

DÉVELOPPEMENT D'UN RÉSEAU DE TUBES DE GEL AUTOMATISÉS POUR LE QUÉBEC

P. Dubé, F. Champagne & C. Lapointe
Ministère des Transports du Québec, Canada
paul.dube@mtq.gouv.qc.ca
frederic.champagne@mtq.gouv.qc.ca
claudelapointe@mtq.gouv.qc.ca

RÉSUMÉ

Toutes les administrations routières qui sont responsables de la gestion d'un réseau routier sont confrontées au même défi, soit d'assurer aux usagers un réseau sécuritaire et fiable.

Afin de préserver le bon état du réseau routier, le ministère des Transports du Québec limite les charges des camions en période de dégel au printemps, durant une période de temps variable selon la rigueur de l'hiver précédent. Pour déterminer l'étendue de cette période, la profondeur du gel est le paramètre décisionnel.

Le Ministère a mis en place par le passé des sondes de gel au glycol à plusieurs endroits dans la chaussée des routes. La lecture régulière de ces sondes permet de cartographier la profondeur de gel au Québec. Toutefois, cette tâche représente un risque et nécessite beaucoup de ressources.

Dans le but d'éliminer complètement les relevés manuels, le Ministère a déployé un système automatique de collecte de données routières (SCDR) afin d'instrumenter, à l'aide d'une sonde électronique de profil thermique, le réseau routier québécois.

L'analyse comparative des données pour le remplacement des relevés manuels par des mesures automatiques s'est avérée concluante.

Cet article décrit également les développements qui ont permis la fabrication de la nouvelle sonde électronique.

1. ENJEUX

L'augmentation de la teneur en eau dans les fondations des chaussées les fragilise et les rend vulnérables au trafic lourd en période de dégel.

2. SOLUTION

La solution retenue est de limiter la charge des véhicules lourds. Pour atténuer les répercussions sur le transport routier, la charge permise pour l'équipement lourd est réduite temporairement lors du dégel printanier pour une période de durée variable et qui doit être déterminée quelques semaines à l'avance¹.

3. DÉTERMINATION DE LA DURÉE DES RESTRICTIONS DE CHARGE

Les conditions climatiques rigoureuses des hivers québécois requièrent l'imposition de limites de charges aux transporteurs routiers en période de dégel afin de préserver l'intégrité des chaussées. Afin de déterminer la période de restriction des charges des véhicules lourds en période de dégel, le Ministère installe des sondes (tubes de gel) dans la chaussée à plusieurs endroits sur le réseau routier. Ces tubes indiquent la profondeur de gel sous la chaussée. Des relevés fréquents de ces sondes permettent de suivre l'évolution de la profondeur du gel et, surtout, des cycles de dégel, ce qui permet par conséquent de déterminer les dates de début et de fin de la restriction des charges².



Figure 1 - Zones de dégel

4. MÉTHODE MANUELLE

Par le passé, le Ministère a mis en place un réseau de 90 tubes de gel au glycol qui doit faire l'objet de relevés manuels environ une fois par semaine au printemps. Ce type d'installation nécessite la fermeture temporaire de la route, l'installation de la signalisation et l'utilisation des véhicules avec atténuateurs d'impact pour protéger les travailleurs. Les tubes au glycol ne seront plus utilisés d'ici 2015, en raison de la nouvelle méthode automatisée de mesure de la profondeur de gel.

La méthode de mesure des tubes de gel contenant du glycol est présentée ci-dessous. Le glycol bleu indique une zone non gelée, et le blanc, une zone gelée.

Relevé des profondeurs de gel et de dégel

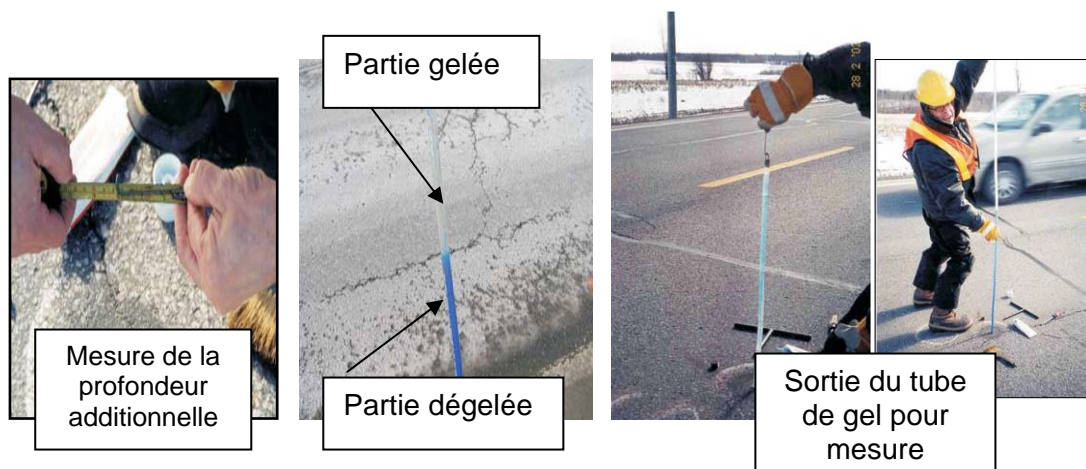
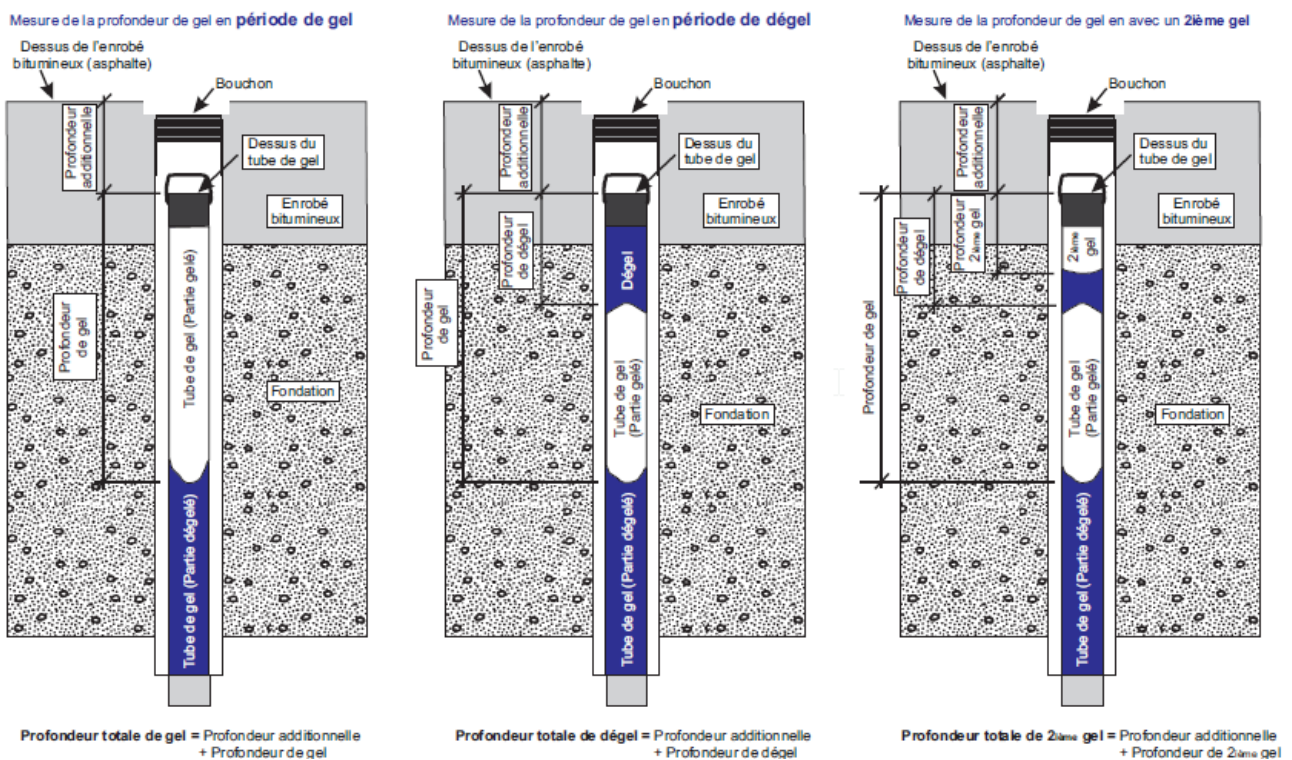


Figure 2 - Méthode manuelle de mesure des tubes de gel au glycol

Objectifs du changement de méthode

- Sécurité des travailleurs
- Fiabilité des données
- Productivité
- Augmentation du taux d'échantillonnage
- Coût

Les opérations de relevé manuel des tubes de gel au glycol s'avéraient dangereuses et coûteuses. Cela représentait environ 225 000 \$ par an et nécessitait beaucoup de temps, soit l'équivalent de près de 9 emplois temps complet pour la prise de lecture et l'entretien des équipements.

5. MÉTHODE AUTOMATISÉE - NOUVELLE APPROCHE

Les nouveaux tubes de gel électronique avec prise de lecture automatisée fournissent des données toutes les 10 minutes tout au long de l'année, sans nécessiter d'intervention humaine. Chaque tube est relié à une station météorologique et les données sont transmises aux bureaux du Ministère en temps réel au moyen d'un système automatique de collecte de données routières (SCDR). La Figure 3 présente un tube de gel avec prise de lecture automatisée.

La validité de la méthode de mesure automatisée de profondeur de gel a été évaluée sur une période de plusieurs années en comparant les données obtenues par les tubes de gel au glycol (manuels) avec celles obtenues avec les tubes de gel automatisés. Les résultats des comparaisons ont permis de confirmer la pertinence et la fiabilité des données obtenues avec les tubes de gel automatisés et d'envisager l'élimination de l'utilisation des tubes au glycol.

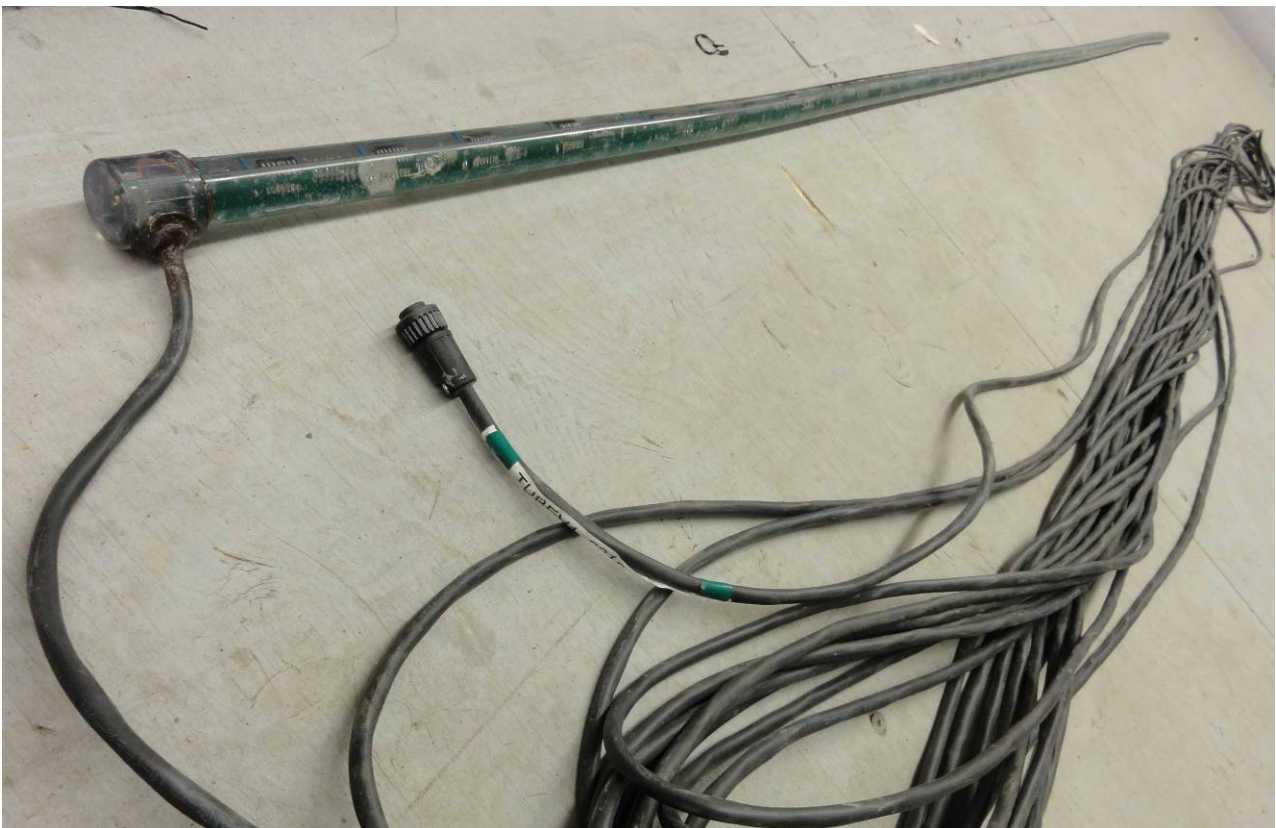


Figure 3 - Tube de gel avec prise de lecture automatisée

6. SYSTÈME DE COLLECTE DE DONNÉES ROUTIÈRES (SCDR)

6.1 Réseau de stations météorologiques

Pour déterminer de manière automatisée la profondeur de gel sur le réseau routier du Ministère, des sondes de profondeur de gel ont été ajoutées à l'ensemble des 36 stations météorologiques du Ministère. Une deuxième phase de construction a permis l'ajout de 13 stations munies de tubes de gel automatisés afin de compléter le réseau provincial, portant le nombre de stations à 49. Les latitudes associées aux stations s'étendent entre le 45,0° et le 50,6° de latitude nord. La Figure 4 présente l'emplacement des stations météorologiques sur le réseau du Ministère.



Figure 4 - Emplacement des 49 stations météorologiques du Ministère

6.2 Système automatique de collecte de données routières (SCDR)

Le système de collecte de données routières est un système informatique d'acquisition de données en temps réel qui permet d'aller recueillir une variété de données opérationnelles touchant le réseau routier provincial. Les mesures en provenance des stations météorologiques sont recueillies par l'entremise de liens de télécommunication reliant les serveurs informatiques centraux aux sites des stations sur le terrain. L'ensemble des données recueillies est stocké et archivé dans une base de données centrale. On y trouve, entre autres, les données sur la température du corps de chaussée recueillies par les tubes de gel.

Les données de SCDR sont fournies aux nombreux usagers du système ainsi qu'à différents partenaires du Ministère, tel Environnement Canada (Service météorologique). Les équipes affectées aux opérations d'entretien hivernal de déneigement et de déglacage ont également accès aux données du système afin de faciliter et d'optimiser leurs opérations.

7. COMPOSANTES DES STATIONS MÉTÉOROUTIÈRES

Les stations météoroutières sont situées en bordure des routes sur l'ensemble du territoire desservi par le Ministère. Elles sont munies d'une variété de capteurs pour les variables météorologiques atmosphériques et routières.

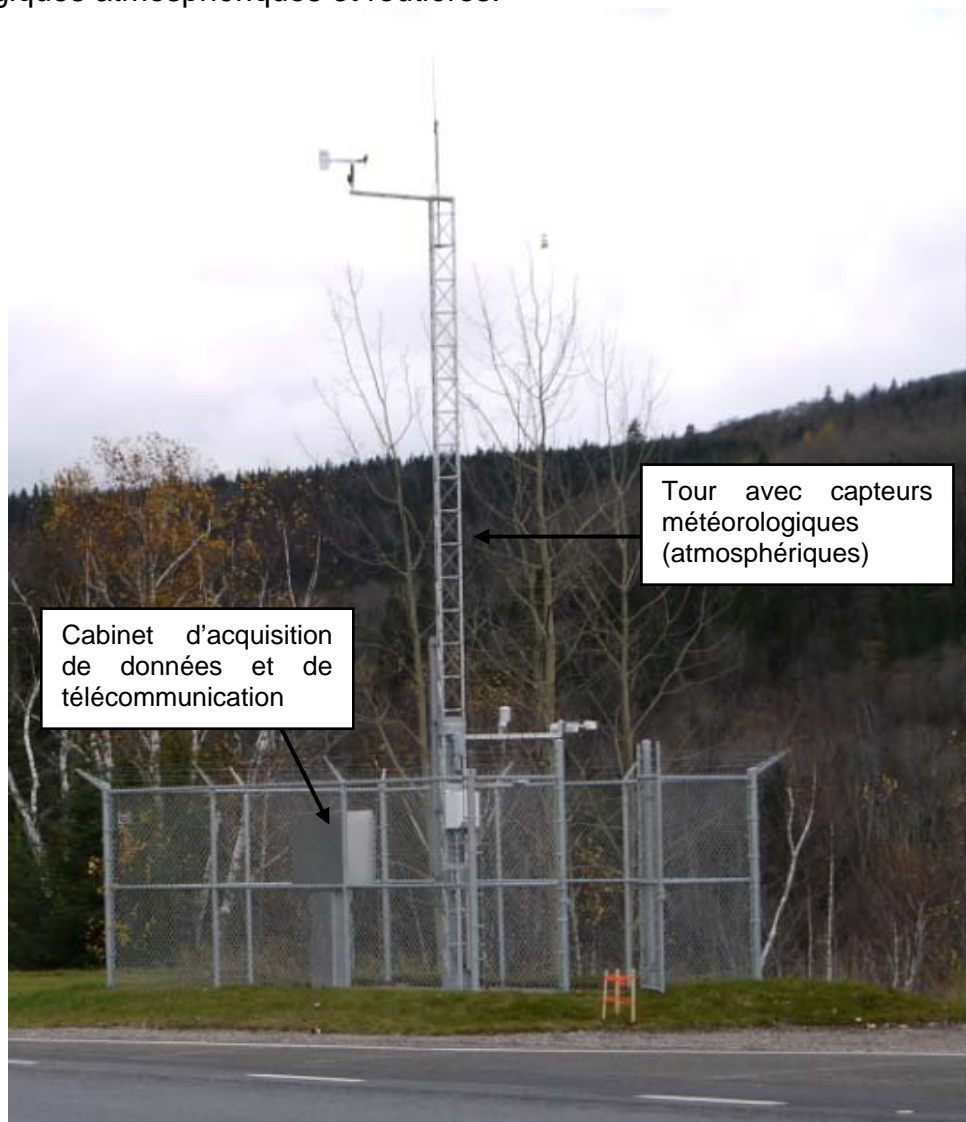


Figure 5 - Station météorologique typique du Ministère

7.1 Capteurs

7.1.1 Capteurs atmosphériques

- Anémomètre (vitesse et direction du vent)
- Capteur de température de l'air ambiant
- Capteur d'humidité relative
- Capteur de pression barométrique
- Capteur de distance de visibilité et de type de précipitation
- Rayonnement infrarouge

7.1.2 Capteurs de chaussée

- Capteur de température de la surface
- Tube de gel automatisé (sonde du profil thermique sous la chaussée)
- Capteur intelligent d'état de surface (état de la chaussée, température du point de congélation de la saumure)
- Rayonnement infrarouge

7.1.3 Caméras

- Vue des conditions météorologiques sur la route et la chaussée (certaines stations)

Les données en provenance des différents capteurs sont lues et emmagasinées par une unité d'acquisition de données situé sur le site de la station et reliée au système de collecte de données routières (SCDR) par des liens de télécommunication comme indiqué. De cette manière, une transmission des données se fait toutes les 10 minutes pour consultation et archivage au moyen du système SCDR.

8. TUBES DE GEL AVEC PRISE DE LECTURE AUTOMATISÉE

8.1 Principe de fonctionnement

La température du corps de chaussée est déterminée à l'aide d'un composant électronique appelé « thermistance ».

- La résistance électrique de la thermistance varie de façon très précise en fonction de la variation de la température.
- Les thermistances sont placées en série à des distances précises sur toute la longueur du tube et elles sont lues séquentiellement par les circuits imprimés du tube de gel et établissent la température du corps de chaussée à différente profondeur. Il y a 18 thermistances dans un tube de 3 m.

Grâce à ces tubes, la température moyenne du sol sous la chaussée est mesurée en 18 points à des profondeurs variant de 5 cm à 300 cm. Ci-dessous, la thermistance utilisée dans les nouveaux tubes de gel.

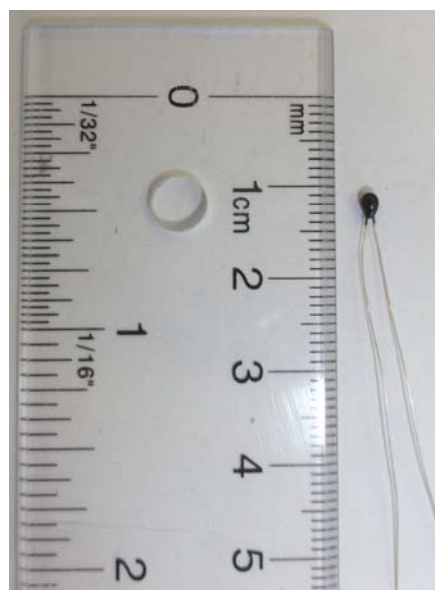


Figure 6 - Thermistance

8.2 Installation



Figure 7 - Installation du tube de gel dans la chaussée

Un trou d'un peu plus de 3 m de profondeur (au centre de l'image de gauche) est fait à l'aide d'un camion muni d'une foreuse. Le tube de gel est placé précisément à 1 cm sous la surface et à 40 cm du centre de la voie. Le câble de signal d'une longueur habituelle de 60 m est passé dans une rainure pratiquée dans l'asphalte et est branché à la station météo située en bordure de route au moyen de conduits souterrains. La rainure et les ouvertures sont refermées à l'aide d'un scellant à l'époxy.

8.3 Entretien et remplacement

Les tubes de gel automatisés ne nécessitent aucun entretien particulier et il n'est pas possible ni nécessaire de les retirer une fois installés dans la chaussée. Lorsqu'une nouvelle couche de revêtement est appliquée, un nouveau tube de gel est installé afin de préserver les mesures de la température aux bonnes profondeurs par rapport à la surface du revêtement.

8.4 Conception et fabrication des sondes

Des circuits imprimés à 4 couches avec composants électroniques ont été conçus pour permettre la lecture en séquence des 18 thermistances par l'unité d'acquisition de données des stations météorologiques. Chaque tube de gel comprend 10 circuits imprimés de 30 cm reliés entre eux.

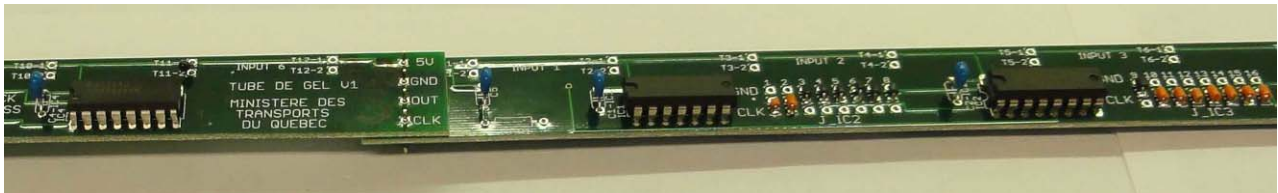


Figure 8 - Exemple de circuits imprimés

L'électronique est placée dans un tube de PVC qui est rempli d'époxy par la suite. L'électronique est ainsi protégée contre les coups et les courts-circuits occasionnés par des infiltrations d'eau.

Plusieurs critères ont servi à la sélection de l'époxy :

- temps de gel supérieur à 20 minutes;
- faible viscosité;
- absence de retrait lors du durcissement;
- couleur ambrée ou incolore;
- faible température de polymérisation (réaction exothermique).

L'étanchéité complète des tubes a été très difficile à obtenir et a demandé plusieurs essais et erreurs.

Lorsque les deux composants de l'époxy sont mélangés, la réaction chimique dégage beaucoup de chaleur et la construction d'un support s'est avérée nécessaire, car les tubes de PVC subissaient une déformation.



Figure 9 - Support de fabrication des tubes de gel

8.5 Précision des mesures

Plusieurs essais ont permis de déterminer que la précision des mesures de température fournies par les tubes de gel est de $\pm 0,1$ °C. Cette précision est suffisante pour déterminer les périodes de restriction de charge lors du dégel.

Lors de la fabrication, des tests sont réalisés pour s'assurer que tous les tubes installés sur le territoire sont fonctionnels et précis.

9. CONCLUSION

Le réseau automatisé de tubes de gel mis en place par le Ministère va permettre d'éliminer complètement les relevés manuels de l'ancien réseau de 90 tubes de gel au glycol. Cela protégera le réseau routier en période de gel et de dégel en facilitant le choix des périodes de restriction de charge pour les véhicules lourds. La collecte de données de profondeur de gel a pu être ajoutée aux infrastructures des stations météorologiques. L'information est disponible presque en temps réel (10 minutes de délai) et ce système de type "transport intelligent" a permis d'atteindre les objectifs d'amélioration de la sécurité des travailleurs, de la fiabilité des données et de la productivité tout en réduisant les coûts récurrents.

RÉFÉRENCES

1. Guide des normes de charges et dimensions des véhicules routiers, Gouvernement du Québec, ministère des Transports du Québec, mai 2013.
2. Seasonal Load Restriction in Canada and Around the World. Canadian, Strategic Highway Research Program, Ottawa, Ontario, Canada, Sept.2000.