



**CIRANO**

*Allier savoir et décision*

**Sommaire exécutif**

**IDENTIFICATION DES RISQUES LIÉS AUX BRIS  
D'INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES POUR LA  
SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS**

**AVRIL 2019**

**Nathalie de Marcellis-Warin, Ph. D**

Présidente Directrice Générale du CIRANO  
Professeure titulaire, Polytechnique Montréal

**Ingrid Peignier, ing., M.Sc.A**

Directrice de projets  
Directrice principale des partenariats et de  
la valorisation de la recherche  
CIRANO

## MISE EN CONTEXTE

La méconnaissance de la localisation précise des réseaux d'infrastructures souterraines ainsi que les mauvaises techniques d'excavation conduisent à de nombreux incidents lors de travaux à proximité de réseaux. **En 2017 au Québec, on dénombre plus de 5 bris d'infrastructures souterraines en moyenne par jour** (dont 44% impliquent du gaz naturel ou de l'électricité) (rapport de bris 2017 - Info-Excavation, 2018). Il est alors important, dans ce contexte, de mieux comprendre les risques auxquels sont exposés les travailleurs afin de mieux adapter les efforts de sensibilisation et de mieux cibler les mesures de prévention. D'autant plus lorsque l'on constate que le nombre de bris augmente au cours des années (+11 % par rapport à 2016).

Même si au Québec, aucun décès n'est à déplorer suite à un bris d'infrastructure souterraine, des accidents avec décès sont survenus dans d'autres provinces (7 morts en Ontario depuis 2003, 2 morts et 6 blessés graves en Colombie-Britannique depuis 2008).

Malgré les évolutions réglementaires en cours et la présence de décès et de blessés liés à des bris d'infrastructures à travers le Canada, peu d'études analytiques existent sur l'identification et l'analyse des risques pour la santé et sécurité des travailleurs exposés aux bris d'infrastructures.

## OBJECTIFS

Il est important dans ce contexte de **mieux comprendre les risques** auxquels sont exposés les travailleurs afin de mieux adapter les efforts de sensibilisation et de mieux cibler les mesures de prévention.

Le projet de recherche avait donc pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les risques pour les travailleurs en cas de bris de conduites souterraines ?
- Quelles sont les conséquences les plus courantes ?
- Quel type d'équipement est le plus souvent en cause lors d'un accident ?
- Quels sont les facteurs de risque qui augmentent la probabilité que ces risques se manifestent au Canada (et plus particulièrement au Québec) ?

## MÉTHODOLOGIE

Différentes étapes de recherche ont été adoptées :

- **Étape 1 : Revue de littérature**
- **Étape 2 : Analyse statistique de plusieurs bases de données (États-Unis, Canada et Québec)** de bris d'infrastructures souterraines pour quantifier les risques que peuvent subir les travailleurs et identifier les causes entraînant des conséquences en termes de santé / sécurité.



- BDD –PHMSA Gaz aux États Unis
- 2010-2016
- 219 bris (dûs excavation)
- 12 morts
- 76 blessés



- BDD –PHMSA Hydrocarbures aux États-Unis
- 2002-2016
- 287 bris (dûs excavation)
- 6 morts
- 8 blessés



- BDD-ONE Gaz & hydrocarbures au Canada
- 2008-2016
- 940 bris (pas uniquement causés par une excavation)
- 6 bris avec décès
- 13 bris avec blessés



- ORDI
- 2010-2016
- 8167 bris (excavation)
- 30 blessés



- Rapports d'intervention de la CNESST 2007-2014
- 155 interventions

➤ **Étape 3: Consultation des différentes parties prenantes touchées par les bris d'infrastructures souterraines au Québec** pour identifier les facteurs de risque qui augmentent la probabilité qu'il y ait des décès ou des blessures pour les travailleurs exposés à des bris d'infrastructures ainsi que pour nous fournir des exemples concrets d'accidents passés.

- Entrevues avec des propriétaires d'infrastructures souterraines, des entrepreneurs en excavation, des municipalités et une école de formation (6 entrevues).
- *Focus group* avec des propriétaires d'infrastructures souterraines, des représentants des municipalités et des entrepreneurs en excavation (13 participants).
- Enquête interactive auprès des participants du Congrès annuel 2017 d'Info-Excavation tenue à Saint-Sauveur (QC) (88 répondants)

Les dangers sont relativement importants et différent en fonction de l'infrastructure en question. Pour chaque infrastructure, les dangers associés ont été identifiés (voir schéma) ainsi que quelques exemples d'accidents qui ont eu lieu au Québec ou ailleurs dans le monde.






Les infrastructures gazières et électriques sont celles qui engendrent davantage de risques pour les travailleurs.

## 2) Portrait des bris d'infrastructures souterraines au Canada et au Québec

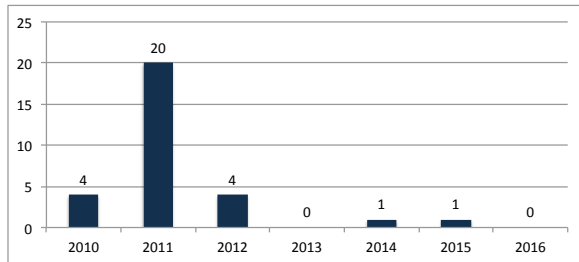
**Pour le Canada**, l'étude s'est basée sur l'analyse de la base de données extraite des bases documentaires de l'Office national de l'énergie (ONE). Celle-ci contient les accidents produits principalement au niveau des infrastructures gazières et d'hydrocarbures liquides sur une période de 8 ans (entre septembre 2008 et septembre 2016). Sont recensés sur la période 2008-2016, 30 blessés et 6 décès au Canada. Aucun bris de pipeline régi par l'ONÉ avec décès ne s'est produit au Québec. Deux bris avec décès ont eu lieu en Saskatchewan, 2 en Colombie-Britannique, 1 en Alberta et 1 en Ontario.

## RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

### 1) Identification des dangers auxquels sont exposés les travailleurs en cas de bris d'une infrastructure souterraine

Infrastructures électriques	Infrastructures gazières	Infrastructures d'hydrocarbures liquides	Infrastructures de télécommunication	Infrastructures d'égouts/aqueduc
				
Choc électrique Arc électrique Explosion Incendie	Incendie Explosion Intoxication	Fuite Explosion	Exposition au faisceau des fibres optiques	Jet d'eau sous pression Déversement d'eaux usées

Pour le Québec, une analyse de la base de données de déclaration ORDI (Outil de rapport sur les dommages aux infrastructures), gérée par Info-Excavation, a été réalisée. Il s'agit d'une base de données à déclaration volontaire. Des statistiques descriptives sont présentées dans le rapport. Aucun bris n'a occasionné de morts.



*Distribution du nombre de blessés de 2010 à 2016 (Source : Compilation CIRANO à partir des données de la base de données ORDI)*

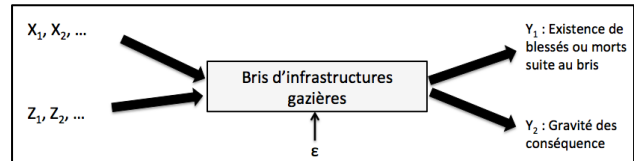
### 3) Identification des facteurs qui augmentent la probabilité d'avoir des blessés ou des morts suite à un bris d'infrastructures aux États-Unis

Les infrastructures de gaz et d'électricité étant celles qui engendrent le plus de risques pour les travailleurs, notre analyse s'est tournée vers la base de données américaine de la PHMSA (*Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*) qui compile l'ensemble des incidents de pipeline déclarés.

La proportion des bris causés par une excavation représente 31 % du total des bris d'infrastructures gazières aux États-Unis sur la période 2004-2016. Sur la même période, 16 % des bris causés par une excavation se sont soldés par des blessés ou des morts.

### *Analyse économétrique pour identifier les déterminants des blessés et décès suite à un bris d'infrastructure aux États-Unis*

Le processus de bris d'infrastructure gazière peut être représenté ainsi :



où

- $X_1, X_2, \dots$  facteurs explicatifs continus (ex : diamètre de la conduite, etc.)
- $Z_1, Z_2, \dots$  facteurs explicatifs discrets (ex : marquage visible, explosion, conduite en plastique, conduite localisée sur un terrain privé, etc.)
- $Y_1$  et  $Y_2$  sont les variables de réponse à expliquer ( $Y_1$  existence de décès ou blessés suite au bris et  $Y_2$  gravité des conséquences)
- $\epsilon$  l'ensemble de tous les facteurs inconnus non mesurés

Une technique d'analyse multivariée (régression logistique binaire) a permis d'identifier quatre facteurs augmentant la probabilité qu'il y ait des blessés ou des morts à la suite d'un bris sur une conduite de transmission de gaz aux États-Unis :

- Un **bris avec une explosion** est 18 fois plus susceptible d'induire des morts ou des blessés.
- Les bris lorsque **le marquage est visible** et que **l'excavation est faite par un entrepreneur** ont plus de chance de ne pas avoir de morts ni de blessés.
- **Les bris sur des tuyaux de diamètre plus petits** sont plus susceptibles de faire partie du groupe des bris engendrant des blessés ou des décès. Les travailleurs ne perçoivent peut-être pas nécessairement le risque réel posé par ces tuyaux de petit diamètre et ainsi prennent possiblement moins de précaution.

Deux de ces facteurs dépendent de la nature même de la conduite. Toutefois, que l'on parle de marquage ou de procédure d'excavation, les notions de réglementation et de formation prennent tout leur sens. Dans ce contexte, il serait important de développer d'autres façons de localiser les conduites que le marquage avec de la peinture. À ce titre, l'utilisation de carte géoréférencée pourrait être une alternative permettant de limiter l'utilisation de marquages qui ont tendance à s'effacer avec le temps en plus de permettre un partage d'information plus rapide entre toutes les parties prenantes.

#### **4) Extrapolation des résultats au Québec**

Différents éléments rendent complexe l'extrapolation des résultats de l'analyse de la base de données américaine PHMSA au Québec comme par exemple : (1) les réglementations différentes entre le Québec et les États-Unis, (2) le système One Call qui est obligatoire aux États-Unis, (3) la profondeur d'enfouissement des réseaux gaziers qui ne sont pas nécessairement identiques, (4) le fait que l'industrie de la distribution du gaz est très différente entre les États-Unis et le Québec (nombreux propriétaires différents aux États-Unis alors qu'il n'existe que 2 acteurs au Québec, dont un majeur, Énergir) ou encore (5) le fait qu'il semble y avoir de grandes différences en termes d'acteurs des travaux d'excavation (au Québec, les bris sont en très grande majorité causés par des entrepreneurs travaillant pour le compte des municipalités alors qu'il semble qu'aux États-Unis, ce soient les municipalités elles-mêmes qui exécutent leurs travaux).

Une conclusion peut être tirée de cette extrapolation (tout en ne perdant pas de vue les limites liées à celle-ci) : comme on constate plus de bris au Québec qu'aux États-Unis ramené à la longueur du réseau, il semble que la législation obligatoire qui prévaut aux États-Unis a une influence sur cet aspect. Ainsi, on peut supposer que si une législation était implantée au Québec rendant obligatoire la localisation des conduites souterraines et l'inscription de toutes les entreprises propriétaires d'infrastructures souterraines à un centre d'appel unique, le nombre de bris causés par une excavation diminuerait mais aussi potentiellement le nombre de bris avec des blessés ou des morts associés. En outre, le fait d'avoir une législation rendant obligatoire la déclaration des bris permettrait d'avoir un retour d'expérience sur les accidents de travail pour le Québec beaucoup plus efficace et juste puisqu'il serait représentatif de la réalité et non basé sur des bris déclarés volontairement.

**Les conclusions permettent de valoriser l'importance d'une réglementation stricte encadrant les travaux d'excavation à proximité d'infrastructures souterraines.**

### **ANALYSE DES FACTEURS DE RISQUES**

L'analyse des différentes bases de données des bris a permis de constater que diverses causes pouvaient entraîner des accidents. Généralement, celles-ci reviennent pour tous les types d'infrastructure. Comment peut-on alors expliquer ces causes ? Quels sont les facteurs qui ont une influence sur la

survenue d'un bris et plus précisément sur la survenue d'un bris avec des blessés ou des morts ? 8 facteurs ont été retenus tel que l'illustre le schéma ci-dessous.

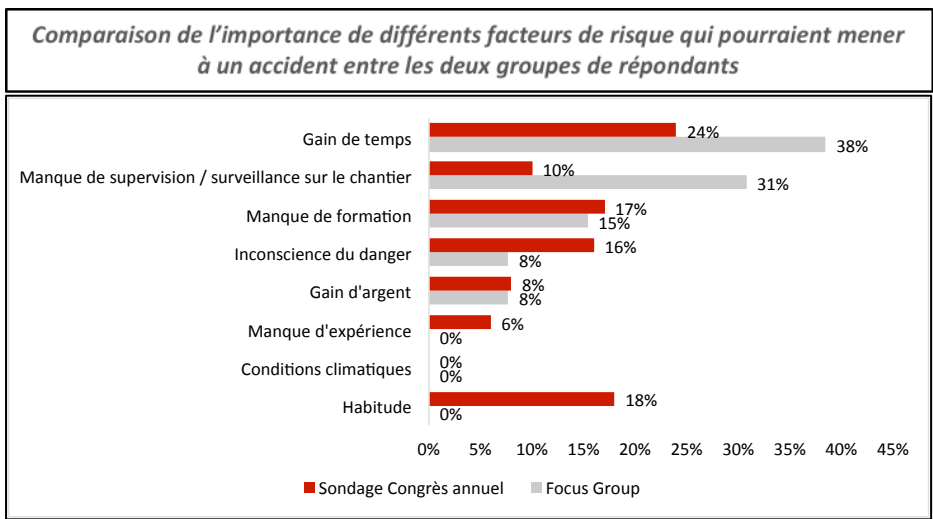
Le manque de formation représente un des facteurs non négligeables. Il est intéressant d'avoir un portrait du type de formations liées à l'excavation actuellement suivies par



Afin d'évaluer les perceptions des parties prenantes du Québec par rapport au poids des différents facteurs de risque, nous avons effectué deux enquêtes par questionnaire qui comprennent des questions similaires : (1) une, destinée en particulier aux entrepreneurs en excavation et (2) une autre, destinée à toutes les personnes présentes au congrès provincial d'Info-Excavation (entrepreneurs, municipalités, associations, propriétaires d'infrastructures, etc.).

les employés. Il existe divers types de formations qu'offrent les entreprises et les propriétaires d'infrastructures à leurs employés. Selon nos résultats de sondage, les entrepreneurs développent plus de documentations à l'interne sous forme de guides destinés à leurs employés (42% de notre échantillon affirment en développer). Les répondants issus du Congrès annuel d'Info-Excavation (donc acteurs plus variés) couplent davantage des rencontres de formation à l'interne avec des documentations. Leurs employés reçoivent aussi

des formations à l'externe, que ce soit des formations gratuites offertes par Info-Excavation ou des rencontres avec des représentants des commissions scolaires ou l'APSAM.



Si une formation devait être développée et donnée à vos employés, sous quel format préféreriez-vous qu'elle soit ? C'est la dernière question qui a été posée aux participants aux deux sondages. Une grande majorité des répondants préfèrent des formations sur le chantier afin de percevoir de près les risques auxquels ils peuvent faire face lors d'une excavation. Ensuite, une application mobile dédiée à l'auto-apprentissage reste une seconde solution interactive que peuvent envisager les entrepreneurs, les propriétaires d'infrastructures et les municipalités. En parallèle, une formation en salle serait aussi un complément pour l'apprentissage théorique.

## CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude ont apporté un éclairage important dans le développement des connaissances sur les dangers pour les travailleurs exposés à des bris d'infrastructures souterraines.

L'identification des facteurs augmentant la probabilité d'avoir des décès ou des blessés à la suite d'un bris va permettre de concentrer les efforts de prévention au bon endroit.

L'ensemble de ces éléments pourra être intégré à la prise de décision en prévention que ce soit par les entreprises directement, par les autorités publiques ou les organismes en lien avec la problématique.

## Comment réduire le risque de blessés ou de morts lors de travaux d'excavation ?



### Responsabiliser toute la chaîne :

propriétaire d'infrastructure, entrepreneur d'excavation, municipalités, travailleurs



### Mettre l'accent sur la formation :

revoir la forme de la formation, établir un processus de suivi, motiver les travailleurs à faire part de cette formation



### Réévaluer les procédures de localisation



Proposer des **changements réglementaires rendant obligatoire la localisation des conduites souterraines** et encadrant les travaux d'excavation à proximité d'infrastructures souterraines

Il est évident qu'il faut poursuivre les efforts de communication, formation et sensibilisation tout en encourageant l'adoption d'une législation claire qui encadrerait rigoureusement les travaux d'excavation.



**CIRANO**  
*Allier savoir et décision*

Nous tenons à remercier Info-Excavation et ses partenaires pour leur collaboration dans la réalisation de cette étude.

#### **RÉFÉRENCE DU RAPPORT**

---

De Marcellis-Warin, Nathalie and Ingrid Peignier. 2018.  
« Identification des risques liés aux bris d'infrastructures souterraines pour la santé et la sécurité des travailleurs »,  
Rapport de recherche CIRANO, 2018RP10

[www.cirano.qc.ca](http://www.cirano.qc.ca)