

DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME D'AIDE Á LA DÉCISION
EN VIABILITÉ HIVERNALE

Steve Arsenault, ingénieur
Ministère des Transports du Québec

Exposé préparé pour :

la séance du 16 octobre sur Systèmes de gestion à l'appui de la
prise de décisions
pour l'entretien hivernal et estival des routes

du congrès annuel de 2007 de
l'Association des transports du Canada
à Saskatoon (Saskatchewan)

Résumé

L'entretien du réseau routier québécois demeure un défi de taille pour l'ensemble du personnel opérationnel. Devant les difficultés que représentent la prise de décisions et le besoin grandissant d'améliorer la gestion des opérations d'entretien hivernal, le ministère des Transports initiait au début des années 2000, un projet pilote visant à développer un système d'aide à la décision en viabilité hivernale adapté aux besoins spécifiques de son personnel opérationnel.

Ce système d'aide aux décisions devait permettre, au personnel concerné d'avoir accès à de l'information météorologique de qualité, et ce, en continu au cours de la période hivernale.

Afin de concrétiser ce système d'aide aux décisions, un système d'acquisition de données a été créé. Ce système d'acquisition de données permet de recueillir des données de capteurs météorologiques et routiers.

De plus, un site web (le système DVH-6024) a été créé dans le but de diffuser rapidement les informations météorologiques recueillies. Les informations accessibles via ce site web concernent du même coup les prévisions météorologiques ainsi que les observations météorologiques et routières. Le système permet également d'extraire, de traiter et d'exploiter des données recueillies par le passé à l'aide du réseau de stations météorologiques. Cette dernière fonctionnalité permet aux utilisateurs de réaliser des analyses post événements qui peuvent être fortes utiles afin de valider l'efficacité des traitements appliqués.

Le système DVH-6024 est un outil sophistiqué d'acquisition et de traitement des données météorologiques. Il permet une analyse complète et rapide de l'ensemble des données météorologiques nécessaires à la prise de décision en entretien hivernal.

Le réseau routier québécois est réparti sur un territoire vaste et étendu offrant des diversités topographiques et hydrographiques importantes, ce qui cause des variations climatiques et routières considérables. Évidemment, ces variations sont plus perceptibles en période hivernale. Les usagers de la route sont ainsi confrontés à des événements météorologiques extrêmement variés lorsqu'ils circulent sur le réseau routier. Ces variations, parfois locales, ont des impacts majeurs sur les opérations d'entretien hivernal.

Les gestionnaires de réseaux routiers québécois doivent donc composer avec des conditions climatiques locales extrêmement variables, ce qui complexifie énormément la prise de décision menant au déclenchement et au dimensionnement des opérations d'entretien hivernal. Les attentes grandissantes des usagers de la route, le resserrement du cadre financier dans lequel ils évoluent et la gestion des ressources humaines sont tous des éléments qui contribuent à complexifier davantage la prise de décision pour les gestionnaires de réseaux routiers.

Une pression constante est donc exercée sur ces gestionnaires qui étaient, jusqu'à tout récemment, peu appuyés technologiquement pour soutenir et justifier le déclenchement des opérations d'entretien hivernal.

C'est dans cette optique qu'en février 2000, le ministère des Transports du Québec autorisait la réalisation du projet pilote SADVH (*Système d'aide aux décisions en viabilité hivernale*).

C'est au début de l'année 2000 que fut initié le projet pilote SADVH. Le but de ce projet était de définir le système d'aide aux décisions en viabilité hivernale du Québec et de fixer les mesures d'accompagnement nécessaires à l'implantation de ce système en territoire.

ÉVALUATION DES BESOINS

Ce projet fut donc initié par une revue complète de la situation québécoise incluant une identification des problématiques et des besoins du personnel opérationnel. Cette étude fut d'abord menée auprès du personnel directement touché par les opérations d'entretien hivernal et par la suite auprès des gestionnaires de réseaux routiers. Elle a permis d'identifier d'abord l'interrelation étroite entre le domaine routier et la science qu'est la météorologie et par la suite les problèmes de

communication et de compréhension des principaux acteurs de ces deux disciplines.

Cette constatation avait des impacts majeurs au niveau de l'entretien hivernal puisque cette tâche ne consiste pas qu'à épandre des fondants sur la chaussée. En effet, elle consiste bien plus à pouvoir reconnaître et même idéalement anticiper les phénomènes nécessitant une intervention sur la chaussée ainsi que les facteurs qui peuvent limiter ou encore annuler l'action des fondants, et ce, dans le but d'en optimiser l'utilisation.

Des problématiques majeures étaient donc mises en évidence et elles concernaient en particulier l'acquisition, le traitement, la validation et la communication des données utiles au dimensionnement des opérations en entretien hivernal. Les problématiques identifiées sont les suivantes :

- manque flagrant d'instrumentation dans l'environnement routier;
- méconnaissance des phénomènes en cause;
- plusieurs sources d'information météorologiques;
- manque de confiance dans les prévisions météorologiques ;
- prise de décisions basée sur de mauvaises données;
- méconnaissance du fonctionnement et des limites d'action des fondants.

Considérant l'importance des problématiques soulevées, une tâche énorme attendait les principaux acteurs du projet SADVH.

Dans le but de pallier aux principales problématiques identifiées, le ministère des Transports du Québec initiait la conception et le développement d'un système d'aide à la décision en viabilité hivernale.

SYSTEME D'AIDE A LA DECISION EN VIABILITE HIVERNALE

Le système québécois d'aide à la décision en viabilité hivernale a été conçu pour répondre aux besoins primaires des décideurs en entretien hivernal du ministère des Transports. À la suite d'une évaluation des besoins, les ingénieurs responsables de ce projet en sont venus à la conclusion que certains de ces besoins pouvaient être comblés par le développement d'une solution

informatique appuyée par un système d'acquisition de données météorologiques.

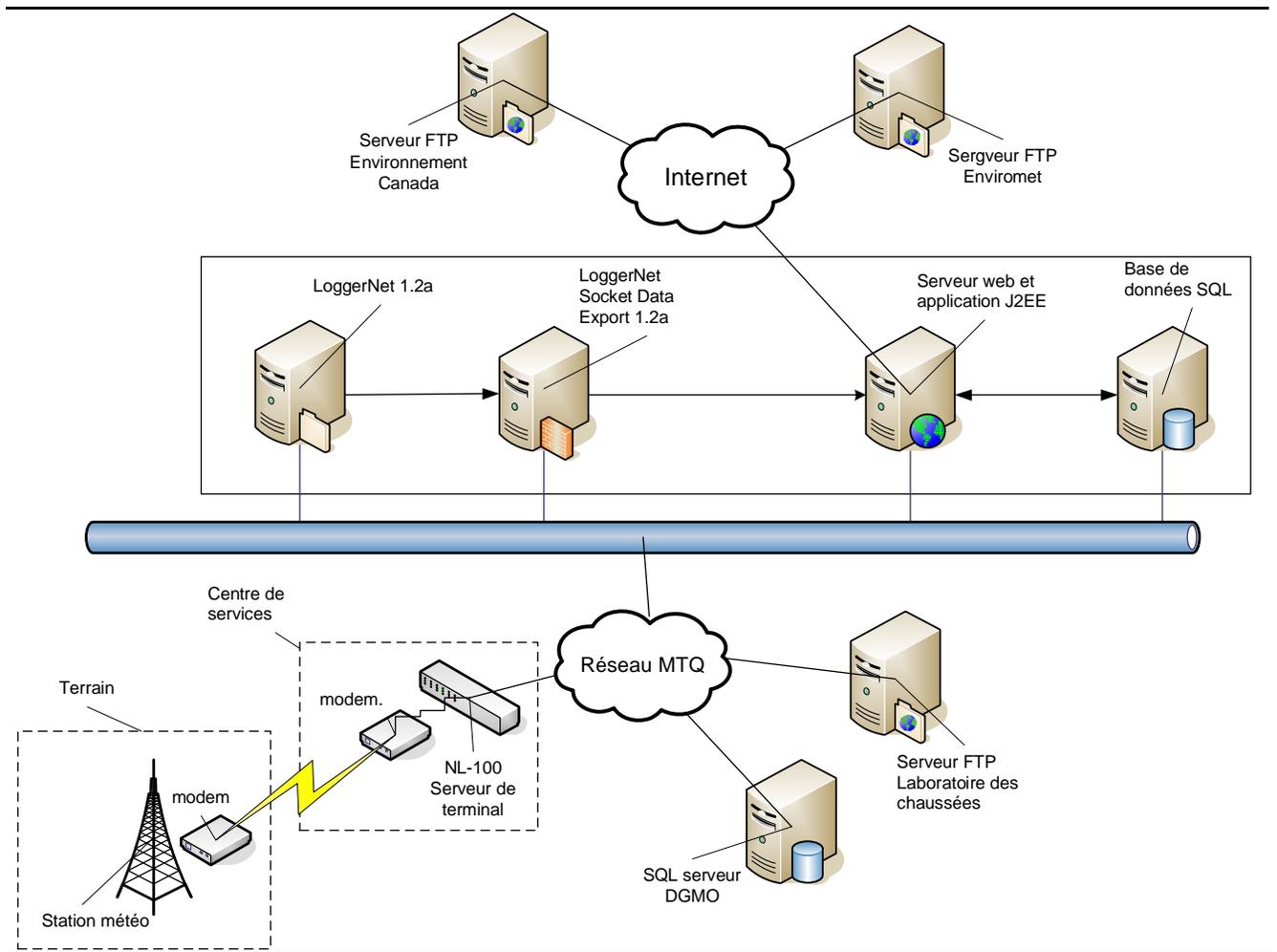
Pour être efficace, la solution informatique proposée devait donc répondre à deux besoins primaires, en l'occurrence, la gestion complète des données de prévisions météorologiques et la gestion des données d'observation météorologiques.

Dans le but de recueillir l'information météorologique, un système d'acquisition de données ainsi qu'un concept novateur de stations météorologiques ont été créés. Ces deux systèmes ont été conçus selon une architecture ouverte afin de permettre de recueillir à la fois, des informations météorologiques et routières.

SYSTEME D'ACQUISITION DE DONNEES

Par l'intermédiaire du système d'acquisition de données spécialisé, l'ensemble des données recueillies à partir des différentes stations météorologiques sont emmagasinées en temps réel dans une banque de données relationnelles SQL.

(Figure 1 - Système d'acquisition de données)



**Figure 1-
Système d'acquisition de données**

Le système peut emmagasiner les données de n'importe quel type de capteurs météorologiques ou routiers, sans aucune programmation au niveau de la base de données.

Les données recueillies par un capteur sont sauvegardées dans la mémoire de la station météo comme dans la table d'un chiffrier, où chaque ligne de la table correspond à un nouvel enregistrement toutes les 10 minutes et/ou chaque colonne correspond à une variable différente mesurée ou calculée pour ce capteur. La base de données emmagasine, pour chaque mesure, l'estampille de temps, le nom de la table, le nom de la colonne et la valeur mesurée.

Pour les différentes applications de visualisation, une table des éléments publiés fait correspondre la variable à afficher, soit par exemple la température de l'air avec l'origine de la donnée dans la base de données. Ainsi, si un capteur tombe en panne, on peut rapidement assigner la variable d'affichage de la température de l'air à un autre capteur en allant modifier la table des éléments publiés, si, bien entendu, la station météo possède un autre capteur mesurant la température de l'air.

LES STATIONS METEOROUTIERES FIXES (DONNEES D'OBSERVATION)

Dans le contexte relié à l'entretien hivernal, ces équipements représentent de véritables « sentinelles électroniques ». Elles constituent non seulement l'outil le plus sophistiqué en matière d'aide aux décisions, mais également la principale source fiable d'information à la fois météorologique et routière.

Elles représentent donc, l'élément de base d'un système d'aide à la décision en viabilité hivernale. L'implantation et surtout l'importance du déploiement de ces équipements représentent cependant un déficit. Jusqu'où aller dans le degré de sophistication et le nombre à déployer? Le Ministère a privilégié une approche dans laquelle les décideurs définissent eux-mêmes la nature, le nombre et l'emplacement de ces stations.

Le déploiement d'équipements météoroutiers a été orienté selon un plan précis d'implantation basé sur les besoins réels des autorités locales. Selon ce plan, le territoire géré par le ministère des Transports du Québec est divisé en 90 zones climatiques à comportement homogène qui doivent recevoir une station météoroutière chacune (*Federal highway Administration FHWA-HOP-05-026*).

Un tel découpage de la province permet du même coup de limiter et également de mieux cibler les besoins d'implantation de stations météoroutières fixes. Le découpage des zones climatiques homogènes a été réalisé en collaboration avec les météorologues

d'Environnement Canada, et ce, en tenant compte des observations du personnel opérationnel du Ministère qui possède une connaissance fine du territoire qui est placé sous leur responsabilité. La figure 2 présente le découpage géoclimatique tel qu'il a été réalisé.



Figure 2
Découpage géoclimatique du territoire québécois

Un total prévu de 90 stations météorologiques fixes doit permettre de couvrir l'ensemble du territoire québécois.

Ces stations météorologiques ont été conçues par le ministère des Transports pour ses besoins précis et selon une architecture ouverte qui permet d'ajouter ou de retirer un capteur en fonction des exigences du personnel opérationnel ou, encore, pour répondre à des besoins de recherche et de développement. Cette architecture offre toute la latitude requise au MTQ et l'assure de ne pas être captif d'un seul manufacturier d'équipements météorologiques ou routiers. Actuellement, le ministère des Transports du Québec compte 21 stations météorologiques et compte en ajouter 15 autres au cours des deux prochaines années.

Généralement, ces stations sont munies d'équipements qui permettent de recueillir toute l'information nécessaire pour identifier et mesurer les paramètres météorologiques et routiers. Ces paramètres sont essentiels lorsque le gestionnaire de réseau routier désire identifier et dimensionner le type de traitement requis. Ces deux types d'information (*paramètres routiers et les paramètres météorologiques*) sont très révélateurs pour le

personnel affecté à l'entretien routier. Il est d'abord important de pouvoir différencier les paramètres routiers et les paramètres météorologiques afin d'être en mesure de bien saisir l'importance de ces données sur l'efficacité des opérations.

Les paramètres météorologiques sont ceux qui concernent particulièrement l'atmosphère et qui influencent d'une façon globale l'environnement de la route, en l'occurrence :

- la température de l'air;
- la température du point de rosée;
- l'humidité relative;
- la pression atmosphérique;
- la vitesse et la direction du vent;
- la présence de précipitations et le type de précipitations.

Ces paramètres peuvent permettre d'anticiper l'évolution du temps à court et moyen terme.

En ce qui concerne les paramètres routiers, ils touchent plus particulièrement l'environnement routier, et donc la chaussée. Ceux-ci permettent d'identifier et de quantifier l'importance des événements météorologiques qui peuvent avoir un impact sur les conditions de la chaussée en période hivernale.

Ces paramètres sont les suivants :

- la température de la surface de la chaussée;
- la condition de la surface de la chaussée;
- la température de congélation de la saumure résiduelle sur la chaussée;
- la température du corps de la chaussée;
- l'albédo de la surface pavée;
- le débit de circulation des véhicules.

Étant donné l'importance de ces données dans le processus de décision menant au dimensionnement des opérations, il devenait essentiel de consentir des efforts considérables au développement et au déploiement d'une instrumentation permettant de mesurer avec précision ces paramètres.

DONNEES DE PREVISIONS METEOROLOGIQUES

Étant donné l'importance des données de prévisions météorologiques dans le processus de décision menant au dimensionnement et au déclenchement des opérations d'entretien hivernal, les représentants du Ministère ont décidé de contrôler la qualité de ces informations. Dans cette optique, une seule

source d'information a été identifiée et officialisée comme fournisseur de ce type de service pour l'ensemble du territoire québécois. De plus, des efforts constants sont consentis à l'évaluation de la qualité des données et ce, dans le but d'améliorer, en partenariat avec le fournisseur privé, la qualité du produit sur l'ensemble du territoire.

Trois bulletins de prévisions météorologiques sont acheminés au MTQ par le fournisseur privé à chaque jour. Ces trois bulletins qui sont acheminés à des heures fixes soit 6 heures, 15 heures et 21 heures, sont produits pour des points de prévisions spécifiques. Au Québec, c'est plus de 70 points de prévisions qui sont acheminés au personnel opérationnel du Ministère chaque jour. À chacune de ces trois périodes de la journée, le personnel opérationnel du Ministère est alimenté en données de prévisions météorologiques qui concernent le court terme (0 à 12 heures), le moyen terme (12 à 48 heures) et le long terme (48 à 120 heures). Ces bulletins de prévisions présentent les paramètres qui ont une influence sur les conditions routières et sur l'efficacité des opérations.

EXPLOITATION DES DONNEES

Un système d'exploitation des données a été créé (système DVH-6024) afin de permettre une exploitation rapide et efficace de l'ensemble des données qui ont un impact sur la variation des conditions routières en période hivernale.

Ainsi, l'utilisateur peut avoir accès rapidement aux données de prévisions météorologiques et aux données d'observation des stations qui concernent particulièrement sa région. Également, l'utilisateur peut avoir accès aux données des régions voisines à celle dont il a la gestion, ce qui lui permet d'anticiper les évènements climatiques difficiles.

La figure 3 présente l'environnement d'accueil du système DVH-6024.

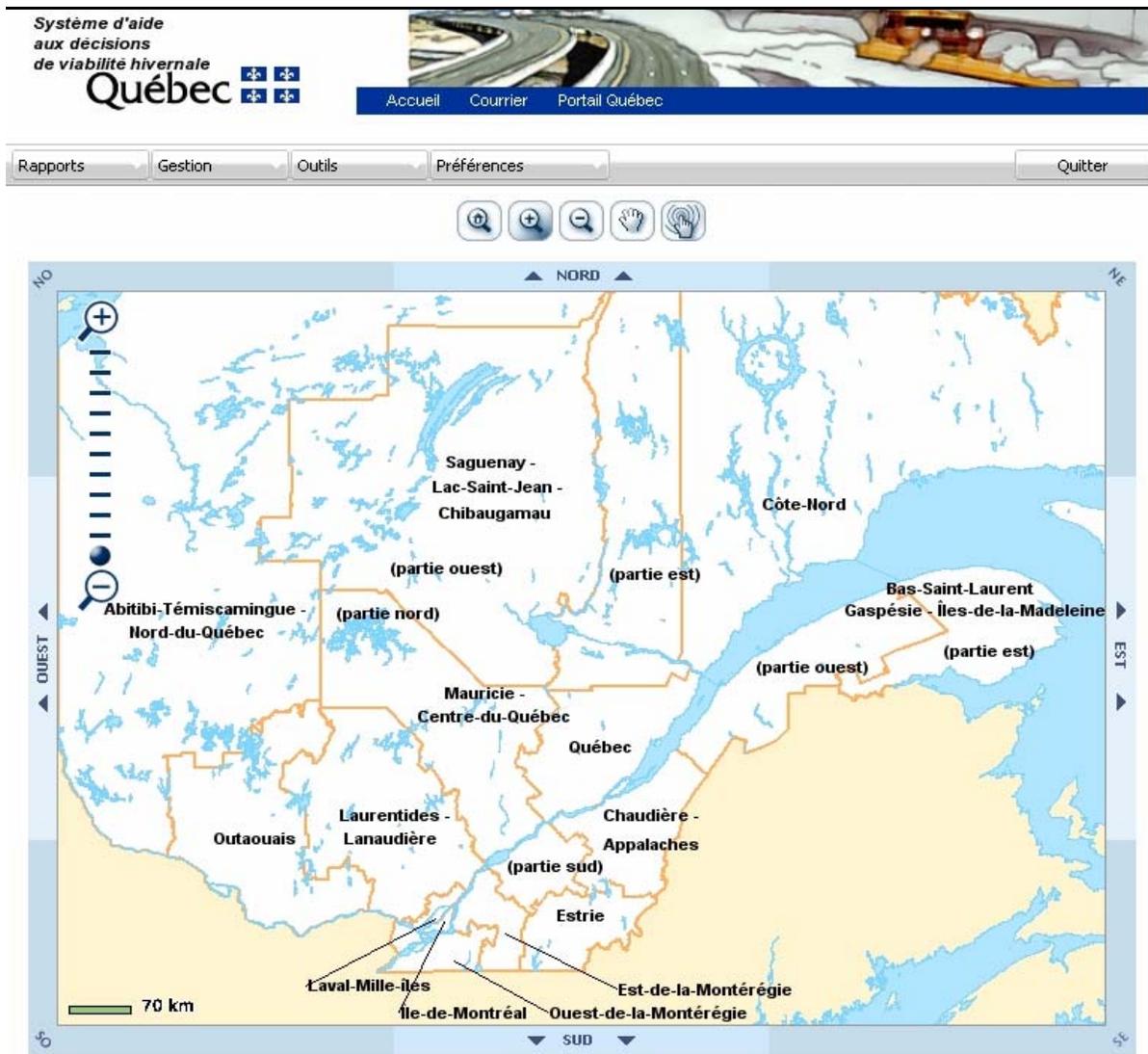


Figure 3
Environnement d'accueil du système DVH-6024.

Après avoir sélectionné une région en particulier, l'utilisateur a la possibilité de consulter les données de prévisions uniquement ou encore de consulter simultanément les données d'observation et de prévisions aux stations météorologiques.

Sur la figure 4, les cercles rouges représentent des emplacements où le Ministère possède des points de prévisions météorologiques et les étoiles rouges représentent des stations météorologiques.

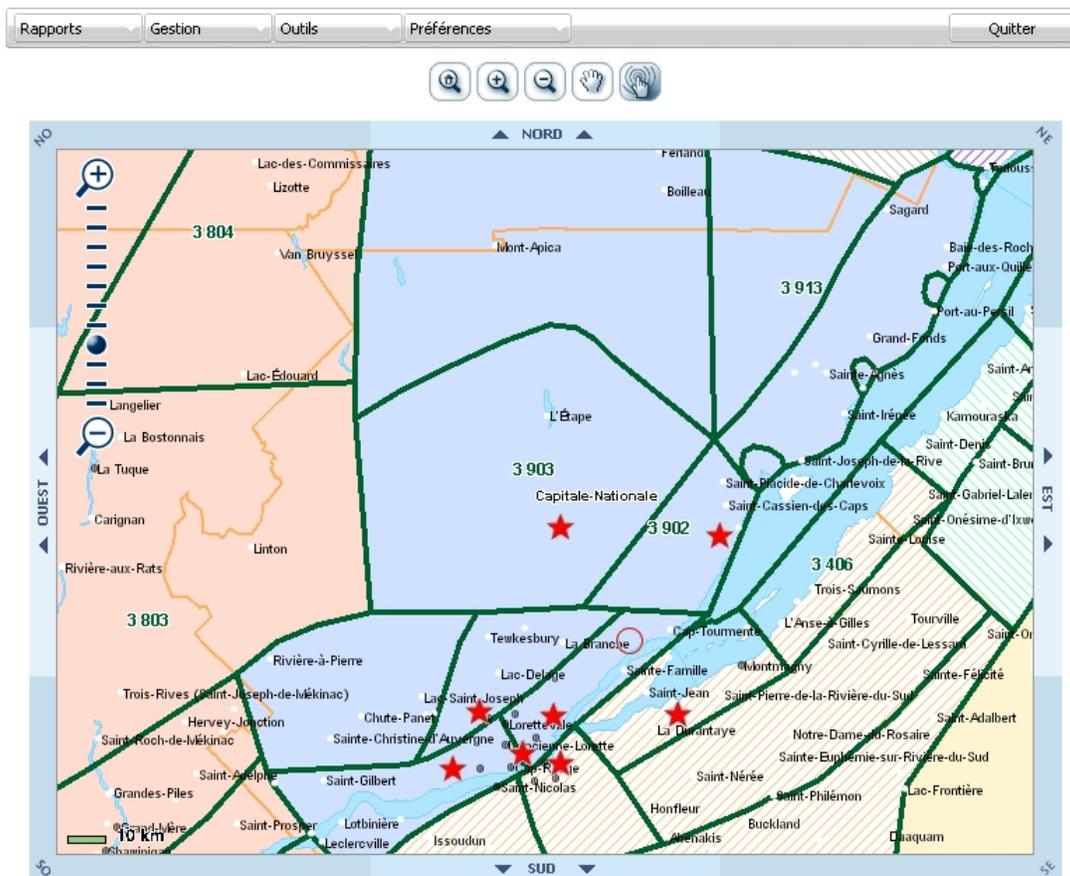


Figure 4
Visualisation d'une direction territoriale.

Certaines données sont plus déterminantes en entretien hivernal et celles-ci font l'objet d'un suivi plus serré tant en prévision qu'en observation. Ces données sont les suivantes : *la Température de l'air, la température du point de rosée, la température de la surface du pavage, la température du corps de la chaussée, l'humidité relative, l'intensité et la direction du vent et le type et l'intensité de précipitation.*

Certains paramètres auront un effet direct sur l'environnement routier et c'est le cas de la température de l'air, la température du point de rosée et la température de la surface de la chaussée. L'interaction entre les températures de l'air et de la surface de la chaussée et celle du point de rosée conditionne la formation de condensation dans l'air ou sur la chaussée. Cette condensation peut survenir sous forme liquide ou sous forme solide. La figure 5 présente un résumé des situations qui peuvent survenir en fonction des variations de ces trois températures.

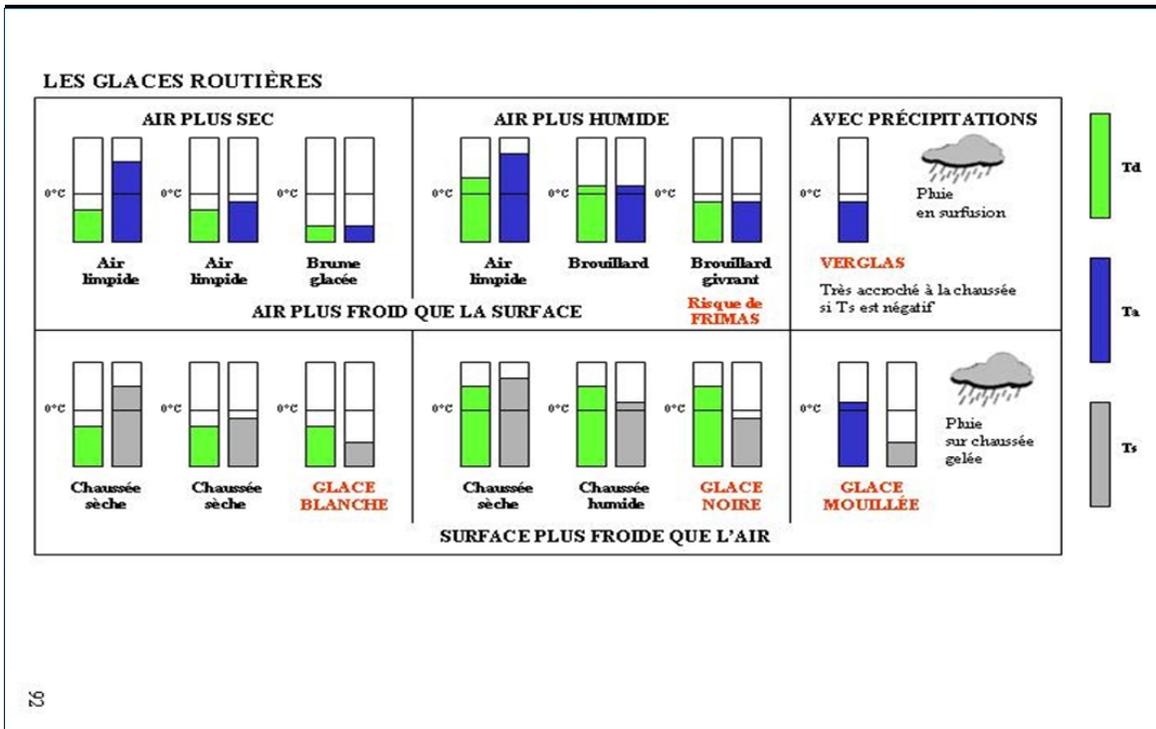


Figure 5
Formation des glaces routières

Le gestionnaire de réseau routier peut donc, à partir de mesure fiables de la température de l'air, de la surface de la chaussée et du point de rosée, identifier rapidement la formation de certains types de glaces routières (*glace blanche, glace noire, glace mouillée, frimas et verglas*).

Les stations météorologiques peuvent donc permettre d'identifier et même d'anticiper des situations qui peuvent conduire à une détérioration des conditions routières. Une identification rapide de certains phénomènes permet d'intervenir plus efficacement sur le réseau routier.

La figure 6 permet de vérifier l'exactitude de la théorie. En effet, lorsque la température du point de rosée (représentée par la courbe verte) chute sous la température de la surface de la chaussée (représentée par la courbe noire) alors il y a formation de glace blanche sur la chaussée. À ce moment, sans qu'il y ait eu de précipitations, l'état de la surface passe de sec à glacé.

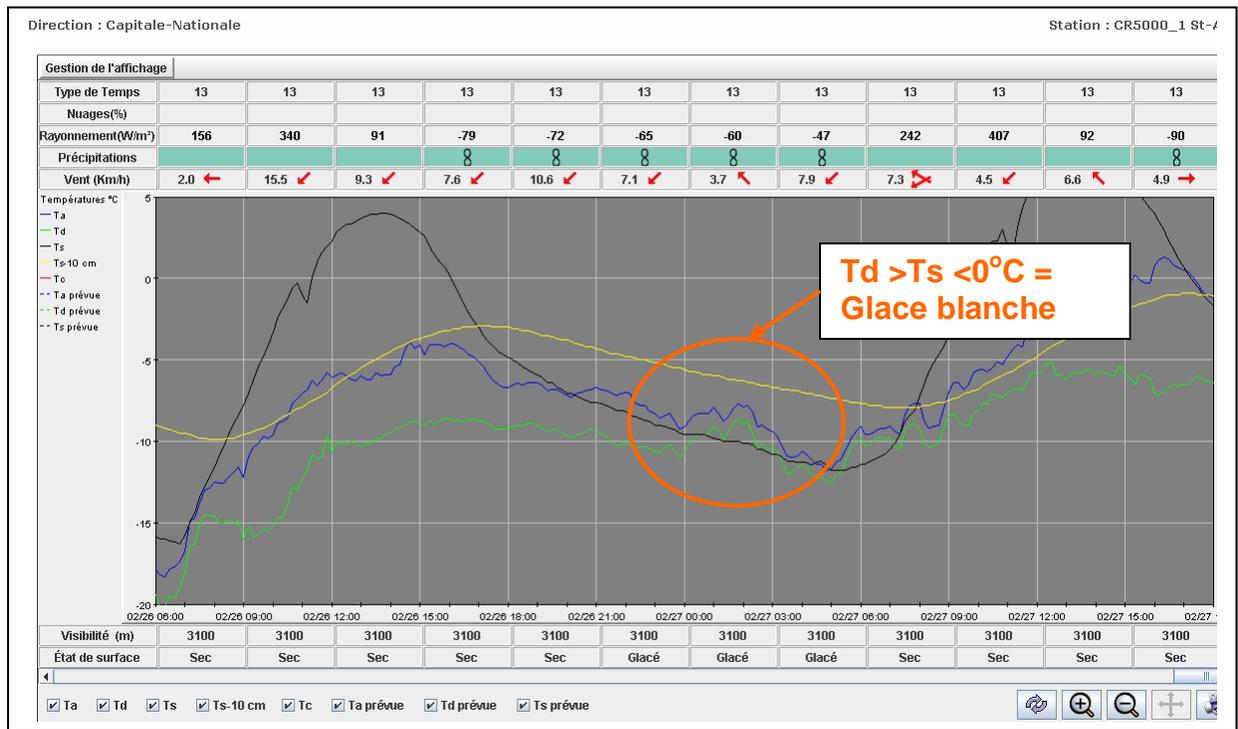


Figure 6
Graphique d'aide à la décision du système DVH-6024 illustrant la formation de glace blanche.

Un suivi rigoureux de ces paramètres est donc de mise tout au cour de la saison hivernale. Des outils spécialisés ont donc été conçus afin de faciliter la surveillance de ces paramètres à plusieurs endroits sur le même territoire.

Les figures 7 et 8 représentent des fonctionnalités qui permettent aux utilisateurs d'avoir accès simultanément à une information complète sur l'ensemble du territoire dont l'utilisateur a la gestion. Il est important de constater que ces deux façons de visualiser l'information permettent d'avoir accès aux paramètres qui influencent les opérations d'entretien hivernal.

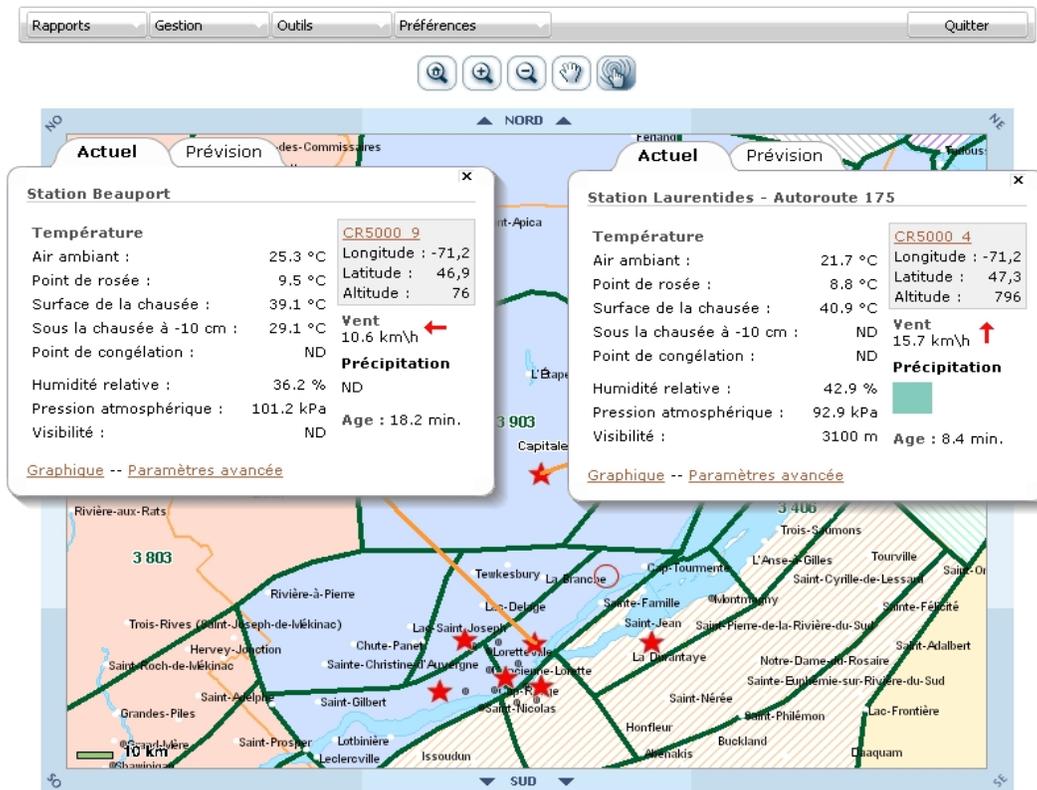


Figure 7
Fonctionnalité du système DVH-6024
 permettant de consulter les dernières données récoltées par les stations météorologiques.

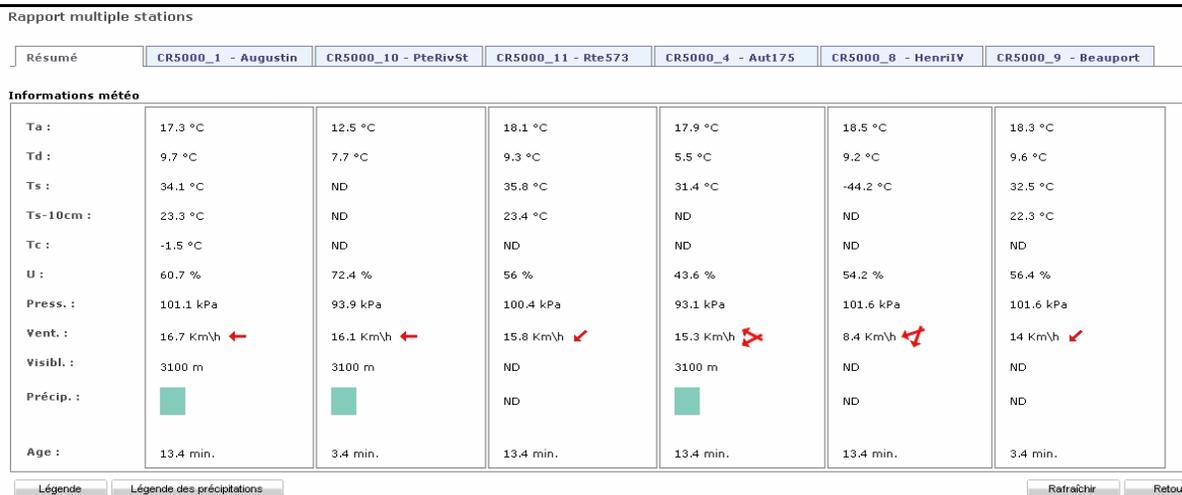


Figure 8
Fonctionnalité du système DVH-6024
 permettant de consulter de façon simultanée les dernières données récoltées par plusieurs stations météorologiques.

Dans le but de faciliter l'exploitation simultanée des données d'observation et de prévision, l'interface d'aide à la décision a été ajustée. En effet, tel qu'illustré sur la figure 9, l'utilisateur a la possibilité de visualiser à la fois les observations des stations météorologiques (*à la gauche de l'écran*) et les prévisions météorologiques (*à la droite de l'écran*). Une telle représentation permet une meilleure anticipation de la situation météorologique.

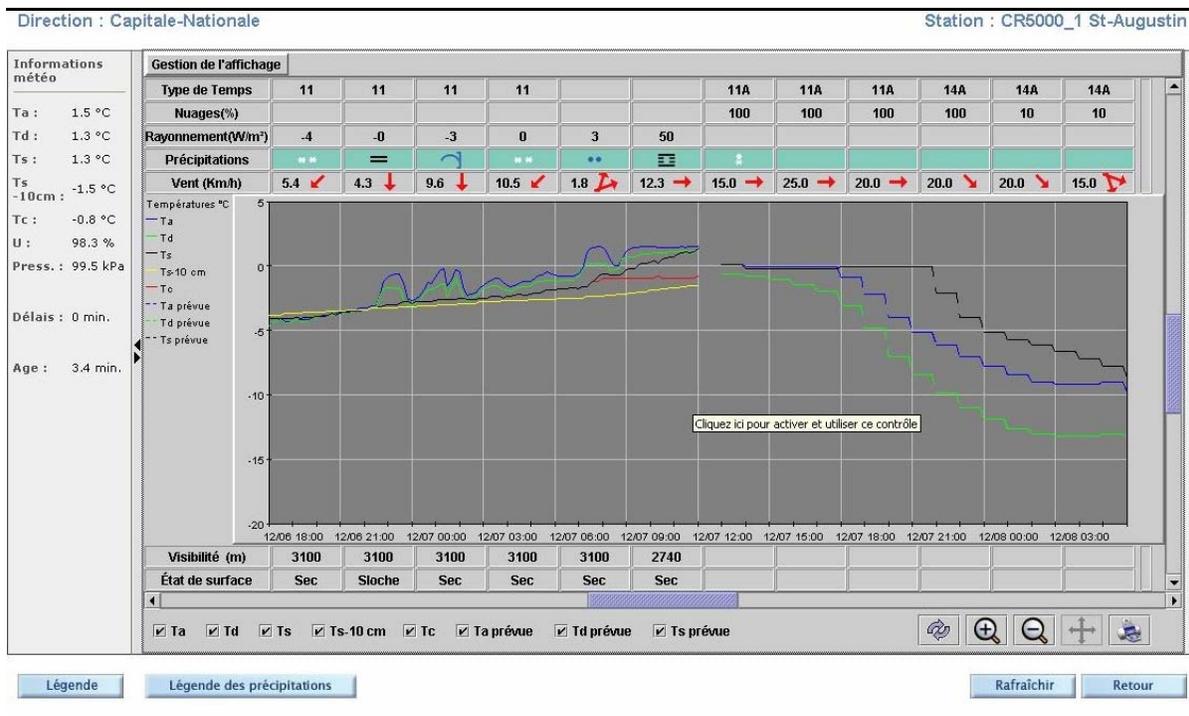


Figure 9
Consultation des données d'observation et de prévision sur l'écran d'aide à la décision

Également, le système permet de réaliser des analyses post évènements. En effet, les données d'observations sont emmagasinées dans une base de données Oracle, ce qui permet de les consulter en tout temps après un évènement particulier. Un épandage intense de chlorure de sodium est d'ailleurs identifiable sur une telle interface. La figure 10 permet de visualiser un épandage de fondant sur la chaussée.

Cette opération de déglçage est identifiable par la variation brusque de la température de la surface de la chaussée. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de valider les différents paramètres à la suite d'une opération dont le résultat est

insatisfaisant, et ce, dans un souci d'amélioration continu de la qualité des interventions.

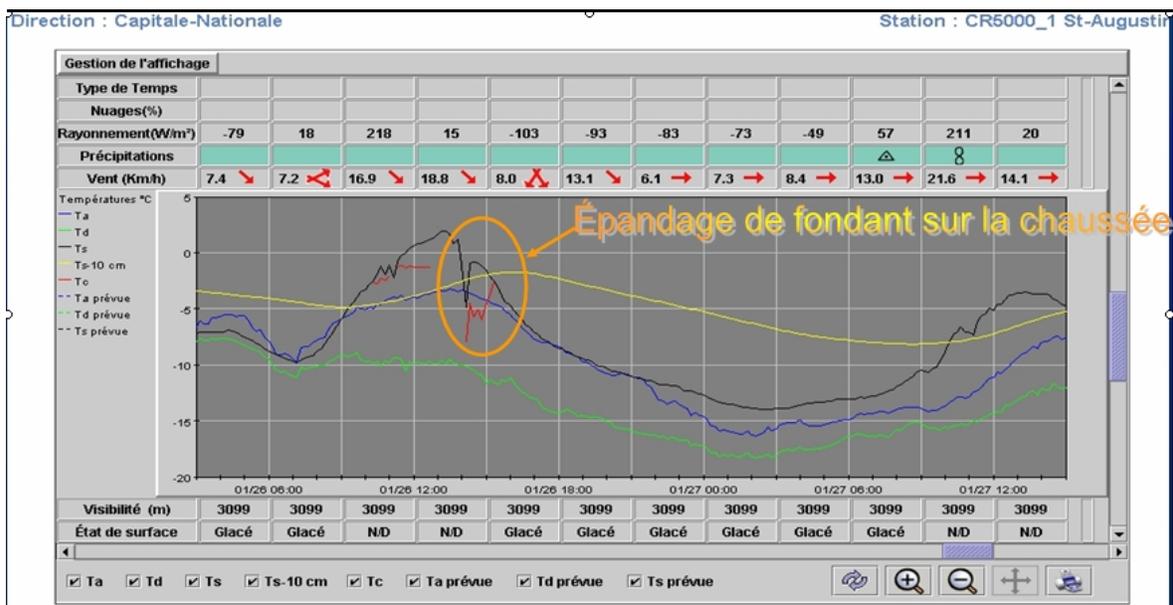


Figure 10
Consultation des données après un évènement

En guise de conclusion, il est important de préciser que la qualité des opérations d'entretien d'hiver est intimement liée à la qualité des données utilisées pour soutenir la prise de décision menant au dimensionnement de ces opérations. Par conséquent, le ministère des Transports a investi et continue d'investir des efforts considérables dans la cueillette, l'analyse, le traitement et l'utilisation des données les plus parlantes en termes d'entretien d'hiver.

Dans cette optique, le projet SADVH a permis de modifier la perception de plusieurs travailleurs de l'industrie et ainsi d'intégrer l'utilisation d'une donnée primordiale en entretien hivernal, en l'occurrence la température de la surface de la chaussée. Ce projet et les travaux qui ont suivi ont permis de mettre en relation plusieurs types de données tant routières que météorologiques et de faire des liens entre ces données et les phénomènes météorologiques observés.

À la suite de ce projet, les employés du ministère des Transports du Québec demeurent convaincus que l'optimisation des opérations d'entretien d'hiver passe par l'intégration des données météorologiques dans le processus de décision.