.

Le tableau ci-dessous répertorie les différents impacts identifiés.

Tableau 3.1 : Impacts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau et d'égout – Liste

Impacts		Page de référence de la description
1.	Sur les réseaux adjacents	
1.1	Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes	4
1.2	Interruptions de service, réseaux temporaires	5
2.	Sur la circulation	
2.1	Pertes d'espaces de stationnement	6
2.2	Pertes de temps des personnes	6
2.3	Augmentation des frais d'exploitation des véhicules	7
3.	Environnementaux	
3.1	Présence de saletés et de poussières	8
3.2	Vibrations et augmentation du bruit	8
3.3	Augmentation des gaz à effet de serre	9
3.4	Plaintes des citoyens	9



Impacts		Page de référence de la description
4.	Économiques	
5.	Risques accrus au plan de la sécurité	
5.1	Dommmages aux biens	10
5.2	Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments	10
5.3	Risques d'accidents pour les travailleurs	10
5.4	Risques d'accidents pour les usagers	11

3.1. IMPACTS SUR LES RÉSEAUX ADJACENTS

Lors des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout, les impacts sur les réseaux adjacents peuvent être importants. Les différents impacts peuvent être classés suivant les deux sous-catégories ci-dessous :

1. Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes ;
2. Interruptions de service, réseaux temporaires.

3.1.1. Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes

La durée de vie des infrastructures adjacentes des zones des travaux de renouvellement des infrastructures d'eau peut être affectée par la réalisation des coupes et tranchées.

L'ouverture de tranchées cause l'affaissement ou la chute des parois latérales, ainsi le sol environnant s'en trouve fragilisé. Cette zone fragilisée peut très vite s'effondrer et ainsi déstabiliser les réseaux adjacents.

La déstabilisation des assises est d'autant plus importante que les réseaux sont assez rapprochés. Le creusement des tranchées réduit la consolidation des matériaux de la zone adjacente des travaux. Le passage de la machinerie, combiné à la modification des contraintes latérales, occasionne l'éboulement des parois et la déstabilisation des assises des réseaux adjacents.

La durée de vie des infrastructures adjacentes qui n'ont plus un support stable s'en trouve diminuée.



Les infrastructures adjacentes pouvant être affectées par les travaux sont la chaussée et les réseaux souterrains englobant les réseaux d'eau (égout et eau potable) et les réseaux techniques urbains (conduites de gaz, d'électricité et de communication).

Chaussée

Des études montrent que l'exécution de tranchées et coupes réduit la performance de la chaussée dans une zone de trois à six pieds (soit 1 à 2 m) de part et d'autre du centre de la tranchée (WST2, 2000).

Abdul-Rahman et al. (1991) indiquent que la pratique de coupes et tranchées dans la chaussée entraîne comme effets :

- Une déflexion¹ critique qui apparaît au centre de la coupe et est estimée approximativement à 1,8 fois la déflexion moyenne de la chaussée existante ;
- L'impact de la largeur de la tranchée sur la déflexion au centre du remblai (la déflexion décroît si la largeur augmente) ;
- Une réduction de l'indice de condition de la chaussée² (PCI) de 24,4 % par rapport à sa valeur avant les travaux.

Selon leur importance, les travaux sur les infrastructures souterraines entraînent la fermeture partielle ou totale des voies de circulation obligeant les usagers à utiliser un détour. Du coup, les voies voisines sont beaucoup plus sollicitées qu'à l'habitude et voient leur état se détériorer prématurément surtout si les véhicules lourds utilisés par le projet passent aussi par ces rues.

Réseaux souterrains

En plus de la déstabilisation de leur assise, les infrastructures souterraines (conduites d'eau et les réseaux techniques urbains) peuvent subir des bris ou autres impacts. Même si les bris et autres dommages se trouvent réparés, la résistance de ces réseaux peut être réduite.

3.1.2. Interruptions de service, réseaux temporaires

Les travaux de renouvellement des conduites souterraines provoquent parfois des interruptions de service qui se manifestent de diverses manières selon la nature du service. Ces actions entraînent inévitablement des coûts complémentaires et des désagréments aux usagers.

¹ Déformation verticale de la chaussée sous l'effet d'une charge (CERIU, 2002).

² Mesure du niveau de détérioration de la chaussée évaluée par différents facteurs comme le confort au roulement, la capacité structurale, la dégradation de surface, la circulation routière, etc.



Pour les réseaux d'eau (eau potable et égout), les désagréments sont dus à la suspension totale des services (travaux de courte durée) ou à l'utilisation de réseaux temporaires (travaux de longue durée).

Sous certaines conditions et dans certaines circonstances, les RTU peuvent être déplacés temporairement. Cela peut augmenter le risque de bris, l'encombrement des réseaux, etc.

3.2. IMPACTS SUR LA CIRCULATION

Ces coûts font partie des coûts aux usagers. Ceux-ci comprennent, entre autres, les frais d'exploitation des véhicules et les coûts de temps de transport.

On peut diviser les types d'impacts à la circulation selon les trois catégories suivantes :

1. Pertes d'espaces de stationnement ;
2. Pertes de temps des personnes ;
3. Augmentation des frais d'exploitation des véhicules.

3.2.1. Pertes d'espaces de stationnement

Les travaux sur les infrastructures souterraines nécessitent l'utilisation de véhicules lourds, de la machinerie et d'autres véhicules des intervenants. Tous ces engins ainsi que la tranchée elle-même occupent de l'espace réduisant ainsi les espaces de stationnement à proximité des lieux des travaux.

Les pertes des espaces de stationnement entraînent les pertes de revenus des parcomètres à la ville et diminuent les revenus provenant des amendes de stationnement.

3.2.2. Pertes de temps des personnes

Les citoyens qui seront affectés par les pertes de temps dues aux travaux de renouvellement des infrastructures souterraines sont autant les personnes se trouvant dans des véhicules que les piétons qui utilisent la zone devenue restreinte.

3.2.2.1. Personnes dans les véhicules

Le rétrécissement ou la fermeture complète de voie d'accès entraîne le ralentissement des véhicules ou le détour, ce qui allonge le temps mis pour parcourir une distance



donnée. Tout cela entraîne des retards pour les personnes se trouvant à bord des véhicules, que ce soit des véhicules légers, des véhicules lourds ou des autobus.

3.2.2.2. Piétons

Lors des travaux sur les infrastructures souterraines, les piétons peuvent subir des inconvénients dus à la perte d'accès. Ces inconvénients peuvent être provoqués par la présence de tranchées plus ou moins importantes ou par la présence des gros véhicules ou de machineries ou tout simplement celle des barrières bloquant l'accès de certains endroits ou de bâtiments. De ce fait, le temps de parcours de ces piétons se trouve rallongé.

Il est important que les intervenants prévoient un pont temporaire ou un chemin d'accès alternatif dans les cas où les travaux empêchent les piétons de suivre leur parcours.

3.2.3. Augmentation des frais d'exploitation des véhicules

La fermeture partielle ou complète des voies de circulation due aux travaux sur les infrastructures souterraines oblige les automobilistes à ralentir et/ou à s'arrêter souvent si ce n'est à faire carrément un détour pour contourner la zone des travaux. Cela se traduit par une augmentation du temps de parcours et une congestion des voies utilisables. Les propriétaires des véhicules subissent des impacts à deux niveaux :

- Une surconsommation de carburant : les véhicules consomment plus de carburant, surtout à cause des arrêts et/ou ralentissements fréquents.
- L'augmentation des coûts d'utilisation des véhicules : les véhicules étant utilisés plus longtemps et sur une plus longue distance, les coûts d'utilisation augmentent.

Les véhicules englobent les véhicules légers, les véhicules lourds et les autobus.

3.3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Parmi les impacts socio-économiques des travaux de renouvellement des infrastructures souterraines, les impacts environnementaux ne sont pas des moindres. En effet, il suffit de penser à l'environnement immédiat du site pendant les travaux, aux effets ressentis par les personnes se trouvant à proximité de la zone des travaux et aux impacts à long terme. Les impacts environnementaux considérés peuvent être classés comme suit :

1. Présence de saletés et de poussières ;
2. Vibrations et augmentation du bruit ;



3. Augmentation des gaz à effet de serre ;
4. Plaintes des citoyens.

3.3.1. Présence de saletés et de poussières

Les travaux de renouvellement des infrastructures souterraines peuvent générer de grandes quantités de poussières et de saletés qui affectent l'environnement des riverains de la zone des travaux. Ces riverains peuvent développer des problèmes de santé en plus de devoir nettoyer leurs bâtiments couverts de poussières.

Les matériaux excavés lors des travaux doivent être disposés à l'aide de gros camions dans un des sites accrédités par le gouvernement du Québec s'ils ont été en contact ou s'ils contiennent des éléments polluants. Si les matières excavées ne sont pas assujetties à la Loi sur les matières résiduelles dangereuses, elles doivent tout de même être disposées dans un site d'enfouissement.

Les coûts de disposition des matériaux font partie des coûts directs d'un projet.

Bien que l'évaluation des coûts directs ne fasse pas l'objet du présent guide, il est essentiel de souligner l'importance, du point de vue environnemental, de minimiser le plus possible la production de ces déchets. Il est également souhaitable de privilégier la réutilisation et le recyclage des matières excavées afin de limiter l'utilisation de nouveaux matériaux de remblai pour remplacer les matériaux excavés.

Des impacts à long terme sont également envisageables. En plus du risque de contamination des eaux, de l'air et du sol, il faut tenir compte de la déforestation occasionnée et qui, elle, est difficilement quantifiable.

3.3.2. Vibrations et augmentation du bruit

Le mouvement constant des véhicules lourds et l'impact des machines contre le sol pour faire l'excavation et le remblayage génèrent des vibrations. Ces perturbations sont considérées comme des troubles anormaux de voisinage.

La principale source de bruit est celle provoquée par la machinerie lourde utilisée. En plus des travaux proprement dits, le bruit peut provenir des moteurs des véhicules laissés en marche plus longtemps que nécessaire et de l'augmentation de la circulation. Selon Rodrigue, J.-P. *et al.* (1998), le bruit peut être très irritant et provoquer selon son ampleur des désagréments sur le bien-être et même des troubles graves de la santé comme la gêne psychologique (perturbation, mécontentement, etc.), gêne fonctionnelle



(trouble des activités comme le sommeil, le travail, la parole, etc.) ou gêne physiologique (problèmes de santé comme la fatigue, l'impact sur l'audition, etc.).

C'est pourquoi les municipalités possèdent des règlements sur le niveau de bruit permis en fonction des secteurs et une amende peut être donnée à la personne qui ne respecte pas la norme. Pour cela, il est nécessaire de connaître le seuil de vibration et de bruit provoqué.

3.3.3. Augmentation des gaz à effet de serre

La première source de pollution lors de travaux sur les infrastructures est le carburant brûlé. L'utilisation des engins et des machineries lourdes combinée à l'utilisation des véhicules des usagers pris dans la congestion ou obligés de faire un long détour entraînent l'augmentation de cette consommation de carburant. Les équipements à diesel émettent lors de la combustion de la vapeur d'eau, du CO₂ et d'autres particules, c'est-à-dire des gaz à effet de serre (GES).

Les impacts des GES ne sont plus à démontrer puisque de nombreuses études ont prouvé que ces derniers contribuent grandement au réchauffement climatique.

Les effets des GES produits ont des impacts à court, moyen et long terme sur les conditions de vie humaine.

3.3.4. Plaintes des citoyens

Les plaintes sont reliées aux troubles anormaux de voisinage relatifs aux travaux. Les plaintes sont adressées aux bureaux des plaintes de la municipalité concernée qui prend des mesures pour atténuer les désagréments ou dédommager les requérants si nécessaire.

3.4. IMPACTS ÉCONOMIQUES

Les travaux de renouvellement des infrastructures souterraines entraînent également des modifications du tissu économique de la rue où les travaux sont réalisés. La fermeture partielle ou complète des voies et des accès, la présence de tranchées plus ou moins importantes, l'encombrement des espaces par les machineries et autres équipements, le manque d'espaces de stationnement, la congestion, en plus des saletés et des déchets, rendent les lieux des commerces difficilement accessibles.

Les commerçants se retrouvent confrontés à deux problèmes :



- Le premier étant la perte de la clientèle qui préfère se diriger à des endroits plus pratiques ; cette perte de clientèle a une grande conséquence surtout en période touristique où l'affluence est très grande et la rentrée d'argent importante ;
- Le deuxième est la difficulté de se faire livrer la marchandise, ce qui peut entraîner la non-disponibilité des articles, donc la baisse de revenus.

3.5. RISQUES ACCRUS AU PLAN DE LA SÉCURITÉ

La sécurité des biens et des personnes peut être affectée selon l'importance des travaux sur les infrastructures souterraines. Les risques qui peuvent potentiellement augmenter sont les suivants :

1. Dommages aux biens ;
2. Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments ;
3. Risques d'accidents pour les travailleurs ;
4. Risques d'accidents pour les usagers.

3.5.1. Dommages aux biens

Lors des travaux sur les infrastructures, les risques d'endommager des biens personnels ou publics augmentent. Il s'agit des dégâts qui peuvent être faits sur les bâtisses, les véhicules, les aménagements paysagers, les mobiliers urbains (bancs, feux de circulation, abribus, poteaux et autres), etc. Les dommages peuvent porter atteinte à l'intégrité des éléments cités.

3.5.2. Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments

Les véhicules d'urgence (ambulances, véhicules de police et de pompiers) sont appelés à se rendre à des endroits où ils sont sollicités en très peu de temps. La présence de chantiers de travaux les empêche d'atteindre certaines zones rapidement. Il faut prévoir un plan d'urgence et évaluer les chemins d'accès possibles pour ce type de véhicules. Un plan de détour ou d'accès indirect constitue des pertes de temps et d'énergie qui peuvent avoir des conséquences désastreuses sur la sécurité, la santé et même la vie.

3.5.3. Risques d'accidents pour les travailleurs

Les tranchées ouvertes et l'utilisation de machineries lourdes et autres outils augmentent les risques d'accidents pour les travailleurs. Les travailleurs sont exposés à des risques de chute, de chocs électriques et des risques sur la santé qui sont associés au travail dans un espace clos. Ils risquent également de se faire renverser par les



véhicules qui passent ou de se blesser par l'utilisation des machineries et des outils utilisés (MTO, 2008). L'ASP indique dans sa revue que les bris des réseaux souterrains peuvent entraîner des blessures graves et même le décès des travailleurs.

3.5.4. Risques d'accidents pour les usagers

Les risques d'accidents dans les environs des zones de travaux de renouvellement des infrastructures souterraines ne peuvent être ignorés ou négligés. Les tranchées ouvertes ainsi que tous les outils et autres débris exposés peuvent contribuer à accroître les risques d'accidents des usagers. Il est essentiel d'établir des configurations pour la circulation pendant et en dehors des heures de pointe. De plus, il est recommandé que l'intervenant engage un signaleur pour veiller à ce que la zone des travaux reste en tout temps sécuritaire.

Notons aussi que les rues avoisinantes, sur lesquelles est détournée la circulation routière, deviennent également dangereuses à cause de l'augmentation du nombre de voitures et de la densité de la circulation.

Un autre facteur à considérer est l'augmentation du phénomène de la rage au volant. Le comportement des automobilistes stressés peut provoquer des épisodes de colère et augmenter les risques d'accidents. Il est important que les intervenants fassent une planification rigoureuse de la circulation.

4. MÉTHODES D'ÉVALUATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Différentes méthodes sont utilisées pour déterminer les coûts socio-économiques. Ces méthodes vont de l'estimation des cotes de nuisance, auxquelles un coût sera attribué, à la prise en compte des contextes socio-économique et politique pour peser l'importance et l'acceptabilité des nuisances (CERIU, 2004).

La *règle du pouce* (Pucker, J., Allouche, E. N. et Sterling, R. L., 2006) peut être utilisée pour décider s'il faut tenir compte des coûts socio-économiques ou pas. Il s'agit de calculer en premier les coûts dus aux pertes de temps des personnes (impacts sur la circulation). Généralement, si ces coûts sont plus petits que 10 % des coûts directs, il est fortement recommandé d'ignorer les coûts socio-économiques. Si, par contre, ces coûts sont de plus de 25 % des coûts directs, les coûts socio-économiques sont significatifs et devraient être considérés (pendant les phases de planification, de conception et d'évaluation d'appel d'offres).

Cette section traite donc des méthodes considérées pour l'estimation des différents coûts socio-économiques identifiés et décrits dans la section précédente.



Rappelons que ces coûts sont classés par catégories, elles-mêmes divisées en sous-catégories.

La première partie de cette section traite de la collecte des données. Le tableau 4.1 présente les différentes données à utiliser et les sources où les obtenir.

Par la suite, pour chacun des coûts socio-économiques identifiés, nous présentons une formule de calcul, si elle a été établie, ainsi qu'un exemple de calcul si applicable.

Dans le tableau 4.2, on retrouve un résumé des méthodes d'évaluation.

4.1. COLLECTE DE DONNÉES

Toute évaluation des coûts associés à un projet doit commencer par la collecte des données relatives au lieu des travaux envisagés. Les données à collecter dépendent du niveau d'information désiré.

Le tableau 4.1 permet de retrouver rapidement les données nécessaires à collecter pour estimer chacun des coûts socio-économiques. Par exemple, pour calculer les retards causés par des travaux, il est nécessaire de connaître les données sur la circulation pendant les travaux et de comparer ces valeurs à celles dans les conditions normales, ce qui revient à évaluer le temps requis pour parcourir la zone de travaux (Wilson, 2003). Le tableau ci-dessous donne la liste des données nécessaires par ordre d'utilisation dans le document ainsi que l'indication des sources à contacter pour les obtenir.

Tableau 4.1 : Données à collecter et leurs sources

Données à collecter	Sources
PV _o : Durée de vie résiduelle avant travaux	Municipalité pour les données sur l'actif et les études sur les cycles de vie des infrastructures
PV _f : Durée de vie résiduelle après travaux	Municipalité pour les données sur l'actif et les études sur les cycles de vie des infrastructures
VA (\$/j) : Valeur de l'agrément	Enquête auprès des résidents touchés
F : Facteur de réduction de l'agrément	Données auprès de l'entrepreneur, de la municipalité ou des résidents touchés
P : Population affectée	Données auprès de la municipalité ou décompte des résidents affectés
DP (semaines, jours ou heures) : Durée du projet	Données auprès de l'entrepreneur ou de la municipalité



Données à collecter	Sources
NSP : Nombre d'espaces de stationnement perdus	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
TP (\$/h) : Taux du parcomètre	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
H (h/jour) : Nombre d'heures opérationnelles	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
PP (%) : Pourcentage d'occupation des parcomètres	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
CA (\$/billet) : Coût d'une amende	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
FA (billets/h) : Fréquence d'amendes	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
ESP (m ²) : Espaces de stationnement interdits perdus	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
EST (m ²) : Espaces de stationnement interdits totaux	Département du stationnement de la municipalité (exemple <i>Stationnement Montréal</i>)
ATP (h/personne) : Augmentation du temps de parcours des passagers ou des piétons	Enquête auprès des usagers
NVJ (véhicules/j) : Nombre de véhicules par jour	Département de la circulation de la municipalité ou comptage des véhicules
NPV : Nombre de personnes par véhicule	Étude sur les déplacements des personnes comme l'étude de <i>MADITUC pour Montréal (2003)</i>
VT (\$/h) : Valeur du temps des personnes (passagers ou piétons)	Statistiques de la municipalité sur les profils sociodémographiques ou autres études sur les revenus des personnes
NP (personnes /h) : Nombre de piétons par heure	Statistiques de la municipalité ou comptage des piétons
NCV : Nombre de changements de vitesse	Enquête auprès des usagers concernés.
Qp (l/véhicule) : Quantité de carburant utilisée avec les perturbations	CAA Québec ou MTQ ou usagers
Qh (l/véhicule) : Quantité de carburant habituellement utilisée	CAA Québec ou MTQ ou usagers
QCS (l/véhicule) : Quantité de carburant en surconsommation	Établi par calcul pour suivant une étude
CC (\$/l) : Coût du carburant	Prix affichés dans les stations-service
ADP (km/véhicule) : Augmentation de la distance de parcours	Municipalité pour la planification des détours ou enquête auprès des usagers
CU (\$/km) : Coûts d'utilisation du véhicule	CAA Québec
TNA (h/semaine) : Temps de nettoyage additionnel	Enquête auprès des propriétaires des bâtiments affectés
MO (\$/h) : Coût de la main-d'œuvre	Enquête auprès des propriétaires des bâtiments affectés



Données à collecter	Sources
NBA : Nombre de bâtiments affectés	Enquête auprès des propriétaires des bâtiments affectés
MT (\$) : Montant des traitements reçus	Enquête auprès des personnes affectées
CDE (\$) : Montant nécessaire pour la restauration de l'environnement	Étude sur l'évaluation environnementale
NEA : Nombre d'employés affectés	Travailleurs affectés
RHM (\$/h) : Rendement moyen horaire	Travailleurs affectés
FRP : Facteur de réduction de la productivité	Travailleurs affectés
Q _{GES} (téq CO ₂) : Quantité de gaz à effet de serre produite	1 : Fiche Transport- V1 ³ 2 : Calculatrice NASTT ⁴
PRIX _{GES} (l) : Prix d'une téq de CO ₂	Marché climatique ⁵
NPA : Nombre de personnes affectées au dossier	Municipalité concernée
HT (h) : Nombre d'heures de travail pour traiter le dossier	Municipalité concernée
TH (\$/h) : Taux horaire des personnes	Municipalité concernée
PCR (%) : Pourcentage du changement de recettes	Enquête auprès des commerçants ou montant des réclamations au niveau de la municipalité
RMA (\$) : Recettes moyennes anticipées	Enquête auprès des commerçants ou montant des réclamations au niveau de la municipalité
POD (%) : Probabilité d'occurrence des dommages	Compagnies d'assurances
CPD (\$) : Coût probable des dommages	Compagnies d'assurances
NO : Nombre d'occurrences	Compagnies d'assurances
VTRU (\$/min) : Valeur du temps de réponse de l'urgence	Service de police ; Urgences-santé ; Caserne des pompiers
De (min) : Délai	Service de police ; Urgences-santé ; Caserne des pompiers
FT (nombre/j) : Fréquence des trajets	Service de police ; Urgences-santé ; Caserne des pompiers
PA (\$/\$ de salaire) : Prime d'assurance	Compagnies d'assurance
ST (\$/h) : Salaire du travailleur	Entreprise chargée des travaux ou travailleurs affectés
MD : Multiplicateur de douleur, souffrance et perte de salaire	Travailleurs affectés
NT : Nombre de travailleurs	Entreprise chargée des travaux
TT(h/j) : Temps de travail	Entreprise chargée des travaux
CMC (\$/km) : Coût moyen de la collision	Compagnies d'assurance

³ Calcul des émissions des gaz à effet de serre, www.mddep.gouv.qc.ca/air/calcul-ges/tableurs.htm

⁴ Calculatrice de carbone – www.nastt-bc.org

⁵ Marché climatique de Montréal – www.mcx.ca



Données à collecter	Sources
LZC (km) : Longueur de la zone de construction	Municipalité concernée ou l'entreprise chargée des travaux

4.2. IMPACTS SUR LES RÉSEAUX ADJACENTS

4.2.1. Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes

La diminution de la durée de vie des infrastructures peut être évaluée comme suit :

Pour la chaussée : la chaussée a en général une durée de vie ou de service de 20 à 25 ans. La diminution de cette durée par la réalisation de tranchées pour le renouvellement des réseaux d'eau se traduit par la diminution de l'indice de qualité (PCI) dans le temps et est illustrée par la figure ci-dessous.

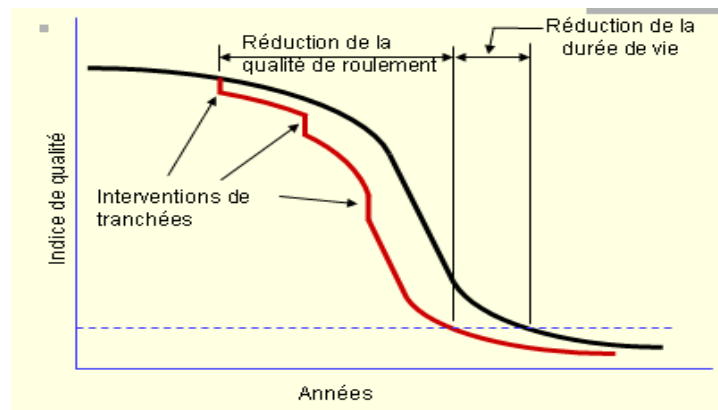


Figure 4-1 : Impact sur la durée de vie de la chaussée
(Tirée de Maurice Lemire et Louis D'Amours - 2006)

Une autre source, InfraGuide (2002), estime que la proportion de la diminution de la durée de vie résiduelle due aux excavations sur la chaussée est de 30 % à 35 %.

Certaines municipalités ont des règlements permettant d'absorber les coûts relatifs aux dégradations accélérées des chaussées dues aux excavations. Citons à titre d'exemple les montants exigés pour le paiement de « frais de détérioration accélérée du pavage » en fonction de l'âge de la chaussée existante (Ville de Gatineau, 2008) :

- 0 à 3 ans : 40 \$/m² (si intervention urgente ou jugée essentielle) ;
- 3 à 5 ans : 25 \$/m² ;
- 6 à 20 ans : 10 \$/m² ;
- Plus de 20 ans : pas de frais de détérioration d'application.



À cela, il faut ajouter les dommages sur les chaussées des rues avoisinantes recevant les détours de circulation. Les données de circulation permettront d'établir la surcharge sur ces voies et donc d'estimer la valeur de la réduction de durée de service.

Pour les réseaux d'eau potable et d'égouts : à sa construction, une conduite de distribution d'eau potable a une durée de vie moyenne (ou de service) de 75 ans (Duchesne et Villeneuve, 2005).

La durée de service attendue des égouts varie en fonction du type de matériau utilisé. Elle varie⁶ entre 60 et 80 ans et peut aller jusqu'à 140 ans pour les conduites en PVC sous pression.

Pour les réseaux techniques urbains : La durée de vie ou de service est fonction du type de matériau utilisé. On retrouve divers matériaux selon le réseau considéré :

- Conduites de gaz : polyéthylène ou acier ;
- Conduites d'électricité : polyéthylène haute densité (PEHD) ou polychlorure de vinyle (PVC) ;
- Conduites de télécommunication : PEHD ou PVC.

Pour l'acier, la durée de vie est infinie à condition de le protéger contre la corrosion par l'utilisation de protection cathodique ou de revêtement.

Pour le polyéthylène et le PVC, les dommages proviennent surtout des activités de tiers comme la réalisation de tranchée à proximité des conduites.

Aucune donnée n'a été trouvée pour estimer les impacts sur les réseaux souterrains.

De façon générale, l'estimation des coûts associés à la diminution de la durée de vie ou de service d'un actif pourra se faire en considérant la durée de vie résiduelle avant travaux et la diminution de cette durée de vie attribuable à la fragilisation provoquée par les travaux.

Le CNRC (2005) présente la même méthode en comparant la valeur présente ou actuelle de l'actif, avant les travaux (PV_0) à sa valeur présente ou actuelle après l'intervention (PV_i).

Ces valeurs sont fonction de l'âge, du prix de construction initial et de la durée de vie utile de l'infrastructure.

⁶ *EarthTech*, Appendix H, Asset Management Program.



Coût de réduction de durée de service = $PV_o - PV_f$

4.2.2. Interruptions de service, réseaux temporaires

Les éléments suivants peuvent être pris en compte dans l'évaluation des impacts dus à l'interruption des services d'eaux :

Eau potable

- Manque d'eau potable, recours à l'eau embouteillée ou à l'eau bouillie ;
- Plaintes des usagers ;
- Coûts liés au recours aux restaurants pour l'alimentation des ménages ;
- Manque d'hygiène, etc.

Égouts

- Refoulement des eaux usées ;
- Indisponibilité du système sanitaire dans les ménages ;
- Occurrence des maladies liées à l'eau ;
- Inconfort des usagers ;
- Plaintes des usagers liées à leurs conditions sanitaires, etc.

Ormsby (2009) présente une formule d'évaluation de ces coûts :

Coûts de l'interruption de service, réseaux temporaires = Valeur de l'agrément VA (\$/j) x Facteur de réduction de l'agrément F x Population affectée P x Durée du projet DP (jours).

Il estime également que ce coût peut être évalué en considérant le coût des bouteilles d'eau achetées, le temps et l'énergie pour bouillir l'eau ainsi que le déplacement, ou encore la somme que les gens sont prêts à payer pour éviter ce désagrément ou la somme qu'ils sont prêts à recevoir comme compensation.

Exemple : Une interruption totale de la distribution de l'eau potable a lieu lors des travaux de remplacement de la conduite principale sur une rue donnée affectant une population totale de 150 personnes qui se retrouvent obligées de dépenser chacune 25 \$ en moyenne par jour pour acheter des bouteilles d'eau et manger au restaurant et ce, pendant les 5 jours que dure le projet. L'interruption ayant lieu pendant 4 heures par jour de 24 heures, le facteur de réduction de l'agrément peut être considéré représentant 1/6.



Les coûts de l'interruption de service = $25 \text{ \$/j} \times 1/6 \times 150 \times 5 \text{ jours} = 3\,125 \text{ \$}$

4.3. IMPACTS SUR LA CIRCULATION

4.3.1. Pertes d'espaces de stationnement

Les coûts reliés aux pertes d'espaces de stationnement comprennent deux parties :

- 1) Les pertes dues au fait que les personnes ne peuvent pas stationner leurs véhicules aux places prévues :

Le nombre de places de stationnement touchées peut être compté.

Les pertes d'espaces de stationnement sont calculées tel qu'indiqué ci-dessous (Pucker *et al.*, 2006) :

Coût des pertes d'espaces de stationnement = Nombre d'espaces de stationnement perdus NSP x Taux du parcomètre TP ($\text{\$/h}$) x Nombre d'heures opérationnelles par jour H (h/jour) x % d'occupation de l'espace concerné PP (%) x Durée du projet DP (jours).

- 2) Les pertes dues au manque de distribution des amendes pour stationnement interdit. Ces pertes sont calculées comme suit :

Coût des pertes des revenus d'amendes de stationnement = Coût d'une amende CA ($\text{\$/billet}$) x Fréquence d'amendes FA (billets/h) x Durée du projet DP (h) x (Espaces de stationnement interdits perdus ESP (m^2) / Espaces de stationnement interdits totaux EST (m^2)).

Les coûts d'espaces de stationnement totaux sont la somme des deux coûts calculés ci-dessus.

Exemple : Des travaux de renouvellement de conduite d'égout obligent la fermeture complète de l'une des deux voies d'une chaussée. La zone des travaux compte un nombre d'espaces de stationnement avec parcomètres $N = 20$. Les parcomètres sont au taux de 2 \$ par heure, opérationnels de 9 h à 18 h (Nombre d'heures H de 9 h) avec un pourcentage d'occupation de 75 %. Cette zone de travaux définie occupe 600 m^2 des $1\,200 \text{ m}^2$ d'espaces de stationnement interdits. En considérant le coût d'une amende de stationnement de 50 \$ et une fréquence de remise d'amendes de 4 par heure et une durée de projet de 15 jours, on obtient les chiffres suivants :



- 1) *Pertes d'espaces de stationnement* = $20 \times 2 \text{ \$/h} \times 9 \text{ h} \times 75 \% \times 15 = 4\,050 \text{ \$}$
- 2) *Pertes des revenus d'amendes* = $(600 \text{ m}^2 / 1\,200 \text{ m}^2) \times 50 \text{ \$/billet} \times 4 \text{ billets} \times (15 \text{ jours} \times 9 \text{ h}) = 13\,500 \text{ \$}$

Les coûts des pertes d'espaces de stationnement totaux = $4\,050 \text{ \$} + 13\,500 \text{ \$}$
= $17\,550 \text{ \$}$

4.3.2. Pertes de temps des personnes

Les personnes concernées sont celles passant par les zones des travaux qu'elles soient en véhicule ou à pied puisque toutes subissent un retard dû aux arrêts et aux détours.

4.3.2.1. Personnes dans les véhicules

Le temps perdu par les personnes à bord des véhicules est estimé en considérant le retard accumulé et la valeur de ce temps perdu.

Pertes de temps des personnes dans les véhicules = Augmentation du temps de parcours des passagers ATP (h/personne) x Nombre de véhicules par jour NVJ (véhicules/j) x Nombre de personnes par véhicule NPV x Valeur du temps VT des passagers (\$/h) x Durée du projet DP (j).

Exemple : *Considérons des travaux d'une durée de 25 jours nécessitant la fermeture d'une voie sur deux et causant une augmentation du temps pour passer la zone des travaux de 3 minutes soit 0,05 heure. Fixons le nombre de véhicules NVJ qui passent par cette zone à 5 000 par jour et une occupation moyenne des véhicules NPV de 2. Ces personnes ont une valeur moyenne du temps de 25 \$/h.*

Les pertes de temps des personnes dans les véhicules = $0,05 \text{ h/personne} \times 5\,000 \text{ véhicules/j} \times 2 \text{ personnes/véhicules} \times 25 \text{ \$/h} \times 25 \text{ jours} = 312\,500 \text{ \$}$.

Les valeurs considérées sont des moyennes. Il est possible de considérer dans les détails les différents types de déplacements pour établir une valeur du temps en fonction du revenu et du motif du déplacement des personnes. On pourrait dans ce cas distinguer les déplacements d'affaires, de travail, d'études ou autres comme le loisir, et aussi, le retard occasionné peut dépendre du type de véhicule, puisque les véhicules lourds et les véhicules légers ne subissent pas le même ralentissement en cas de travaux.



4.3.2.2. Piétons

Ce coût est surtout calculé au niveau des retards subis par les piétons pour se rendre d'un point à un autre.

Les coûts des retards des piétons sont calculés de la manière suivante :

Pertes de temps des piétons = Augmentation du temps de parcours des piétons ATP (h/personne) x Nombre de piétons NP (personnes/h) x Valeur du temps des piétons VT (\$/h) x Durée du projet DP (h).

***Exemple :** Supposons que la valeur moyenne du temps des passants est de 20 \$/h et qu'il y a 100 piétons qui passent par heure ; l'augmentation moyenne du temps de parcours de ces piétons est considérée égale à 1 minute (0,017 h/piéton) et la durée du projet est de 25 jours (600 h).*

Les pertes de temps des piétons = $0,016 \text{ h/piéton} \times 100 \text{ piétons/h} \times 20 \text{ \$/h} \times 600 \text{ h} = 19\ 200 \text{ \$}$.

Comme pour les véhicules, il est également possible de calculer dans les détails les coûts des pertes de temps des piétons en considérant la valeur du temps selon les revenus et le motif du déplacement des personnes.

Les coûts des pertes de temps des personnes est la somme des coûts des deux catégories de pertes de temps calculées ci-dessus.

4.3.3. Augmentation des frais d'exploitation des véhicules

Les frais d'exploitation des véhicules sont estimés en ajoutant les coûts de surconsommation de carburant à l'augmentation des coûts d'utilisation des véhicules.

La surconsommation, dans cette estimation, fait référence à la quantité de carburant consommée en surplus à cause des perturbations (arrêts, changements de vitesse) et non relatives à l'augmentation de la distance parcourue.

L'augmentation des coûts d'utilisation des véhicules est basée sur l'augmentation de la distance parcourue et englobe la surconsommation de carburant dans le cas où celle-ci est uniquement associée à l'augmentation de la distance parcourue.



Si la distance parcourue est la même et que les perturbations se traduisent par les arrêts et ralentissements fréquents, alors *l'Augmentation des frais d'exploitation des véhicules* se résumera aux *coûts de surconsommation de carburant*.

Si la distance est rallongée à cause d'un détour imposé sans aucune autre perturbation ou congestion, alors *l'Augmentation des frais d'exploitation des véhicules* se résumera aux *coûts d'utilisation des véhicules*.

Si les véhicules subissent un rallongement de distance de parcours et la congestion entraînant des arrêts et des changements de vitesse fréquents, alors *l'Augmentation des frais d'exploitation des véhicules* englobera les *coûts de surconsommation de carburant* et les *coûts d'utilisation des véhicules*.

4.3.3.1. Coûts de surconsommation de carburant

La quantité de carburant en surconsommation QCS peut être calculée suivant les deux méthodes ci-dessous:

- Pucker *et al.* (2006) donne une estimation du surplus de carburant consommé lors de fréquentes accélérations et décélérations: par exemple, 1 000 changements de vitesse de 50 mph (80 km/h) à 15 mph (24 km/h) et le retour à 50 mph, provoquent une surconsommation de 12,2 gallons (46,18 l) de carburant pour des véhicules utilitaires légers.

Par exemple, si un véhicule subit $NCV = 1000$ changements de vitesse dans les conditions ci-haut mentionnées, la surconsommation sera de $QCS = 46,18l$.

- MICHELSEN (2006), quant à lui, propose le calcul de la surconsommation de carburant due aux perturbations occasionnées par les travaux en faisant tout simplement la différence entre la quantité de carburant consommée avec la perturbation Q_p et la quantité de carburant habituellement utilisée pour se rendre d'un point à un autre Q_h .

Par exemple si Q_h habituellement consommée par un véhicule est de 4l pour son trajet et que les perturbations entraînent une consommation Q_p de 5l, alors la surconsommation sera $QCS = Q_p - Q_h = 5l - 4l = 1l$.

Coûts de surconsommation de carburant = Quantité de carburant en surconsommation QCS (l/véhicule) x Coût du carburant CC (\$/l) x Nombre de véhicules NVJ (véhicules/jour) x Durée du projet DP (jours).



Exemple : *Considérons que chaque véhicule consomme un surplus de carburant QCS = 2l en raison des arrêts et changements de vitesse fréquent. Si le flux journalier est de NVJ = 5000 véhicules et la durée des travaux Dp =25 jours. En considérant le coût du carburant CC= 1\$/l, alors nous aurons :*

Coûts de surconsommation de carburant = 2l/véhicule x 1\$/l x 5000 véhicules/jour x 25 jours = 250 000\$

4.3.3.2. Augmentation des coûts d'utilisation des véhicules

L'augmentation des coûts d'utilisation des véhicules est calculée par la formule ci-dessous :

Augmentation des coûts d'utilisation des véhicules = Augmentation de la distance de parcours ADP (km /véhicule) x Coûts d'utilisation CU (\$/km) x Nombre de véhicules NVJ (véhicules/jour) x Durée du projet DP (jours).

Exemple : *CAA Québec donne dans son édition de 2009 le coût d'utilisation d'une Berline Chevrolet Cobalt LT 2009 estimé à 0,469 \$/km (sur la base d'une distance annuelle parcourue de 18 000 km) ; en considérant une augmentation de la distance de parcours de 2 km due aux travaux, le nombre de véhicules par jour de 5 000 pour une durée des travaux DP de 25 jours, nous obtenons :*

Augmentation des coûts d'utilisation des véhicules = 2 km/véhicule x 0,469 \$/km x 5000 véhicules /jour x 25 jours = 117 250 \$.

4.4. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

4.4.1. Présence de saletés et de poussières

Pour évaluer les dommages dus à la présence de saletés et de poussières, il faut comparer l'environnement proche avant et après.

Il est possible d'évaluer les coûts associés au contrôle de poussières en menant une enquête auprès des commerçants des zones environnant les travaux. Le calcul peut se faire de la manière suivante :

Coût Contrôle de poussières = Temps de nettoyage additionnel TNA (h/semaine) x Coût de la main-d'œuvre MO (\$/h) x Nombre de bâtiments affectés NBA x Durée du projet DP (semaines).



Exemple : Temps de nettoyage additionnel = 2 h/semaine ; Coût de la main-d'œuvre = 13 \$/h; Nombre de bâtiments affectés = 20 ; Durée des travaux = 25 jours soit 3,6 semaines.

Coûts de contrôle de poussières = 2 h/semaine/bâtiment x 13 \$/h x 20 bâtiments x 3,6 semaines = 3 744 \$.

De plus, il faut compter les frais d'hospitalisation et de traitement des personnes affectées s'il y a lieu : montant du traitement (MT).

Les déversements des déchets ou autres polluants dans l'environnement ont également un impact à court, moyen et long terme. Cela pourrait être équivalent au coût de dépollution/réhabilitation et reforestation estimé à la suite d'une étude d'impacts environnementaux des projets : coûts de dépollution de l'environnement (CDE).

Le coût total de présence de saletés et poussières = Coûts de contrôle de poussières + Montant du traitement des personnes + Coûts de dépollution de l'environnement.

4.4.2. Vibrations et augmentation du bruit

Il a été expliqué dans la section 3 qu'après un seuil considéré acceptable, le bruit et/ou la vibration peuvent causer des troubles entraînant la baisse de productivité. Notons que le dépassement du seuil peut être estimé en comparant les niveaux moyens habituels de bruit et de vibrations sur le site avec les nouveaux relevés pendant les travaux. On peut ainsi obtenir le pourcentage de dépassement du niveau acceptable.

Gilchrist et Allouche (2005) ont établi une formule permettant d'évaluer la perte de productivité due aux bruits et vibrations :

Coûts des vibrations et augmentation du bruit = Nombre d'employés affectés NEA x Rendement horaire moyen RHM (\$/h) x Facteur de réduction de la productivité FRP x Durée du projet DP (h)

Exemple : Supposons un projet d'une durée 25 jours. À cause des bruits et des vibrations engendrés par les travaux, les 15 employés exposés sont à 75 % de leur productivité, soit donc une baisse de 25 %. Considérons un salaire horaire de 20 \$ pour les employés qui travaillent 8 heures par jour.

Coûts des vibrations et augmentation du bruit = 15 employés x 20 \$/h x 0,25 x (25 jours x 8 heures) = 15 000 \$.



4.4.3. Augmentation des gaz à effet de serre

La production de gaz à effet de serre (GES) dans le cadre des travaux de renouvellement des infrastructures souterraines est relative à l'utilisation de véhicules et d'équipements lourds pour les travaux mêmes, ainsi qu'à l'augmentation de la circulation et de l'engorgement créés dans les zones environnantes.

Deux outils de calcul des GES ont été identifiés :

- L'outil développé par le MDDEP permet d'évaluer la production de GES selon le secteur d'activité. L'outil est disponible sur le site Internet du Ministère. Nous considérons pour notre étude l'un des tableurs présentés, soit celui relatif au transport, le *Transport-v1.xls*.

Les données à introduire sont :

- les quantités de carburant pour les différents véhicules, camions, équipements motorisés, motocyclettes utilisés : essence, diesel, éthanol, propane, gaz naturel, etc. ;
- les distances parcourues.

L'outil ressort la quantité de GES en tonnes de CO₂ produites au total. Cette méthode peut être utilisée pour estimer les quantités de GES produites lors des engorgements et des détours provoqués par les travaux.

- La NASTT a développé un outil de calcul des quantités de CO₂ émises spécifiquement lors des travaux de renouvellement des infrastructures. Cet outil, disponible sur le site Internet de la NASTT, a été développé dans le but d'estimer les « économies » dans l'émission des CO₂ en utilisant le renouvellement sans tranchée en comparaison avec le renouvellement par tranchée conventionnelle.

La calculatrice a été conçue pour être utilisée pour des projets concernant des conduites ayant un diamètre de 20 pouces (50 mm) et plus.

Les données nécessaires sont :

- Les conditions de surface : zone gazonnée ou asphaltée (épaisseur) ;
- Les dimensions : de la conduite et de la tranchée ;
- Le nombre de pompes, si un pompage est requis ;
- Le temps total de déplacement pour les travaux : du site à la carrière via le lieu d'entreposage ;



- Les débits de la circulation : en cas de contrôle de la circulation seulement ;
- La consommation de carburant journalière de la machinerie et consommation horaire des camions.

Une fois les paramètres de base insérés, la calculatrice estime les quantités de carbone émises pour les techniques suivantes :

- En tranchée conventionnelle ;
- Sans tranchée :
 - o Forage dirigé,
 - o Tubage, éclatement de conduite,
 - o Chemisage, intervention ponctuelle et injection.

Les quantités totales de GES établies incluent les productions dues aux machineries et équipements du chantier même et les productions dues à la circulation alentour.

Une fois les quantités de GES produites connues, il s'agit de calculer le coût qui y est associé. Diverses sources disponibles donnent des estimations différentes. Les coûts associés à la production de GES équivalent aux prix des quantités de tonnes de CO₂ sur le marché du carbone.

Coûts de l'augmentation des gaz à effet de serre = Quantité de GES produite Q_{GES} (téq CO₂) x Prix d'une téq CO₂ PRIX_{GES} (\$/téq CO₂).

À titre d'illustration, une tonne équivalente de carbone représenterait, d'après le site écologique Neomansland :

- 1 an de chauffage au gaz pour un 3 pièces à Paris
- ou 1 aller-retour Paris-New York en avion
- ou 1,8 tonne de papier
- ou 14 000 km d'utilisation d'une Renault Twingo en ville
- ou 8 500 km de 4 x 4 en ville
- ou 20 aller-retour Paris-Londres en avion

Exemple : Nous utiliserons la calculatrice de la NASTT avec les données ci-dessous pour calculer la quantité de GES produite. Ensuite, nous évaluerons le coût des GES selon le prix moyen sur le marché de carbone.



Données introduites :

- Zone asphaltée d'épaisseur 150 mm ;
- Longueur de section renouvelée = 1 000 m ; diamètre de conduite = 300 mm ; profondeur du remblai = 2 m ; profondeur de l'assise = 0,5 m ;
- Nombre de pompes nécessaires = 1 ;
- Temps total de déplacement pour les travaux : site au dépôt d'asphalte = 20 minutes ; site au dépôt pour déblai = 20 minutes ; dépôt pour déblai à la carrière pour remblai = 10 minutes ; carrière pour remblai au site = 30 minutes ;
- Débit de la circulation (en cas de contrôle de la circulation seulement) = 10 000 véhicules par jour pendant 15 jours ;
- Consommation de carburant : petite excavatrice = 80 l/jour ; excavatrice moyenne = 120 l/jour ; grande excavatrice = 200 l/jour ; chargeuse = 80 l/jour ; rouleau d'expansion = 120 l/jour ;
- Consommation des camions = 10 l/heure.

Les résultats issus de la calculatrice de NASTT sont présentés ci-dessous. À titre comparatif, nous conservons également les données sur la quantité de GES produite par les technologies sans tranchée. En considérant que le coût moyen⁷ de la tonne de CO₂ est de 3 \$, on obtient :

Technologie	Quantité de CO₂ (tonnes)	Coût total (\$)
Tranchée conventionnelle	252,07	756,21
Forage dirigé	12,06	36,18
Tubage / éclatement de conduite	25,21	75,63
Chemisage, intervention ponctuelle et injection	5,04	15,12

*Par exemple, pour les travaux en tranchée conventionnelle : **Les coûts de l'augmentation des gaz à effet de serre** = 252,07 téq CO₂ x 3 \$/téq CO₂ = 756,21 \$.*

4.4.4. Plaintes des citoyens

Le nombre de plaintes des citoyens est comptabilisé à chaque ville. Chaque année, près de 1 200 plaintes relativement à la pollution de l'air sont reçues et traitées à la Direction de l'environnement de la ville de Montréal. Les poussières émises lors de travaux et les

⁷ Marché climatique de Montréal (31 décembre 2009). Le prix de la tonne de CO₂ est beaucoup plus élevé en Europe, par exemple, où il était de l'équivalent de près de 20 \$ canadiens. Le prix sur le marché de Montréal pourrait augmenter dans le futur.



odeurs liées à certaines activités industrielles sont habituellement à l'origine de ces plaintes. L'ombudsman de Montréal, dans ses rapports annuels, répertorie les plaintes suivantes sans préciser la nature exacte de toutes les plaintes :

- Relatives aux travaux municipaux avec réclamations monétaires : 12 en 2006 ; 9 en 2007 ; 30 en 2008 ;
- Relatives à la voirie/travaux publics : 96 en 2006 ; 40 en 2007 ; 63 en 2008.

Les plaintes reçues font l'objet de suivi et de traitement mobilisant ainsi du personnel de la Ville. Cela entraîne des coûts administratifs qui peuvent être évalués comme suit :

Coûts administratifs = Nombre de personnes affectées pour traiter le dossier NPA x Nombre d'heures de travail utilisées HT (h) x Taux horaire de ces personnes TH (\$/h).

***Exemple :** Trois employés de la ville payés au taux de 20 \$/h qui consacrent 10 heures chacun pour traiter les plaintes relatives à un projet de renouvellement des infrastructures coûtent à la ville :*

Coûts administratifs engendrés = 3 employés x 10 h x 20 \$/h/employé = 600 \$.

4.5. IMPACTS ÉCONOMIQUES

Pour déterminer les pertes des revenus attribuables aux travaux sur les infrastructures souterraines, il est recommandé de faire une étude des pertes subies auprès des compagnies affectées. Cette perte est mesurée en faisant une comparaison des bilans des années passées et de l'année des travaux.

Les pertes peuvent également être estimées par le montant des compensations demandées à la municipalité. Il faut noter qu'il est très rare que les municipalités offrent des compensations dans ce genre de situation.

Il est assez difficile d'établir exactement les pertes globales subies, puisque les commerces ne sont pas tous affectés de la même manière. À titre d'exemple, lors des travaux sur le boulevard Saint-Laurent de 2007, les commerçants affirment avoir perdu entre 10 % et 60 %, pendant la période des travaux en comparaison avec leurs revenus habituels pour la même saison (Ormsby, 2009).

Pertes de chiffres d'affaires = Pourcentage du changement de recettes PCR (%) x Recettes moyennes anticipées RMA (\$).



Exemple : Considérons le projet d'une durée de 25 jours dans la zone où 30 commerces sont disponibles. Supposons que les commerces font des recettes moyennes de 50 000 \$ par année de 250 jours ouvrables et enregistrent des pertes de 20 % de leurs revenus. Les pertes de chiffres d'affaires peuvent être estimées comme suit :

$$\text{Pertes de chiffres d'affaires} = 0,20 \times 50\,000 \text{ \$/commerce} \times 30 \text{ commerces} \times 25 \text{ j}/250 \text{ j} \\ = 30\,000 \text{ \$}.$$

4.6. RISQUES ACCRUS AU PLAN DE LA SÉCURITÉ

4.6.1. Dommages aux biens

Les dommages sont quantifiables. Il s'agit d'estimer les risques d'endommagement des biens privés et publics : les bâtisses, les véhicules, les aménagements paysagers, les mobiliers urbains (bancs, feux de circulation, abribus, poteaux, etc.).

Une méthode basée sur l'équation du risque (Ormsby, 2009) permet d'estimer les coûts associés aux dommages aux biens :

$$\text{Coûts des dommages aux biens} = \text{Probabilité d'occurrence des dommages POD (\%)} \\ \times \text{Coût probable des dommages CPD (\$)} \times \text{Nombres d'occurrences NO}.$$

Exemple : Si la probabilité d'endommager des mobiliers urbains lors des travaux sur les infrastructures souterraines est de 25 % et que le risque est couru 5 fois durant les travaux avec un coût estimé de 20 000 \$ pour les dommages, on peut évaluer les risques de dommages aux biens par le calcul ci-dessous :

$$\text{Coûts des dommages aux biens} = 0,25 \times 20\,000 \text{ \$} \times 5 = 25\,000 \text{ \$}$$

4.6.2. Difficultés pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments

Pour les véhicules de police, de pompier et les ambulances, la difficulté d'accès peut entraîner des coûts supplémentaires, puisque plus de temps sera nécessaire pour arriver aux destinations prévues. On pourrait également considérer les coûts d'aggravation de situation dus aux retards des secours.

Une enquête auprès d'Urgences-santé Montréal a révélé que cet organisme dispose du nombre de fois que l'accès de leurs véhicules a été problématique. Les difficultés d'accès sont reliées à diverses causes et les documents ne font pas état du nombre des



cas de difficultés d'accès dues à la fermeture des voies relatives aux travaux de renouvellement des infrastructures souterraines.

Par manque d'information sur la manière d'estimer les impacts socio-économiques relatifs à cet aspect, nous considérons la méthode proposée par Ormsby (2009) :

Impacts dus aux difficultés des véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments

= Valeur du temps de réponse d'urgence VTRU (\$/min) x Délai De (min) x Fréquence des trajets FT (nombre /j) x Durée des travaux DP (jours).

D'autres éléments pourront être pris en compte dans le futur pour évaluer les coûts réels associés. Il s'agit des charges d'appel d'une ambulance et la valeur de la vie du point de vue statistique.

***Exemple :** En considérant les données suivantes : Valeur du temps de réponse d'une ambulance (pénalités pour retard par rapport au temps normal de réponse préétabli dans certaines municipalités) de 10 \$/minute ; Délai ou retard de l'ambulance de 20 minutes à cause des travaux ; Fréquence des déplacements de l'ambulance de 3 trajets par jour et Durée des travaux de 15 jours, on peut estimer les impacts comme suit :*

Impacts dus aux difficultés des véhicules d'urgence = 10 \$/min x 15 j x 3 trajets/j x 20 min = 9 000 \$.

4.6.3. Risques d'accidents pour les travailleurs

Jung et Sinha (2004) démontrent dans leur étude que les accidents reliés aux travaux d'excavation sont 112 % plus grands que les travaux de construction en général.

Une méthode d'évaluation des coûts liés aux risques d'accidents pour le travailleur a été développée par Boyce et Bried (1994) en considérant le taux de compensation des assurances. La formule proposée est la suivante :

Coût Risques d'accidents pour les travailleurs = Prime d'assurance PA (\$/\$ de salaire) x Salaire du travailleur ST (\$/h) x Multiplicateur selon la douleur individuelle, souffrance et perte de salaire MD x Nombre de travailleurs NT x Temps de travail TT (h/j) x Durée du projet DP (j).

***Exemple :** Supposons des primes d'assurance de 20 \$ par tranche de 100 \$ de salaire pour des travailleurs gagnant 25 \$/h ; en cas d'accident, le facteur de multiplication de*



douleur, souffrance et perte de salaire de 2 ; le nombre de travailleurs affectés de 10 travaillant 8 heures par jour pour une durée de projet de 25 jours.

Coût risques d'accidents pour le travailleur = 20 \$/100 \$ x 25 \$/h x 2 x 10 travailleurs x 8 h/j x 25 j = 20 000 \$.

4.6.4. Risques d'accidents pour les usagers

L'incrémentation nette des accidents, tels que des dommages matériels, des blessures légères, des blessures sévères et fatales, peut être déterminée à partir des données provenant de la police et du service d'incendie de la ville concernée et en utilisant des données statistiques. Les assurances sont aussi une bonne source d'information.

Les coûts associés à ces accidents peuvent être évalués en proportion du volume de la circulation routière.

Lors de l'évaluation du nombre d'accidents, il faut s'assurer que tous les accidents considérés sont reliés aux travaux.

Selon Michelsen (2006), un indicateur servant à dévoiler la cause des accidents est de considérer la durée de travaux et les dates durant lesquelles ces travaux ont été réalisés.

Une méthode d'estimation des risques d'accidents est proposée par Ormsby (2009) :

Coûts de l'accroissement du taux d'accidents = Coût moyen de la collision CMC (\$/km) x Longueur de la zone de construction LZC (km) x Nombre de véhicules par jour NVJ (véhicules/jour) x Durée du projet DP (jours).

Le coût moyen de la collision dépend du type de véhicule et sa valeur varie suivant la source (pour plus de détails, consulter l'étude de Ormsby, 2009).

Exemple : *Pour notre exemple, nous considérons une valeur des collisions de 60 \$/1 000 véhicules.km ; la longueur de la zone des travaux de 1 km, le nombre de véhicules par jour de 5 000 et la durée du projet de 25 jours.*

Coûts de l'accroissement du taux d'accidents = 60 \$ /1 000 véhicules.km x 1 km x 5 000 véhicules/jour x 25 jours = 7 500 \$.



4.7. RÉSUMÉ DES MÉTHODES D'ESTIMATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Tableau 4.2: Impacts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout – Méthode d'évaluation

Impacts		Paramètres de collecte de données	Formule / fiche
1.	Sur les réseaux adjacents		
1.1	Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes	PV _o : Durée de vie résiduelle avant travaux PV _f : Durée de vie résiduelle après travaux	p. 16 Coûts = PV _o - PV _f
1.2	Interruptions de service, réseaux temporaires	VA (\$/j) : Valeur de l'agrément F : Facteur de réduction de l'agrément P : Population affectée DP (j) : Durée du projet	p. 18 Coûts = VA*F*P*DP
2.	Sur la circulation		
2.1	Pertes d'espaces de stationnement	<p>1. Parcomètre NSP: Nombre d'espaces perdus TP (\$/h) : Taux du parcomètre H (h/jour) : Nombre d'heures opérationnelles PP (%) : Pourcentage d'occupation des parcomètres DP (j) : Durée du projet</p> <p>2. Amende CA (\$/billet) : Coût d'une amende FA (billets/h) : Fréquence d'amendes ESP (m²) : Espaces de stationnement interdits perdus EST (m²) : Espaces de stationnement interdits totaux DP (h) : Durée du projet</p>	<p>p. 19</p> <p>1 = NSP*TP*H*PP*DP</p> <p>2 = CA*FA*DP*(ESP/EST)</p> <p>Coûts = 1 + 2</p>



	Impacts	Paramètres de collecte de données	Formule / fiche
2.2	Pertes de temps des personnes	<p>1. Personnes dans les véhicules ATP (h/personne) : Augmentation du temps de parcours des passagers NVJ (véhicules/j) : Nombre de véhicules par jour NPV : Nombre de personnes par véhicule VT (\$/h) : Valeur du temps des passagers DP (j) : Durée du projet</p> <p>2. Piétons ATP (h/personne) : Augmentation du temps de parcours des piétons NP (personnes/h) : Nombre de piétons par heure VT (\$/h) : Valeur du temps des piétons DP (h) : Durée du projet</p>	<p>p.20</p> <p>$1 = ATP \cdot NVJ \cdot NPV \cdot VT \cdot DP$</p> <p>$2 = ATP \cdot NP \cdot VT \cdot DP$</p> <p>Coûts = 1 + 2</p>
2.3	Augmentation des frais d'exploitation des véhicules	<p>1. Coûts de surconsommation de carburant NCV : Nombre de changements de vitesse. Qp (l/véhicule) : Quantité de carburant utilisée avec les perturbations Qh (l/véhicule) : Quantité de carburant habituellement utilisée QCS (l/véhicule) - Quantité de carburant en surconsommation. CC (\$/l) : Coût du carburant NVJ (véhicules /jour) : Nombre de véhicules par jour DP (j) : Durée du projet</p> <p>2 Augmentation des coûts d'utilisation des véhicules ADP (km/véhicule) : Augmentation de la distance de parcours CU (\$/km) : Coûts d'utilisation du véhicule NVJ (véhicules /jour) : Nombre de véhicules par jour DP (j) : Durée du projet</p>	<p>p. 21</p> <p>$QCS = f(NCV) - \text{voir p22}$</p> <p>Ou</p> <p>$GES = Qp - Qh$</p> <p>$1 = GES \cdot CC \cdot NVJ \cdot DP$</p> <p>$2 = ADP \cdot CU \cdot NVJ \cdot DP$</p> <p>Coût = 1 + 2</p>



	Impacts	Paramètres de collecte de données	Formule / fiche
3.	Environnementaux		
3.1	Présence de saletés et de poussières	<p>1. Nettoyage TNA (h/semaine) : temps de nettoyage additionnel MO (\$/h) : Coût de la main-d'œuvre NBA : Nombre de bâtiments affectés Durée du projet DP (semaines)</p> <p>2. Coût Hospitalisation et traitement MT : Montant des traitements reçus</p> <p>3. Coût de dépollution CDE : Montant nécessaire pour la restauration de l'environnement</p>	<p>p. 23</p> <p>1 = TNA*MO*NBA*DP</p> <p>2 = MT</p> <p>3 = CDE</p> <p>Coût = 1 + 2 + 3</p>
3.2	Vibrations et augmentation du bruit	<p>NEA : Nombre d'employés affectés RHM (\$/h) : Rendement moyen horaire FRP (\$/h) : Facteur de réduction de la productivité DP (h) : Durée du projet</p>	<p>p. 24</p> <p>Coût = NEA*RHM*FRP*DP</p>
3.3	Augmentation des gaz à effet de serre	<p>Q_{GES} (t_{éq} CO₂) : Quantité de gaz à effet de serre produite PRIX_{GES} : prix d'une t_{éq} de CO₂</p>	<p>p. 25</p> <p>Coût = Q_{GES}*PRIX_{GES}</p>
3.4	Plaintes des citoyens	<p>NPA : Nombre de personnes affectées au dossier HT (h) : Nombre d'heures de travail pour traiter le dossier TH (\$/h) : Taux horaire des personnes</p>	<p>p. 27</p> <p>Coût = NP*HT*TH</p>
4.	Économiques		
4.1	Impacts économiques	<p>PCR (%) : Pourcentage du changement de recettes RMA (\$) : Recettes moyennes anticipées</p>	<p>p. 28</p> <p>Coût = PCR*RMA</p>
5.	Risques accrus au plan de la sécurité		
5.1	Dommages aux biens	<p>POD (%) : Probabilité d'occurrences des dommages CPD (\$) : Coût probable des dommages NO : Nombre d'occurrences</p>	<p>p. 29</p> <p>Coût = POD*CPD*NO</p>
5.2	Difficulté pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments	<p>VTRU (\$/min) : Valeur du temps de réponse de l'urgence Délai De (min) FT (nombre/j) : Fréquence des trajets DP (jours) : Durée des travaux</p>	<p>p. 29</p> <p>Coût = VTRU*De*FT*DP</p>



Impacts		Paramètres de collecte de données	Formule / fiche
5.3	Risques d'accidents pour les travailleurs	PA (\$/\$ de salaire) : Prime d'assurance ST (\$/h) : Salaire du travailleur MD : Multiplicateur de douleur, souffrance et perte de salaire NT : Nombre de travailleurs TT(h/j) : Temps de travail DP (j) : Durée du projet	p. 30 Coût = PA*ST*MD*NT*TT*DP
5.4	Risques d'accidents pour les usagers	CMC (\$/km) : Coût moyen de la collision LZC (km) : Longueur de la zone de construction NVJ (véhicules /jour) : Nombre de véhicules par jour DP (j) : Durée du projet	p. 31 Coût = CMC*LZC*Nvj*DP



5. COMPARAISON DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES ENTRE LES TRAVAUX SANS TRANCHÉE ET LES TRAVAUX EN TRANCHÉE CONVENTIONNELLE

Les sections précédentes ont décrit les coûts socio-économiques engendrés lors de travaux de renouvellement des infrastructures d'eau (conduites d'eau potable et d'égout) ainsi que la façon de les estimer.

Cette section comparera les coûts socio-économiques des travaux sans tranchée par rapport à ceux avec tranchée ouverte.

Pour comparer les coûts socio-économiques des deux types de travaux, il faut considérer les différents impacts engendrés. Ces derniers varient en importance selon que les travaux de renouvellement se font avec ou sans tranchée.

Les travaux avec tranchée prennent généralement beaucoup plus de temps pour la réalisation. Ils ont plus d'envergure et mobilisent beaucoup plus d'équipements et d'outillages en plus de toutes les perturbations occasionnées.

Diverses recherches ont été conduites dans le but de comparer les techniques sans tranchée aux techniques avec tranchée en termes économiques. Les approches ne sont pas toujours les mêmes car les études définissent et classent différemment les éléments des impacts socio-économiques. Certaines études prennent en compte quelques-uns ou plusieurs des impacts présentés plus haut tandis que d'autres font la comparaison des coûts totaux englobant les coûts socio-économiques.

Nous présentons ci-dessous quelques résultats de ces études.

Tableau 5.1 : Comparaison des coûts socio-économiques entre les travaux sans tranchée et les travaux en tranchée ouverte

Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	
Boyce, GM et Bried, E.M. (1994)	Rue commerciale urbaine, à Oakland, Californie, États-Unis	Remplacement d'une conduite d'égout pluvial en brique de 7 rues de longueur et de 84 et 90 po de diamètre. Comparaison de coûts de travaux en tranchée ouverte vs Microtunnelage + tranchée (une partie remplacée par Microtunnelier et l'autre par tranchée ouverte). Coûts socio-économiques considérés : - risques d'accidents pour les travailleurs ; - impacts sur la circulation : augmentation des frais d'exploitation des véhicules et pertes de temps des personnes dans les véhicules ; - pertes de temps des piétons ; - pertes de chiffres d'affaires et de taxes ; - impacts dus au bruit ; - présence de saletés et de poussières ; - impacts sur les infrastructures adjacentes : chaussée.	1 073 000 \$	1 665 000 \$	680 143 \$	49 396 \$	CSE/CD = 63,4 %	CSE/CD = 3 %	- Selon cette étude, la « valeur du temps » est très déterminante dans l'estimation des coûts socio-économiques. Plus la valeur du temps augmente, plus l'écart entre les coûts socio-économiques associés aux travaux en tranchée et ceux associés aux travaux sans tranchée devient important. - Détails des coûts considérés – voir tableau 5.1.



Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	
McKim R. A. (1997)	Waterloo, Ontario	<p>Comparaison de travaux de construction de conduites dont 10 sont réalisés en tranchée ouverte et 4 sans tranchée (2 gainages, 1 Microtunnelage et un éclatement de conduite).</p> <p>Coûts socio-économiques considérés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - impacts sur les propriétés publiques et privées (dommages aux propriétés) ; - détour de la circulation routière ; - impacts environnementaux ; - pertes de chiffres d'affaires et de taxes. <p>Pour la plupart des projets seuls les coûts reliés au détour de la circulation ont été considérés.</p> <p>Les coûts indiqués sont des coûts moyens.</p>	155 900 \$ (Coût moyen)	567 100 \$ (Coût moyen)	122 300 \$ (Coût moyen)	16 900 \$ (Coût moyen)	CSE/CD = 78 %	CSE/CD = 3 %	<p>Les coûts socio-économiques représentent un grand pourcentage des coûts directs dans le cas des travaux en tranchée conventionnelle.</p> <p>Pour certains projets le rapport variait de 44 % à 492 % pour la tranchée ouverte et de 0 % à 11 % pour les travaux sans tranchée.</p>
Gondin, B. (2004)	Boulevard Notre-Dame-de-Fatima, à Laval, Québec	<p>Choix entre une technique de réhabilitation sans tranchée et une technique de remplacement en tranchée pour le renouvellement de conduites d'aqueduc : une conduite de 250 m de long et de 150 mm de diamètre et une conduite de 620 m de long et de 250 mm de diamètre. L'étude tient compte de l'analyse du cycle de vie des conduites.</p> <p>Coûts socio-économiques :</p> <p>Ce sont les frais de détour évalués à l'aide des facteurs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - consommation des véhicules au kilomètre (surconsommation de carburant) ; 	422 \$/m	396 \$/m	150 \$/m	0	CSE/CD = 36 %	CSE/CD = 0 %	<p>M. Grondin arrive à la conclusion suivante : Lors des travaux sans tranchée les impacts socio-économiques étaient de beaucoup inférieurs par rapport aux travaux avec tranchée. Cette différence, même si elle n'apporte pas un impact direct du point de vue économique à la ville, a quand même un impact positif sur la population.</p>



Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques	
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée		
		<ul style="list-style-type: none"> - prix du carburant ; - coût associé à l'usure des véhicules (augmentation des frais d'exploitation) ; - coût de la perte de temps reliée à une perte de salaire (pertes de temps des personnes). 								
Yeun J. et Sunil K. S. (2004)	Municipalité de State College, Pennsylvanie	<p>9 projets de renouvellement d'égout sanitaire, réalisés sur des tronçons de rue similaires, dont 7 en tranchée ouverte et 2 sans tranchée (technique d'éclatement).</p> <p>Tranchée ouverte : longueur moyenne de 36 m et diamètre moyen de 200 mm.</p> <p>Sans tranchée : longueur moyenne de 31 m et diamètre moyen de 250 mm.</p> <p>Comparaison pour les projets considérés des coûts directs et des coûts socio-économiques partiels engendrés en considérant les deux options, soient les travaux en tranchée ouverte et sans tranchée.</p> <p>Coûts socio-économiques particulièrement évalués dans les calculs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - retard dans la circulation routière : pertes de temps des personnes dans les véhicules ; - impact du bruit sur la dépréciation des propriétés ; - perturbation des commerces : pertes de chiffres d'affaires. <p>- Les coûts des impacts</p>	<p>Projet A – 191 682 \$</p> <p>Projet B – 185 123 \$</p> <p>Projet C – 65 363 \$</p>	<p>Projet A – 98 406 \$</p> <p>Projet B – 95 942 \$</p> <p>Projet C – 36 267 \$</p>	<p>Projet A – coût du retard = 1 421 421 \$</p> <p>Projet B – impact du bruit (30 propriétés) = 121 278 \$</p> <p>Projet C – pertes de chiffres d'affaires (11 commerces) = 14 685 \$</p>	<p>Projet A – coût du retard = 1 136 897 \$</p> <p>Projet B – impact du bruit (30 propriétés) = 60 639 \$</p> <p>Projet C – pertes de chiffres d'affaires (11 commerces) = 2 401 \$</p>	-	-	<p>Diminution des CSE partiels de 20 %</p> <p>Diminution des CSE partiels de moitié</p> <p>Diminution des CSE partiels de 84 %</p>	Il ressort de cette étude que les impacts socio-économiques dus aux retards dans la circulation routière, aux bruits occasionnés et aux pertes de revenus des commerces sont grandement diminués lorsqu'on réalise les travaux sans tranchée comparativement à des travaux en tranchée ouverte.



Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	
		<p>socio-économiques partiels sont calculés individuellement pour chacun des différents projets, ce qui rend difficile l'estimation globale de ces coûts. Trois projets que nous nommerons A, B et C sont considérés pour comparer les coûts socio-économiques partiels des travaux sans tranchée par rapport aux travaux en tranchée. Les données des CSE sont donc relatives à un cas donné.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autres impacts identifiés mais non quantifiés : - productivité journalière selon la technique ; - sécurité des travailleurs : risques d'accidents ; - impacts sur les infrastructures adjacentes. 							
Rahman S. <i>et al.</i> , CRNC (2005)	Ville de Winnipeg, rue Wellington, rue Warsaw et avenue Nairn	<p>Réhabilitation de conduites d'égout combinées : une section de 750 mm de diamètre, une section de 300 mm de diamètre et une section ovoïde de 1 275 x 1 050 mm.</p> <p>Comparaison des trois projets selon 3 techniques : à tranchée ouverte, le chemisage et le forage dirigé ou la technique d'éclatement.</p> <p>Coûts socio-économiques considérés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - perturbation de la circulation routière ; - pertes de temps des piétons. 	Nairn – 2 191 700 \$	Nairn – chemisage – 3 189 300 \$	3 767 100 \$	877 400 \$	CSE/CD = 172 %	CSE/CD = 28 %	<p>Pour tous les cas étudiés, les CSE de la technique en tranchée sont largement supérieurs aux CSE des techniques sans tranchée. Les détails des coûts des travaux de Winnipeg sont présentés dans le tableau 4.2.</p> <p>Cette étude montre également que les CSE peuvent valoir jusqu'à 400 % des CD.</p>
Michelsen I. K. (2006)	Kessel Dorp Nijen, Belgique	Travaux d'insertion segmentée de conduites d'égout de 2,5 km de long et	5,1 M\$ US	Option1 – 6,64 M\$	3,2 M\$ US	646 274 \$US	CSE/CD = 63 %	CSE/CD = 10 %	La conclusion de cette étude était que, non seulement le coût total des travaux



Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	
		<p>de 1 600 mm de diamètre. L'insertion est étudiée selon deux options : insertion de segments de diamètre nominal de 1 600 mm ou de diamètre nominal de 1 200 mm.</p> <p>Les coûts socio-économiques considérés dans les calculs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pertes de temps ; - surconsommation de carburant ; <p>Autres coûts socio-économiques identifiés mais non quantifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pertes de vente : pertes de chiffres d'affaires et de clientèle ; - risques d'accidents ; - usure des infrastructures : impacts sur les infrastructures adjacentes ; - Impacts environnementaux. 							<p>avec la technique sans tranchée était moins onéreux que celui des travaux avec la technique avec tranchée conventionnelle, mais en plus, cette méthode de renouvellement était socialement plus souhaitable.</p> <p>En prenant en compte les autres CSE ignorés, le rapport CSE/CD atteint 72 % pour la technique en tranchée conventionnelle et reste à 10 % pour les travaux sans tranchée.</p>
Veillette M. A. (2007)	Ville de Montréal	<p>Comparaison des techniques avec et sans tranchée pour le renouvellement de conduite d'eau potable afin d'identifier la solution la moins dommageable pour la communauté.</p> <p>Coûts socio-économiques considérés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmentation des gaz à effet de serre (GES) produits par la machinerie utilisée et le transport de la matière excavée ; - coûts de la congestion urbaine englobant la perte de temps (donc de salaire), la surconsommation de carburant et l'augmentation des GES des usagers. <p>Autres coûts socio-économiques identifiés mais non quantifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmentation de l'incidence 	-	-	<p>min = 81 528,43 \$</p> <p>max = 114 491,15 \$</p>	<p>min = 20 321,91 \$</p> <p>max = 28 534,82 \$</p>	-	-	<p>Avec la technique sans tranchée les CSE partiels représentent moins de 25 % des CSE engendrés par la technique en tranchée conventionnelle.</p> <p>De cette étude il ressort également que la grande partie de ces coûts est associée aux interruptions des voies de circulation.</p> <p>Pour les détails des CSE, voir le tableau 4.3 ci-dessous.</p>



Auteur (s)	Localisation du projet	Description du projet	CD (coûts directs)		CSE (coûts socio-économiques)		Rapport des coûts		Résultats / Remarques
			Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	Tranchée	Sans tranchée	
		d'accidents dus à la circulation routière : risques d'accidents pour les usagers ; - dommages d'une propriété publique ou privée ; - impacts environnementaux (bruit, vibrations, pollution de l'air).							

Note : À moins d'indication contraire, tous les coûts sont en dollars canadiens.



Tableau 5.2: Coûts socio-économiques de renouvellement d'un égout pluvial – valeur du temps considéré de 0,16 \$/min – Adapté de l'étude de Boyce, G. M. et Bried, E. M. (1994)

Coûts socio-économiques	Tranchée ouverte	Microtunnelage
Accidents des travailleurs	52 934 \$	37 969 \$
Perturbations de la circulation	447 527 \$	0
Perturbation du déplacement des piétons	28 224 \$	0
Impacts sur les commerces	+ ?	0
Bruit et vibrations	+?	0
Saletés et poussières	5 460 \$	0
Coûts de resurfacement des voies	110 760 \$	11 076 \$
Pertes d'espace de stationnement	11 088 \$	384 \$
Pertes d'amendes de stationnement	24 150 \$	0

Note : Les « ? » indiquent que ces coûts ne sont pas disponibles ou sont difficilement estimables.

Tableau 5.3 : Résumé des coûts directs et socio-économiques de travaux à Winnipeg

Projet	Technique	Coûts directs (CD)	Coûts socio-économiques (CSE)	CSE/CD
Rue Wellington Segment complet de D = 750 mm	Tranchée ouverte	312 800 \$	329 200 \$	105 %
	Chemisage	308 200 \$	109 000 \$	35 %
	Éclatement ou forage dirigé	299 500 \$	247 400 \$	83 %
Rue Warsaw Segment complet de D = 300 mm	Tranchée ouverte	167 000 \$	156 300 \$	94 %
	Chemisage	184 500 \$	85 400 \$	46 %
	Éclatement ou forage dirigé	166 200 \$	87 900 \$	53 %
Avenue Nairn Segment complet de forme ovoïde de dimensions : 1 275 mm x 1 050 mm	Tranchée ouverte	2 191 700 \$	3 767 100 \$	172 %
	Chemisage	3 189 300 \$	877 400 \$	28 %
	Éclatement ou forage dirigé	3 010 000 \$	2 042 500 \$	68 %



Tableau 5.4: Coûts socio-économiques partiels par km de conduite d'eau potable réhabilitée

	Tranchée ouverte				Sans tranchée			
	Dégel		Hors gel		Dégel		Hors gel	
	Min (\$)	Max (\$)	Min (\$)	Max (\$)	Min (\$)	Max (\$)	Min (\$)	Max (\$)
Congestion de la circulation routière	81 000	113 850	81 000	113 850	20 50	28 462,5	20 250	28 462,5
GES	641,15	641,15	528,43	528,43	72,32	72,32	71,91	71,91
Coûts totaux	81 641,15	114 491,15	81 528,43	114 378,43	20 322,32	28 534,82	20 321,91	28 534,41

Note : Dégel signifie la période de la fonte des neiges ; hors gel signifie en période d'absence de gel ou de neige ou période normale.

Toutes ces études arrivent à la même conclusion. Les coûts socio-économiques associés aux travaux sans tranchée sont généralement moins élevés que ceux associés aux travaux en tranchée conventionnelle.

De plus, on constate que dans certains cas où les coûts directs des techniques sans tranchée sont plus élevés, leurs coûts totaux s'avèrent moins élevés, d'où l'importance de considérer les coûts socio-économiques dans le choix des techniques de renouvellement.



6. APPRÉCIATION DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les sections précédentes ont présenté les descriptions et les méthodes d'évaluation des coûts socio-économiques ainsi que les comparaisons de ces coûts lors des travaux de renouvellement des conduites d'eau avec ou sans tranchée.

Les résultats d'analyse de ces sections sont utilisés pour élaborer un portrait de l'appréciation des impacts socio-économiques engendrés selon la technique utilisée. Cette appréciation est présentée sous forme de tableaux avec des lettres A, B, C, où A : signifie impact faible, B : impact moyen et C : impact important.

Ces tableaux pourraient servir de guide d'ensemble pour évaluer d'un premier regard l'ampleur des impacts socio-économiques pouvant être engendrés lors des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout selon une technologie choisie. Les tableaux permettent également de comparer sommairement les différentes technologies de renouvellement entre elles, en termes de coûts socio-économiques.

Finalement l'utilisation de ces tableaux devrait permettre de guider dans le choix d'une technique en ayant le portrait de l'importance des coûts socio-économiques qui y sont reliés.

L'analyse des tableaux 6.1 à 6.3 fait ressortir les éléments suivants :

- Pour les travaux en tranchée conventionnelle (tableau 6.1), il apparaît que toutes les grandes catégories de coûts socio-économiques ont la cote C, ce qui veut dire qu'ils provoquent des impacts importants.
- Pour les travaux sans tranchée (tableaux 6.2 et 6.3), il apparaît que les catégories de coûts socio-économiques ont des cotes A et B, ce qui veut dire qu'ils provoquent des impacts allant de faible à moyen.

Notons que les détails de ces tableaux avec les sous-catégories des coûts socio-économiques sont présentés en annexe du document.



Tableau 6.1 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés à la technique par tranchée conventionnelle

Coûts socio-économiques	Impacts sur les réseaux adjacents	Impacts sur la circulation	Impacts environnementaux	Impacts économiques	Risques accrus au plan de la sécurité
Tranchée conventionnelle	C	C	C	C	B

Tableau 6.2 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d'eau potable

Technique sans tranchée	Chemisage		Projection		Tubage			
	Tirage	Inversion	Mortier	Époxy	Insertion segmentée	Tuyaux déformés	Gainage ajusté	Insertion conventionnelle
<i>Impacts sur les réseaux adjacents</i>	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Impacts sur la circulation</i>	A	A	A	A	A	A	B	B
<i>Impacts environnementaux</i>	B	B	A	A	A	B	B	B
<i>Impacts économiques</i>	A	A	B	B	A	A	B	B
<i>Risques accrus au plan de la sécurité</i>	A	A	B	B	A	A	B	B

Tableau 6.3 : Appréciation sommaire – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d'égout

Technique sans tranchée	Chemisage		Projection		Tubage			
	Tirage	Inversion	Mortier	Époxy	Insertion segmentée	Tuyaux déformés	Gainage ajusté	Insertion conventionnelle
<i>Impacts sur les réseaux adjacents</i>	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Impacts sur la circulation</i>	A	A	A	A	A	A	B	B
<i>Impacts environnementaux</i>	B	B	A	A	A	B	B	B
<i>Impacts économiques</i>	A	A	B	B	A	A	B	B
<i>Risques accrus au plan de la sécurité</i>	A	A	B	B	A	A	B	B

Légende :

A : Faible

B : Moyen

C : Important



7. AVANTAGES ET DÉSAVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE

7.1. AVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE

Les techniques sans tranchée ont vu le jour dans le but de minimiser, en milieu urbain, les perturbations occasionnées par les travaux sur les infrastructures souterraines tels que décrits dans la section 3. Leur nécessité se fait de plus en plus ressentir dans les zones urbaines à forte densité.

Lorsque l'on considère les coûts directs, les travaux sans tranchée ne sont pas nécessairement moins chers que ceux en tranchée conventionnelle. Cependant, la prise en compte des impacts socio-économiques, qui sont de plus en plus difficiles à être ignorés, vient changer l'équation.

En effet, la diminution ou la quasi-absence des impacts socio-économiques constitue le principal avantage des techniques sans tranchée.

D'une façon générale, mentionnons le délai de réalisation des travaux qui est court par rapport aux travaux en tranchée. La diminution du temps des travaux entraîne la réduction de tous les impacts dont l'importance est fonction de la durée des travaux.

Voyons les avantages des techniques sans tranchée selon les principaux impacts identifiés :

Impacts sur les réseaux adjacents : L'utilisation de ces méthodes réduit considérablement les dommages aux structures adjacentes et diminue le nombre de délocalisations des réseaux techniques urbains. Elles permettent de faire des travaux aux endroits où l'excavation serait impossible ou non pratique, par exemple, sous les édifices. Les méthodes sans tranchée permettent des interventions ponctuelles (*in situ*) sur les infrastructures souterraines.

Les interruptions de service sont de courte durée puisque les travaux durent moins longtemps que ceux en tranchée conventionnelle.

Impacts sur la circulation : Ces techniques occasionnent moins d'interruptions de la circulation puisque les voies peuvent être opérationnelles pendant les travaux. En effet, les voies peuvent être partiellement fermées, ce qui permet à la circulation de continuer, même si la fluidité est diminuée. Certains travaux sans tranchée peuvent être menés sans aucune fermeture de voie.



La restriction des espaces de stationnement est quasi absente puisque très peu d'espace est nécessaire lors de travaux sans tranchée.

Finalement, notons que les piétons ne subissent pas non plus de gros désagréments pour leurs déplacements.

Impacts environnementaux : Du point de vue environnemental, ces méthodes sont considérées avantageuses, car elles réduisent la génération de poussières, de saletés et de bruit. Les quantités de matériaux excavés sont grandement diminuées réduisant ainsi la nécessité de transport pour leur disposition.

Lors des travaux de renouvellement des conduites avec une technologie sans tranchée, la seule source d'émission de GES est le carburant brûlé lors du processus de réhabilitation. Les travaux sans tranchée étant moins longs et nécessitant moins de machinerie lourde que les travaux en tranchée ouverte, la quantité de GES produite est beaucoup moins importante (Aqua Rehab, 2007).

Les techniques sans tranchée rendent également possible la réalisation des travaux de réhabilitation dans les zones humides et dans d'autres zones écologiquement sensibles (Griffin, 2008).

Impacts économiques : Les travaux étant sans tranchée, les activités économiques peuvent continuer et les chiffres d'affaires sont moindrement affectés.

Risques accrus sur la sécurité : Les techniques sans tranchée ont l'avantage de renforcer la sécurité des travailleurs qui sont beaucoup moins exposés aux tranchées ouvertes et aux énormes outils et machineries. Les usagers courent également moins de risques à cause de la sécurité accrue des sites de travaux qui sont plus localisés.

7.2. DÉSAVANTAGES DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE

Les techniques sans tranchée ont tout de même quelques limitations. Elles peuvent nécessiter quand même des excavations ponctuelles (insertion, chemisage de conduite d'eau potable, etc.).

Des accidents peuvent arriver au niveau des infrastructures enfouies et des dérivations ou interruptions de service peuvent être nécessaires. Pour des résultats satisfaisants, les entrepreneurs doivent également être grandement qualifiés.



8. CONCLUSION

Les travaux de renouvellement des infrastructures souterraines comportent des impacts négatifs sur la société en général et les individus en particulier et aussi sur l'environnement. Ces impacts sont désignés par le terme *coûts socio-économiques*. Ces derniers sont rarement considérés dans l'établissement des coûts globaux des projets parce que les intervenants ne disposent pas d'outils pour les évaluer convenablement. Les coûts socio-économiques peuvent être très importants. Ils peuvent atteindre 400 % des coûts directs de certains projets (CRNC 2005). D'où l'importance de les prendre en considération dans les coûts globaux des projets.

Les coûts socio-économiques sont nombreux, mais les plus importants restent les coûts associés à la perturbation de la circulation. Ils représentent environ 60 % des coûts socio-économiques. C'est pourquoi la *règle du pouce* mentionnée plus haut stipule de calculer en premier les impacts dus aux pertes de temps des personnes, partie importante des impacts sur la circulation, en premier. Généralement, s'ils sont plus petits que 10 % des coûts directs, il est fortement recommandé d'ignorer les coûts socio-économiques. S'ils représentent plus que 25 % des coûts directs, les coûts socio-économiques sont significatifs et devraient être considérés (pendant les phases de planification, de conception et d'évaluation d'appel d'offres).

Des études et des exemples présentés, il ressort que les coûts socio-économiques varient selon que les travaux sont effectués avec ou sans tranchée ; ces coûts dépendent également de l'importance économique de la rue où les travaux sont effectués. Une comparaison des coûts engendrés a permis de démontrer que les techniques sans tranchée engendrent des coûts socio-économiques moins importants que les techniques avec tranchée conventionnelle. Pour les zones urbaines à forte densité, l'écart est encore plus important (Bucker *et al.*, 2006).

Les avantages des travaux sans tranchée par rapport aux travaux en tranchée conventionnelle ont été démontrés du point de vue économique. Il s'agit maintenant de démontrer aux décideurs que les travaux de réhabilitation sans tranchée sont des investissements très avantageux. L'un des principaux défis des entreprises et des villes est de démontrer l'avantage économique et la facilité technique de réaliser des travaux sans tranchée. Pour cela ils doivent présenter l'économie globale réalisée, qui doit inclure les coûts socio-économiques. La prise en compte des coûts totaux dans l'analyse des choix reste toujours une question de sensibilité politique, sociale, environnementale, patrimoniale et autre. Les travaux d'infrastructures en milieu urbain créent des inconvénients et nous avons le devoir de répertorier ceux-ci et de les minimiser.



BIBLIOGRAPHIE

Abdul-Rahman S. *et al.* (1991). *Effect of utility cut patching on pavement deterioration*. King Saud University.

Aqua Rehab inc. (2007). *Analyse partielle des coûts sociaux associés à la revalorisation des systèmes d'aqueduc : « open cut » vs « sans tranchée »*. Montréal.

ASP Construction (2009). Extrait de la revue « Prévenir aussi ». [En ligne].
www.asp-construction.org/utilisateur/documents/prevenir-aussi/prevenir_printemps2009.pdf

Bellerose, P. (2009). *Tourisme Montréal (Contact téléphonique)*.

Boyce, G. M. and Bried, E. M. (1994). *Benefit- Cost Analysis of Microtunneling in an urban Area*, Conference NO-Dig, Dallas, 1994.

CAA (2009). *Coûts d'utilisation d'une automobile*.

CERIU (2002). *Classeurs chaussées*. Montréal.

CERIU (2004). *Module de Formation : Coûts des travaux et comparaison des coûts des techniques (réseaux souterrains)*. Montréal.

CERIU (2008). *Drainage souterrain des chaussées urbaines*. Montréal.

Chicago Climate Exchange. <http://www.chicagoclimatex.com/>

Duchesne, S. et Villeneuve, J. P. (2005). *Estimation du coût total associé à la production d'eau potable : cas d'application de la ville de Québec*. [En ligne]

http://www.ete.inrs.ca/pub/RSE_DuchesneVilleneuve2005.pdf. (Consultée le 5 juin 2009).

EarthTech, Appendix H, Asset Management Program.

Gilchrist, A. et Allouche, E. N. (2005). *Quantification of social costs associated with construction projects: state-of-the-art review*. *Tunneling and Underground Space Technology*, 20, 89-104.

Gourvil, L. (2004) et Joubert, F. *Évaluation de la congestion routière dans la région de Montréal*. MTQ.

Gouvernement du Canada. *Guide de consommation de carburant*, [En ligne].

<http://oee.nrcan.gc.ca/transports/outils/guide-consommation-carburant/guide-consommation-carburant.cfm>. (Consultée le 11 mai 2009).

GRIFFIN J. *Carbon Calculator Determines Trenchless Benefits*. [En ligne].

<http://www.allbusiness.com/environment-natural-resources/pollution/11483642-1.html>. (Consultée le 27 janvier 2008).



Grondin, B. (2004). *Analyse économique d'un projet de réhabilitation par étude comparative avec les travaux en tranchée en incorporant certains coûts associés aux impacts sociaux*, INFRA2004, Montréal.

Groupe MADITUC (2003). *Enquête Origine-destination 2003, La mobilité des personnes dans la région de Montréal*, École Polytechnique de Montréal, Montréal.

InfraGuide (2002). *Chaussées et trottoirs # 3. La réfection et la réparation des ouvrages d'accès aux services dans les chaussées*.

Léger Marketing. (2001). *Étude sur la rage au volant*. [En ligne]. www.legermarketing.com/documents/spclm/010903fr.pdf (Consultée le 7 juillet 2009).

Marché climatique de Montréal : www.mcx.ca

McKim, R. A. (1997). *Bidding Strategies for conventional and trenchless technologies considering social costs*. Canadian journal of civil Engineering, Vol. 24, pp. 819-827.

MDDEP. *Calcul des émissions des gaz à effet de serre*. [En ligne] <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/calcul-ges/tableurs.htm>. (Consultée le 4 février 2009).

Michelsen, I. K. (2006). *Trench vs jacking cost comparison*. Tunnels & Tunnelling International.

MTO (2008). *Plan du secteur de la construction 2008-2009*.

NASTT. Calculatrice de carbone - [En ligne] www.nastt-bc.org.

Neomansland. <http://www.neomansland.info/2008/10/a-quoi-correspond-une-tonne-de-co2/>. (Consultée le 25 juin 2009).

Ormsby, C. M. (2009). *Estimating the total cost of buried municipal infrastructure renewal projects, a Montreal case study*, University McGill.

Pucker, J., Allouche, E. N. et Sterling, R.L. (2006). *Social Costs Associated with Trenchless Projects: Case Histories in North America and Europe*.

Rahman, S., Vanier, D. J., Newton, L. (2005). *Municipal Infrastructure investment planning report: Social cost considerations for Municipal infrastructure management*, Canada, NRC-CNRC.

Rodrigue, J.-P. et al. (1998). *Géographie des Transports*, Hofstra University: Department of Economics and Geography. [En ligne] <http://www.geog.umontreal.ca/geotrans/fr/ch8fr/conc8fr/ch8c3fr.html> (Consultée le 29 juin 2009).

Transport Canada (2006). *Le coût de la congestion urbaine au Canada, Canada*. [En ligne]. <http://www.tc.gc.ca/medias/communiques/nat/2006/06-h006f.htm#information>

Vanier, D. (2005). *Municipal Infrastructure investment planning report: Social cost considerations for Municipal infrastructure management*. Canada, NRC-CNRC.



Veillette, M.A. (2007). *Étude comparative des coûts sociaux : revalorisation des systèmes d'aqueducs*. INFRA 2007.

Ville de Gatineau (2008). *Le règlement municipal N° 364-2008 de la ville de Gatineau, ANNEXE 2*.

Ville de Montréal.

http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=916,1606986&_dad=portal&_schema=PORTAL
(Consultée le 17 juin 2009).

WILSON C. J. (2008). *Construction Related User Delay Costs- The case of the Crowchild Trail Bridge Rehabilitation in Calgary*. [En ligne]

<http://www.tac-atc.ca/English/pdf/conf2003/wilson.pdf>. (Consultée le 30 janvier 2008).

WSTT center (2000). *Impact of utility cuts on pavement performance in the city of Seattle*, Issue 67, Summer 2000.

Yeun J. and Sunil K. S. (2004). *Trenchless technology: an efficient and environmentally sound approach for underground municipal pipeline infrastructure systems*. NASTT, NODIG 2004.

Zhao, J.Q., and Rajani. (2002) *Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technologies*, Research Report No.101, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa.



**ANNEXES – TABLEAUX DE L'APPRÉCIATION DÉTAILLÉE
DES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES**

Tableau A. 1 : Appréciation détaillée – Coûts socio-économiques reliés à la technique par tranchée conventionnelle

<i>Coûts socio-économiques</i>	<i>Impacts sur les réseaux adjacents</i>		<i>Impacts sur la circulation</i>		<i>Impacts environnementaux</i>				<i>Impacts économiques</i>	<i>Risques accrus au plan de la sécurité</i>					
Technique	Diminution durée de vie des infrastructures adjacentes	Interruptions de service, réseaux temporaires	Pertes d'espaces de stationnement	Pertes de temps des personnes	Augmentation des frais d'exploitation des véhicules	Présence de saletés et de poussières	Vibrations et augmentation du bruit	Augmentation des gaz à effet de serre	Plaintes des citoyens	Impacts économiques	Dommmages aux biens	Difficulté pour les véhicules d'atteindre certains bâtiments	Risques d'accidents pour les travailleurs	Risques d'accidents pour les usagers	Risques de rage au volant due à l'attente prolongée
Tranchée conventionnelle	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	C	B	C



Tableau A. 2 : Appréciation détaillée – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d'eau potable

Technique sans tranchée	Chemisage		Projection		Tubage			
	Tirage	Inversion	Mortier	Époxy	Insertion segmentée	Tuyaux déformés	Gainage ajusté	Insertion conventionnelle
Impacts sur les réseaux adjacents								
Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes	A	A	A	A	A	A	A	A
Interruptions de service, réseaux temporaires	B	B	B	B	B	B	B	B
Impacts sur la circulation								
Pertes d'espaces de stationnement	B	B	B	B	B	B	B	B
Pertes de temps des personnes	A	A	A	A	A	A	B	B
Augmentation des frais d'exploitation des véhicules	A	A	A	A	A	A	B	B
Impacts environnementaux								
Présence des saletés et de poussières	A	A	A	A	A	A	A	A
Vibrations et augmentation du bruit	B	B	B	B	B	B	B	B
Augmentation des gaz à effet de serre	A	A	A	A	A	A	B	B
Plaintes des citoyens	B	B	A	A	A	B	B	B
Impacts économiques								
Impacts économiques	A	A	B	B	A	A	B	B
Risques accrus au plan de la sécurité								
Domages aux biens	A	A	B	B	A	A	B	B
Difficulté pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments	A	A	B	B	A	A	B	B
Risques d'accidents pour les travailleurs	A	A	A	A	A	A	A	A
Risques d'accidents pour les usagers	A	A	A	A	A	A	B	B



Tableau A. 3 : Appréciation détaillée – Coûts socio-économiques reliés aux techniques sans tranchée – Conduites d’égout

Technique sans tranchée	Chemisage		Projection		Tubage			
	Tirage	Inversion	Mortier	Époxy	Insertion segmentée	Tuyaux déformés	Gainage ajusté	Insertion conventionnelle
Impacts sur les réseaux adjacents								
Diminution de la durée de vie des infrastructures adjacentes	A	A	A	A	A	A	A	A
Interruptions de service, réseaux temporaires	B	B	B	B	B	B	B	B
Impacts sur la circulation								
Pertes de temps pour les personnes	A	A	A	A	A	A	B	B
Augmentation des frais d'exploitation des véhicules	A	A	A	A	A	A	B	B
Impacts environnementaux								
Présence des saletés et de poussières	A	A	A	A	A	A	A	A
Vibrations et augmentation du bruit	A	B	B	B	B	B	B	B
Augmentation des gaz à effet de serre	A	A	A	A	A	A	B	B
Plaintes des citoyens	B	B	A	A	A	B	B	B
Impacts économiques								
Impacts économiques	A	A	B	B	A	A	B	B
Risques accrus au plan de la sécurité								
Dommages aux biens	B	B	B	B	B	B	B	B
Difficulté pour les véhicules d'urgence d'atteindre certains bâtiments	A	A	B	B	A	A	B	B
Risques d'accidents pour les travailleurs	A	A	A	A	A	A	A	A
Risques d'accidents pour les usagers	A	A	A	A	A	A	B	B