



CIRANO
Allier savoir et décision

POLYTECHNIQUE
MONTREAL



Sommaire exécutif

Évaluation des coûts socio-économiques reliés aux bris des infrastructures souterraines au Québec



Nathalie de Marcellis-Warin, Ph. D.
CIRANO et
École Polytechnique de Montréal

Ingrid Peignier, Ing., M. Sc. A.
CIRANO

Avec la collaboration de :

Marco Lugo, M. Sc. A.
CIRANO

Vincent Mouchikhine, M. Sc. A.
École Polytechnique de Montréal

Mohamed Mahfouf, M. Ing.
CIRANO

Contexte et problématique

Sous terre se trouve un vaste réseau caché de conduits et de câbles qui acheminent des produits et des services essentiels à la société d'aujourd'hui. Ces infrastructures souterraines comprennent notamment les câbles de télécommunication, les câbles électriques, les conduites de gaz, les

égouts, les canalisations d'eau, les tuyaux d'évacuation des eaux pluviales, les oléoducs, etc. Leur enfouissement généralement peu profond et leur densité croissante amènent les entrepreneurs à les heurter régulièrement lors de travaux d'excavation ou de réhabilitation en tout genre.

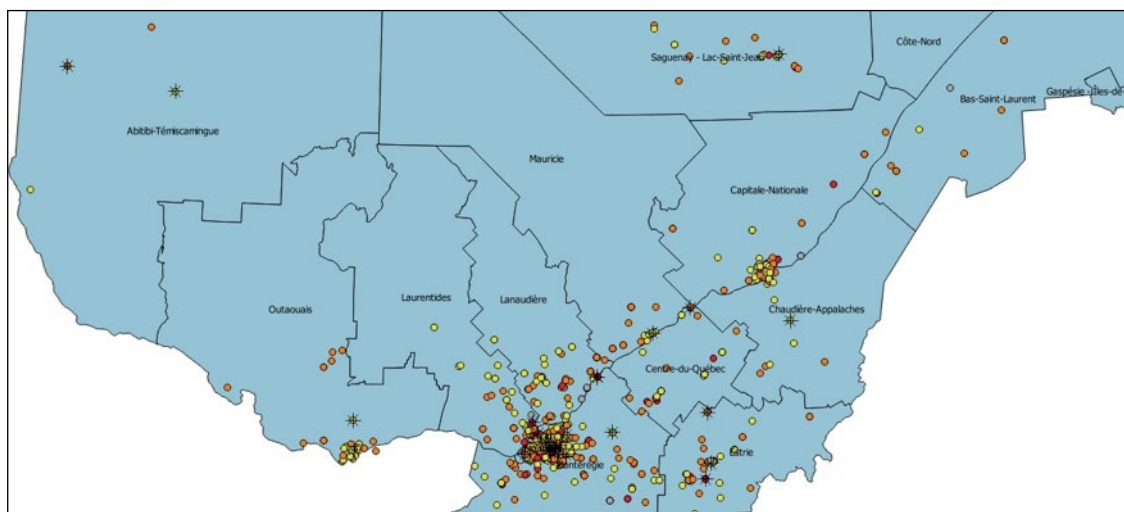


Figure 1 Distribution des bris selon les régions par type d'infrastructures souterraines en 2014 (Gaz = jaune ; Télécommunication = orange ; Électricité = rouge ; Autres = gris ; étoile = Interruption de service de 5h et plus)

Des statistiques de bris alarmantes

En moyenne en 2014 au Québec, on dénombre 5 bris d'infrastructure souterraine par jour. Dans 34 % des cas, aucune demande de localisation des réseaux souterrains n'avait été effectuée auprès d'Info-Excavation. Pourtant l'article 3.15.1 du Code de sécurité pour les travaux de construction au Québec exige que l'employeur vérifie s'il y a des canalisations souterraines dans le périmètre des travaux à exécuter et, le cas échéant, situe leur emplacement exact sur le terrain. Ce bilan est assez inquiétant d'autant plus qu'il est certainement en dessous de la réalité des bris, puisque la déclaration des bris est faite de façon volontaire et que de nombreux propriétaires d'infrastructures ne participent pas à ce jour au programme de

recensement mis en place par Info-Excavation. Par ailleurs, 37 % des bris ont nécessité le déploiement des services d'urgence des municipalités et 84 % ont occasionné des interruptions de service (Info-Excavation, 2014).

Une cartographie des bris permet de constater que les bris sont concentrés au sud de la province, plus précisément au niveau des villes les plus peuplées telles que Montréal, Québec et Gatineau, mais aussi qu'il existe une prépondérance des bris d'infrastructures de télécommunication et gazières (fig. 1). Quelque soit le type de travaux effectués par l'excavateur, plus des 2/3 des bris se produisent dans le Grand Montréal qui englobe les régions de la Montérégie, Montréal, Laval, Lanaudière et Laurentides.

Au niveau de l'île de Montréal, certains arrondissements, tels que le plateau Mont-Royal, Ville Marie et Verdun, sont plus touchés que d'autres (fig. 2).

Les analyses ont d'ailleurs montré une corrélation entre la densité de la population des arrondissements montréalais et le nombre de bris.

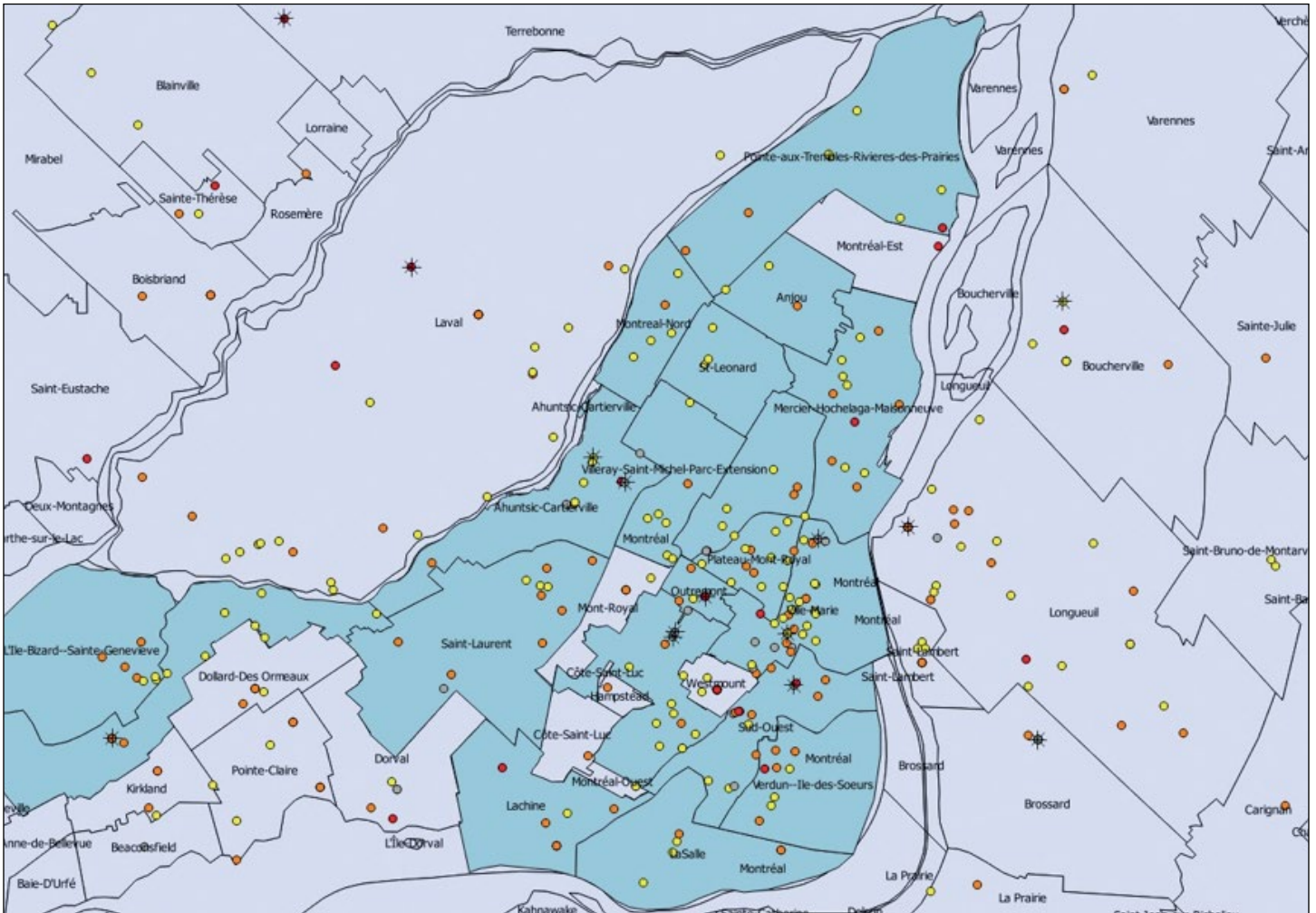


Figure 2 Distribution des bris à Montréal selon le type d'infrastructures souterraines en 2014 (Gaz = jaune ; Télécommunication = orange ; Électricité = rouge ; Autres = gris ; étoile = Interruption de service de 5h et plus)

Des bris qui mettent en danger la santé et la sécurité des travailleurs

Ces bris mettent surtout en danger les travailleurs participant aux travaux en les exposant à des blessures graves et parfois à des situations qui pourraient s'avérer mortelles. Au Québec, aucun décès n'est à déplorer suite à un bris d'infrastructure souterraine. Toutefois, des accidents avec décès sont survenus dans d'autres provinces. En Ontario, depuis 2003, il y a eu 7 morts. Depuis 2008, en Colombie-Britannique, il y a eu 2 morts

et 6 blessés graves dus à des bris d'infrastructure souterraines à la suite de travaux d'excavation (sur en moyenne plus de 1600 infrastructures « accrochées » annuellement). Aux États-Unis, le US Department of Transportation, section Pipeline & Hazardous Materials Safety Administration compile chaque année les incidents graves pour chaque type d'opérateur de pipeline. Les statistiques américaines sont assez alarmantes : depuis 2008, on compte 98 blessés et 17 morts dus à des bris d'infrastructures liés à un travail d'excavation¹.

¹ US DOT, PHMSA Serious Pipeline Incidents, disponible à l'adresse suivante, consultée le 24 juillet 2015 : <https://hip.phmsa.dot.gov/analytics/soap/saw.dll?Portalpages>

Objectif de la recherche : Identifier et chiffrer les coûts totaux des bris d'infrastructures souterraines au Québec

Chaque bris d'infrastructure souterraine occasionne inévitablement des coûts. Ceux-ci peuvent être différenciés en deux types de coûts :

Des coûts directs, reliés à la réparation du bris;

Les coûts directs reliés à des bris d'infrastructures souterraines sont les suivants :

- Les coûts des matériaux de remplacement utilisés
- Les coûts du matériel utilisé
- Les coûts de la main-d'œuvre
- Les coûts administratifs nécessaires à la remise en état des infrastructures endommagées

Des coûts indirects, qui découlent du bris.

Ces coûts correspondent à l'évaluation économique de toutes les perturbations qui ont un lien avec les dommages subis. Ils sont variés et peuvent balayer un large éventail de domaines. Ils peuvent représenter la coupure du service aux usagers, les risques à la santé et à la sécurité des travailleurs et des membres des services d'urgence, la perturbation de la circulation routière, la mobilisation des services d'urgence ou encore les frais administratifs liés aux procédures découlant de l'accident. À cela s'ajoutent les coûts liés aux impacts environnementaux (bruit, vibrations, pollutions en tous genres) et les coûts liés aux impacts économiques (perte du chiffre d'affaires, absentéisme et retard au travail, etc.). Dans la plupart des cas, ces coûts additionnels sont supportés par la société.

L'ensemble de ces coûts représente les coûts totaux attribuables à un bris d'infrastructure souterraine. Or, si les coûts de réparation d'un réseau sont relativement faciles à identifier et à imputer à un bris, les coûts indirects sont quant à eux difficilement quantifiables et rarement pris en compte dans les décisions en matière de travaux ou de prévention.

L'objectif général de cette recherche est donc d'identifier et de chiffrer non seulement les coûts directs mais aussi les coûts indirects des bris d'infrastructures souterraines au Québec afin de prévenir les bris et d'inciter le développement de bonnes pratiques chez les entrepreneurs et les municipalités mais aussi chez les propriétaires d'infrastructures et les donneurs d'ouvrage.

Ce projet est d'autant plus pertinent que l'enfouissement des réseaux techniques urbains est de plus en plus fréquent, que ce soit pour des raisons esthétiques (réappropriation de paysages) ou pour des raisons de sécurité (diminution du risque associé aux incidents climatiques, élimination du risque associé à la présence de végétation en milieu urbain). Dans ce contexte, l'importance de mieux gérer les interventions sur les réseaux enfouis prend une dimension encore plus grande.

Afin de mener à bien le projet de recherche, quatre objectifs spécifiques ont été définis :

- 1. Développer une typologie des coûts directs et indirects reliés à des bris d'infrastructures souterraines.*
- 2. Chiffrer les coûts totaux de quatre cas de bris d'infrastructures souterraines au Québec et estimer le rapport coûts directs / coûts indirects.*
- 3. Développer une méthodologie d'évaluation des coûts indirects totaux des bris d'infrastructures pour le Québec et évaluer les coûts indirects totaux pour l'année 2014.*
- 4. Analyser les bases de données d'Info-Excavation pour identifier les principaux facteurs explicatifs des bris : vers une prévention plus efficace.*

Résultat 1 : Des bris qui peuvent occasionner une grande diversité de coûts indirects

Une revue de la littérature nous a permis d'identifier les différents types de coûts reliés aux bris d'infrastructures souterraines. Le but était également d'associer à chaque élément de coût une méthode d'estimation.

Les coûts directs sont toutefois la partie visible de l'iceberg et ce que l'on voit est nettement moins important que ce qui est caché. En effet, la liste de coûts indirects est souvent longue et certains de ces coûts sont souvent oubliés. Voici une liste des principaux coûts indirects pouvant être occasionnés :

Interruption des services suite au bris.

Pour les infrastructures électriques par exemple, une interruption de service représente parfois pour un seul client un coût horaire de plusieurs milliers de dollars. Ce coût peut rapidement augmenter lorsque les clients touchés sont des commerces ou institutions. Il ne faut pas négliger que lors d'un bris d'une conduite de gaz, souvent, l'électricité doit aussi être interrompue.

Déploiement des services d'urgence.

Lors d'un bris d'une conduite de gaz, une équipe de pompiers est la plupart du temps dépêchée sur les lieux et, dans certains cas, les services d'urgence sont également déployés afin d'assurer la sécurité. Les coûts reliés à la mobilisation des véhicules et des effectifs sont non négligeables et peuvent s'accompagner de coûts d'opportunité tout aussi importants si par exemple le fait d'être sur les lieux d'un bris empêche les pompiers (premiers répondants) de répondre dans un temps normal à un appel nécessitant une intervention immédiate (arrêt cardiaque par exemple).

Évacuation des résidents et des commerces.

Dans certains cas, lorsque la sécurité est en jeu, les services d'urgence sont forcés d'exiger une évacuation.

Risques de blessures ou de décès pour les travailleurs.

Les bris d'infrastructures entraînent pour les employés des propriétaires d'infrastructures souterraines une exposition à des risques supplémentaires lors des réparations : risque relié à des fuites de gaz, risques reliés au chevauchement d'équipes de travail de différents employeurs, etc.

Perte de produits.

Ce coût dépend fortement du type et de la taille de l'infrastructure touchée. Si cela ne peut s'appliquer à des infrastructures de télécommunication ou électriques, il n'en est pas de même en ce qui concerne les infrastructures contenant du gaz, des hydrocarbures ou encore de l'eau.

Impacts environnementaux.

Parmi les impacts environnementaux, on retrouve l'impact du bruit et des vibrations, tant au niveau de la perte de productivité pour les travailleurs victimes de ces perturbations qu'au niveau de la perte de valeur de l'immobilier lors de travaux de grande ampleur. En ce qui concerne la pollution générée, celle-ci peut se présenter sous deux formes différentes. La première est l'émission de particules fines telles que les gaz à effets de serre et les autres gaz issus de la surconsommation des véhicules en situation de congestion. La deuxième forme est l'émission de poussière lors des travaux de remise en état sur les infrastructures touchées.

Impacts économiques sur des commerces et entreprises.

On peut penser à une diminution du chiffre d'affaires, soit due à l'interruption des services (moyens de paiement / internet, etc.), à des retards et absences au travail (qui peuvent être dus à la congestion, etc.) ou encore à des pertes d'inventaires ou des dommages d'équipements causés par une interruption du service électrique.

Retards dans l'exécution des travaux.

Le temps perdu à colmater la fuite, réparer la conduite, etc., occasionne souvent des délais au chantier en cours qui peuvent conduire à des pénalités de retards pour les entrepreneurs (en cause dans le bris ou qui doivent arriver après l'entrepreneur fautif dans les phases de construction) ou encore à des dépassements de coûts dus aux heures supplémentaires ou au personnel supplémentaire embauché pour faire face au retard. De plus, en cas de blessures ou pour des raisons légales, le chantier peut être fermé pour investigation, ce qui occasionne des coûts supplémentaires.

Résultat 1 : Des bris qui peuvent occasionner une grande diversité de coûts indirects (suite)

Frais administratifs ou légaux.

Lors d'une inondation par exemple, des dépenses seront à comptabiliser au niveau administratif afin de traiter les plaintes et réclamations. Ces coûts peuvent être supportés soit par une municipalité, soit par un assureur.

Impact sur la réputation de l'entreprise propriétaire de l'infrastructure.

Cet élément est difficilement quantifiable. Toutefois, lors d'un bris, des véhicules identifiés au nom de l'entreprise propriétaire du réseau se trouvent la plupart du temps sur les lieux du bris et peuvent perturber la circulation. Ils sont donc visibles et peuvent nuire à la réputation de l'entreprise. Par ailleurs, les interruptions de services peuvent également porter atteinte à la réputation de l'entreprise.

Perturbation des sols et des infrastructures environnantes.

Un bris sur une canalisation d'eau peut parfois entraîner des surpressions dans le réseau, surpressions qui peuvent causer d'autres bris de canalisation dans le secteur.

Perturbation de la circulation.

Ces coûts se répartissent selon plusieurs catégories : la perte de temps due soit à la congestion générée, soit aux détours occasionnés, la surconsommation provoquée par les deux phénomènes cités précédemment et l'augmentation des frais de maintenance. Notons également que les changements de comportements au volant dus à la congestion peuvent être la cause d'accident de la circulation.

Actuellement, nul ne sait au Québec avec un degré de précision acceptable ce qu'il en coûte aux entreprises, aux municipalités et à la société en général d'endommager les réseaux souterrains. Il faudrait être en mesure de témoigner plus précisément de l'ampleur de ces coûts. Il est aussi important de mentionner que de nombreux acteurs subissent ces coûts et pas seulement le générateur du bris.

Coûts directs

Coûts indirects

Interruption des services suite au bris

Déploiement des services d'urgence

Évacuation des résidents et des commerces

Risques de blessures ou de décès pour les travailleurs

Perte de produits

Impacts environnementaux

Impacts économiques sur des commerces et entreprises

Retards dans l'exécution des travaux

Frais administratifs ou légaux

Impact sur la réputation de l'entreprise propriétaire de l'infrastructure

Perturbation des sols et des infrastructures environnantes

Perturbation de la circulation

Résultat 2 : Des études de cas sur des bris au Québec qui montrent l'importance des coûts indirects

Afin d'illustrer les méthodes d'estimation des différents types de coûts proposées et pour évaluer le ratio des coûts indirects versus les coûts directs, quatre études de cas ont été réalisées. Ces études de cas se veulent représentatives des bris d'infrastructures souterraines au Québec. Les cas ont été choisis pour illustrer les différents types d'infrastructures qui peuvent être endommagés (télécommunication, gaz, eau), des bris de différentes ampleurs ainsi que les différents éléments de coûts présentés dans la revue de littérature.

Les études de cas permettent de mettre en lumière l'importance que représentent les coûts indirects lors des bris. Nous verrons qu'il n'est pas rare de voir la part des coûts indirects représenter plus de 90 % de la part des coûts totaux.

Étude de cas (1) : Bris d'une conduite de gaz dans le centre-ville d'une grande agglomération au Québec

La première étude de cas fait état d'un **bris sur une conduite principale de gaz dans le centre-ville d'une grande agglomération (Montréal)**. Ce type de bris, fréquent dans cette ville (selon les statistiques du Service de sécurité incendie, il y a en moyenne 400 bris de conduite de gaz à Montréal par année) a nécessité l'intervention du service de sécurité incendie. Un dispositif de **41 pompiers et de 11 véhicules d'intervention a été dépêché pendant plus d'1h30 sur les lieux du bris, ce qui a représenté un coût estimé de plus de 12 000 \$**. En outre, il est important de préciser que toute fuite de gaz à Montréal déclenche automatiquement un déploiement du service de

sécurité incendie. Par ailleurs, même si le bris a touché une conduite de gaz, il est de plus en plus courant, par mesure de sécurité, de décréter **une coupure d'électricité (déclenchement d'artère) sur un périmètre autour de la fuite. Dans ce cas, 1720 clients d'Hydro-Québec ont été touchés par la coupure d'électricité** qui a duré plus d'une heure et demie. Et bien qu'aucune congestion n'ait été à déplorer, **les résultats montrent plus de 99 % des coûts imputables à ce bris sont des coûts indirects, les coûts directs se résumant à des coûts de main-d'oeuvre, de matériaux et d'équipement pour réparer la conduite de gaz.**



Résultat 2 : Des études de cas sur des bris au Québec qui montrent l'importance des coûts indirects (suite)

Étude de cas (2) : Bris d'une conduite de télécommunication dans une grande agglomération au Québec

La deuxième étude de cas est un **bris d'infrastructure souterraine de télécommunication survenu sur une grande artère de Montréal**, rue Jean-Talon au coin de la rue Côte-des-Neiges. Les travaux ont duré plusieurs jours causant d'importantes entraves à la circulation. La réfection définitive de l'infrastructure brisée a été **complétée en 23 jours**. Si l'on prend en compte les coûts reliés à la perte de temps, à la surconsommation, à la pollution et à l'augmentation des coûts de maintenance des véhicules, on arrive à un **coût indirect total uniquement relié à la congestion de plus de 330 000 \$**. Cette étude de cas a permis également d'établir des proportions entre les différents coûts dus à la congestion, mais également aux détours. De plus, il ne faut pas oublier de prendre

en compte les coûts difficilement quantifiables reliés à la perte de réputation de l'entreprise de télécommunication. En effet, lors du bris et des 23 jours qui ont suivi, de nombreux camions de l'entreprise de télécommunication étaient sur les lieux du bris et entravaient la circulation. En interrogeant les automobilistes, piétons et commerçants du quartier, on s'aperçoit très clairement que la faute est rejeté sur l'acteur visible, ici, l'entreprise de télécommunication présente sur les lieux pour la réparation du bris, alors que le bris au départ a été causé par un tiers. **Dans ce cas, les coûts totaux se divisent en coûts directs, représentant 12 % et en coûts indirects, représentant quant à eux 88 % des coûts totaux.**



Deux études de cas illustrant des bris de conduites d'eau

Étude de cas (3) : Bris mineur d'une canalisation d'eau dans une agglomération de taille moyenne au Québec

La troisième étude de cas illustre **une rupture d'une canalisation d'eau potable dans un quartier résidentiel d'une agglomération de taille moyenne (Gatineau)**. Cette étude de cas permet d'évaluer les coûts indirects lors de plus petits bris d'infrastructures souterraines. Les coûts évalués sont reliés à l'émission d'un avis d'ébullition (tests de laboratoire, coûts de communication aux citoyens etc.), à la congestion et aux détours et finalement ceux reliés à la perte d'eau. Bien que les coûts indirects (estimé à environ 3 900 \$) ne représentent qu'environ 34 % des coûts totaux

liés au bris, **ce pourcentage prend plus de sens lorsque l'on considère la récurrence de ce type de bris. À Gatineau par exemple, la Ville déplore 200 bris de canalisation d'eau annuellement.** Ainsi, même pour des bris mineurs pour lesquels les coûts indirects ne représentent pas la majeure partie des coûts totaux, il est quand même important de prendre en compte les coûts indirects. C'est la récurrence de ce type de bris qui en fait à ce jour une réelle préoccupation, tant au niveau des coûts qu'au niveau de la sécurité et du confort des habitants des localités touchées.

Étude de cas (4) : Bris majeur d'une conduite d'eau dans une ville québécoise

La quatrième et dernière étude de cas présente **un bris d'une canalisation d'eau majeure dans une ville québécoise**. Cette étude a permis d'évaluer les coûts totaux d'événements de très grande envergure et ayant des effets importants. En raison de son importance, cette étude nous a permis également de mettre en lumière le phénomène des effets dominos. En plus des coûts directs et des coûts indirects que nous avons communément observés, nous avons remarqué l'apparition de coûts indirects supplémentaires dus aux conséquences du bris principal.

En effet, la fermeture de la conduite principale a occasionné des augmentations de pression dans le quartier limitrophe qui, en raison de la vétusté et de la fragilité des canalisations, ont entraîné d'autres bris mineurs sur les conduites secondaires. Ainsi, les coûts directs du bris initial, qui représentaient 18 % des coûts totaux estimés à plus de 1 100 000 dollars si nous prenions en compte uniquement le bris initial, ne comptaient alors plus que pour à peine 14 % des coûts totaux lorsque nous y avons ajouté les autres bris découlant du bris initial majeur.

Ces études de cas permettent de constater que selon le type de bris considéré, l'importance de celui-ci ainsi que sa localisation, le rapport entre les coûts directs et les coûts indirects peut varier et que les coûts indirects sont la plupart du temps beaucoup plus importants que les coûts directs.

Résultat 3 : Une méthodologie rigoureuse pour évaluer les coûts annuels indirects totaux reliés aux bris

Une méthodologie générale d'évaluation des coûts indirects totaux a été développée et intègre différents types de coûts en fonction des infrastructures touchées. Quatre types de coûts entrent dans la composante de l'estimation des coûts indirects :

- Coûts d'interruption du service électrique (**E**)
- Coûts de déploiement des services d'urgence (**S**)
- Coûts de congestion (perte de temps, usure véhicule, pollution..) (**C**)
- Coûts d'interruption du service Internet (**I**)

Les coûts indirects totaux sont donnés par la somme des coûts indirects de chaque bris, qui eux, correspondent à la somme des différents coûts horaires attribuables multipliés par la durée de l'incident, soit :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=\{E,S,C,I\}}^T C_t(h_i)$$

Où : C_t = Coût horaire du type t
 (h_i) = Durée du bris i en heures

Il est important de noter que nous avons considéré, compte tenu des données disponibles, que la durée du bris correspondait à la durée de l'interruption de service à la suite de l'incident. Cette hypothèse tend à sous-estimer les coûts puisqu'il arrive que le service soit rétabli alors même qu'il subsiste encore par exemple une entrave à la circulation dus aux travaux de réparation. Dans les cas où nous ne possédions pas d'informations sur la durée du bris, nous avons attribué, en s'appuyant sur les études de cas au Québec, une durée de 1h30 pour les bris du réseau électrique et une durée de 2h pour les autres types de bris.

Les coûts sont évalués à partir du type d'infrastructure qui a été touché par l'incident. Le tableau 1 ci-dessous résume les coûts assignés selon le type d'infrastructure touché.

Évaluation des coûts d'interruption du service électrique (E)

La méthode de calcul retenue prend en considération les coûts indirects suivants : les dommages causés aux équipements suite à la coupure de service, les salaires payés sans qu'il y ait de production et les ventes ou production perdues. Le calcul se fait net des coûts sauvés par l'interruption (e.g. salaires qui n'ont pas dû être versés, coûts d'énergie épargnés). Elle prend également en considération le fait que certaines industries disposent de génératrice en cas de panne. L'évaluation des coûts de l'interruption électrique se base entre autre sur une méta-analyse réalisée en 2009 et mise à jour en 2015 par le Berkeley Lab, affilié à l'University of California, Berkeley, et financée par l'Office of Electricity Delivery and Energy Reliability du U.S. Department of Energy (Sullivan et al., 2015). Les données de cette étude ont été utilisées pour l'estimation après qu'elles aient été adaptées afin de refléter la composition industrielle du Québec. Pour ce faire, le pourcentage du produit intérieur brut de la province, par industrie, selon le Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) a été utilisé dans le but d'alimenter la fonction des dommages des clients et obtenir les estimations.

Les fonctions de coûts utilisées pour chaque type de client sont des fonctions affines croissantes. À titre d'exemple, 1h d'interruption de service occasionne des coûts s'élevant à environ 5 \$ pour

Type d'infrastructure touché lors du bris	Types de coûts indirects associés pris en compte
Électrique	Coûts d'interruption du service électrique. Coûts d'interruption du service Internet Coûts de congestion.
Gazière	Coûts de déploiement des services d'urgence. Coûts d'interruption du service Internet Coûts d'interruption du service électrique. Coûts de congestion.
Télécommunications	Coûts d'interruption du service internet. Coûts de congestion.
Égouts et aqueducs	Coûts de congestion.
Autres	Coûts de congestion.

Tableau 1

Coûts assignés selon le type d'infrastructure touché

un client résidentiel, à 900 \$ pour un client moyen (commerce et industrie de moins de 50 personnes) et à 6000 \$ pour un client majeur (commerce et industrie de plus de 50 personnes). L'estimation de la proportion des clients affectés par une interruption de service électrique du à un bris au Québec (P_k) a été effectuée grâce à l'une des études de cas et a été ajustée pour tenir compte de la densité de population. Le nombre de client total par catégorie d'usage et par région administrative a été obtenu auprès d'Hydro-Québec. Ainsi, le coût relié à une interruption du service électrique pour un bris est donné par la formule suivante :

$$C_E(h_i) = P_R N_R C(h_i, R) + P_m N_m C(h_i, m) + P_M N_M C(h_i, M)$$

- N_k = Nombre total de clients du type k dans la région administrative concernée (k pouvant prendre la valeur R pour les clients résidentiels, m pour les clients moyens et M pour les clients majeurs)
 P_k = Pourcentage de clients du type k ayant été affectés
 $C(h_i, k)$ = Coût estimé avec adaptation de la méthode du Berkeley Lab pour le type de client k en fonction de la durée de l'interruption h_i

Évaluation des coûts de déploiement des services d'urgence (S)

En se basant sur les études de cas, nous avons évalué un coût horaire relié à un déploiement des services d'urgence. Ce coût a été attribué dès lors que le bris touchait une infrastructure gazière et avait lieu à Montréal. En effet, on sait, dans ce cas précis seulement, qu'une intervention des pompiers est obligatoire et systématique.

Évaluation des coûts de congestion (C)

Les coûts de congestion sont évalués par la somme des coûts suivants :

- a) **les coûts reliés à la perte de temps =**
 nombre de véhicules pris dans la congestion
 × taux d'occupation des véhicules
 × salaire moyen pour la région
 × temps congestion en heure
- b) **les coûts reliés à la surconsommation de carburant =**
 nombre de véhicules ayant pris le détour
 × distance détour
 × consommation d'essence sur 1 km
 × prix moyen de l'essence dans la région considérée
- c) **les coûts reliés à la surutilisation des véhicules (maintenance et entretien) =**
 nombre de véhicules ayant empruntés le détour
 × distance détour
 × Coûts d'utilisation d'une automobile
- d) **les coûts reliés à la pollution =**
 Coûts surconsommation × 6/7

L'hypothèse retenue est que pour tous les bris sur une route publique, chaque véhicule touché par la congestion doit rallonger son trajet d'une minute et d'un kilomètre. On considère également l'hypothèse de 5000 véhicules à l'heure potentiellement affectés par le bris. Cette estimation provient d'une étude de cas à Montréal et elle est ajustée à la densité de la population de la municipalité touchée par le bris. Selon les données de l'enquête Origine Destination, on estime un taux d'occupation des véhicules à 1,2 personnes par véhicule. Pour le coût d'utilisation d'une automobile, les coûts estimés par CAA-Québec ont été utilisés. On fait l'hypothèse que le temps d'entrave est égal au temps d'interruption de service. Cette dernière hypothèse a donc tendance à sous-estimer les coûts reliés à la congestion.

Évaluation des coûts d'interruption du service Internet (I)

Les coûts pris en considération sont l'ensemble des activités économiques auxquelles internet contribue : les transactions ne pouvant pas avoir lieu et l'arrêt ou le ralentissement de la production. Les estimations sont faites en utilisant la part du produit intérieur brut attribuable à internet. L'apport d'internet dans le produit intérieur brut canadien est estimé à 2,7% selon une étude du McKinsey Global Institute (Pélissier du Rausas et al., 2011). On considère que ce coût est uniformément distribué dans le temps (méthode du taux horaire du PIB de Cromwell & Pearson (2002)). L'hypothèse est que pour tous les bris d'infrastructures de télécommunication, gazières et électriques qui entraînent des interruptions de service, on considère des coûts reliés aux interruptions de service internet. La proportion de la population touchée est approximée grâce au nombre de consommateurs d'électricité qui auraient été affectés en cas de bris électrique. L'estimation de la proportion des clients affectés par l'interruption du service électrique a été effectuée grâce à l'une des études de cas et ajustée pour tenir compte de la densité de population. Nous obtenons ainsi la formule suivante pour l'estimation des coûts d'interruption du service Internet :

$$C_i(h_i) = 0,027 \frac{PIB_t}{(24 \cdot 365)} h_i \left(\frac{1}{\text{nombre total d'abonnés Hydro - Québec}} \right)$$

× Nombre de clients de la région affectés par l'interruption de service

Résultat 4 : Estimation des coûts indirects totaux reliés aux bris d'infrastructures souterraines au Québec : un minimum de 125 millions de dollars pour 2014

Afin d'avoir un portrait complet de la situation au Québec, nous avons fait une estimation des coûts indirects annuel totaux des bris d'infrastructures survenus au Québec en 2014 en utilisant la méthodologie présentée au résultat 3. Nous avons eu recours également aux informations d'une base de données où les différents intervenants peuvent enregistrer en ligne de l'information relative à un événement afférant à une infrastructure souterraine (dommage ou quasi-dommage). Cette base de données appelée DIRT (Damage Information Reporting Tool), en français ORDI (Outil de rapport sur les dommages aux infrastructures), a été créée en 2003 pour la Common Ground Alliance (CGA). Cette base de données est gérée par Info-Excavation au Québec.

Nous avons estimé que les bris d'infrastructures souterraines au Québec en 2014 étaient à l'origine d'un coût indirect annuel total minimum d'environ 125 millions de dollars.

Les bris ont été regroupés en quatre catégories selon le type d'infrastructure touchée (électrique, gazière, télécommunication, autres (canalisations d'eau la plupart du temps)). Nous avons estimé que les bris d'infrastructures souterraines au Québec en 2014 étaient à l'origine **d'un coût indirect annuel total minimum d'environ 125 millions de dollars**. Pour l'ensemble du Québec, les coûts indirects estimés sont donc équivalents à 0,38% du PIB du secteur de la construction.

Il est très important de souligner que ce chiffre est conservateur et pourrait être beaucoup plus élevé. Tout d'abord, **cette estimation est basée sur les bris recensés dans la base de données ORDI sur une base volontaire, ce qui donne un portrait partiel de la réalité**. Il est également important d'ajouter que les coûts indirects évalués ne prennent pas en compte certains aspects tels que l'impact d'un bris sur la réputation du propriétaire de l'infrastructure touchée ou encore la perte de vie humaine ou les blessures associées. De plus, pour près de 22% des incidents recensés, nous n'avons pas de données sur la présence de sites sensibles à proximité des bris (tels que hôpitaux, aéroports, usines, etc.). La proximité d'un bris avec de tels sites ne ferait qu'augmenter les conséquences du bris et occasionneraient nécessairement des coûts indirects beaucoup plus élevés.

Compte tenu de l'ensemble de ces limites, il est fort possible que le montant de 125 millions de dollars associé au coût indirect total des bris d'infrastructures souterraines causés par un tiers au Québec pour 2014 soit en réalité beaucoup plus élevé. Cette estimation économique conjuguée à l'aspect santé-sécurité montre l'importance que représente la prévention, se matérialisant entre autre par un appel systématique à Info-Excavation avant tout travail de creusage ou encore par l'utilisation de bonnes pratiques d'excavation.

Résultat 5 : Analyses économétriques pour identifier les déterminants des bris : vers une prévention plus efficace

En analysant les demandes de localisation suivies d'un bris, cela nous permet de mieux comprendre les facteurs expliquant les bris alors même qu'il y a eu une demande de localisation d'effectuée et ainsi mieux cibler les activités de prévention afin qu'elles donnent le plus de bénéfices possibles.

Pour ce faire, nous avons réalisé une importante agrégation de données : pour les années 2011 à 2013, la base de données des demandes de localisation a été fusionnée à celle des bris rapportés (ORDI), à l'aide des identifiants uniques reliant les demandes aux bris. Ce processus nous a permis de croiser 1741 bris issus de la base ORDI avec la base de donnée des demandes de localisation d'Info-Excavation, soit environ 65 % des bris précédés par une demande de localisation entre 2011 et 2013. Ensuite, des données météorologiques (température, pression atmosphérique, humidité relative, vitesse du vent, etc.) et sismiques ont été compilées puis intégrées à la base de données afin d'explorer leurs éventuels effets sur les bris étudiés. La nouvelle base de données intégrée contient plus de 500 000 observations.

Nous présentons ici quelques résultats intéressant issus de l'analyse de cette nouvelle base de données.

- La majorité des bris (70 %) surviennent dans une zone de travaux où il y a 4 infrastructures ou moins. C'est par ailleurs en présence de 4 infrastructures souterraines que plus du cinquième de tous les bris surviennent.
- Les travaux de type « égouts et aqueducs » sont à l'origine de 36 % des demandes suivies par un bris et pourtant ils ne concernent que 20 % du total des demandes de localisation. À l'inverse les travaux de type « Rues est routes » qui compte pour 22 % du total des demandes de localisation ne sont à l'origine que de 10 % des demandes suivies par un bris.
- Il y a une forte variance dans le nombre d'heures d'interruption de service, notamment dans les bris affectant les infrastructures électriques et gazières. Il paraît donc pertinent d'explorer ce qui caractérise les bris dont la durée d'interruption est considérée comme anormale (5 heures et plus). Ces bris ne représentent que 3,5 % du nombre total des bris mais sont responsables de 37 % des coûts indirects. En utilisant des modèles d'arbres décisionnels, on peut constater que les bris d'infrastructures électriques dont l'interruption est de longue durée ont majoritairement lieu dans les municipalités dont la densité de population est inférieure à mille habitants par kilomètre carré. Dans le cas de bris d'infrastructures gazières, les bris qui occasionnent des interruptions de services de plus de 5 heures sont surtout causés par des travaux touchant aux égouts et aqueducs.



Conclusion : De l'importance de la prévention

L'évaluation des coûts réels des bris des infrastructures souterraines du Québec peut permettre :

1. d'appuyer l'importance de la prévention et de justifier par conséquent certains investissements en prévention et en formation sur les bonnes pratiques pour les ingénieurs qui planifient les projets, les donneurs d'ouvrage (dont les municipalités) et les entrepreneurs;
2. d'aider les décideurs publics concernant l'allocation des ressources pour les services de prévention des bris et le maintien d'un réseau de qualité ;
3. d'évaluer la pertinence de mettre en place des partenariats (par ex, avec les assureurs ou avec d'autres intervenants en mesures d'urgence).

En effet, les résultats de notre recherche vont aussi permettre d'aider tous les intervenants du domaine (les municipalités, les services incendies, Info-Excavation, les compagnies propriétaires des infrastructures, les entrepreneurs, etc.) à estimer les risques réels des projets incluant des travaux d'excavation et, par conséquent, identifier les pistes d'actions afin de diminuer les bris au Québec, les coûts socio-économiques reliés ainsi que les risques pour la sécurité des travailleurs et du public.



Recommandations

Compte tenu de l'ensemble des constats et résultats de notre recherche, nous pouvons émettre des recommandations pour les différents acteurs intervenant lors d'un bris d'infrastructure :

Pour les entreprises ou les particuliers faisant des travaux d'excavation :

1. Il faudrait que les entreprises d'excavation suivent des formations en prévention des dommages et connaissent les guides à leur disposition sur les bonnes pratiques d'excavation.
2. Il serait important de rendre obligatoire une demande de localisation auprès d'Info-Excavation avant tout travaux d'excavation au Québec.

Pour les propriétaires d'infrastructures souterraines :

3. Il faudrait obliger tout propriétaire d'infrastructures souterraines au Québec à s'enregistrer et à déclarer la localisation de ses réseaux auprès d'Info-Excavation.
4. Il faudrait que les propriétaires d'infrastructures souterraines améliorent la qualité de leurs données concernant la localisation de leur réseau souterrain et poursuivent leurs efforts pour répertorier leurs installations.

Pour les donneurs d'ouvrages (incluant les municipalités)

5. Il faudrait obliger les donneurs d'ouvrages à faire une demande de plan auprès d'Info-Excavation avant la rédaction des documents d'appel d'offre afin que les estimés initiaux soient plus précis et que les plans et devis soient plus détaillés en terme de contraintes de creusage pour les entreprises qui vont soumissionner.
6. Il faudrait que les donneurs d'ouvrage incluent dans leurs appels d'offres une clause obligeant à faire une demande de localisation auprès d'Info-Excavation avant tout travaux d'excavation.

Pour les municipalités

7. Les municipalités devraient utiliser les résultats de cette étude afin de les intégrer dans leur prise de décision pour la planification de la maintenance de leurs réseaux souterrains.



Nous tenons à remercier Info Excavation, la Ville de Gatineau, Gaz Métro, Bell, Hydro-Québec, le Service de sécurité incendie de Montréal et le Service de Police de la Ville de Montréal pour nous avoir fourni des données pour réaliser cette étude

Référence du rapport

de Nathalie Marcellis-Warin, Ingrid Peignier, Mohamed Mahfouf, Vincent Mouchikhine et Marco Lugo, 2015,

«Évaluation des coûts socio-économiques reliés aux bris des infrastructures souterraines au Québec – Mise à jour», rapport de recherche CIRANO, 2015RP-14, Octobre

www.cirano.qc.ca

Bibliographie indicative :

- Info Excavation, 2015, « Rapport 2014 – Outil de rapport sur les dommages aux infrastructures ».
- Pélissier du Rausas, M., Manyika, J., Hazan, E., Bughin, J., Chui, M., Said, R., 2011, « Internet matters: The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity », Rapport McKinsey Global Institute.
- M. J. Sullivan, M. G. Mercurio, and J. A. Schellenberg. "Estimated Value of Service Reliability for Electric Utility Customers in the United States," Lawrence Berkeley National Laboratory Research Project Final Report, June 2009
- Michael J. Sullivan, Josh Schellenberg, and Marshall Blundell, 2015, « Updated Value of Service Reliability Estimates for Electric Utility Customers in the United States », Research Project Final Report, Janvier.
- Cromwell, J. E., & Pearson, N. (2002). Costs of infrastructure failure: Amer Water Works Assn.
- CAA Québec, 2013, « Au-delà de l'étiquette de prix : Comprendre les dépenses liées au véhicule ». CAA Québec. Édition 2013