



RAPPORT

**MÉTHODOLOGIE SUR LE CALCUL  
DE L'IMPACT ÉCONOMIQUE DES ACTIVITÉS OPÉRATIONNELLES  
D'UN SERVICE DE SÉCURITÉ INCENDIE SUR VOIE RAPIDE**

François Delorme  
Dave Waterhouse







#### Auteurs

François Delorme

Dave Waterhouse

#### Conception graphique

Natacha Grenier

L'information contenue dans ce document est la propriété du Centre de formation du Service de sécurité incendie de Montréal et ne peut être utilisée, reproduite ou diffusée sans sa permission écrite.

1<sup>re</sup> édition

Dépôt légal – 1<sup>er</sup> trimestre 2018

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN 978-7647-1588-8 (imprimé)

ISBN 978-7647-1589-5 (PDF)

© Service de sécurité incendie de Montréal, 2018

This report is also available in English under the title: *Methodology Used to Calculate the Economic Impact of a Fire Department's Operational Activities on Highways*.

Ce rapport est également disponible en anglais sous le titre *Methodology Used to Calculate the Economic Impact of a Fire Department's Operational Activities on Highways*.

Dans cette publication, la forme masculine désigne tant les femmes que les hommes.



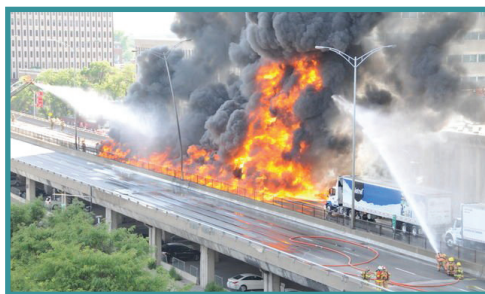
# TABLE DES MATIÈRES

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>MISE EN CONTEXTE</b>   | <b>5</b>  |
| <b>DÉMARCHE</b>           | <b>6</b>  |
| <b>MÉTHODOLOGIE</b>       | <b>6</b>  |
| <b>RÉSULTATS</b>          | <b>8</b>  |
| a) Coûts économiques      | 8         |
| b) Coûts d'intervention   | 10        |
| <b>LIMITES DE L'ÉTUDE</b> | <b>10</b> |
| <b>CONCLUSION</b>         | <b>12</b> |





## MISE EN CONTEXTE



Le 9 août 2016, un carambolage impliquant cinq véhicules a eu lieu sur l'autoroute Métropolitaine Ouest à la hauteur de la rue Lajeunesse à Montréal. Cet accident a causé la mort d'un camionneur de la compagnie EGGR Transport dans l'incendie de son camion-citerne, avant même que les pompiers ne puissent se rendre sur place.

L'accident a été provoqué par l'arrêt intempestif d'un camion-citerne de Bombardier transportant du carburant d'aviation. Selon le rapport d'enquête de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNEST), cet arrêt intempestif est survenu après le déclenchement inopiné d'un dispositif d'interverrouillage du véhicule. Bombardier n'aurait pas « assuré un suivi adéquat des arrêts intempestifs [...] avec ses camions-citernes »<sup>1</sup>, peut-on lire dans le rapport. Toutefois, c'est la distance insuffisante entre le véhicule de EGGR et le camion devant lui qui fut la cause de la collision, puis de l'incendie, toujours selon le rapport de la CNEST.

Le Service de sécurité incendie de Montréal (SIM) a été appelé sur les lieux pour intervenir. L'opération consistait à sauver et à évacuer les personnes à proximité du camion en feu puis à éteindre le brasier causé par la rupture du réservoir d'essence lors de l'impact et émanant de la nappe d'essence sur la route. Une alerte générale a été déclenchée et plus de 120 pompiers ont été acheminés sur les lieux. Le sinistre a été maîtrisé en quelques heures.

Le rôle névralgique de l'autoroute Métropolitaine en tant qu'infrastructure majeure de transport dans la métropole et pour l'économie du Québec est reconnu et bien documenté. Afin de poursuivre la réflexion de notre étude initiale sur l'impact économique des interventions du SIM<sup>2</sup>, présentée en juin 2017, nous nous sommes posé la question suivante : quelle est la valeur économique de l'intervention du SIM le 9 août 2016 ?

Notons que cette intervention est considérée comme réussie puisqu'elle a permis de préserver le plus possible l'état des infrastructures de l'autoroute et des environs. Elle a également empêché toute perte de vie et toutes blessures, le décès tragique du conducteur du véhicule de EGGR étant survenu avant l'arrivée des intervenants.

1 Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. *Accident mortel sur l'autoroute Métropolitaine impliquant quatre véhicules lourds survenu le 9 août 2016*, rapport d'enquête, [En ligne], 2017, [<https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004144.pdf>] (Consulté le 1<sup>er</sup> novembre 2017).

2 Delorme, François, et Dave Waterhouse. *Rapport d'étude de l'impact économique des interventions du Service de sécurité incendie de Montréal pour l'année 2015*, Montréal, Service de sécurité incendie de Montréal, 2017.





## DÉMARCHE

Notre démarche s'est inspirée de celle de la Ville de Phoenix en Arizona, qui, en collaboration avec l'Université de Virginia à Phoenix, a estimé la valeur économique, et non pas le coût, d'une intervention des pompiers effectuée sur l'autoroute Interstate 10 le 20 février 2014<sup>3</sup>. C'est donc en s'appuyant sur leur méthodologie que nous avons tenté de répondre à notre question.

## MÉTHODOLOGIE

Nous avons retenu les données et hypothèses suivantes pour notre analyse :

- > Coût de réfection de l'autoroute après l'accident, comprenant la reconstruction d'un tronçon de 100 m de longueur et de trois voies de large en direction Ouest : 1 000 000 \$<sup>4</sup>.
- > Durée de fermeture de l'autoroute entre le moment de l'accident et la fin de la reconstruction : 13 h 30 pour la direction Est (de 16 h le 9 août à 5 h 30 le 10 août) et 38 h pour la direction Ouest (de 16 h le 9 août à 6 h le 11 août).
- > Tronçon concerné : entre les bretelles du boulevard de l'Acadie et des rues Saint-Hubert en direction Est ou Christophe-Colomb en direction Ouest. Ce tronçon est demeuré fermé complètement durant l'accident et durant la reconstruction pour un total de 38 heures.
- > Débit de véhicules au moment de l'accident sur le tronçon concerné : 71 véhicules en direction Est et 73 véhicules en direction Ouest<sup>5</sup>.
- > Nombre moyen estimé de véhicules et de personnes circulant sur le tronçon concerné durant le jour et les heures touchés par la fermeture durant l'accident : 159 032 véhicules transportant 181 296 passagers<sup>6</sup>.



3 Joshua, S. (2014), "Estimation of the Cost of Traffic Delay Due to the Major Fire in Phoenix near I-10 on Feb 20th 2014", Intelligent Transportation Systems and Transportation Safety, University of Virginia, Phoenix, Arizona.

4 Information transmise par téléphone par le ministère des Transports du Québec.

5 *Idem*.

6 Données transmises par le ministère des Transports du Québec. Les données disponibles pour ce tronçon concernent la période du 12 avril au 6 juillet 2015.



- > Nombre moyen de passagers par véhicule : 1,14<sup>7</sup>.
- > Salaire horaire moyen des employés, région de Montréal<sup>8</sup> : 23,06 \$<sup>9</sup>.
- > Durée d'attente des automobilistes occasionnée par l'accident : faute de données observées et précises à ce sujet, nous avons retenu trois hypothèses de durée d'attente pour nos calculs, soit : 30, 60 et 90 minutes.
- > Durée totale de l'intervention : 7 h 45 (de 16 h à 23 h 45)<sup>10</sup>.
- > Ressources du SIM mobilisées : 61 unités d'intervention (pompiers et véhicule : autopompes, échelles aériennes, unités spécialisées en matières dangereuses, etc.) et 17 chefs et membres de la direction.
- > Durée moyenne d'intervention de chaque intervenant : 4 h.
- > Coût par heure d'une autopompe du SIM avec quatre pompiers : 718,59 \$.
- > Coût par heure d'un camion-échelle du SIM avec trois pompiers : 948,54 \$.
- > Coût par heure d'un véhicule d'intervention en présence de matières dangereuses du SIM avec quatre pompiers : 1 092,26 \$.
- > Coût par heure d'un véhicule de protection et de sauvetage du SIM avec quatre pompiers : 546,13 \$.
- > Coût par heure estimé d'un chef : 310 \$<sup>11</sup>
- > Quantité d'émulsifiant utilisé durant l'intervention : 1 660 gallons<sup>12</sup>, soit : trois réservoirs de remorque de 500 gal et deux réservoirs d'autopompe de 80 gal. Quatre remorques et six autopompes avait été initialement acheminées sur les lieux pour fournir de l'émulsifiant.
- > Coût au gallon de l'émulsifiant utilisé au SIM : 46,20 \$<sup>13</sup>.

7 Donnée transmise par le ministère des Transports du Québec. Il est à noter que l'étude de Phoenix utilisait la même donnée.

8 En date de l'étude. Les données ont pu être révisées depuis.

9 Institut de la statistique du Québec. *Rémunération hebdomadaire et horaire des employés, régions administratives et ensemble du Québec, 2012-2016*, [En ligne], 2017, [[www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp\\_interreg/tableaux/tra\\_remuneration.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp_interreg/tableaux/tra_remuneration.htm)] (Consulté le 31 octobre 2017).

10 Données provenant du SIM. La durée d'intervention a été calculée de l'arrivée de la première unité au départ de la dernière unité.

11 Données du coût par heure de différentes unités du SIM ont été pris à partir du RÈGLEMENT SUR LES TARIFS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL (EXERCICE FINANCIER 2017) RCG 16-055.

12 Donnée interne au SIM, validée auprès du lieutenant instructeur responsable de l'approvisionnement et de l'alimentation de mousse sur les lieux lors de l'intervention.

13 Donnée interne au SIM, coût unitaire de 2017.





## RÉSULTATS

### a) Coûts économiques

Alors que chaque automobiliste est présumé en emploi et se rend vraisemblablement à son lieu de travail, le retard attribuable à la congestion routière représente un coût en termes économiques. En effet, l'automobiliste bloqué ou ralenti ne peut être sur son lieu de travail, pour lequel il est rémunéré. Cette situation représente aussi un manque à gagner en termes de revenus pour l'employeur de même qu'une perte de productivité. Tous ces coûts ont une valeur économique pour les économistes.

En intervenant rapidement et efficacement sur l'autoroute 40 le 9 août 2016, réduisant ainsi le temps d'attente de chaque automobiliste dans la congestion routière, le SIM a réduit les pertes monétaires des automobilistes prisonniers et il a minimisé les pertes des entreprises dues à l'absence des automobilistes qui ne sont pas encore sur les lieux de travail.

**C'est ce qui engendre les bénéfices économiques de l'intervention du SIM; Moins les gens perdent de temps dans la congestion routière, plus le système économique se remet en marche rapidement, réduisant les pertes dues à l'attente.**

L'intervention réussie du SIM a permis de préserver l'infrastructure de l'autoroute Métropolitaine Ouest. Le scénario d'une fermeture complète à cause de l'incident aurait engendré des coûts de reconstruction importants. Au-delà des coûts directs de reconstruction de l'infrastructure, c'est également le temps d'attente additionnel des automobilistes dont il faut tenir compte, car ceux-ci auraient alors été ralentis quotidiennement pendant toute la durée de la reconstruction de l'autoroute. Ce scénario aurait représenté un impact économique substantiel attribuable à la perte de l'accès à l'autoroute.

Il faut ajouter que les entreprises auraient eu aussi à essuyer des pertes additionnelles (perte de productivité, transport et distribution de biens et services produits...), car le débit de circulation automobile aurait été en partie dévié sur d'autres voies rapides de la région, créant des congestions additionnelles avec les conséquences économiques additionnelles sur l'ensemble de l'économie de la région métropolitaine.

Le MTQ n'a pas été en mesure de nous fournir des informations précises et complètes sur le temps d'attente des usagers de l'autoroute 40 au moment de l'accident pour la raison suivante : le débit de véhicules n'est calculé par le MTQ que sur l'autoroute, et non dans les bretelles d'accès et sur les voies d'accès autour. Or, on peut très bien imaginer que l'accident a eu un impact autant dans les entrées et sorties que sur l'autoroute elle-même. Les chiffres présentés ici sont donc le résultat des meilleures estimations possibles selon les données disponibles.





Nous avons donc commencé par calculer le coût du temps d'attente moyen à partir des données fournies par le MTQ, qui se situaient entre 30 et 90 minutes. Nous avons établi les chiffres selon trois scénarios : 30, 60 et 90 minutes. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Ainsi, pour une durée médiane de 60 minutes, le coût économique total lié à l'accident s'établirait à 4,2 millions de dollars. En revanche, si le temps d'attente moyen n'avait été que de 30 minutes, le coût passerait à 2,1 millions de dollars. Et dans le cas où le délai avait été plus long, soit 90 minutes, le coût économique du temps d'attente grimperait à près de 6.3 millions de dollars.

| Coût du temps d'attente des automobilistes* attribuable à l'accident selon trois scénarios |                    |                     |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| Temps d'attente en min                                                                     | Débit de véhicules | Nombre de passagers | Valeur en \$ |
| 30                                                                                         | 79 516             | 90 648              | 2 090 343    |
| 60                                                                                         | 159 032            | 181 296             | 4 180 686    |
| 90                                                                                         | 238 547            | 271 944             | 6 271 029    |

\* se trouvant entre les bretelles du boulevard de l'Acadie et des rues Saint-Hubert (Est) ou Christophe-Colomb (Ouest)

C'est ensuite par preuve anecdotique, c'est-à-dire par observation et témoignages, que nous avons mené plus loin notre estimation du temps d'attente : nous l'avons situé entre 30 minutes et 4,5 heures, selon la position géographique des automobiles sur l'autoroute et dans les bretelles touchées par l'accident. Cette estimation nous paraissait plus probante que les trois scénarios tirés des données du MTQ.

En effet, les véhicules situés tout près de l'accident ou d'une bretelle de sortie ont quitté très rapidement les lieux, soit en 5 minutes environ. Mais le temps d'attente s'est mis à croître exponentiellement tout de suite après, à mesure que les automobiles s'accumulaient sur l'autoroute et dans les bretelles d'accès. Certains témoignages attestent notamment d'un délai de 3,5 à 4 heures pour arriver à destination à cause de l'accident.

Nous avons donc établi le temps d'attente médian à 2,5 heures, pour une valeur économique de l'intervention chiffrée à 10 451 715 \$.

b) Coûts d'intervention

Les dépenses d'intervention relatives aux ressources acheminées (61 unités et 17 chefs, sur les lieux en moyenne 4 heures chacun) peuvent être détaillées comme suit :

| Ressource                                                | Quantité  | Coût unitaire | Durée | Total         |
|----------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------|---------------|
| Autopompe                                                | 24        | 718,59 \$/h   | 4 h   | 68 984,64 \$  |
| Échelle aérienne                                         | 10        | 948,54 \$/h   | 4 h   | 37 941,60 \$  |
| Unité d'intervention en présence de matières dangereuses | 5         | 1 092,26 \$/h | 4 h   | 21 845,20 \$  |
| Unité de protection et de sauvetage                      | 9         | 546,13 \$/h   | 4 h   | 19 660,68 \$  |
| Chef/membre de la direction                              | 23        | 310,00 \$/h   | 4 h   | 28 520,00 \$  |
| Émulsifiant                                              | 1 660 gal | 46,20 \$/gal  | s.o.  | 76 692,00 \$  |
|                                                          |           |               |       | 253 644,12 \$ |

Les coûts d'intervention s'établissent donc à 253 644,12 \$.

LIMITES DE L'ÉTUDE

Il est reconnu que la réponse opérationnelle du SIM fut exceptionnellement efficace grâce à l'expertise interne, au temps de réponse rapide et aux ressources importantes disponibles lors de la force de frappe initiale (équipe spécialisée en matières dangereuses, pompiers instructeurs présents pour aider au positionnement et à l'alimentation des autopompes, mousse extinctrice disponible en grande quantité, chefs pompiers dirigeant la logistique et la coordination opérationnelle, etc.). Toutefois, il est impossible de mesurer avec précision l'efficacité opérationnelle de la réponse des équipes du SIM, compte tenu de la nature exceptionnelle de l'événement. Aux fins de la présente étude, il est donc présumé que l'intervention fut optimale.

Par ailleurs, la valeur économique présentée ici a été largement sous-estimée, soit dans une proportion d'environ 50 %. D'une part, parce que la proportion de gens qui a subi un temps d'attente de 30 minutes en début d'intervention est sûrement bien en deçà de celle qui a eu à attendre plus de 2 heures, ce qui augmenterait la valeur économique de l'intervention. D'autre part, parce que les éléments suivants n'ont pas été calculés puisque le présent mandat ne nous autorisait pas à aller aussi loin. Soulignons toutefois que des méthodes de calculs reconnues auraient pu nous le permettre.



- > Le dégagement de chaleur du brasier initial provenant du carburant fut tel qu'il y a eu propagation de l'incendie par rayonnement à deux bâtiments situés près du lieu de l'accident, au nord de l'autoroute sur la rue Crémazie. L'incendie dans ces deux bâtiments a nécessité une intervention des pompiers avec une attribution de ressources distincte. Le bâtiment situé au 555 et 561, boulevard Crémazie Est est celui qui a subi le plus de dommages. Il s'agit d'un bâtiment commercial de trois étages abritant une institution financière au rez-de-chaussée et des bureaux aux autres étages. L'autre bâtiment est l'immeuble de bureaux de 13 étages situé au 565, boulevard Crémazie Est. Ces bâtiments et les entreprises qui y sont établies ont en soi une valeur économique qui peut être calculée<sup>14</sup>. L'intervention des pompiers dans ces immeubles constitue donc également un impact économique dont on n'a pas tenu compte dans le résultat.
- > Aux fins du calcul de la valeur économique de l'intervention du SIM, seul le temps d'attente des véhicules causé par l'intervention a été calculé, et non le temps d'attente subséquent à l'intervention, soit jusqu'à la réouverture des deux côtés de l'autoroute. Car il y a eu inévitablement du temps d'attente, quoique probablement moins long et pour un moins grand nombre de véhicules que durant l'intervention. Cette remarque est importante puisqu'elle vient nuancer les résultats et les rendre encore plus conservateurs.<sup>15</sup>
- > L'intervention des pompiers a évité l'interruption de la circulation aérienne dans le couloir se trouvant au-dessus du lieu de l'accident et constitue aussi une valeur économique qui n'a pas été ajoutée au calcul final<sup>16</sup>.
- > L'endiguement des contaminants liquides issus du contenu du véhicule par les pompiers du SIM et l'extinction rapide du brasier a limité la contamination des sols et des infrastructures souterraines (égouts, usine d'épuration et cours d'eau). Aussi, en appliquant la mousse rapidement en continu, ce qui a permis le rabattement des flammes, la pollution atmosphérique a été limitée. L'impact environnemental total du sinistre a alors été limité, ce qui en augmente aussi la valeur économique<sup>17</sup>.

14 Consulter à ce sujet : Delorme, François, et Waterhouse, Dave, *Rapport d'étude de l'impact économique des interventions du Service de sécurité incendie de Montréal pour l'année 2015*, Montréal, Service de sécurité incendie de Montréal, 2017.

15 Le temps total de la fermeture l'autoroute 40 dû à l'incident et au temps de reconstruction de l'autoroute est de 13 h 30 en direction Est et de 38 h en direction Ouest. (Données internes du SIM : La durée d'intervention a été calculée de 16 h 00 lors de l'arrivée des premières unités à 23 h 45, lorsque la dernière unité du SIM a quitté les lieux, pour une durée d'intervention de 07 h 45.)

16 Pour avoir une idée de l'impact économique que l'intervention du SIM a pu avoir sur les activités de l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau, consulter : Aéroports de Montréal, *Impacts économiques et fiscaux des activités du site aéroportuaire de Montréal-Trudeau*, 2015, [En ligne], [[http://www.admtl.com/sites/default/files/ImpactsTrudeau\\_FR\\_final-Pages.pdf](http://www.admtl.com/sites/default/files/ImpactsTrudeau_FR_final-Pages.pdf)] (Consulté le 1<sup>er</sup> novembre 2017).

17 Pour avoir une idée de l'évaluation de la valeur économique d'un écosystème, consulter : Massicotte, Ève, *Évaluation de la valeur économique des biens et services écologiques : démarche, méthodes et exemple du lac Brompton*, 2012 [En ligne], [[https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2012/Massicotte\\_ME\\_15-02-2012\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2012/Massicotte_ME_15-02-2012_.pdf)] (Consulté le 22 novembre 2017) et Gouvernement du Canada, *Valeur économique de l'environnement*, 2013, [En ligne], [<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/qualite-environnement-economie/enjeux-economiques/valeur.html>] (Consulté le 22 novembre 2017).





- > Certains coûts n'ont pu être retenus dans nos calculs à cause de leur complexité ou encore de la difficulté à accéder aux données. C'est le cas des coûts liés à l'eau potable du réseau qui a été utilisée, au recours à une compagnie spécialisée pour la récupération des contaminants et aux heures-personnes des intervenants autres que du SIM, présents sur les lieux tout au long de l'intervention (employés du MTQ, policiers et membres de l'état-major de la SQ et du SPVM, ingénieurs de la Ville de Montréal et du MTQ...) ne nous ont pas permis d'en tenir compte dans coûts liés à l'intervention.

## CONCLUSION

Le coût économique d'un accident qui survient sur une autoroute à l'heure de pointe est toujours très élevé puisqu'il augmente de seconde en seconde. C'est pourquoi une intervention rapide des services d'urgence est primordiale. L'accident dont il a été question dans ce rapport est survenu en août, un mois où le volume de circulation automobile est relativement peu élevé. Nous pouvons imaginer, s'il était survenu durant une période plus achalandée, tel qu'en octobre ou en février, qu'un tel accident aurait entraîné un coût économique faramineux.

Pour l'intervention survenu le 9 août 2016 sur l'autoroute 40, nous pouvons déduire que pour chaque dollar déboursé par le SIM (valeur des coûts opérationnels : 253 644,12 \$), en lien avec la valeur économique estimée (10 461 715,00 \$), il y a eu un rendement sur investissement de 4 120,62 %. Nous pouvons également en conclure que les interventions sur les voies rapides ont une valeur économique ajoutée largement supérieure aux interventions dans les bâtiments commerciaux où des emplois sont en jeu, et enfin, qu'ils ont un impact beaucoup plus significatif dû à la valeur économique des pertes attribuables au temps d'attente des gens dans leur véhicule.

La présente étude peut être mise en relation avec l'étude réalisée sur l'impact économique des activités opérationnelles du SIM en 2015. Il a été démontré, pour des incendies de bâtiments commerciaux, où des emplois étaient en jeu, que le retour sur investissement était de l'ordre de 527,5 %<sup>18</sup>. Comparativement à l'intervention du 9 août 2016 sur l'autoroute 40, ce type d'intervention implique un nombre fixe d'employés par bâtiment dont la valeur économique est liée à un seul secteur d'activités. Dans le cas présent, le débit automobile et le nombre incalculable d'automobilistes ont rendu la valeur économique beaucoup plus élevée puisque les répercussions ne se sont pas faites ressentir sur une seule entreprise, mais plutôt sur de multiples organisations, plusieurs secteurs d'activités économiques et d'innombrables familles, tout cela occasionné par le temps d'attente provoqué par l'embouteillage.

<sup>18</sup> Delorme, François, et Dave Waterhouse. *Rapport d'étude de l'impact économique des interventions du Service de sécurité incendie de Montréal pour l'année 2015*, Montréal, Service de sécurité incendie de Montréal, 2017, p.47.





Au final, la présente étude a fait ressortir l'importance d'attribuer des ressources d'urgence compétentes, en nombre suffisant et avec rapidité. L'efficacité d'une intervention repose sur ces points, mais également sur des méthodes de travail éprouvées et l'utilisation d'équipements évolués. Les particularités des infrastructures de Montréal, grande métropole et centre économique du Québec, exigent nécessairement ce genre de ressources.

Le service d'incendie de Phoenix a été le premier à développer une méthodologie pour calculer la valeur économique d'une intervention sur une autoroute. Nous avons adapté leur méthodologie à notre réalité, mais les limites des calculs présentés ici montrent à quel point le modèle est perfectible. En partageant notre démarche, nous espérons que d'autres viendront la perfectionner et la faire progresser.







