



# **Modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale (R690.1)**

RAPPORT DE RECHERCHE

Réalisé par

**Laboratoire de GéoBusiness  
Faculté d'administration**



Juin 2013

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

Les gestionnaires des routes du Québec doivent être en mesure de gérer l'infrastructure routière en prenant en compte efficacement les possibles changements climatiques inhérents au territoire québécois. En ce qui a trait plus spécifiquement à la viabilité hivernale, le Ministère des Transports du Québec (MTQ) amasse une grande quantité d'informations pour faciliter la prise de décisions et permettre une gestion efficace. Ainsi, la gestion des risques météorologiques, des coûts de la viabilité hivernale, de l'environnement et de la sécurité des routes sont des aspects importants à prendre en considération. L'objectif du présent projet de recherche consiste à améliorer la prise de décisions opérationnelles et tactiques en situation de viabilité hivernale, en optimisant la quantité de données devant être traitées par les gestionnaires.

Pour atteindre cet objectif, nous avons opté pour une approche pragmatique et appliquée. Ceci implique de suivre une démarche par étapes successives, impliquant l'expertise des spécialistes en la matière pour identifier les indicateurs clés de performance, tout en appuyant le tout par une démarche de maquettage visant à déterminer les meilleures approches en termes de représentations géospatiales et de tableaux de bord.

Nous présentons dans ce rapport de projet un modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale qui permet de prévoir, pour un endroit donné, les risques météorologiques et d'en alerter les bonnes personnes au bon moment. Le modèle permet aussi de prescrire des opérations et d'effectuer le monitoring du réseau routier (indicateurs de performance, tableau de bord géospatial et tableau de bord tabulaire). Pour ce faire, nous avons intégré une série de recherches et de travaux réalisés dans le passé par le MTQ, nXstream Technologies, Vision Météo et l'Université de Sherbrooke. Les résultats de ces travaux ont permis d'établir les bases de ce que pourra être un nouveau système d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale. L'objectif de ce document est donc de documenter ce modèle. Ce modèle de gestion de la viabilité hivernale est divisé en onze volets:

1. Aléas
2. Vulnérabilités
3. Risques
4. Déclencheurs
5. Stratégies d'intervention
6. Qui / Comment
7. Alertes
8. Opérations
9. Monitoring
10. Rétroaction
11. Sources de données

## TABLE DES MATIÈRES

<b>SOMMAIRE EXÉCUTIF.....</b>	<b>2</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>3</b>
<b>1 PRÉSENTATION DU PROJET .....</b>	<b>5</b>
1.1 Contexte et problématique .....	5
1.2 Objectifs.....	7
1.3 Présentation du plan de travail .....	8
1.4 Équipe de projet .....	9
<b>2 MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL.....</b>	<b>10</b>
2.1 Stratégie de recherche .....	10
2.2 Conclusion .....	11
<b>3 MODÈLE GÉO-DÉCISIONNEL EN VIABILITÉ HIVERNALE.....</b>	<b>12</b>
3.1 Explication générale du modèle .....	12
3.2 Aléas .....	18
3.3 Vulnérabilité .....	25
3.4 Risque .....	28
3.5 Déclencheurs .....	30
3.6 Stratégie d'intervention .....	32
3.7 Qui / Comment.....	33
3.8 Alertes.....	35
3.9 Opérations .....	40
3.10 Monitoring.....	42
3.11 Sources de données.....	44
3.12 Rétroaction .....	56
3.13 Conclusion .....	58
<b>4 MAQUETTAGE DU SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION .....</b>	<b>59</b>
4.1 Scénario 1: Configuration initiale du système (Mode de configuration) .....	60
4.2 Scénario 2: Pré-alerte sur des conditions météo (mode prévisionnel).....	67
4.3 Scénario 3: Alertes pour le temps de mobilisation (Mode de monitoring).....	71

4.4	Scénario 4: Forage des données des aléas identifiés (Mode détaillé) .....	78
<b>5</b>	<b>DOCUMENTATION .....</b>	<b>81</b>
5.1	L034 – Plan de documentation Version 1.0.....	82
5.2	L002 – Énoncé du projet Version 1.0.....	83
5.3	L140 – Architecture générale et portée Version 1.0 .....	88
5.4	L240 – Sommaire des principes et critères généraux Version 1.0 .....	90
5.5	L250 – Description des fonctions et des unités de tâches Version 1.0 .....	97
<b>6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>118</b>
6.1	Synthèse des résultats.....	118
6.2	Recommandations.....	119
	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>121</b>
	<b>ANNEXE 1 – ÉLÉMENTS DE DONNÉES ET SOURCES DE DONNÉES.....</b>	<b>122</b>

# 1 PRÉSENTATION DU PROJET

L'objectif de ce premier chapitre est de présenter le contexte du projet et d'expliquer sa problématique (section 1.1), de présenter les principaux objectifs (section 1.2), puis d'introduire le contenu des différentes livraisons successives du projet (section 1.3).

## 1.1 Contexte et problématique

**Problématique organisationnelle.** Avec la mise en place croissante d'équipements en télémétrie véhiculaire, routière et météorologique, le volume de données du monitoring en viabilité hivernale est en train de devenir extrêmement élevé. Ceci crée une situation nécessitant des moyens de traitement et d'agrégation puissants. Des organisations se sont retrouvées avec de véritables « cimetières de données » à cause de l'absence de procédures permettant de capitaliser les résultats d'un tel monitoring.

Dans la perspective où des moyens ne sont pas mis en œuvre pour gérer efficacement ce volume important de données dans des organisations telles que le Ministère des Transports du Québec (MTQ), nous anticipons que la qualité et l'efficacité des processus décisionnels ne pourront que diminuer. En effet, les décideurs seront rapidement submergés de données de diverses sources, leur occasionnant une charge cognitive trop lourde pour permettre des décisions rapides et éclairées. Bien au contraire, la situation voulue serait que la qualité de la prise de décision s'améliore, notamment avec l'intégration de nouvelles technologies et capacités de monitoring des infrastructures et équipements routiers. Le défi principal en termes de gestion peut s'articuler comme suit : *comment les gestionnaires en viabilité hivernale pourront capitaliser l'information fournie par les données provenant du monitoring des véhicules pour améliorer leur gouvernance (ex. : modes de gestion) et leur gestion des opérations?*

**Problématique informationnelle et technique.** Les organismes de gestion en viabilité hivernale possèdent généralement déjà de multiples ressources informationnelles à l'interne. A titre d'exemple, le MTQ possède plus d'une quinzaine de bases de données diverses et complémentaires (de données véhiculaires, de trafic routier, de météo, d'infrastructures, de suivi de flotte, etc.). Ces bases de données sont efficaces, mais généralement utilisées « en silo », comportant souvent des données redondantes partiellement d'une base de données à l'autre, et ayant des qualités et précisions spatio-temporelles très variables. Le défi consiste à intégrer au mieux ces différentes sources de données pour appuyer efficacement la prise de décision.

Une charge d'information trop lourde affecte la capacité d'un décideur à fixer ses priorités ou rend plus difficile la mémorisation de l'information (Eppler et Mengis, 2003). Dépassé ce point critique, le décideur est devant une surcharge d'information (Figure 1). Pour preuve, quand un décideur se retrouve devant trop d'information, il préfère souvent l'agréger ou la présenter sous format graphique pour en faciliter l'analyse et réussir à prendre une décision. Le ministère est donc à la recherche de moyens pour sélectionner seulement les données nécessaires pour prendre ses décisions et éviter de se retrouver avec des « cimetières de données ».

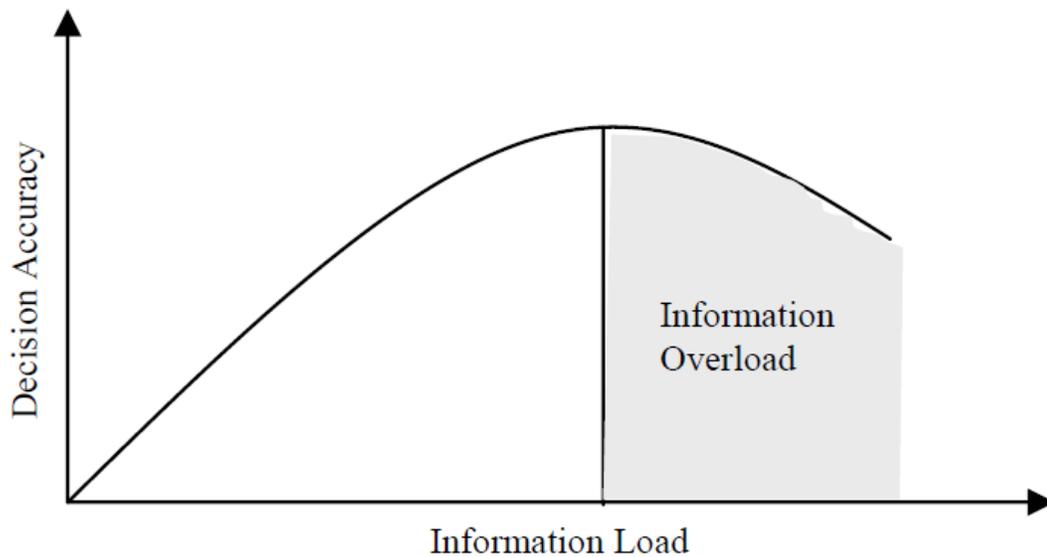


FIGURE 1: LA COURBE EN U INVERSÉE (EPPLER ET MENGIS, 2003)

Dans le présent projet, ceci implique le développement d'une architecture d'orchestration puissante permettant de « faire parler » toutes ces données et de présenter le tout de manière cohérente dans une seule interface géo-décisionnelle à l'utilisateur. Dans ce cadre, de multiples approches technologiques et d'analyses, issues principalement du domaine de l'informatique et de l'intelligence d'affaires, peuvent être mises en œuvre : entrepôts de données, structures multidimensionnelles, outils d'extraction de type « ETL », capacités de forage de données, analyses géostatistiques, indicateurs clés de performance (KPI ou Key Performance Indicators), tableaux de bord, « Balanced Scorecards », outils de type « orchestrateur », interfaces cartographiques et multimédias dans Internet, réseaux sociaux, etc. La difficulté consiste notamment à effectuer les choix optimaux d'architecture, de conception et de technologies pour élaborer un modèle d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale, qui puisse être pertinent autant sur le plan opérationnel (en temps réel, lors de crises hivernales), que sur le plan tactique ou stratégique (post mortem hivernal, réflexion sur les futurs modes ou activités de gestion et de monitoring).

Pour mener à terme le présent projet de recherche, le Ministère des Transports du Québec et l'Université de Sherbrooke mettent en œuvre leurs connaissances relativement à la viabilité hivernale et à l'intelligence géospatiale, afin d'améliorer la prise de décision en réduisant et optimisant la quantité de données devant être traitées par les gestionnaires.

## 1.2 Objectifs

### 1.2.1 Objectifs généraux

Le projet vise à tirer profit des travaux du Laboratoire de GéoBusiness de la Faculté d'administration de l'Université de Sherbrooke. Ce projet couvre trois phases successives de développement visant à constituer une maquette basée sur le meilleur modèle possible d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale.

De manière à pouvoir répondre adéquatement à la problématique décrite à la section précédente, notre démarche consiste à revisiter les types de données (et leur pertinence) devant être traitées cognitivement par les personnes responsables du monitoring. Le temps de réaction est en effet crucial lors d'une crise hivernale. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de mener des analyses qualitatives et quantitatives, dans le but de déterminer quels sont les indicateurs clés de performance (KPI) devant être pris en compte, que ce soit au niveau opérationnel, tactique ou stratégique.

L'hypothèse sous-jacente est à l'effet que demander au gestionnaire de se concentrer seulement sur les indicateurs clés, augmentera ses performances décisionnelles (qualité de décision, rapidité de décision et d'action). De plus, l'établissement de ces indicateurs permettra de cibler une collecte de données minimale, mais suffisante pour alimenter la constitution de tels indicateurs clés. Ceci aura donc un impact éventuel sur le choix des meilleures approches de monitoring à utiliser en viabilité hivernale : capteurs de température de chaussée, de densité du trafic, du temps requis pour le dégagement d'un circuit, etc. Le défi consistera à masquer la complexité inhérente à un tel modèle auprès des gestionnaires et décideurs, et de leur présenter l'information pertinente sur un média cartographique simple et efficace, permettant d'optimiser le temps de réaction et les délais d'intervention.

### 1.2.2 Objectifs spécifiques

Dans l'ensemble, les objectifs spécifiques du présent projet de recherche sont :

- faire état des modes de gestion, des activités de monitoring et des enjeux décisionnels en vigueur en viabilité hivernale au MTQ;
- analyser les orientations technologiques possibles, notamment celles de la Direction des technologies de l'information du Ministère, puis faire un choix approprié en vue de la conception et du développement du présent système;
- élaborer une maquette d'un modèle informationnel novateur permettant de faire état de la performance des activités en viabilité hivernale;
- constituer des capacités d'importation de données utilisées au sein du MTQ vers un entrepôt de données géospatiales unique constituant l'assise du nouveau modèle;
- concevoir les algorithmes mathématiques des indicateurs KPI d'une version fonctionnelle du modèle géospatial;
- fournir des recommandations d'orientation pour les prochains travaux.

### 1.3 Présentation du plan de travail

Le projet repose sur une approche expérimentale et évolutive en vue de surmonter successivement chacun des différents défis conceptuels et techniques.

La présente démarche se concrétise par 3 phases successives. Chaque phase couvre 1 an (pour une durée totale du projet de 3 ans). Globalement, les phases successives qui seront menées en vue de constituer le modèle d'intelligence géospatiale de viabilité hivernale sont les suivantes :

1. **Maquette informationnelle de performance en mode import / export** : cette première phase vise à constituer une maquette partielle du futur modèle. L'objectif est de montrer les réalisations antérieures en viabilité hivernale. Il s'agit d'une version préliminaire de l'ensemble de la chaîne informationnelle, allant d'une importation des données historiques clés en viabilité hivernale existantes au MTQ, jusqu'à une représentation géomatique du réseau routier et paramétrable dynamiquement.

**Résultats de l'an 1** : orientations technologiques du modèle; maquette préliminaire fonctionnelle; version préliminaire de l'interface cartographique et informationnelle du modèle.

2. **Élaboration du modèle géo-décisionnel** : cette deuxième phase vise à élaborer les bases du futur modèle. L'objectif est d'ajouter les définitions précises des seuils et règles d'exception pour appuyer la prise de décision au niveau opérationnel.

**Résultats de l'an 2** : orientations technologiques concernant le choix de l'orchestrateur; identification et définition des indicateurs clés de performance (KPI) en viabilité hivernale;

3. **Maquette décisionnelle avec tableau de bord** : cette troisième phase vise à faire passer la maquette géo-informationnelle avec spécifications d'un modèle d'aide à la décision. L'objectif est alors de permettre au système de non seulement alerter et informer de certaines situations, mais également de lui donner la capacité de s'adapter en fonction des spécificités de chaque direction territoriale.

**Résultats de l'an 3** : analyse des seuils des indicateurs de performance; explication du module d'alertes; capacité de mettre en lumière les différences entre les interventions planifiées et les interventions réalisées (observations); gestion et capacité de suivi en temps réel des interventions en viabilité hivernale sur le territoire; analyse des meilleures pratiques de représentation des informations et des alertes; tableau de bord classique et géospatial, intégrant les alertes et les interventions recommandées; documentation de l'architecture du système.

## 1.4 Équipe de projet

L'objectif de cette section est de présenter les membres de l'équipe de projet. Ceux-ci dirigeront l'élaboration du modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale. Cette section présente d'abord l'équipe qui réalise le mandat, les intervenants du Ministère des Transports du Québec et les intervenants externes.

Le tableau 1 présente donc chacun des membres de l'équipe multidisciplinaire de projet.

TABLEAU 1: ÉQUIPE DE RÉALISATION

Nom	Expertise	Organisme
Eric Foley	M.Sc, Analyste en intelligence d'affaires	Université de Sherbrooke
Alexandra Gonzalez	M.Sc, Spécialiste en géomatique	Université de Sherbrooke
Gabriel Guimond Prévost	M.Sc, Analyste en intelligence d'affaires	Université de Sherbrooke
Julie Roy-Therrien	BAA Administration des affaires (GIS)	Université de Sherbrooke
Claude Caron	Ph.D. Spécialiste en géobusiness	Université de Sherbrooke
Denis Gagné	Chef de service	MTQ, Direction de l'Estrie
Martin Létourneau	Ingénieur	MTQ, Direction de l'Estrie
Marc Bouchard	Chef des opérations	MTQ, Direction de l'Estrie
Carol Chayer	Cadre	MTQ, Direction Chaudière Appalaches
Yves Berger	Chef des Centres de services	Cacouna et de Mont-Joli
Ghislain Héroux	Service des ressources et de la coordination de l'exploitation	DPSP
Roger-Pier Mercier	Chef de section	Ville de Sherbrooke

## 2 MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Ce chapitre concerne les divers éléments qui permettent la mise en œuvre du projet. Dans la première section de ce chapitre, nous discutons de la stratégie de recherche adoptée (section 2.1), avant de conclure (section 2.2).

### 2.1 Stratégie de recherche

Pour ce projet, la stratégie de recherche consiste à procéder du général au particulier, ainsi que du conceptuel au concret. Ceci permet à la fois de maintenir une perspective globale du développement et de diminuer progressivement les incertitudes. Cette approche a souvent été utilisée dans les travaux du chercheur principal (Claude Caron) et s'est avérée très fructueuse dans plusieurs projets. Les sections suivantes ont pour objectif de décrire en profondeur chacune des étapes de la démarche de recherche :

1. Modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale (chapitre 3);
2. Maquettage du système d'aide à la décision (chapitre 4);
3. Documentation (chapitre 5).

#### 1. Modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale (chapitre 3)

Dans la première livraison du mandat, Gabriel Guimond-Prévost, candidat à la maîtrise (Stratégie de l'intelligence d'affaires) de l'Université de Sherbrooke, nous a aidé à définir les besoins des gestionnaires du MTQ et à déterminer les données disponibles dans les systèmes en lien avec la viabilité hivernale au sein du ministère. Pour ce faire, nous avons analysé la littérature pertinente pour faire l'inventaire des systèmes existants et des façons de faire. De plus, plusieurs documents internes et externes ont été consultés pour en apprendre davantage sur le MTQ. Des recherches sur d'autres développements de systèmes décisionnels auprès d'organisations semblables au MTQ, telles que les Departments of transportation du Dakota du Sud et du Maine aux États-Unis (Cluett et Jeng, 2007 et Hart, 2003), ont aussi été nécessaires.

Puis, une maquette de tableau de bord géospatial a été réalisée. De plus, à l'aide d'une enquête de type DELPHI et basée sur un panel, nous avons identifié les indicateurs de performance les plus intéressants en contexte de viabilité hivernale. Les résultats de l'enquête DELPHI, des maquettes et des rencontres ont permis d'établir les bases de ce que pourra être un modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale.

#### 2. Maquettage du système d'aide à la décision (chapitre 4)

Afin de représenter nos résultats le plus concrètement possible, nous utilisons une maquette fonctionnelle sur le web. La démarche méthodologique consiste donc à cerner les caractéristiques essentielles du système via une série d'itérations. À l'aide de ce site web, nous présentons donc l'ensemble de nos résultats issus des travaux de recherche (maquettes informationnelles, tableaux de bords, interfaces web, etc.). La maquette proposée est un tableau de bord et une interface de visualisation des données géographiques très efficaces pour limiter le temps passé à l'analyse des données par le responsable du centre de gestion de la viabilité hivernale.

### 3. Documentation (chapitre 5)

Dans les prochaines étapes, afin de faciliter l'implantation du projet, nous utilisons la méthode DMR Macroscopie (Fujitsu) pour documenter l'architecture fonctionnelle du système. La documentation que nous proposons dans ce rapport est élaborée avec l'objectif de la maintenir au minimum pour le système. Une approche de documentation minimale mais suffisante en facilitera la mise à jour éventuelle et constituera également une base appropriée pour guider le développement du futur système et la documentation aux utilisateurs (exemple : support de formation, aide en ligne, guide à l'utilisateur, etc.).

Finalement, au cours de ce projet, les documents suivants ont été utilisés: le mémoire de maîtrise de Gabriel Guimond-Prévost, divers articles tirés de la littérature scientifique, les études antérieures réalisées par le MTQ portant sur la viabilité hivernale, les résultats de l'enquête DELPHI, ainsi que divers éléments d'information issus des rencontres sur le projet. Les principaux travaux antérieurs qui ont permis d'arriver à ce modèle géo-décisionnel sont :

1. Laboratoire de GéoBusiness (2012). Prototypage d'un modèle d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale (R690.1). Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
2. Gabriel Guimond-Prévost (2011). Élaboration d'un tableau de bord géospatial pour l'aide à la décision en viabilité hivernale. Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
3. nXstream (2009). Veille des modes de gestion tirant profit de la géomatique d'affaires pour exploiter les données véhiculaires en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.
4. nXstream, BsideU et VisionMétéo Inc. (2009). Viabilité hivernale : exploitation des données et typologies d'intervention et d'évènements climatiques. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.
5. nXstream (2010). Élaboration d'un modèle prédictif des opérations en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.

## 2.2 Conclusion

La méthodologie de recherche que nous avons utilisée pour le présent projet nous a permis de détailler les actions principales qui seront mises en œuvre pour répondre aux objectifs. La méthodologie a été divisée en trois parties distinctes, soit : le modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale, le maquetage du système d'aide à la décision et la documentation. Les résultats préliminaires issus d'une telle démarche sont donc présentés successivement dans les chapitres 3 à 5 qui suivent.

### **3 MODÈLE GÉO-DÉCISIONNEL EN VIABILITÉ HIVERNALE**

Ce chapitre structure les différentes informations qui permettent de tirer des conclusions et de prendre des décisions à propos du futur système. Ainsi, nous présentons dans un premier temps le fonctionnement général du modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale. Puis, dans un deuxième temps, nous présentons le détail des différents volets du modèle.

#### **3.1 Explication générale du modèle**

Dans ce chapitre, nous proposons un modèle de viabilité hivernale qui permet de prévoir les différents scénarios pouvant se produire durant l'hiver à l'aide des bases de données répertoriant les événements qui se sont produits pendant l'hiver. Puis, nous formalisons les activités à prescrire en fonction des meilleures pratiques d'intervention et des échelles de valeurs pour la prise de décision et ce, dans un processus en continu 24 heures sur 24, 7 jours/semaine. Suite à l'intégration des résultats de recherche, nous élaborons le modèle de viabilité hivernale (Figure 2). Le modèle se découpe en fonction des 11 volets suivants :

1. Aléas;
2. Vulnérabilités;
3. Risques;
4. Déclencheurs;
5. Stratégies d'intervention;
6. Qui / Comment;
7. Alertes;
8. Opérations;
9. Monitoring;
10. Sources de données ;
11. Rétroaction.

Bien que le modèle soit divisé en module, chacun d'entre eux est important et nécessaire au bon fonctionnement du modèle. Du point de vue des opérations, le modèle peut être utilisé à trois moments clés, soit : 1) lors de la planification des opérations hivernales, 2) lors des opérations hivernales, et 3) lors d'un diagnostic détaillé des opérations après une tempête.

De plus, du point de vue de l'organisation, le système d'aide à la décision que nous proposons n'est pas seulement utile au niveau opérationnel. En effet, le contenu du tableau de bord opérationnel peut aussi être agrégé au niveau tactique pour faire un retour sur les opérations réalisées après un événement météorologique ou après un hiver. Les données peuvent aussi être utilisées au niveau stratégique de l'organisation pour dresser les grandes orientations basées sur les données recueillies par le système.

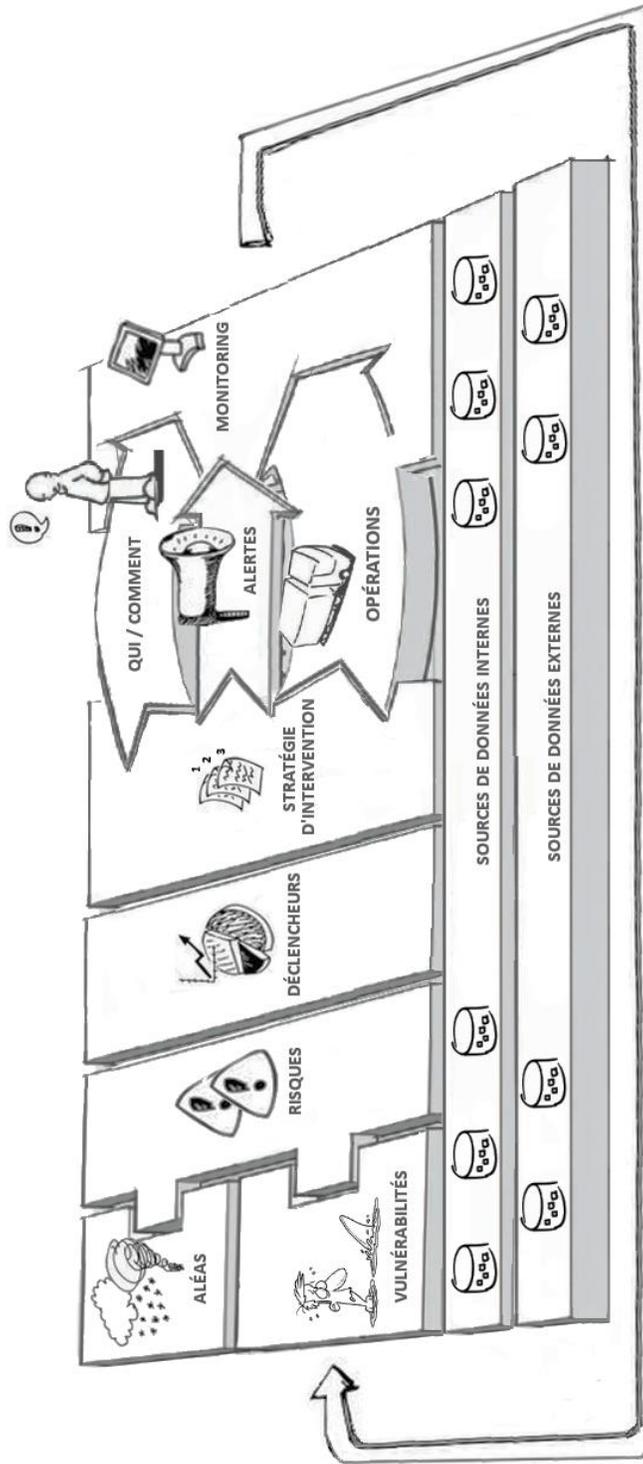


FIGURE 2: MODÈLE DE GESTION DE LA VIABILITÉ HIVERNALE

Afin d'arriver à ce modèle, nous nous sommes basé sur le concept d'indicateur de performance. Ainsi, nos recherches nous ont permis d'une part d'identifier les éléments d'information qui devaient être présents dans notre modèle. D'autre part, ces recherches nous ont permis de diviser adéquatement le modèle en modules. Pour ce faire, nous avons réalisé les trois étapes suivantes :

- Recherche d'indicateurs de performance en viabilité hivernale à l'aide d'une revue de littérature (section 3.5.1);
- Validation et classification de KPI (section 3.5.2);
- Proposition de certains seuils clés (section 3.5.3).

### 3.1.1 Recherche d'indicateurs de performance

La première étape de la recherche des données pertinentes à la prise de décision est de lister les indicateurs de performance en viabilité hivernale. Nous avons établi une liste d'indicateurs par niveau décisionnel du MTQ. Pour établir cette liste, plusieurs documents ont été consultés. Les tableaux 2, 3 et 4 présentent les listes complètes d'indicateurs.

TABLEAU 2: LISTE DES INDICATEURS STRATÉGIQUES

Indicateurs	Sources
Évolution du coût des circuits	Maze et al., 2007
Nombre d'accidents sur le réseau	Stowe, 2001
Pourcentage du niveau de service	nXstream Technologies, 2011
Rigueur de l'hiver	AIPCR, 2010

TABLEAU 3: LISTE DES INDICATEURS TACTIQUES

Indicateurs	Sources
Retour au niveau de service normal	nXstream Technologies, 2011
Coût par kilomètre	Maze et al., 2007
Heures d'activités d'opération	nXstream Technologies, 2011
Quantité d'abrasifs utilisée	Gouvernement du Québec, 2007
Quantité de déglaçant utilisée	Gouvernement du Québec, 2007
Nombre de plaintes des usagers de la route	nXstream Technologies, 2011
Intervalles entre les sorties de déglçage	Gouvernement du Québec, 2007

TABLEAU 4: LISTE DES INDICATEURS OPÉRATIONNELS

Indicateurs	Sources
Durée pour les efforts de grattage	Maze et al., 2007
Utilisation des blasts	nXstream Technologies, 2011
Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage	Maze et al., 2007
Détection d'aléas	nXstream Technologies, 2011
Temps de patrouille	Stowe, 2001
Durée pour les efforts d'épandage	Maze et al., 2007
Niveau de vigilance selon Environnement Canada	Schneider et Gagnon, 2011
Temps de rotation	nXstream Technologies, 2011
Temps de mobilisation	nXstream Technologies, 2011
Circulation sur le réseau routier	Maze et al., 2007
Quantité et durée des précipitations	AIPCR, 2010
Température de l'air passant le point de congélation	nXstream Technologies, 2011
Conditions routières (visibilité et état de la chaussée)	Gouvernement du Québec, 2007
Atteinte des niveaux de service	Gouvernement du Québec, 2007
Déploiement des ressources en opération lors de précipitations	Gouvernement du Québec, 2007
Délais encourus depuis le dernier passage	Gouvernement du Québec, 2007

### 3.1.2 Validation et classification des KPI

Dans un deuxième temps, nous avons identifié à l'aide d'une enquête de type DELPHI, les indicateurs de performance les plus intéressants en contexte de viabilité hivernale. La méthode Delphi, connue des spécialistes en élaboration de stratégies à moyen et à long termes, vise à recueillir, par l'entremise d'un questionnaire ouvert, l'avis justifié d'un panel de personnes compétentes dans différents domaines. La procédure, basée sur la rétroaction, évite la confrontation des personnes et préserve leur anonymat. Les résultats de l'enquête DELPHI et des rencontres ont permis d'ordonner et de valider les indicateurs de performance en viabilité hivernale (Tableau 5). Afin d'avoir une terminologie commune des différents indicateurs de performance, nous présentons ci-dessous leur définition. Pour ce faire, nous avons demandé aux membres du projet de spécifier le but, l'utilité et la portée des KPI.

TABLEAU 5: INDICATEURS CLÉS DE PERFORMANCE

<b>INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) STRATÉGIQUES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Délai moyen pour revenir au niveau de service normal</li> <li>2) Évolution du coût des circuits</li> <li>3) Maintien de la condition minimum durant le phénomène</li> <li>4) Nombre d'accidents sur le réseau</li> <li>5) Taux d'inactivité véhiculaire</li> </ol>
<b>INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) TACTIQUES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Heures en activités d'opération (connaissance des activités)</li> <li>2) Quantité de déglacant utilisée</li> <li>3) Délai avant le retour au niveau de service normal</li> <li>4) Coût par kilomètre</li> <li>5) Nombre de plaintes des usagers de la route</li> <li>6) Quantité d'abrasifs utilisée</li> <li>7) Nombre d'accidents et de sorties de route</li> </ol>
<b>INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) OPÉRATIONNELS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Déploiement des ressources en opération lors de précipitations</li> <li>2) Détection d'aléas (glace noire, verglas, neige, glace blanche)</li> <li>3) Délai encouru depuis le dernier passage</li> <li>4) Quantité et durée des précipitations</li> <li>5) Atteinte des niveaux de service</li> <li>6) Non présence de camions sur le réseau</li> <li>7) Temps de rotation</li> <li>8) Durée des opérations</li> <li>9) Taux d'inactivité véhiculaire</li> <li>10) Taux de pose</li> <li>11) Conditions routières</li> <li>12) Température passant le point de congélation</li> <li>13) Durée des efforts d'épandage</li> <li>14) Durée des efforts de grattage</li> <li>15) Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage</li> <li>16) Utilisation des blasts (nombre d'épandages manuels)</li> <li>17) Circulation sur le réseau routier</li> <li>18) Nombre de sorties de route</li> <li>19) Entraves et fermetures de routes</li> <li>20) Nombre d'accidents</li> <li>21) Temps de patrouille</li> <li>22) Durée du temps de déplacement</li> <li>23) Véhicules désactivés (désactivés à l'inventaire ou véhicules non affectés)</li> </ol>
<b>AUTRES INFORMATIONS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Détail des prévisions météo</li> <li>2) Détail des données d'observation (station météo)</li> <li>3) Rigueur de l'hiver</li> <li>4) Détail des opérations des autres divisions territoriales</li> <li>5) Connaissance des seuils de vulnérabilité</li> <li>6) Caméras de surveillance</li> <li>7) Niveaux de vigilance selon Environnement Canada</li> <li>8) Création de "geofence"</li> </ol>

### **3.1.3 Conclusion**

Les travaux que nous avons réalisés en matière de viabilité hivernale nous ont permis d'élaborer un modèle avancé de gestion de la viabilité hivernale basé sur des indicateurs de performance, des éléments géospatiaux, de la météorologie routière et des concepts liés aux risques, aux systèmes d'aide à la décision et aux alertes. Il convient maintenant de décrire ces différents aspects plus en détails.

## 3.2 Aléas



L'aléa constitue un phénomène susceptible d'occasionner des perturbations sociales et économiques (glace noire, verglas, neige coulante, neige sèche, glace chimique, neige compactée, glace blanche). Les principales caractéristiques des aléas les plus souvent utilisées pour estimer leur importance sont l'intensité, la probabilité d'occurrence et la localisation spatiale.

La manifestation d'un aléa est souvent à l'origine d'un ou de plusieurs autres aléas. Les aléas auxquels un territoire est exposé sont ainsi susceptibles d'interagir entre eux et de se combiner, ce qui peut provoquer des dommages encore plus considérables. Par exemple, l'inondation causée par la crue d'un plan d'eau peut générer des mouvements de terrain.

Dans le cadre de du présent projet de recherche, nous nous sommes concentrés sur des aléas de viabilité hivernale. Afin de définir chacun des aléas, nous avons établi les paramètres météorologiques clés qui permettent de les détecter. Pour ce faire, nous utilisons une série d'événements climatiques classés en fonction des groupes suivants:

- Les événements reliés aux températures de l'air
- Les événements reliés aux températures de la surface de la chaussée
- Les événements reliés aux précipitations
- Les événements reliés aux vents
- Les événements reliés à la présence de fondants
- Les événements reliés aux conditions de surface
- Les événements reliés au point de rosée
- Les événements reliés aux précipitations passées
- Les événements reliés au trafic

Voici la liste des aléas liés à la viabilité hivernale :

- Aléa 1) Glace noire par une pluie
- Aléa 2) Verglas
- Aléa 3) Glace noire due à une chaussée humide
- Aléa 4) Accumulations ponctuelles de neige sèche
- Aléa 5) Glace chimique (chute des températures)
- Aléa 6) Glace noire recouverte de neige lors de déplacement de neige sèche
- Aléa 7) Neige compactée à neige glacée
- Aléa 8) Glace blanche ponctuelle
- Aléa 9) Glace blanche généralisée

- Aléa 10) Neige coulante
- Aléa 11) Enlèvement dans la neige

Cette section présente une courte description des aléas météorologiques qu'on retrouve en viabilité hivernale. Sur la base des événements en viabilité hivernale tels que présentés précédemment, nous pouvons établir les paramètres qui permettent d'expliquer la création des différents aléas météorologiques.

**Note :** *Les événements météorologiques qui permettent d'identifier les aléas météorologiques sont pour une période d'une heure.*

**Aléa 1) Glace noire par une pluie :** se concrétise lors de la présence de pluie sur une surface de chaussée ayant une température négative. Plus spécifiquement, il se crée une pellicule de glace recouverte d'eau qui diminue fortement l'adhérence des véhicules.

- = Averses à moins de 1 mm de pluie **OU**
- Averses de 1 mm à 2 mm de pluie **OU**
- Précipitations à moins de 1 mm de pluie **OU**
- Précipitations de 1 mm à 2 mm de pluie **OU**
- Précipitations à plus de 2 mm de pluie
- + Surface proche de 0°C **OU**
- Surface froide **OU**
- Surface en réchauffement au-dessus de -10°C **OU**
- Surface en réchauffement au-dessus de -2°C **OU**
- Surface en fluctuations autour de 0°C

**Aléa 2) Verglas :** se concrétise lors de la présence de pluie verglaçante. La pluie verglaçante se transforme en glace quand elle entre en contact avec la chaussée.

- = Averses à moins de 1 mm de pluie verglaçante **OU**
- Averses de 1 mm à 2 mm de pluie verglaçante **OU**
- Précipitations à moins de 1 mm de pluie verglaçante **OU**
- Précipitations de 1 mm à 2 mm de pluie verglaçante **OU**
- Précipitations à plus de 2 mm de pluie verglaçante

**Aléa 3) Glace noire due à une chaussée mouillée :** se concrétise, en absence de précipitation, par une chute des températures sous le point de congélation avec une chaussée humide.

- = Surface proche de 0°C **OU**
- Surface en fluctuations autour de 0°C
- + Chaussée dégagée et humide

**Aléa 4) Accumulations ponctuelles de neige sèche :** se concrétisent par la présence de neige sèche autour de la chaussée. Cette neige est déplacée par les vents sur la route. Il se crée donc un obstacle sur la chaussée, plus spécifiquement, une congère (lame de neige).

- = Vents forts
- + Présence de neige sèche

**Aléa 5) Glace chimique (chute des températures) :** se concrétise lorsqu'il y a une chute brusque des températures sous la fenêtre d'efficacité des fondants. Ce phénomène se produit surtout en fin de soirée lorsqu'il y a une diminution de la circulation. Il n'y a pas assez de circulation pour sortir la saumure de la chaussée. Cette saumure continue à se diluer et va geler et se transformer en glace noire.

- = Air en refroidissement en-dessous  $-10^{\circ}\text{C}$
- + Chaussée dégagée et humide
- + Présence de fondants

**Aléa 6) Glace noire recouverte de neige lors de déplacement de neige sèche :** se concrétise lorsqu'il y a un déplacement de neige sèche présente autour de la route par l'action du vent. Cette neige entre en contact avec la chaussée recouverte d'une saumure, crée une glace noire, et se recouvre de neige.

- = Surface froide **OU**  
Surface en réchauffement au-dessus de  $-10^{\circ}\text{C}$
- + Présence de neige sèche
- + Vents significatifs **OU**  
Vents forts
- + Chaussée dégagée et humide
- + Présence de fondants

**Aléa 7) Neige compactée à neige glacée** : se concrétise par la présence de neige humide sur la chaussée. La quantité de neige n'a pas besoin d'être importante. La neige qui s'accumule sur la chaussée entre les passages de la déneigeuse se compacte avec le passage répété des véhicules. Cette neige compactée sur la chaussée crée une couche de neige très dense et non uniforme qui diminue l'adhérence des véhicules.

- = Averses à moins de 0.5 cm de neige humide **OU**
- Averses de 0,5 cm à 2 cm de neige humide **OU**
- Précipitations à moins de 0.5 cm de neige humide **OU**
- Précipitations de 0,5 cm à 2 cm de neige humide **OU**
- Précipitations à plus de 2 cm à 5 cm de neige humide **OU**
- Précipitations à plus de 5 cm de neige humide
- + Trafic important

**Aléa 8) L'aléa de glace blanche ponctuelle** : se concrétise par un phénomène de condensation en absence de sel résiduel. Dans ce scénario, cette condensation est ponctuelle (ex : pont, point froid et chaussée isolée au polystyrène) et se produit surtout en début d'hiver. Ces secteurs ne bénéficient pas de l'apport de chaleur du sol et sont plus vulnérables au gel. C'est une chute de la température de surface de la chaussée sous la température du point de rosée qui cause cette condensation.

- = Surface inférieure au point de rosée
- + Surface en refroidissement en-dessous de -2°C **OU**
- Surface en refroidissement en-dessous de -10°C
- + Chaussée sans fondant

**Aléa 9) Glace blanche généralisée** : se concrétise par un phénomène de condensation en absence de sel résiduel. Dans ce scénario, cette condensation est généralisée, car c'est une augmentation de la température du point de rosée qui, en dépassant la température de la surface, crée cette condensation sur l'ensemble du réseau.

- = Surface inférieure au point de rosée
- + Air en réchauffement au-dessus de -10°C **OU**
- Air en réchauffement au-dessus de -2°C **OU**
- Air en réchauffement au-dessus de 0°C **OU**
- Air en fluctuations autour de 0°C
- + Chaussée sans fondants

**Aléa 10) Neige coulante** : se concrétise par une accumulation de neige mouillée sur la chaussée. La présence d'eau en forte proportion occasionne une plus grande perte d'adhérence que la neige habituelle.

- = Surface proche de 0°C **OU**
- Averses à moins de 0,5 cm de neige mouillée **OU**
- Averses de 0,5 cm à 2 cm de neige mouillée **OU**
- Précipitations à moins de 0.5 cm de neige mouillée **OU**
- + Précipitations de 0.5 cm à 2 cm de neige mouillée **OU**
- Précipitations à plus de 2 cm à 5 cm de neige mouillée **OU**
- Précipitations à plus de 5 cm de neige mouillée

**Aléa 11) Enlèvement dans la neige** : se concrétise par une accumulation de neige suffisamment importante pour ne plus permettre à certains véhicules de circuler normalement.

Précipitations de 2 cm à 5 cm de neige humide **OU**

Précipitations de 2 cm à 5 cm de neige fondante **OU**

Précipitations de 2 cm à 5 cm de neige sèche **OU**

Précipitations de 2 cm à 5 cm de grésil **OU**

=

Précipitations à plus de 5 cm de neige humide **OU**

Précipitations à plus de 5 cm de neige fondante **OU**

Précipitations à plus de 5 cm de neige sèche

### 3.3 Vulnérabilité



La vulnérabilité représente une condition qui prédispose les personnes à subir des préjudices ou des dommages (bâtiments, routes importantes). Le niveau de vulnérabilité d'un milieu est en fonction principalement du degré d'exposition, de la valeur ou de l'importance stratégique, ainsi que de la sensibilité des éléments exposés.

Le degré d'exposition correspond à l'importance de l'exposition à un aléa et à ses effets. Dans le cadre de ce mandat, nous avons établi une pondération qui permet de quantifier l'importance de chaque vulnérabilité identifiée. Pour ce faire, nous utilisons une échelle de mesure à cinq niveaux qui permet de nuancer le degré de vulnérabilité :

1. Pas du tout vulnérable
2. Peu vulnérable
3. Vulnérable
4. Très vulnérable
5. Tout à fait vulnérable

Les vulnérabilités sont estimées en fonction de la capacité du MTQ à exécuter les stratégies d'intervention pour un tronçon de route donné et de la sensibilité de l'élément exposé. La capacité à exécuter les stratégies d'intervention varie en fonction du taux de mobilisation, du taux de rotation et du niveau de service du tronçon pour chaque stratégie d'intervention.

Les vulnérabilités identifiées se rapportent principalement aux facteurs suivants :

- Condition routière actuelle de la chaussée (Tableau 6)
- Prévion de l'aléa (exemple : tempête de neige) (Tableau 7)
- Circulation (Tableau 8)
- Moment de l'année (Tableau 9)

TABLEAU 6: CONDITIONS ROUTIÈRES

Condition routière actuelle	Vulnérabilité
Glacée	5
Couverte de neige durcie	4
Partiellement glacée	4
Enneigée	3
Partiellement couverte de neige durcie	2
Partiellement enneigée	2
Dégagée et humide	1
Dégagée et sèche	0

TABLEAU 7: PRÉVISION DE L'ALÉA

Prévision de l'aléa	Vulnérabilité
Aléa 1) Glace noire par une pluie	5
Aléa 2) Verglas	5
Aléa 3) Glace noire due à une chaussée humide	5
Aléa 4) Accumulations ponctuelles de neige sèche	2
Aléa 5) Glace chimique (chute des températures)	5
Aléa 6) Glace noire recouverte de neige lors de déplacement de neige sèche	5
Aléa 7) Neige compactée à neige glacée	4
Aléa 8) Glace blanche ponctuelle	5
Aléa 9) Glace blanche généralisée	5
Aléa 10) Neige coulante	3
Aléa 11) Enlèvement dans la neige	5

TABLEAU 8: CIRCULATION

Circulation	Vulnérabilité
Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi et Vendredi <b>Matin</b> (heures de pointes) : (6h à 9h)	4
Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi et Vendredi <b>Journée</b> : (9h à 15h)	3
Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi et Vendredi <b>Après-midi</b> (heures de pointes) : 15h à 18h	1
Lundi, Mardi, Mercredi <b>Soir</b> : (18 à 22h)	1
Jeudi et Vendredi <b>Soir</b> : (18 à 22h)	3
Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi et Vendredi <b>Nuit</b> : (22h à 6h)	0
Fin de semaine de 7h à 18 h	3
Reste de la fin de semaine de 18h à 7h	0

TABLEAU 9: MOMENT DE L'ANNÉE

Moment de l'année	Vulnérabilité
Avant le 15 décembre (Pneus d'hiver et période d'adaptation à l'hiver)	4
Du 15 décembre au 15 mars (Période hivernale)	2
Après le 15 mars (Période de dégel)	3

Finalement, le niveau de vulnérabilité est la somme de tous les éléments de vulnérabilité pour une zone donnée.

$$\text{Niveau de vulnérabilité} = \sum \text{Éléments de vulnérabilité pondérés}$$

### 3.4 Risque



Le contenu de cette section a été rédigé suivant la documentation intitulée «*Concepts de base en sécurité civile*» du Ministère de la Sécurité publique. Le concept de risque implique que nous soyons en présence de deux éléments fondamentaux. D'une part, la possibilité que se produise à un endroit donné, un événement pouvant causer une atteinte ou des dommages, tels qu'une inondation, un séisme, un accident industriel ou une sécheresse. Il s'agit ici des **aléas**. D'autre part, nous devons trouver dans ce milieu des éléments tels que des populations, des bâtiments ou des activités exposés à la manifestation de ces aléas et vulnérables à ceux-ci. Nous faisons référence ici à la **vulnérabilité**. Le risque résulte donc de l'interaction entre un aléa potentiel et la vulnérabilité du milieu exposé à son égard.

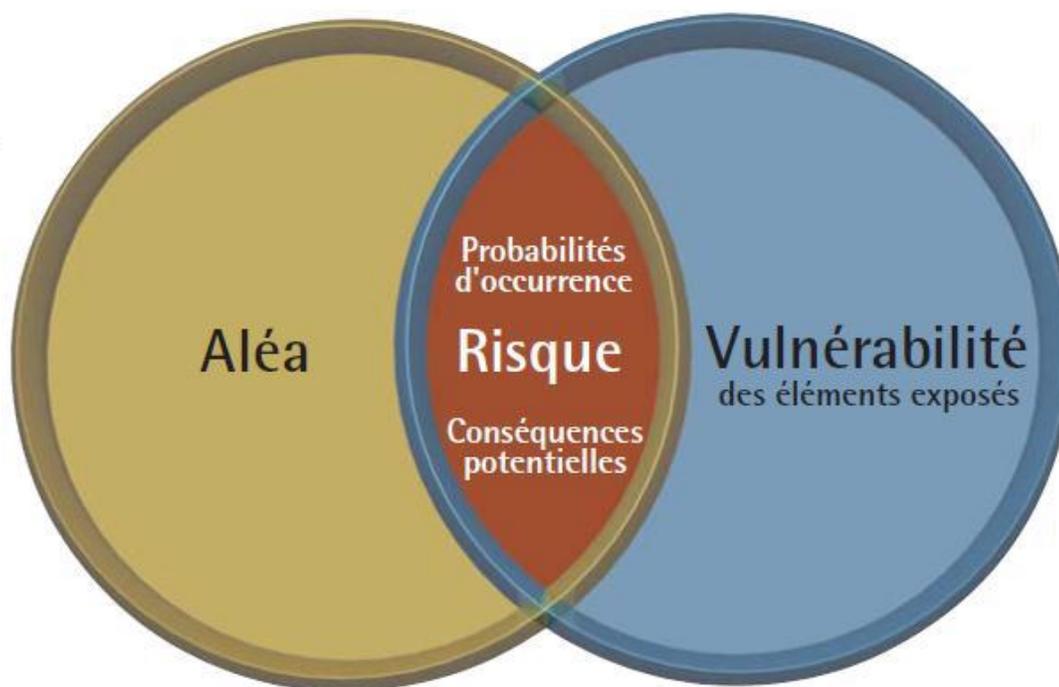


FIGURE 3: ILLUSTRATION DE LA DÉFINITION DU RISQUE

En résumé, le risque résulte du niveau de vulnérabilité pondéré à la probabilité d'occurrence d'un aléa, tel que défini ci-dessous :

$$\text{Risque} = \text{Probabilité (Aléa)} \times \text{Niveau de vulnérabilité}$$

Afin de s'arrimer aux principes du Ministère de la Sécurité publique (MSP), nous avons adapté les quatre niveaux de vigilance du MSP pour notre modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale (Tableau 8).

TABLEAUX 10: NIVEAUX DE RISQUE

Niveaux de risque	Pointage	Description
 Vert	0 à 5	Pas de vigilance particulière.
 Jaune	5 à 15	Soyez attentifs; des phénomènes météorologiques sont prévus dans la région et pourraient être occasionnellement et localement dangereux.
 Orange	15 à 20	Soyez très vigilants; des phénomènes météorologiques dangereux sont prévus pour la région; tenez-vous informés de l'évolution de la situation et suivez les conseils de sécurité émis par les autorités publiques.
 Rouge	20 à 25	Une vigilance absolue s'impose; des phénomènes météorologiques dangereux d'intensité exceptionnelle sont prévus pour la région; tenez-vous informés de l'évolution de la situation et respectez impérativement les consignes de sécurité émises par les autorités publiques.

### 3.5 Déclencheurs



Le but de ce volet est d'identifier les seuils des indicateurs clés de performance (Key Performance Indicator ou KPI) pour lesquels nous souhaitons déclencher une opération de viabilité hivernale. Contrairement au volet « Alertes » (section 3.8), les déclencheurs permettent d'identifier et de démarrer des stratégies d'intervention. Ils sont à l'attention des chefs d'équipe, et permettent de les informer des aléas détectés.

Concernant les déclencheurs, les chefs d'équipe peuvent ajouter des commentaires et documenter le déclencheur selon les trois niveaux suivants:

- **Nouveau** : l'aléa vient d'apparaître et aucune action pour le traiter n'a été mise en place;
- **Fermé**: l'aléa a été consulté et sera terminé lorsque sa prévision terminera.
- **Terminé** : l'aléa a été consulté et est terminé immédiatement.

**Note**: Rappelons-nous que les KPI que nous vous présentons dans ce volet permettront de déclencher une opération de maintenance hivernale. Ainsi, les événements identifiés ci-dessous ne permettent pas d'alerter une personne.

TABLEAU 11: LISTE DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DE VIABILITÉ HIVERNALE

INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) DÉCLENCHEMENT DES OPÉRATIONS
<p><b>1) Détection d'aléas (glace noire, verglas, neige, glace blanche, etc.)</b>  <i>Définition : Notion de prévention liée à la détection d'aléas réfère à l'identification des risques météo routiers.</i></p> <p><i>Déclenchement d'une opération :</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;"><i>Détection d'un aléa (section 3.2)</i></p> </div>
<p><b>2) Déploiement des ressources en opération (direction territoriale voisine)</b>  <i>Définition : Connaître le nombre d'opérations effectuées, lesquelles et la non présence de camions sur le réseau des différentes directions territoriales.</i></p> <p><i>Déclenchement manuel d'une opération :</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;"><i>«Direction territoriale voisine» en opération depuis ½ heure</i></p> </div>
<p><b>3) Patrouille (chefs d'équipe)</b>  <i>Définition : Connaître le nombre de patrouilleurs et le temps de patrouille en opération sur le réseau à un temps donné. De plus, il est utilisé pour s'assurer que les opérations sont réalisées selon les bonnes pratiques.</i></p> <p><i>Déclenchement manuel d'une opération :</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;"><i>La patrouille peut déclencher manuellement une opération pour un tronçon identifié</i></p> </div>

### 3.6 Stratégie d'intervention



Maintenant que les règles de décision du volet «déclencheurs» sont identifiées, le modèle d'intelligence géospatial de viabilité hivernale est en mesure d'identifier des risques et d'indiquer une stratégie d'intervention.

Ce volet est un intégrateur des prochains volets du modèle et permet de faire le pont entre la détection et la prescription (Figure 4). En effet, la stratégie d'intervention permet de faire le lien entre **la détection** (Aléas, Vulnérabilités, Risques et Déclencheurs) et **la prescription** (Alertes, Qui / Comment et Opérations).

**Note :** Chacun des éléments qu'on retrouve dans la stratégie d'intervention est détaillé dans son module respectif du modèle géo-décisionnel en viabilité hivernale.

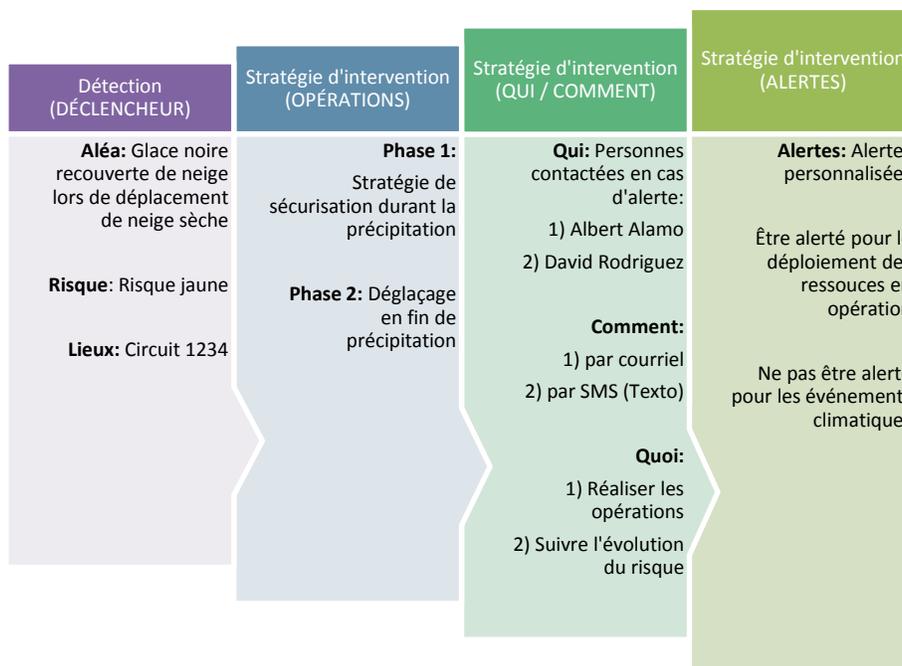


FIGURE 4: EXEMPLE D'UNE STRATÉGIE D'INTERVENTION

### 3.7 Qui / Comment



Plusieurs acteurs gravitent autour de la gestion de la viabilité hivernale. Ils ont comme but commun de réduire les risques sur le réseau routier et donc, d'augmenter la sécurité des usagers de la route. Voici une liste des principaux acteurs :

- Opérateurs d'un centre de monitoring: ils surveillent plusieurs types d'informations (climat, réseau routier et opérations) dans le but de détecter si le réseau est en difficulté pour ensuite alerter les gens sur le terrain des dangers détectés sur le réseau routier;
- Patrouilleurs: ils surveillent les conditions météo ainsi que les actions entreprises par les intervenants en régie et à contrat. Ils ont un pouvoir décisionnel à propos de la stratégie d'intervention à adopter;
- Usagers de la route: ils circulent sur le réseau routier. Ils influencent les conditions de chaussée (ex. déplacement de la neige ou du sel épandu) par leur passage sur la route;
- Intervenants du Ministère (Régie) : ils sont responsables de l'entretien des routes et travaillent pour le MTQ;
- Chefs d'équipes (MTQ): ils sont responsables de gérer les équipes d'entretien des routes et travaillent pour le MTQ;
- Entrepreneurs à contrat (Contrat) : ils sont responsables de l'entretien des routes qui sont déterminées dans leur contrat et la qualité finale de leur service est vérifiée.
- Environnement Canada: il collabore avec le MTQ à propos des prévisions et des conditions météorologiques sur le territoire;
- Sûreté du Québec: elle collabore avec le MTQ à propos de la fermeture de routes et des dangers sur le réseau routier (ex. accidents, sorties de route).

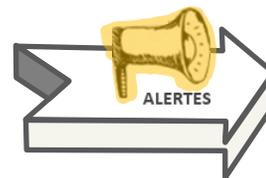
Afin de mettre en place la stratégie d'intervention pour un circuit donné, des personnes spécifiques seront contactées en cas d'alerte. Ainsi, la stratégie de communication de

l'information est paramétrable afin de bien répondre au désir des différents intervenants interpellés. De plus, la manière d'être rejoint peut différer d'un intervenant à l'autre. Les principaux moyens de communication sont les suivants :

- Cascade d'appels téléphoniques;
- Message sur pagette alphanumérique;
- Alerte sonore sur téléphone intelligent;
- Texto (SMS);
- Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent;
- Courriel;
- Trame XML (norme STI de communication centre à centre);
- Plan de communication du centre de gestion de la viabilité hivernale;
- Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur cartographie).

**Note :** Bien que le volet « Qui et le Comment » d'une alerte dépende des préférences des directions territoriales et des intervenants, nous avons tout de même identifié dans le volet « Alertes » les intervenants qui risquent de vouloir être avertis en cas d'une alerte (voir section 3.8).

### 3.8 Alertes



Dans cette section, les données et les seuils nécessaires pour construire les alertes du prototype y sont détaillés. Il a été déterminé d'utiliser une hiérarchie d'alertes déjà existante et connue, soit les icônes utilisées de manière courante par les systèmes d'exploitation de Windows, pour établir notre propre définition d'alertes pour le prototype.

	<b>Avertissement</b>	<i>Présente une condition qui pourrait causer un problème dans le futur.</i>
	<b>Critique</b>	<i>Présente une condition qui pourrait causer un problème critique et important dans le futur.</i>

Concernant les alertes, les opérateurs en monitoring peuvent ajouter des commentaires à une alerte (ex : les patrouilleurs sont avertis de l'aléa en cours). De plus, ils peuvent documenter l'alerte selon les 3 niveaux suivants:

- **Nouvelle** : l'alerte vient d'apparaître et aucune action pour la traiter n'a été mise en place;
- **Ouverte** : l'alerte est en voie d'être traitée (ex. l'opérateur en monitoring a communiqué avec le patrouilleur qui doit faire les opérations de déneigement);
- **Fermée** : l'alerte a été traitée avec succès (ex. opération de déneigement réalisée).

**Note :** Bien que nous avons pris le temps d'identifier les seuils des principaux KPI qui permettront d'envoyer une alerte, le système permettra de les modifier en fonction des circuits. Ainsi, pour un même contexte, une alerte pourrait être déclenchée pour le circuit X et non pour le circuit Y.

**Note :** Afin d'éviter d'immerger les opérateurs par un trop grand nombre d'alertes et d'information, nous avons pris le soin de classer par ordre d'importance les indicateurs de performance (Delphi).

## INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) OPÉRATIONNELS

### 1) Déploiement des ressources en opération lors de précipitations / Aléa

*Définition* : connaître le nombre de camions en opération sur le réseau à un temps donné comparé à ce qui était prévu (cédule de travail, conditions météo). Connaître le nombre d'opérations effectuées, lesquelles et la non présence de camions sur le réseau des différentes directions territoriales.

Seuil (déclenchement d'une alerte) :



«Voisin» en opération depuis 1 heure  
+ Aucune activité n'a été détectée sur le circuit  
Aléa détecté



«Voisin» en opération depuis 1 heure  
+ Il n'y a plus d'activité sur le circuit depuis 45 minutes  
Aléa détecté



Aucune activité n'a été détectée sur le circuit depuis 30 minutes  
après le début prévu de l'aléa



Aucune activité n'a été détectée sur le circuit depuis 45 minutes  
après le début prévu de l'aléa



+ Pourcentage du nombre total de camions en opération < 50 %  
Risque Jaune



+ Pourcentage du nombre total de camions en opération < 75 %  
Risque Orange



+ Pourcentage du nombre total de camions en opération < 100 %  
Risque Rouge



Le circuit n'a pas été réalisé en 2h30

Intervenants contactés (proposition) :

- Chefs d'équipe
- Patrouilleurs
- Surveillants (centre de gestion de la viabilité hivernale)

## 2) Événements météorologiques (quantité, intensité et durée des précipitations)

*Définition : Du point de vue de la prévision, cet indicateur permet de quantifier les efforts nécessaires et donc les ressources requises pour mobiliser la flotte. De plus, ce KPI permet d'identifier les aléas météo routiers.*

**Note :** *Les seuils que nous avons utilisés sont ceux établis par Environnement Canada dans la carte vigilance.*

Seuil (déclenchement d'une alerte) :

	+ Pluie verglaçante (plus de 2 mm / 2h) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
	+ Pluie verglaçante (plus de 6 mm / 2h) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
	+ Neige de forte intensité (30 à 60 cm en moins de 24h) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
	+ Visibilité réduite (visibilité $\leq$ 0,8 km dans la poudrerie ou la poudrerie combinée à des chutes de neige vent $\geq$ 30 km/h durée $\geq$ 3h) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
	+ Visibilité nulle dans la poudrerie ou la poudrerie combinée à des chutes de neige (vent $\geq$ 50 km/h durée $\geq$ 6h) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
	+ Refroidissement soudain (si la température de l'air $<$ 0 °C Refroidissement $\geq$ 12°C/3 heures) Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge

Intervenants contactés (proposition) :

- Opérateur d'un centre de monitoring
- Chef d'équipe des opérations (MTQ)
- Entrepreneurs

### 3) Séquence d'aléa risquée

*Définition :* La détection des aléas sur le réseau n'est pas suffisante pour éliminer tous les risques de viabilité hivernale. En effet, certaines séquences d'aléas peuvent causer des situations de risque.



+ Aléas liés aux glaces précédées des aléas de neige  
Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge

### 4) Atteinte des niveaux de service

*Définition :* Le délai de retour au niveau de service est la différence de temps mesurée en heure entre le moment où peuvent commencer les activités de déglçage et la récupération du niveau de service sur le circuit. Ce délai diffère en fonction du niveau de service, de la température, et de l'heure du déclenchement possible des activités de déglçage. Ce KPI permet de voir au respect des devis et de vérifier de la qualité du travail de l'entrepreneur. Utilisation sur une base de surveillance et de constat visuel par le représentant du surveillant.

Seuil (déclenchement d'une alerte) :



+ Délai de retour au niveau de service prescrit (Tableau 14) > 1h  
Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge  
Circuit où nous avons la condition routière

TABLEAU 12) DÉLAI DE RETOUR AU NIVEAU DE SERVICE

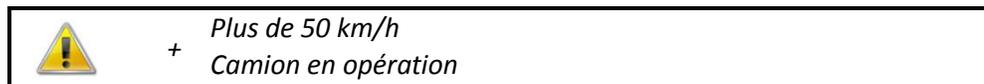
Symbole certain niveau 1	Température supérieure à -7°C et précipitations se terminant entre :		Température entre -7°C et -15°C et précipitations se terminant entre :	
(A)	5h30 - 19h00 3 heures après	19h00 - 5h30 avant 8h30	5h30 - 19h00 4 heures après	19h00 - 5h30 avant 9h30
Symbole certain niveau 1 et 2	Température supérieure à -7°C et précipitations se terminant entre :		Température entre -7°C et -12°C et précipitations se terminant entre :	
(B)	6h00 - 18h00 3 heures après	18h00 - 6h00 avant 9h00	6h00 - 16h00 4 heures après	16h00 - 6h00 avant 10h00
(C)	6h00 - 16h00 4 heures après	16h00 - 6h00 avant 10h00	6h00 - 14h00 4 heures après	14h00 - 6h00 avant 10h00
(D)	6h00 - 16h00 4 heures après	16h00 - 6h00 avant 10h00	6h00 - 14h00 4 heures après	14h00 - 6h00 avant 12h00
Certain niveau 2	Température supérieure à -7°C (au moment de l'épandage) et précipitations ou poudrière se terminant entre :		Température inférieure à -7°C	
(E)	6h00 - 16h00 4 heures après	16h00 - 6h00 avant 10h00	Chaussée traitée à l'abrasif et déglacée mécaniquement	
Niveau 3 seulement	Température supérieure ou égale à -3°C 48 heures ou plus		Température inférieure à -3°C (au moment de l'épandage)	
(P)	Chaussée déglacée au sel ou mécaniquement		Chaussée traitée à l'abrasif et déglacée mécaniquement	
(G)	Chaussée traitée à l'abrasif et déglacée mécaniquement			
1A	Déglacer à la pleine largeur de la chaussée		10 000 < DJMH < 20 000	
1B	Déglacer à la pleine largeur de la chaussée		2 500 < DJMH < 10 000	
2A	Déglacer sur 3 mètres et 5 mètres aux points critiques (courbes, pentes, intersections, etc.)		1000 < DJMH < 2500	
2B	Déglacer sur 3 mètres et 5 mètres aux points critiques (courbes, pentes, intersections, etc.)		500 < DJMH < 1000	
3	Route traitée à l'abrasif		DJMH < 500	

Intervenants contactés (proposition) :

- Opérateur d'un centre de monitoring

**5) Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage**

Définition : cet indicateur permet de s'assurer que les opérations sont réalisées selon les bonnes pratiques (qualité des opérations).

Seuil (déclenchement d'une alerte) :Intervenants contactés (proposition) :

- Chef des opérations

### 3.9 Opérations



De manière à déterminer la stratégie d'intervention à appliquer, nous devons être en mesure d'identifier les risques qui sont prévus au cours de la journée. Afin de prescrire l'opération appropriée, nous identifions l'aléa actuel à l'origine du risque qui sera présent majoritairement pendant les 2 prochaines heures et l'aléa à l'origine du risque qui sera majoritairement présent pendant les 2 heures suivantes.

Sur la base de ces informations, le tableau qui suit (Tableau 13) présente pour chaque aléa (présenté verticalement) qui peut survenir à un moment donnée, la stratégie à mettre en œuvre en fonction de l'aléa qui est prévu pour les 2 heures suivantes (présenté horizontalement). Dans ce tableau, la stratégie de sécurisation est indiquée avec un « S » et la stratégie de déglçage (atteinte du niveau de service) avec un « D ». Dans le cas où un aléa ne peut pas succéder à un autre, nous avons mis un « N/A ».

Par ailleurs, il existe des alternatives au sel de voirie (NaCl) qui permettent de réduire les coûts associés à l'entretien hivernal tout en maintenant des niveaux de service et de sécurité respectant les prescriptions d'entretien (Robitaille, 2011). Nous parlons ici des méthodes de prétrempage, de prémouillage et d'antigivrage. Bien que ces méthodes puissent être utilisées lors des phénomènes de glace, nous laissons ce type de prescription à la discrétion du chef des opérations.

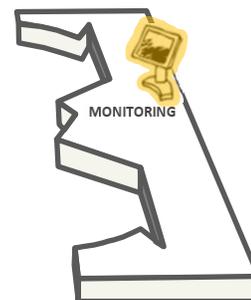
TABLEAU 13) PRESCRIPTION DE LA STRATÉGIE D'INTERVENTION

		ALÉA PRÉVU POUR LES 2 HEURES SUIVANTES											
		Aléa 1) Glace noire par une pluie	Aléa 2) Verglas	Aléa 3) Glace noire due à une chaussée humide	Aléa 4) Accumulations ponctuelles de neige sèche	Aléa 5) Glace chimique (chute des températures)	Aléa 6) Glace noire recouverte de neige sèche	Aléa 7) Neige compactée à neige glacée	Aléa 8) Glace blanche ponctuelle	Aléa 9) Glace blanche généralisée	Aléa 10) Neige coulante	Aléa 11) Enlèvement dans la neige	Aucun aléa
ALÉA PRÉVU	Aléa 1) Glace noire par une pluie	D	D	D	N/A	S	N/A	D	N/A	N/A	D	S	D
	Aléa 2) Verglas	D	S	N/A	N/A	S	N/A	D	N/A	N/A	D	S	D
	Aléa 3) Glace noire due à une chaussée humide	D	D	N/A	S	S	S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	D
	Aléa 4) Accumulations ponctuelles de neige sèche	N/A	N/A	N/A	S	S	S	S	N/A	N/A	N/A	S	S
	Aléa 5) Glace chimique (chute des températures)	S	S	N/A	S	S	S	S	N/A	N/A	S	S	S
	Aléa 6) Glace noire recouverte de neige sèche	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	S	S	N/A	N/A	N/A	S	S
	Aléa 7) Neige compactée à neige	N/A	S	N/A	N/A	S	N/A	D	N/A	N/A	N/A	S	D
	Aléa 8) Glace blanche ponctuelle	N/A	N/A	D	N/A	S	N/A	N/A	D	N/A	N/A	N/A	D
	Aléa 9) Glace blanche généralisée	D	S	N/A	N/A	S	N/A	D	N/A	N/A	S	S	D
	Aléa 10) Neige coulante	N/A	S	N/A	N/A	S	N/A	S	N/A	N/A	S	S	D
	Aléa 11) Enlèvement dans la neige	N/A	S	N/A	S	S	S	S	N/A	N/A	S	S	D

Finalement, le système d'aide à la décision que nous proposons permet d'intégrer les outils existants de prescription (réseau de neurone). Cet outil permet de proposer une stratégie d'intervention basée sur des variables associées aux types de chaussée, aux contextes météo et aux conditions de chaussée.

### 3.10 Monitoring

**« Surveillance constante, pour s’assurer que les opérations en cours concordent bel et bien avec la stratégie d’intervention retenue »**



Le volet de monitoring permet d’avoir des yeux sur le réseau routier et de s’assurer que les opérations concordent avec la stratégie. Il permet de veiller au bon fonctionnement du réseau routier afin de s’assurer que les situations à risque sont pertinentes et valides.

Ainsi, le MTQ peut avoir recours au monitoring pour :

- Faire le suivi des conditions météo;
- Assurer la distribution uniforme des informations;
- Répondre aux demandes du personnel sur le terrain.

Les principales personnes qui utiliseront ce volet de l’application sont les opérateurs des centres de gestion de la viabilité hivernale qui communiqueront au besoin avec des gestionnaires, des chefs d’équipes, des techniciens et des entrepreneurs en déneigement. Les principaux éléments d’information présentés dans les interfaces du monitoring sont décrits ci-dessous.

#### ÉLÉMENTS D’INFORMATION - MONITORING

**1) Affichage des aléas (glace noire, verglas, neige, glace blanche, etc.)**

*Définition : notion de prévention liée à la détection d’aléas, réfère à l’identification des risques météoroutiers.*

**2) Affichage du déploiement des ressources en opération**

*Définition : connaître la localisation et la non présence de camions sur le réseau des différentes directions territoriales.*

**3) Délai encouru depuis le dernier passage**

*Définition : connaître les taux de rotation des circuits et connaître les opérations qui ont été effectuées. L’affichage de la trace GPS et du délai depuis le dernier passage.*

**4) Affichage de la météorologie (prévision et observation)**

*Définition : du point de vue de la prévision, cette information permet de quantifier les efforts nécessaires et donc les ressources requises pour mobiliser la flotte. Du point de vue de l’observation, les stations météo permettent d’avoir des données directement du terrain.*

**5) Localisation des patrouilles**

*Définition :* connaître la localisation des patrouilleurs afin d'améliorer le processus de gestion de la viabilité hivernale.

**6) Affichage des conditions routières**

*Définition :* permet d'avoir les conditions de la route et les entraves et fermetures de routes.

**7) Affichage du nombre de sorties de route**

*Définition :* cette information permet de déterminer les endroits problématiques sur le réseau routier afin d'ajuster les opérations.

**8) Détail de la vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage**

*Définition :* cette information permet de s'assurer que les opérations sont réalisées selon les bonnes pratiques (qualité des opérations).

**9) Affichage de la circulation sur le réseau routier**

*Définition :* affichage des données de circulation sur le réseau afin de quantifier la vulnérabilité d'un tronçon.

**10) Affichage des accidents**

*Définition :* cette information permet de déterminer les endroits problématiques sur le réseau routier afin d'ajuster les opérations.

**11) Niveaux de vigilance selon Environnement Canada**

*Définition :* cette information est directement liée aux alertes météorologiques qu'Environnement Canada émet lors de l'imminence de phénomènes météorologiques dangereux.

**12) Caméras de surveillance**

*Définition :* cette information permet d'avoir des yeux sur le réseau routier à l'aide d'une série de caméras de surveillance.

**13) Affichage de la vulnérabilité**

*Définition :* cette information fait référence à la somme de tous les éléments de vulnérabilité pour une zone donnée.

**14) Affichage du risque**

*Définition :* cette information résulte du niveau de vulnérabilité pondéré à la probabilité d'occurrence d'un aléa.

### 3.11 Sources de données



**« Exploiter le mieux possible les données issues des diverses technologies de captage déployées sur le réseau routier »**

Le volet des sources de données est très important pour le système géo-décisionnel en viabilité hivernale. Lors de la définition du modèle, nous avons d’abord abordé les besoins du Ministère des Transports en faisant fi des données disponibles. Puis, afin de s’assurer que les données sont disponibles pour répondre aux besoins identifiés, nous avons analysé les différentes sources de données qu’on retrouve au MTQ. Pour ce faire, nous avons procédé comme suit :

1. Identification des bases de données (BD);
2. Identification des éléments d’information;
3. Analyse de l’intégration des données.

Pour le développement de notre modèle de gestion de la viabilité hivernale, l’identification des bases de données et des éléments d’information disponibles sont des étapes importantes. Afin de confronter ces données à la réalité du terrain, l’analyse du potentiel d’intégration est tout aussi importante. Par contre, la problématique est liée au fait que la qualité des données est difficile à estimer. En effet, les métadonnées liées à la qualité ne sont pas faciles à intégrer et à exploiter. Dans plusieurs cas, l’information de qualité n’est pas documentée. Elle peut alors prendre différentes formes : expérience et savoir des travailleurs de l’organisation, conseils d’experts, etc. Au cours des discussions avec les spécialistes du MTQ, les données requises ont été identifiées.

Afin de faciliter l’inventaire des données disponibles, nous les avons regroupées de la façon suivantes (voir annexe 1) :

1. Connaissance de la route
2. Connaissance de la météorologie
3. Connaissance de la flotte de véhicules

Par ailleurs, certaines données du modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale proviennent d’une source externe au MTQ. Les éléments de données nécessaires au bon fonctionnement du modèle sont décrits dans chacune des sections du présent document. Nous présentons ci-dessous une brève description des principaux systèmes qu’on retrouve au MTQ.

### 3.11.1 ERT (Système d'information sur l'état des routes)

Ce système sert à la cueillette et à la diffusion des données relatives à l'état des routes et aux conditions de visibilité. L'information est diffusée au public et aux différents médias. Oracle est utilisé comme logiciel de gestion de bases de données. La base de données ERT contient les rapports d'observation sur les conditions routières réalisés par les superviseurs et les patrouilles. Généralement, ce sont des enregistrements qui sont saisis par les mêmes personnes à la même date et heure et pour un même tronçon. Le tableau suivant présente les principaux types de données présents dans cette base de données.

**TABLEAU 14: TYPE DE DONNÉES**

<b>Connaissance des conditions atmosphériques</b>
Visibilité
Conditions routières (historique) visibilité
<b>Connaissance de la réaction des infrastructures</b>
État de surface de la chaussée (observation)
Conditions routières (historique) chaussée

Les éléments d'information que nous retrouvons dans ERT sont les suivants :

- **Tronçon** - Entier – ex. : « 400 »
- **Tronçon Début** - Chaîne de caractères – ex. : « Eastman »
- **Tronçon Fin** - Chaîne de caractères – ex. : « Magog »
- **Date-heure** - Date – ex. : « 14-10-2007 04:35:17 »
- **Source** - Chaîne de caractères – ex. : « Entrepreneur, saisie automatisée »
- **Initiales** - Chaîne de caractères – ex. : « GB, 1299 »
- **Commentaire** – Chaîne de caractères – souvent aucune information
- **État Chaussée** - Chaîne de caractères – ex. : « D »
  - **D** : Dégagée
  - **E** : Enneigée
  - **Pe** : Partiellement enneigée
  - **Ee** : Enneigée par endroit
  - **G** : Glacée
  - **PG** : Partiellement glacée
  - **Ge** : Glacée par endroit
  - **AV** : À venir
  - **HS** : Hors saison
- **Visibilité** - Chaîne de caractères – ex. : « B »
  - **B** : Bonne
  - **R** : Réduite
  - **Ne** : Nulle par endroit
  - **N** : Nulle
  - **AV** : À venir
  - **HS** : Hors saison

### 3.11.2 ROH

La base de données du registre des opérations d’hiver (ROH) contient les statistiques de consommation saisies manuellement pour toutes les directions du Québec. Nous pouvons notamment trouver les consommations de sel et d’abrasifs pour les divers circuits. Normalement, une ligne dans la base de données ROH est saisie lorsqu’un véhicule fait le plein de matériaux à un dépôt. Pour certains circuits, nous pouvons trouver plusieurs enregistrements pour une même journée. Nous remarquons que certains déclarent leurs activités et leur consommation à la journée, aux 2 jours, ou même dans certains cas extrêmes, à la semaine. Le tableau suivant présente les principaux types de données présents dans cette base de données.

**TABLEAU 15: TYPE DE DONNÉES**

<b>Connaissance sur le véhicule</b>
Information sur les opérations réalisées
<b>Connaissance des actions du conducteur</b>
Début des activités
Fin des activités
Information sur l'opérateur
<b>Connaissance des activités réalisées</b>
Taux de pose - Vitesse de rotation du tourniquet
Consommation de sel
Consommation d'abrasifs
Consommation de calcium liquide

Les éléments d’information que nous retrouvons dans ROH sont les suivants :

- **(NoDT** – Chaîne de caractères – ex. : « Direction de l'Estrie »
- **NomDT** – Chaîne de caractères – ex. : « Estrie »
- **NoCS** – Entier – ex. : « 58900600 »
- **NomCS** – Entier – ex. : « Lac-Mégantic »
- **NoCircuitHiver** – Entier – ex. : « 4540 »
- **Saison** – Date – ex. : « 2007 »
- **EndroitsDangereux** – Booléen - « Vrai ou Faux »
- **NoCSEntrepôt** – Entier – ex. : « Sherbrooke »
- **MateriauxFournisMinistere** – Booléen - « Vrai ou Faux »
- **RégieOuContrat** – Chaîne de caractères - : « Régie ou contrat »
- **NomEntrepôt** – Chaîne de caractères – ex. : « (9006-06-4153) MTQ - LAC MÉGANTIC.S. 5771 »

- **DateIntervention** – Date – ex. : « 31-03-2007 »
- **NoRapport** – Entier – ex. : « 494600010 »
- **NoCamion** – chaîne de caractères - ex. : « cou-1 »
- **PrenomOperateur** – chaîne de caractères - ex. : « Daniel »
- **NomFamilleOperateur** – chaîne de caractères - ex. : « Landry »
- **HeureDepart** – chaîne de caractères - ex. : «6h00 »
- **HeureArrivee** – chaîne de caractères - ex. : «8h00 »
- **TypIntervention** – chaîne de caractères - « Déneigement, Déglçage ou Déneigement/Déglçage »
- **Remarques** – chaîne de caractères - ex : « les circuits de la 410 et de la 10-55 »
- **TauxApplicationDemande** – Entier (Kg/Km) - ex. : « 150 »
- **PourcentageSelMelenge** – Entier (%) – ex. : « 50 »
- **SourceDesDonnees** – Chaîne de caractères - ex. : «Balance »
- **ConsommationSel** – Entier (Kg) - ex. : « 22088 »
- **ConsommationAbratif** – Entier (Kg) - ex. : « 54000 »
- **ConsommationCalciumLiquide** – Entier – ex. : « 275 »
- **LongueurIntervention** – Entier (Km) - ex. : « 44 »
- **TauxApplique** – Réel (Kg/Km) – ex. : « 662 »
- **CalculEnVolume** – Booléen - « Vrai ou Faux »
- **Correction** – Booléen - « Vrai ou Faux »
- **DateAjoutIntervention** – Date – ex. : « 19-02-2007 »
- **NomIntervenant** - Chaîne de caractères - ex. : « mtq\blaplante »

### 3.11.3 CVD MONITORING DE VÉHICULES

Cette base de données contient les enregistrements du monitoring des véhicules instrumentés. Les données sont collectées toute l'année. Les données utilisées pour les analyses comportent plusieurs millions d'enregistrements avec une soixantaine de champs d'information. Le tableau suivant présente les principaux types de données présents dans cette base de données.

TABLEAU 16: TYPE DE DONNÉES

<b>Connaissance des conditions atmosphériques</b>
Température de l'air - observation
Humidité de l'air - observation
Pression atmosphérique - observation
<b>Connaissance de la réaction des infrastructures</b>
Température de la chaussée (surface)
<b>Connaissance sur le véhicule</b>
Position du véhicule
Information sur les opérations réalisées
Valeur de l'odomètre
Conditions de chargement
<b>Connaissance des actions du conducteur</b>
Début des activités
Fin des activités
Information sur l'opérateur
Temps de conduite
<b>Connaissance des actions du conducteur</b>
Taux de pose - Méthode d'épandage utilisée
Taux de pose - Épandage manuel d'urgence (blast)
Consommation de sel
Consommation d'abrasifs
Consommation de calcium liquide

Les éléments d'information que nous retrouvons dans CVD sont les suivants :

- **IDE\_VEHCL** – Numéro d'identification du véhicule
- **dah\_deb\_interv** – Date et heure de début de l'intervention
- **IDE\_CONDC** – Numéro du conducteur
- **dah\_fin\_interv** - Date et heure de la fin de l'intervention
- **nom\_circuit** – Nom du circuit traité
- **duree\_pretmpg** – Temps en minutes de prétrempage des matériaux
- **nbBlast** – Nombre de fois que le blast a été utilisé
- **dureeblast** – Durée en secondes des blasts effectués
- **taux\_moyen\_epand** – Taux moyen de matériaux épandus
- **dist\_epandage** – Distance où les matériaux ont été épandus
- **duree\_inter\_sec** - Durée en secondes de l'intervention
- **duree\_dpl\_sec** – Durée de déplacement sur le circuit sans intervention
- **duree\_grat\_sec** – Durée de grattage sur le circuit, en secondes
- **duree\_epan\_sec** – Durée d'épandage sur le circuit, en secondes
- **dist\_grattage** – Distance de grattage effectuée
- **dist\_deplacement** – Distance de déplacement effectuée sur le circuit
- **mat\_etendu** – Quantité de matériaux épandue, en kilogrammes
- **type\_usage** – Code utilisé pour détailler la mission du véhicule
- **type\_mat** – Type de matériaux utilisés pour l'épandage
- **duree\_epan\_gratt** - Durée de l'épandage et du grattage
- **dist\_epan\_gratt** – Distance d'épandage et de grattage, en kilomètres
- **DAH\_CAL** – Date d'agrégation des données
- **sel\_etendu** – Quantité de sel étendue, en kilogrammes
- **qte\_epandu** – Quantité de matériaux étendue, en kilogrammes
- **COD\_VEHCL\_PK** – Code d'identification du véhicule
- **COD\_CENTR\_SERVC\_FK** – Code du centre de service où le véhicule est rattaché
- **DES\_ENTRP** – Description de l'organisation responsable de l'intervention
- **VAL\_MIXA\_SEL** – Valeur en sel du MixA
- **VAL\_MIXB\_SEL** – Valeur en sel du MixB
- **DES\_USAGE\_VEHCL** - Type d'usage du véhicule (déneigement, déglçage)

#### 3.11.4 SADVH (Station météo)

La base de données des stations météorologiques contient l'historique des enregistrements des stations météorologiques fixes. Les enregistrements des données provenant des capteurs se font aux 10 minutes. Le tableau suivant regroupe les principaux types de données présents dans cette base de données.

TABLEAU 17: TYPE DE DONNÉES

<b>Connaissance du réseau</b>
Position des stations météorologiques routières
<b>Connaissance des conditions atmosphériques</b>
Température de l'air - observation
Humidité de l'air - observation
Pression atmosphérique - observation
Visibilité
<b>Connaissance sur les vents</b>
Direction des vents - observation
Vitesse moyenne du vent - observation
Vitesse des rafales - observation
<b>Connaissance des précipitations</b>
Début des précipitations
Types de précipitations - observation
<b>Connaissance de la réaction des infrastructures</b>
Température de la chaussée
Température en profondeur

Les éléments d'information que nous retrouvons dans SADVH sont les suivants :

- ***PRESSION ATMOSPHÉRIQUE, contient les informations suivantes :***
  - (CS105\_10) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 18:10:00 »
  - (CS105\_10) **BaroPress\_1min** : Réel – ex. : « 1005.154 »
- ***TEMPÉRATURE DE L'AIR, contient les informations suivantes***
  - (HMP45C10) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 18:10:00 »
  - (HMP45C10) **AirTemp\_1min** (°C) : Réel – ex. : « -1.431727 »
  - (HMP45C10) **RH\_1min** (%) : Réel – ex. : « 99.18347 »
  - (HMP45C10) **DewPoint\_1min** (°C) : Réel – ex. : « -2.201479 »
- ***STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES, contient les informations suivantes :***
  - (Station) **Latitude** – Réel – ex. : « 45.5905 »
  - (Station) **Longitude** – Réel – ex. : « -71.1511 »
  - (Station) **Altitude** – Entier (mètre) – ex. : « 460 »
- ***TEMPÉRATURE DE CHAUSSÉE, contient les informations suivantes***
  - (TP101) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 18:40:00 »

- (TP101) **TPTemp1\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 2.937299»
  - (TP101) **TPTemp2\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 2.191742»
  - (TP101) **TPTemp3\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 2.263126»
  - (TP101) **TPTemp4\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 2.81947»
  - (TP101) **TPTemp5\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 3.893548»
  - (TP101) **TPTemp6\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 5.36219»
  - (TP101) **TPTemp7\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 7.446215»
  - (TP101) **TPTemp8\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 8.601566»
  - (TP101) **TPTemp9\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 8.602467»
  - (TP101) **TPTemp10\_Avg** (°C): Réel – ex. : « 9.76958»
- **NIVEAU DES VENTS, contient les informations suivantes**
- (Wind1\_10) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 1:10:00 »
  - (Wind1\_10) **WindSpd1** (Km/h) – Réel – ex. : «18.20447»
  - (Wind1\_10) **WindDir1** (°) – Réel - ex. : « 172.4353»
  - (Wind1\_10) **WindSpd1\_Max** (Km/h) – Réel - ex. : «3.245759»
  - (Wind1\_10) **WindDir1\_SMM** (degrés centigrades) – Réel - ex. : « 172.4353»
  - (Wind1\_10) **Sca\_Spd** (Km/h) - Réel - ex. : « 1.621116»
  - (Wind1\_10) **Vct\_Spd** (Km/h) - Réel - ex. : « 9.696181»
  - (Wind1\_10) **Dir** (°) – Réel - ex. : « 12.82551»
- **VISIBILITÉ & CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES, contient les informations suivantes :**
- (WIVIS\_10) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 1:10:00 »
  - (WIVIS\_10) **Wcode\_Pres** : Entier – de « 00 à 99»
  - (WIVIS\_10) **Visibility** (km) : Entier – ex. : « 1.88999»
- **TEMP MOYENNE - SURFACE DE CHAUSSÉE (Fq période : 10min intervalle)**
- (MMRTS) **Creation\_date** : Date – ex. : « 22-11-2006 18:10:00 »
  - (MMRTS) **MMTemp\_Avg** : Réel (°C) – ex. : « -1.625824 »

### **3.11.5 GEH (Gestion de l'entretien hivernal)**

La base de données GEH couvre quatre fonctions clés, soit A) l'estimation technique des circuits d'entretien d'hiver, B) l'estimation du dossier d'entretien d'hiver, C) les prévisions budgétaires et D) l'identification des paiements effectués aux entrepreneurs.

A) L'estimation technique des circuits d'hiver est une prévision des coûts d'un circuit pour l'entretien basée sur une analyse fondamentale, plus spécifiquement par la complexité et la difficulté d'entretien en fonction de la nature géographique, du nombre de voies et des restrictions autour du réseau routier. De ce fait, il est possible de comparer des circuits les uns par rapport aux autres.

B) Le dossier d'entretien permet de faire une estimation des coûts du circuit en fonction du marché. Plus spécifiquement, il évalue le nombre d'entrepreneurs soumissionnaires qui seraient susceptibles de soumissionner et pour quel montant. Il tient compte de l'historique des soumissions.

C) Les prévisions budgétaires permettent, une fois le contrat signé, d'estimer les coûts en abrasifs et en fondants. Il est aussi possible d'estimer certains coûts additionnels pour des tempêtes en pré-saison et de post-saison. Nous pouvons ajuster ces prévisions en fonction des sommes véritablement versées aux entrepreneurs.

D) L'identification des paiements faits aux entrepreneurs permet de conserver le montant des sommes qui leurs sont véritablement versées lors des quatre paiements. Sont gérés aussi les paiements faits pour les taxes et les paiements faits à la compagnie qui fournit le sel.

Le tableau suivant présente les principaux types de données que l'on retrouve dans cette base de données.

TABLEAU 18: TYPE DE DONNÉES

<b>Connaissance du réseau</b>
Géographie - Pentes dans les courbes
Géographie - Pentes raides en ligne droite
Géographie - Proximité d'obstacles
Infrastructures - Taille des voies
Infrastructures - Rampes d'accès
Infrastructures - Information sur le réseau
Infrastructures - Connexions entre les réseaux de transport
<b>Connaissance sur le véhicule</b>
Information sur les opérations réalisées
<b>Connaissance des actions du conducteur</b>
Temps de conduite
<b>Connaissance des activités réalisées</b>
Consommation de sel
Consommation d'abrasifs
Consommation de calcium liquide

Les éléments d'information que nous retrouvons dans GEH sont les suivants :

- **PONDÉRATION DES CIRCUITS, extraction de l'information concernant :**
  - **Numéro circuit** – Chaîne de caractères – ex. : « 9006-4153 »
  - **DG** – Chaîne de caractères – ex. : « 58 »
  - **DT** – Chaîne de caractères – ex. : « 90 »
  - **Unité administrative (numéro)** – Chaîne de caractères – ex. : « 58-90-06-00 »
  - **Unité administrative (nom)** – Chaîne de caractères – ex. : « CS de Lac-Mégantic »
  - **Type dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « 41 »
  - **Numéro séquence** – Chaîne de caractères – ex. : « 53 »
  - **Version** – Chaîne de caractères – ex. : « 1 »
  - **Saison origine circuit** – Chaîne de caractères – ex. : « 2008-2009 »
  - **Saison** – Chaîne de caractères – ex. : « 2008-2009 »
  - **Début pré-saison** – Date - ex. : « 04-10-2008 »
  - **Début saison** – Date - ex. : « 01-11-2008 »
  - **Fin saison** – Date - ex. : « 14-04-2009 »
  - **Fin post-saison** – Date - ex. : « 24-04-2009 »
  - **Numéro dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « 9006-08-4153 »
  - **Durée** – Entier – ex. : « 1 »
  - **Fournisseur** – Chaîne de caractères – ex. : « un nom de fournisseur »
  - **Nbre camions dossier** – Entier – « 1 »

- **Description circuit** – Chaîne de caractères – ex. : « Routes 161, 204 et contournement Lac-Mégantic »
  - **V-155 générée le** – Date – « 07-07-2008 10:41:20 »
  - **Route** – Chaîne de caractères – ex. : « 00161 »
  - **Tronçon** – Chaîne de caractères – ex. : « 01 »
  - **Section** – Chaîne de caractères – ex. : « 051 »
  - **Sous-route** – Chaîne de caractères – ex. : « 000C »
  - **Chaînage début** – Entier – ex. : « 0+000 »
  - **Chaînage fin** – Entier – ex. : « 0+634 »
  - **Exigence déglçage** – Chaîne de caractères – ex. : « 2A »
  - **Long. Phys. (Déneigement)** – Entier – ex. : « 10.529 »
  - **Long. Pond. (Déneigement)** – Entier – ex. : « 11.461 »
  - **\$ (Déneigement)** – Entier – ex. : « 65958.62 »
  - **Long. Phys. (Déglçage)** – Entier – ex. : « 10.529 »
  - **Long. Pond. (Déglçage)** – Entier – ex. : « 11.461 »
  - **\$ (Déglçage)** – Entier – ex. : « 47532.95 »
  - **CF** – Chaîne de caractères – ex. : « Régionale »
  - **CEP** – Chaîne de caractères – ex. : « Mégantic-Compton »
  - **Municipalité** – Chaîne de caractères – ex. : « Sherbrooke »
  - **Arrondissement** – Chaîne de caractères – ex. : « Lennoxville »
  - **MRC** – Chaîne de caractères – ex. : « Le Haut-Saint-François »
- **SOMMES PAYÉES AUX ENTREPRENEURS, extraction de l'information concernant**
- **Dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « 5774-05-4561 »
  - **Type dossier** – Entier – ex. : « 45 »
  - **Statut dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « actif »
  - **Saison** – Chaîne de caractères – ex. : « 2008-2009 »
  - **Statut transaction** – Chaîne de caractères – ex. : « Traité »
  - **Année Financière** – Chaîne de caractères – ex. : « 2008 »
  - **Date transaction** – Chaîne de caractères – ex. : « 39776.54139 »
  - **Code transaction** – Chaîne de caractères – ex. : « FM »
  - **Description code transaction** – Chaîne de caractères – ex. : « Retenue Fourniture Matériaux »
  - **Tranche** – Entier – ex. : « 1 »
  - **% Répart.** – Entier – ex. : « 100.00% »
  - **Quantité** – Entier – ex. : « 832 »
  - **Unité** – Chaîne de caractères – ex. : « TONNE »
  - **\$ unitaire** – Entier – ex. : « 74.30 »
  - **Montant** – Entier – ex. : « 35 750.05\$ »
  - **TPS** – Entier – ex. : « 2699.69\$ »
  - **TVQ** – Entier – ex. : « 4252.00\$ »
  - **Remarque** – Chaîne de caractères – ex. : « Frais de transport supplémentaire en période de dégel »
  - **DG** – Entier – ex. : « 58 »
  - **DT** – Entier – ex. : « 90 »

- **Unité** – Chaîne de caractères – ex. : « 58-90-08-00 »
- **Unité administrative (Nom)** – Chaîne de caractères – ex. : « CS de Lac-Mégantic »
- **Saison origine dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « 2006-2007 »
- **Durée dossier** – Entier – ex. : « 3 »
- **Description dossier** – Chaîne de caractères – ex. : « Rte 263, ch du Morne-limite DT »
- **Nbr. paiement avant 31 mars** – Entier – ex. : « 3 »
- **Nbr. paiement après 31 mars** – Entier – ex. : « 1 »
- **Type fournisseur** – Chaîne de caractères – ex. : « Fournisseur »

### 3.11.6 Conclusion

En conclusion, l'idée principale est d'utiliser les bases de données disponibles et d'en tirer des bénéfices opérationnels, tactiques ou stratégiques en misant sur les forces de chacune. Voici quelques exemples des principales forces et faiblesses de quelques bases de données qu'on retrouve au MTQ.

- Base de données CVD:
  - Force : Répartition des efforts sur le territoire
  - Faiblesse : Pas de consommation précise des matériaux
- Base de données ROH :
  - Force : Consommation précise des matériaux
  - Faiblesse : Pas de répartition des efforts sur le territoire
- Base de données SADVH
  - Force : Météorologie précise pour une période de 24h
  - Faiblesse : Volume et type de précipitation
- Données de précipitation d'Environnement Canada
  - Force : Information sur les volumes de précipitation durant une journée
  - Faiblesse : Pas de météorologie précise pour une période de 24h

### 3.12 Rétroaction

« *Vigilance, adaptation constante des interventions et amélioration continue...* »



Le système géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale peut être utile au niveau opérationnel durant la gestion des événements hivernaux (ex. tempête), et au niveau tactique lors des retours sur les événements.

6. **Au niveau opérationnel**, la rétroaction permet de maintenir la veille sur le réseau routier concernant l'évolution de la situation et d'adapter constamment les interventions hivernales.

*Exemple : au cours d'une même opération tempête, les aléas, risques et vulnérabilités peuvent évoluer, impliquant de revoir les stratégies d'intervention en cours.*

7. **Au niveau tactique**, la prise de recul suite à une tempête permet de faire le point sur les événements critiques de la tempête. Au niveau tactique, l'évaluation et l'analyse des impacts d'une tempête permettent d'aborder la tempête sous une optique d'amélioration continue. Grâce au système géo-décisionnel en viabilité hivernale, un diagnostic détaillé de notre performance en tempête hivernale devient facile et très rapide.

*Exemple : forer dans les données pour identifier pourquoi plusieurs accidents se sont produits sur un tronçon X.*

Nous présentons ci-dessous une liste exhaustive des indicateurs que nous pouvons utiliser suite à une tempête hivernale. Ainsi, les KPI que nous vous présentons dans ce volet permettront d'avoir une prise de recul au niveau tactique et stratégique (Tableau 19).

TABLEAU 19: INDICATEURS DE PERFORMANCE STRATÉGIQUES ET TACTIQUES

INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) STRATÉGIQUES
<p><b>1) Délai moyen pour revenir au niveau de service normal</b>  <i>Connaître le nombre de camions en opération sur le réseau à un temps donné comparé à ce qui était prévu (cédule de travail, conditions météo). Connaître le nombre d'opérations effectuées, lesquelles et la non présence de camions sur le réseau.</i></p>
<p><b>2) Évolution du coût des circuits</b>  <i>Identifier et calculer les coûts associés à un circuit (coûts directs et indirects) Le coût des matières premières, des opérations, de l'administration sont quelques exemples à prendre en considération lors du calcul de cet indicateur.</i></p>
<p><b>3) Nombre d'accidents sur le réseau</b>  <i>En fonction du nombre d'accidents, déterminer les endroits problématiques sur le réseau routier afin d'ajuster les opérations.</i></p>
<p><b>4) Taux d'inactivité véhiculaire</b>  <i>Calculer un taux d'inactivité des camions (sur le circuit) lors de précipitations ou lorsqu'une opération est requise.</i></p>
INDICATEURS DE PERFORMANCE (KPI) TACTIQUES
<p><b>1) Heures en activités d'opération (connaissance des activités)</b>  <i>Connaître l'évolution des activités en fonction du temps afin d'identifier les efforts réalisés (identifier le moment où les opérations n'étaient plus en contrôle de l'opération de déneigement).</i></p>
<p><b>2) Quantité de déglacant utilisée</b>  <i>Cet indicateur permet de calculer la quantité de déglacant utilisée pour un circuit donné.</i></p>
<p><b>3) Délai avant le retour au niveau de service normal</b>  <i>Indicateur qui permet de voir le temps écoulé avant de retrouver le niveau de service d'un circuit. Il permet aussi de voir si les entrepreneurs ont respecté les devis.</i></p>
<p><b>4) Coût par kilomètre</b>  <i>Identifier et calculer les coûts par kilomètre (coûts directs et indirects). Le coût des matières premières, des opérations, de l'administration sont quelques exemples à prendre en considération lors du calcul de cet indicateur.</i></p>
<p><b>5) Nombre de plaintes des usagers de la route</b>  <i>Indicateur qui permet de déterminer en fonction des plaintes les endroits problématiques sur le réseau routier afin d'ajuster les opérations.</i></p>
<p><b>6) Quantité d'abrasifs utilisée</b>  <i>Cet indicateur permet de calculer la quantité d'abrasifs utilisée pour un circuit donné.</i></p>
<p><b>7) Nombre d'accidents et de sorties de route</b>  <i>En fonction du nombre d'accidents et du nombre de sorties de route, déterminer les endroits problématiques sur le réseau routier afin d'ajuster les opérations.</i></p>

### **3.13 Conclusion**

En conclusion, nous avons présenté dans ce chapitre un modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale qui permet de prévoir, pour un endroit donné, les risques météo-routiers et d'en alerter les personnes appropriées et selon les modalités de communication pertinentes. Le modèle permet aussi de prescrire les opérations nécessaires et de faire le monitoring du réseau routier (indicateurs de performance, tableau de bord géospatial et tableau de bord tabulaire).

Pour ce faire, le modèle d'aide à la décision mise sur l'intégration de plusieurs sources de données qu'on retrouve au MTQ ou dans d'autres organisations. En ce sens, nous proposons d'utiliser une approche d'import-export de données historiques. Le principal avantage de cette façon de faire est lié au fait que les données sont maintenant intégrées dans un seul et même entrepôt de données et qu'il devient donc très facile d'établir des liens entre les différentes données.

## **4 MAQUETTAGE DU SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION**

Afin de représenter nos résultats le plus concrètement possible, nous utilisons une maquette fonctionnelle sur le web. La démarche méthodologique consiste donc à cerner les caractéristiques essentielles du système via une série d'itérations. À l'aide de ce site web, nous présentons donc l'ensemble de nos résultats issus de la première et deuxième livraison (maquettes informationnelles, tableaux de bords, interfaces web, etc.). La maquette proposée est un tableau de bord et une interface de visualisation des données géographiques très efficaces pour limiter le temps passé à l'analyse des données par le responsable du centre de gestion de la viabilité hivernale.

Pour concrétiser l'explication de la maquette, nous la présentons à l'aide de quatre scénarios dans lesquels nous prenons le soin d'expliquer les étapes, les bénéfices et les interfaces que les utilisateurs utiliseront pour gérer la situation (voir section 4.1, section 4.2, section 4.3 et section 4.4).

## **4.1 Scénario 1: Configuration initiale du système (Mode de configuration)**

**Date:** Lundi, 8 septembre 2014, 10h15.

### **Description de la situation:**

Nous sommes avant le début de la période hivernale et avons en main les différentes informations par rapport aux entrepreneurs et circuits du prochain hiver. Avant l'arrivée de la première tempête, nous souhaitons configurer les personnes contacts et les moyens de communication qui seront utilisés lorsqu'une alerte surviendra.

### **KPI Utilisés et scénario:**

- Sélection des KPI (pertinence par direction territoriale);
- Définition des seuils de tous les KPI.

### **Bénéfice:**

La configuration du système peut être faite avant le début de la saison hivernale et permet d'être configurable en fonction d'une direction territoriale ou d'un circuit.

Pas à pas:

1. Authentification de l'administrateur (pour arriver à la page d'authentification, l'utilisateur devra entrer une adresse web).

- I. Cliquez sur le bouton "Se connecter"



## Systeme Géo Décisionnel de Viabilité

Identifiant:

Mot de passe:

Se souvenir de mes informations:

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

2. Menu de navigation (lorsque l'administrateur est identifié, une interface de navigation lui est présentée).

- I. Pour débiter les configurations, Cliquez sur le bouton "Mode configuration".



Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

- II. Un sous-menu vous sera alors présenté. Pour configurer les aléas, **sélectionnez** la sous-catégorie "Qui / Comment"

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

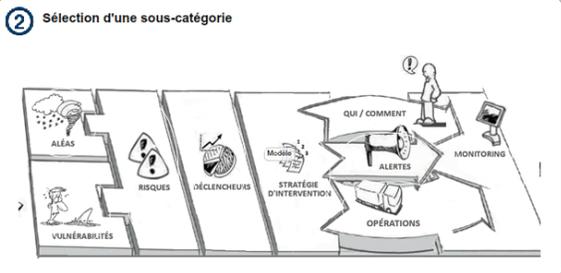


### Système Géo-Décisionnel - Navigation

**1 Sélection du mode d'affichage**

-  Mode Prévisionnel (Prévisions)
-  Mode de monitoring (Observations)
-  Mode Détaillé
-  Mode configuration

**2 Sélection d'une sous-catégorie**



Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

- III. Dans le mode de configuration, vous pouvez associer à une DT, un centre de service ou un circuit, les personnes qui seront contactées en cas d'alerte. Pour enregistrer des personnes contacts:

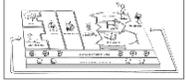
1. **Sélectionnez** "le circuit 1035" pour associer spécifiquement des contacts à ce circuit.
2. En fonction du rôle de la personne, **cliquez** sur les moyens de communication qui seront utilisés en cas d'alerte.

Note: Si vous configurez des personnes contacts pour une DT, tous les éléments qui n'ont pas d'association et qui se retrouvent sous la DT hériteront automatiquement de la configuration de celle-ci.

Bonjour Roxane! Déconnexion Mes vues ?



**MODE DE CONFIGURATION - ESTRIE - QUI / COMMENT**



**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

Moyen de communications **Botin**

**Opérateurs d'un centre de monitoring**

- Texto (SMS);
- Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent
- Courriel;
- Trame XML (norme STI de communication centre à centre)
- Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur cartographie).
- Alerte sonore sur téléphone intelligent

**Patrouilleurs**

- Texto (SMS);
- Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent
- Courriel;
- Trame XML (norme STI de communication centre à centre)
- Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur cartographie).
- Alerte sonore sur téléphone intelligent

**Chefs d'équipes (MTQ)**

- Texto (SMS);
- Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent
- Courriel;
- Trame XML (norme STI de communication centre à centre)
- Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur cartographie).
- Alerte sonore sur téléphone intelligent

**Entrepreneurs à contrat (Contrat)**

- Texto (SMS);
- Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent
- Courriel;
- Trame XML (norme STI de communication centre à centre)
- Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur cartographie).
- Alerte sonore sur téléphone intelligent



© 2013 Université de Sherbrooke et Gouvernement du Québec



- IV. Pour ajouter des personnes dans le système:
1. Cliquez l'onglet "Bottin".
  2. Cliquez sur le bouton "Ajouter" (Pas visible dans la maquette).

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

Laboratoire **GEO Business** Laboratory

MODE DE CONFIGURATION - ESTRIE - QUI / COMMENT

Sélection du lieu

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

Moyen de communications **Bottin**

Rechercher une personne

Liste

Nom (Job title)	Entreprise	Numéro de téléphone	Courriel	Role	Supprimer / Modifier
Giacomo Gullizzoni Patrouilleurs	MTQ	819.563.4444	Peldi@domaine.com	Chef d'équipe	X
Eric Alno Chefs d'équipes	MTQ	819.455.4444	Eric.a@mtq.qc.ca	Patrouilleur	X

Ajouter

- V. Pour revenir au menu de navigation :
1. Cliquez l'image du modèle géo-décisionnel (à droite du titre de l'application)

VI. Pour configurer les alertes, **Cliquez** sur le bouton "Mode configuration".

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?



## Système Géo-Décisionnel - Navigation

**1 Sélection du mode d'affichage**

-  Mode Prévisionnel (Prévisions)
-  Mode de monitoring (Observations)
-  Mode Détaillé
-  Mode configuration

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

VII. Un sous-menu vous sera alors présenté. Pour configurer les aléas, **sélectionnez** la sous-catégorie "Alertes"

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

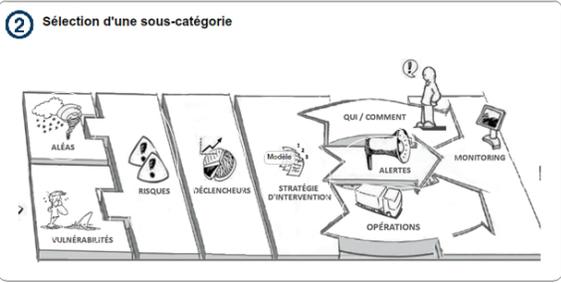


## Système Géo-Décisionnel - Navigation

**1 Sélection du mode d'affichage**

-  Mode Prévisionnel (Prévisions)
-  Mode de monitoring (Observations)
-  Mode Détaillé
-  Mode configuration

**2 Sélection d'une sous-catégorie**



Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

VIII. Pour décider des alertes qui seront utilisées pour le circuit 1035:

1. **Sélectionnez** "le circuit 1035" pour associer spécifiquement des contacts à ce circuit.
2. **Sélectionnez** les indicateurs que vous souhaitez associer au circuit 1035.

Bonjour Roxane!
Déconnexion
Mes vues
?



**MODE DE CONFIGURATION - ESTRIE - QUI / COMMENT**



Alertes opérationnelles
Pré-alertes

**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035**
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

**1) Déploiement des ressources en opération lors de précipitations / Aléa** Seuil

- Avertissement: «Voisin» en opération depuis 1 heure  
et Aucune activité n'a été détectée sur le circuit  
et Aléa détecté
- Avertissement: «Voisin» en opération depuis 1 heure  
et Il n'y a plus d'activité sur le circuit depuis 45 minutes  
et Aléa détecté
- Avertissement: aucune activité n'a été détectée sur le circuit depuis 30 minutes après le début prévu de l'aléa.
- Critique: Aucune activité n'a été détectée sur le circuit depuis 45 minutes après le début prévu de l'aléa.
- Avertissement: Pourcentage du nombre total de camions en opération < 50 %  
et Risque Jaune

**2) Événements météorologiques** Seuil

- Avertissement: Détection des aléas
- Avertissement: Aléas liés aux glaces précédées des aléas de neige  
et Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
- Avertissement: Pluie verglaçante (plus de 2 mm / 2h)  
et Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
- Critique: Pluie verglaçante (plus de 6 mm / 2h)  
et Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge
- Avertissement: Neige de forte intensité (30 à 60 cm en moins de 24h)  
et Risque Jaune ou Risque Orange ou Risque Rouge

 UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

© 2013 Université de Sherbrooke et Gouvernement du Québec

 Québec  
Ministère  
des transports

**Confidentiel**  
Université de Sherbrooke

**Rapport final**

**Projet de recherche**  
Jun 2013

## 4.2 Scénario 2: Pré-alerte sur des conditions météo (mode prévisionnel)

**Date:** Mercredi, 22 oct. 2014, 9h20: Situation hivernale hâtive

### Description de la situation:

Nous sommes avant le début officiel de la période hivernale. Nous sommes donc avant le 15 décembre dans la période d'adaptation hivernale (les pneus d'hiver ne sont pas obligatoires) et nous sommes un mercredi matin dans les heures de pointes (6h à 9h).

### KPI Utilisés et scénario:

- **Détection d'aléas:** la prévision météo de 7h du matin nous prévoit des précipitations de neige.
- **Détection d'un événement "voisin":** à 8h, une alerte météorologique est survenue dans une direction territoriale voisine.
- **Déploiement des ressources en opération "voisin":** à 9h on constate de l'activité sur une direction territoriale "voisine".

### Bénéfices :

L'addition et le croisement des informations déclenchent des pré-alertes qui informent sur la plateforme informatique le technicien du centre de gestion de l'hiver. Ainsi, à la réception de la prévision météo de 6h, une pré-alerte aurait été signalée et est envoyée automatiquement à la personne responsable. En présence d'une alerte météorologique ou d'opération dans une direction territoriale voisine, une deuxième alerte aurait été signalée. Ainsi, grâce aux croisements des différentes données disponibles au sein du MTQ, les principaux bénéfices du système sont:

- Croisement des informations des différentes sources (miser sur les forces de chaque système);
- la surveillance ciblée et efficace de plusieurs informations;
- l'identification automatique de phénomènes (aléas) hivernaux qui nécessite des opérations d'entretien hivernal;
- une meilleure prévention des événements hivernaux;
- la sécurité des usagers;
- avoir une meilleure idée du temps de réaction des opérations (bénéfices tactiques ou stratégiques).

Pas à pas:

1. Menu de navigation

- I. Pour visualiser les événements de prévision, **Cliquez** sur le bouton "Mode prévisionnel".

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

Laboratoire **GEO** Business Laboratory

## Système Géo-Décisionnel - Navigation

1 Sélection du mode d'affichage

- Mode Prévisionnel (Prévisions)
- Mode de monitoring (Observations)
- Mode Détaillé
- Mode configuration

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

## 2. Tableau de bord prévisionnel

- I. Dans le mode prévisionnel, vous pouvez contextualiser le tableau de bord en fonction du lieu (DT, centre de service ou circuit). Pour avoir une vue globale du centre de service de Sherbrooke, **sélectionnez** "le centre de service Sherbrooke" dans le panneau Sélection du lieu.
  
- II. Dans le mode prévisionnel, vous pouvez aussi contextualiser le tableau de bord en fonction du temps. Pour avoir les informations de prévision pour aujourd'hui, **sélectionnez** "Aujourd'hui" dans le panneau Sélection temporelle.

**MODE PRÉVISIONNEL - SHERBROOKE - AUJOURD'HUI**

**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

**Pré - Alertes**

Type	Date	Heure	Description	Commentaires (PMV)	Niveau
⚠	2009-01-30	07:00	Détection d'aléa - Neige compactée à neige glacée	Patrouilleurs avertis	Ouverte
⚠	2009-01-30	07:00	Circulation modérée sur la route 112-610	Changement des panneaux à messages variables (PMV)	Ouverte
⚠	2009-01-30	07:00	Conditions routières passables sur la route 112-610	Changement des panneaux à messages variables (PMV)	Ouverte

**Sélection temporelle**

- Aujourd'hui
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Prévision météo**

auj.	sam	dim	lun	mar
☁	☀	☁	☁	☀
-13°C	-12°C -20°C	Possibilité d'averses de neige -2°C 30%	-11°C	-15°C -22°C 30%

**Autres Directions Territoriales**

Sélection d'une DT: Montréal

Début de précipitation - Foster DT Montérégie

**Note :** le tableau de bord permet d'avoir sur une même interface les informations sur les pré-alertes, les prévisions météo, les observations météo des stations météo du MTQ et une liste des évènements des directions territoriales voisines.

- III. Pour avoir une vue détaillée du circuit 1035, **sélectionnez** dans le panneau Sélection du lieu le circuit "Circuit 1035".

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

**MODE PRÉVISIONNEL - 1035 - AUJOURD'HUI**

**Sélection du lieu**

- [-] Estrie (DT)
  - [-] Sherbrooke
    - [ ] Circuit 1030
    - [ ] **Circuit 1035**
    - [ ] Circuit 1036
  - [+] Magog
  - [+] Richemond
  - [+] Mégantic

**Pré - Alertes**

Type	Date	Heure	Description	Commentaires (PMV)	Niveau
	2009-01-30	07:00	Détection d'aléa - Neige compactée à neige glacée	Patrouilleurs avertis	Ouverte

**Carte - ESTRIE DT**

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Prévision météo**

	auj.	sam	dim	lun	mar
	-13°C	-12°C	-21°C	-11°C	-15°C
		-20°C	30%		30%

**émises à : 5h00 I NC le vendredi 1 février 2013**

**Aujourd'hui** Averses de neige. Vents d'ouest de 20 km/h à Températures stables près de moins 13.

**Ce soir et cette nuit** Généralement ruageux. 40 pour-cent de proba neige ce soir. Dégagement en fin de nuit. Vent devenant légers vers minuit. Minimum moins 21 éclien de moins 25.

**Samedi** Alternance de soleil et de nuages. Maximum m

**Dimanche** Alternance de soleil et de nuages avec 30 pou d'averses de neige. Minimum moins 21. Maxim.

**Lundi** Neige intermittente. Minimum moins 11. Maxim

**Mardi** Alternance de soleil et de nuages avec 30 pou

**Aléa (Prévision)**

Événement	Type	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
Précipitation	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 2.00	Pas de pré	2.00 - 0.00	Neige		
Température de l'air	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00	Air froid				
Température surface	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00	Surface froide				
Vents	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00	Vents faibles				
Température surface	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00	Surface froide				
Aléas	Prévisions						

**Note :** le tableau de bord détaillé permet d'avoir sur une même interface les informations reliées à un circuit sélectionné (exemple : circuit 1035). Les informations des pré-alertes, des prévisions météo, des observations météo des stations météo du MTQ et du détail de la prévision de la détection des aléas y sont affichées.

### 4.3 Scénario 3: Alertes pour le temps de mobilisation (Mode de monitoring)

**Date:** Lundi, 10 janvier 2014, 9h à 11h30

#### **Description de la situation:**

Nous sommes durant la période hivernale et nous sommes un mercredi matin dans les heures de pointes (6h à 9h). La tempête est débutée et l'opérateur du centre de gestion de l'hiver est dans un mode de monitoring.

#### **KPI Utilisés et scénario:**

- **Détection d'aléas:** à 7h, une prévision de neige est détectée par le modèle géo-décisionnel;
- **Quantité et durée des précipitations:** à 8h, les conditions météo donnent des précipitations sous forme de neige (les données proviennent des stations météo-routières);
- **Déploiement des ressources en opération:** à 9h, il y a présentement de l'activité sur un circuit en cause (les données proviennent de CVD);
- **Délai encouru depuis le dernier passage:** à 11h30 on constate qu'une section d'un RTSS d'un circuit avec télémétrie n'a pas encore été entretenue. (les données proviennent de CVD et un temps de rotation paramétrable).

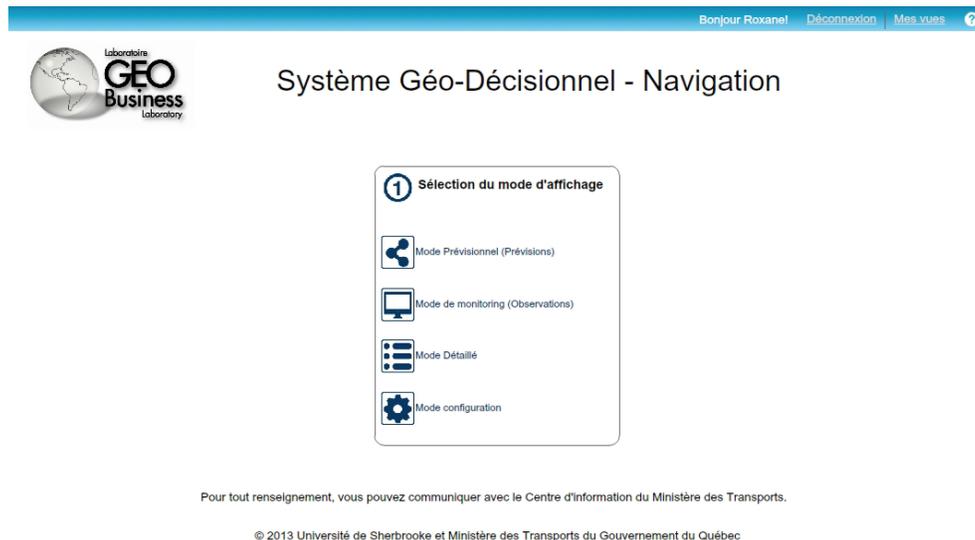
#### **Bénéfices :**

Le croisement des informations connues déclenchent des alertes qui s'allument sur la plateforme consultée par le technicien du centre de gestion. Ainsi à 11h30, une alerte est signalée pour indiquer qu'une partie de réseau n'a pas été entretenue, la situation étant anormale car les opérations sur le circuit sont déjà débutées. Suite à cette alerte, un appel est effectué auprès du prestataire de service. Finalement, s'il ne peut être rejoint un appel est effectué auprès du surveillant des travaux. Les principaux bénéfices du système sont:

- l'augmentation de la sécurité des usagers;
- une surveillance ciblée et efficiente des ressources en opération;
- efficacité du travail des opérateurs du centre de gestion;
  - automatisation d'anomalies d'opération (gestion par exception);
  - présentation cartographique et visuelle du réseau routier (caméras de surveillance, stations météo, alertes, aléas, ressources en opération, conditions routières, etc.)

Pas à pas:

1. Menu de navigation
  - I. Pour visualiser les événements d'observations, **Cliquez** sur le bouton "Mode de monitoring".



2. Navigation cartographique (tableau de bord général)
  - I. Pour modifier le contenu cartographique, **cliquez** sur les couches que vous souhaitez afficher (coin supérieur droit) de la carte.

**Note :** Cette fonctionnalité n'est pas simulée dans la présente maquette.

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

**MODE DE MONITORING - SHERBROOKE - AUJOURD'HUI**

**Sélection de l'ileu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Sélection du véhicule**

- Maska 1
- Maska 2**
- Bertrand 234
- Bertrand 245

**Carte - ESTRIE DT**

Risque

- Radar
- Caméras de surveillance
- Stations météo
- Circulation sur le réseau
- Alertes
- Aléas
- Ressources en opération
- Patrouilles
- Conditions routières
- Incidents

**Alertes**

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau
	2009-01-30	18:00	Véhicule "Maska3" immobile depuis une heure	Contact avec opérateur fait Opérateur fait retour en opération	Nouvelle
	2009-01-30	17:00	Circulation importante sur		Nouvelle

**Caméras du réseau**

Caméra 1 | Caméra 2

**Stations météo**

Direction : Estrie Station : CR5200\_8 - Desève

Informations météo	Gestion de l'affichage											
Type de Temps	5	5	5	5	14	14A	14A	5A	5A	5A	5A	
Ta : -10,6 °C	Néages(%)											
Td : -14,4 °C	Rayonnement(W/m²)											
Ts : -8,3 °C	Précipitations											
Ts -10cm : -4,6 °C	21,0	9,3	4,5	9,5	12,1	6,4	10,8	5,0	5,0	5,0	10,0	
Tc : ND	Températures °C											
U : 70,9 %	- Ta											
Press. : 97,8 kPa	- Td											
Vent : 15,2 km/h	- Ts 10 cm											
Maxc : ↑	- Ts précip											
Défal : 10 min.	- Td précip											
Age : 20,0 min.	- Ts précip											

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

© 2013 Université de Sherbrooke et Gouvernement du Québec

Québec Ministère des transports

**Note :** le tableau de bord ci-dessus permet d'avoir sur une même interface les informations des caméras de surveillance, des stations météo, des alertes, des aléas, des ressources en opération, des conditions routières, des patrouilles et des incidents.

- Pour avoir le détail des alertes, **cliquez** sur une des alertes. Pour avoir d'avantage de détails, vous pouvez cliquer sur forer l'alerte.

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

**MODE DE MONITORING - SHERBROOKE - AUJOURD'HUI**

**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Sélection du véhicule**

- Maska 1
- Maska 2**
- Bertrand 234
- Bertrand 245

Carte - ESTRIE DT

Détail de l'alerte

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau	Modifié par
	2009-01-30	10:00	Véhicule "Maska3"	Contact avec opérateur fait immobile depuis une heure	Nouvelle	opérateur 1

Alertes

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau
	2009-01-30	18:00	Véhicule "Maska3"	Contact avec opérateur fait Opérateur de retour en opération	Nouvelle
	2009-01-30	17:00	Circulation importante sur		Nouvelle

Stations météo

Direction : Estrie Station : OR500\_8 - Desvois

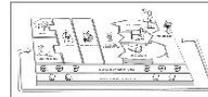
Informations météo	Gestion de l'attelage											
Type de Temps	5	5	5	5	14	14A	14A	5A	5A	5A	5A	
Ta : -10,6 °C	Nuages(%)											
Td : -14,4 °C	Rayonnement(W/m²)											
Ts : -8,3 °C	Précipitations											
Ts : -4,6 °C	Vent (km/h)											
Tc : ND	Température °C											
U : 70,9 %	- Ta											
Press. : 97,8 kPa	- Td											
Wind : 11,2 km/h	- Ts 10 cm											
Maxc : ↑	- Ts précip											
Défal : 10 min.	- Td précip											
Age : 20,0 min.	- Ts précip											

### 3. Tableau de bord détaillé

- I. Pour avoir une vue détaillée du circuit 1035, **sélectionnez** dans le panneau Sélection du lieu le circuit "Circuit 1035". Le tableau de bord qui s'affiche alors permet à l'opérateur d'avoir :
  - le détail des alertes liées au circuit;
  - les opérations effectuées (rejouer les mouvements des véhicules)
  - la possibilité d'ajouter directement dans le système des incidents, des notes et des opérations;
  - des indicateurs de performance;
  - le détail des aléas détectés.



MODE DE MONITORING - CIRCUIT 1035 - AUJOURD'HUI



**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
- Sherbrooke
- Circuit 1030
- Circuit 1035
- Circuit 1036
- Magog
- Richemond
- Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Sélection du véhicule**

- Maska 1
- Maska 2**
- Bertrand 234
- Bertrand 245

**Carte - ESTRIE DT**

**Risque**

- Radar
- Caméras de surveillance
- Stations météo
- Circulation sur le réseau
- Alertes
- Aléas
- Ressources en opération
- Patrouilles
- Conditions routières
- Incidents

**Rejouer des événements**

⏪ ⏩ ⏸

**Suivi des incidents**

Heur	Inciden	Intervena	Direction	Circu	Descripti
08:55	Accident	SQ	Estrie	1030	

**Suivi des opérations**

He	Opérations	Interven	Direction	Circ	Vitesse
08:55	Déneigement	Peldi	Estrie	103	38km/h

**Alertes**

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau
	2009-01-30	18:00	Véhicule "Maska3" immobilisé depuis une heure	Contact avec opérateur fait Opérateur de retour en opération	Nouvelle
	2009-01-30	17:00	Circulation importante sur		Nouvelle

**Indicateurs de performance**

- Heures en activités d'opération: **80h**
- Atteinte du niveau de service: **87%**
- Pourcentage des ressources en opération: **34%**

**Aléas**

Aléas	Prévisions	Observations
Vents	0:00 - 0:00 Vents faibles	0:00 - 7:00 Vents faibles
Aléas	7:00 - 15:00 Vents significatifs	7:00 - 10:00 Neige compactée i 11:00 - 13:00 Enlèvement dans la neige 7:00 - 10:00 Neige compactée i 11:00 - 15:00 Enlèvement dans la neige
Vulnérabilité	0:00 - 7:00 Faible	0:00 - 7:00 Faible
Interventions	5:00 - 11:00 Épandage	5:00 - 11:00 Épandage

II. Pour revoir les opérations réalisées :

- **Sélectionnez** dans le panneau Sélection du véhicule le véhicule "Maska 2";
- Pour débuter le visionnement, **cliquez** sur le bouton play.

Bonjour Roxanel Déconnexion Mes vues ?

**LABORATOIRE GEO Business Laboratory**

**MODE DE MONITORING - CIRCUIT 1035 - AUJOURD'HUI**

Carte - ESTRIE DT

**Sélection du lieu**

- [-] Estrie (DT)
  - [-] Sherbrooke
    - [-] Circuit 1030
    - [-] Circuit 1035**
    - [-] Circuit 1036
  - [+] Magog
  - [+] Richmond
  - [+] Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Sélection du véhicule**

- Maska 1
- Maska 2**
- Bertrand 234
- Bertrand 245

Risque

- Radar
- Caméras de surveillance
- Stations météo
- Circulation sur le réseau
- Alertes
- Aleas
- Ressources en opération
- Patrouilles
- Conditions routières
- Incidents

Rejouer des événements

Suivi des incidents

Ajouter un incident

Heur	Inciden	Intervena	Direction	Circu	Descripti
08:55	Accident	SQ	Estrie	1030	

Suivi des opérations

Ajouter une opération

He	Opérations	Interven	Direction	Circ	Vitesse
08:55	Déneigement	Peldi	Estrie	103	38km/h

Alertes

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau
	2009-01-30	18:00	Véhicule	Contact avec	Nouvelle

Indicateurs de performance

Heures en activités d'opération: **80h**

- III. Pour ajouter une opération :
- Cliquez sur le bouton "Ajouter une opération";

**MODE DE MONITORING - CIRCUIT 1035 - AUJOURD'HUI**

**Sélection du lieu**

- Estrie (DT)
  - Sherbrooke
    - Circuit 1030
    - Circuit 1035**
    - Circuit 1036
  - Magog
  - Richemond
  - Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui**
- 5 février 2013
- 6 février 2013

**Sélection du véhicule**

- Maska 1
- Maska 2**
- Bertrand 234
- Bertrand 245

**Carte - ESTRIE DT**

**Ajouter une opération**

Direction: Estrie    Circuit: 1035

Heure: //

Type d'opération:

Intervenant:

Source:

Description:

Ajouter

**Risque**

- Radar
- Caméras de surveillance
- Stations météo
- Circulation sur le réseau
- Alertes
- Aleas
- Ressources en opération
- Patrouilles
- Conditions routières
- Incidents

**Suivi des incidents**

Ajouter un incident

Heur	Inciden	Intervena	Direction	Circu	Descripti
08:55	Accident	SQ	Estrie	1030	

**Suivi des opérations**

Ajouter une opération

He	Opérations	Interven	Direction	Circ	Vitesse
08:55	Déneigement	Peldi	Estrie	103	38km/h

**Alertes**

Type	Date	Heure	Description	Commentaires	Niveau
✖	2009-01-30	18:00	Véhicule "Maska3" immobile depuis une heure	Contact avec opérateur fait. Opérateur de retour en opération.	Nouvelle
✖	2009-01-30	17:00	Circulation importante sur		Nouvelle

**Indicateurs de performance**

- Heures en activités d'opération: **80h**
- Atteinte du niveau de service: **87%**
- Pourcentage des ressources en opération: **34%**

**Aleas**

Prévisions (Bulletin)	Observations (SADVH)
0:00 - 0:00: Vents faibles	0:00 - 7:00: Vents faibles
7:00 - 15:00: Vents significatifs	7:00 - 10:00: Neige compactée
10:00 - 17:00: Moyenne	11:00 - 13:00: Enlèvement dans la neige
10:00 - 17:00: Moyenne	7:00 - 10:00: Neige compactée
10:00 - 17:00: Moyenne	11:00 - 15:00: Enlèvement dans la neige

**Vulnérabilité**

Prévisions	Observations
0:00 - 7:00: Faible	0:00 - 7:00: Faible
10:00 - 17:00: Moyenne	10:00 - 15:00: Moyenne

**Interventions**

Prévisions	Observations
5:00 - 11:00: Épandage	6:00 - 11:00: Épandage

#### 4.4 Scénario 4: Forage des données des aléas identifiés (Mode détaillé)

**Date:** Lundi, 18 janvier 2014 à 19h

##### Description de la situation :

Nous sommes durant la période hivernale et nous sommes un lundi soir après les heures de pointes. La tempête est débutée et l'opérateur du centre de gestion voudrait avoir plus d'information sur l'identification d'un aléa de glace identifié sur le circuit 1035.

##### KPI Utilisés et scénario:

- **Détection d'aléas:** la prévision météo de 19h nous prévoit la formation de glace.

*Glacé due à une chaussée mouillée  
Surface proche de 0°C OU Surface en fluctuations autour de 0°C  
+ Chaussée dégagée et humide*

##### Bénéfices :

Une des forces du système basé sur le modèle géo-décisionnel décrit plus tôt est qu'il est facile d'utilisation, qu'il permet d'agréger plusieurs informations et d'alerter en fonction de seuils paramétrables les bonnes personnes. De plus, le système permet aux utilisateurs de forer les indicateurs de performance et d'avoir le détail des événements utilisés par le modèle géo-décisionnel. Les principaux bénéfices du système sont:

- la facilité à valider les alertes identifiées par le modèle;

Pas à pas:

1. Menu de navigation

- I. Pour visualiser le détail d'un élément du modèle géo-décisionnel, **Cliquez** sur le bouton "Mode détaillé".

Bonjour Roxanel | Déconnexion | Mes vues ?



## Système Géo-Décisionnel - Navigation

**1 Sélection du mode d'affichage**

-  Mode Prévisionnel (Prévisions)
-  Mode de monitoring (Observations)
-  Mode Détaillé
-  Mode configuration

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

- II. Pour avoir plus de détails sur la détection d'un aléa, **Sélectionnez** la section du modèle pour laquelle vous souhaitez avoir d'avantage de détails.

Bonjour Roxanel | Déconnexion | Mes vues ?

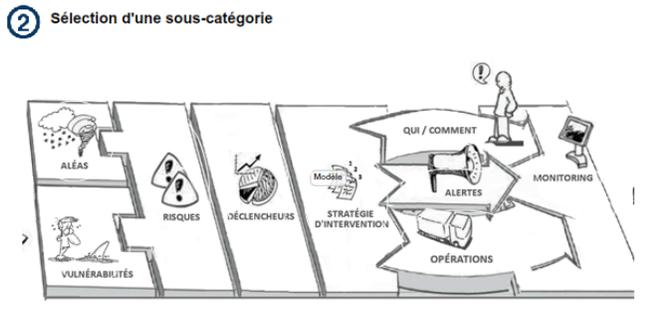


## Système Géo-Décisionnel - Navigation

**1 Sélection du mode d'affichage**

-  Mode Prévisionnel (Prévisions)
-  Mode de monitoring (Observations)
-  Mode Détaillé
-  Mode configuration

**2 Sélection d'une sous-catégorie**



Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du Ministère des Transports.

© 2013 Université de Sherbrooke et Ministère des Transports du Gouvernement du Québec

Bonjour Roxanel | Déconnexion | Mes vues ?



## MODE DÉTAILLÉ - ALÉAS - AUJOUR'HUI



**Sélection du lieu**

- [-] Estrie (DT)
  - [-] Sherbrooke
    - [-] Circuit 1030
    - [-] Circuit 1035
    - [-] Circuit 1036
  - [+] Magog
  - [+] Richmond
  - [+] Mégantic

**Sélection temporelle**

- 3 février 2013
- Aujourd'hui
- 5 février 2013
- 6 février 2013

Aléas		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	1		
Précipitation	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 2.00 Pas de pré.		2.00 - 0.00 Neige		0.00 - 0.00 Pas		11.00 - 18.00 Neige													
	Observations (SADVH)	0.00 - 2.00 Granules d		2.00 - 0.00 Neig		3.00 - 5.00 Granules d		5.00 - 6.00 Neig		7.00 - 9.00 Granules d		9.00 - 10.00 Ora		10.00 - 12.00 Granules d		12.00 - 13.00 Ora		13.00 - 15.00 Granules d			
Température de l'air	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00 Air froid																			
	Observations (SADVH)	0.00 - 4.00 Air très froid				4.00 - 15.00 Air froid															
Température surface	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00 Surface froide																			
	Observations (SADVH)	0.00 - 15.00 Surface froide																			
Vents	Prévisions (Bulletin)	0.00 - 0.00 Vents faibles																			
	Observations (SADVH)	0.00 - 7.00 Vents faibles		7.00 - 4.30																	
Aléas	Prévisions								7.00 - 16.00 Vents significatifs												
	Observations								7.00 - 10.00 Neige compactée i			11.00 - 19.00 Enlèvement dans la neige									

## 5 DOCUMENTATION

Afin de faciliter l'implantation du projet, nous utilisons la méthode DMR Macroscope (Fujitsu) pour documenter l'architecture fonctionnelle du système. La documentation que nous proposons dans ce chapitre est élaborée avec l'objectif de la maintenir au minimum. Une approche de documentation minimale mais suffisante en facilitera la mise à jour éventuelle et constituera également une base appropriée pour guider le développement du futur système et la documentation aux utilisateurs (exemple : support de formation, aide en ligne, guide à l'utilisateur, etc.).

Dans le contexte de développement de prototype du présent système, les sections examinées sont les suivantes :

2. L034 - Plan de documentation
3. L002 - Énoncé du projet
4. L140 - Architecture générale et portée
5. L240 - Sommaire des principes et des critères généraux
6. L250 - Description des fonctions et des unités de tâches
7. L720 - Séquence de fonctionnement de l'application

## 5.1 L034 – Plan de documentation Version 1.0

### 5.1.1 Raison d'être

- Identifier les sections du document de documentation à livrer au Ministère;
- Préciser le format, le contenu et les exigences de qualité du bien livrable;
- Fournir la structure de décomposition du travail utilisée dans la planification.

### 5.1.2 Plan de documentation du système

Ce document présente le *plan de documentation* pour l'ensemble du développement effectué dans le cadre du projet de prototypage du système "Modèle de gestion de la viabilité hivernale". Ce plan est élaboré avec l'objectif de maintenir au minimum la documentation requise pour le système. Une approche de documentation minimale mais suffisante facilitera la mise à jour éventuelle de cette documentation et constituera également une base appropriée pour produire le développement du système et la documentation aux utilisateurs (exemple : support de formation, aide en ligne, guide à l'utilisateur).

Cette documentation est destinée aux lecteurs suivants :

- Le client, le propriétaire du système, représenté par son équipe de pilotage
- Les membres de l'équipe de développement

### 5.1.3 Détails des sections du document

Dans le contexte de développement de prototype du présent système, les sections examinées sont les suivantes :

ID	Nom de la section
L002	Énoncé du projet
L034	Plan de documentation
L140	Architecture générale et portée
L240	Sommaire des principes et des critères généraux
L250	Description des fonctions et des unités de tâches
L720	Séquence de fonctionnement de l'application

## 5.2 L002 – Énoncé du projet Version 1.0

### 5.2.1 RAISON D'ÊTRE

La raison d'être de ce livrable permet de:

- Clarifier et définir le projet;
- Identifier les principales orientations du projet;
- Fournir une base pour l'évaluation du projet.

#### 5.2.1.1 DESCRIPTION

Cet énoncé est souvent en réponse à un mandat et devrait présenter l'interprétation qu'a le chargé de projet de ce mandat. Son contenu varie selon la portée du projet, l'environnement de l'entreprise et tout autre facteur pouvant affecter le projet.

### 5.2.2 DESCRIPTION DE L'INVENTION

#### 5.2.2.1 TITRE DE L'INVENTION

Modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale

#### 5.2.2.2 PROBLÉMATIQUE À RÉSOUDRE

Au cours des années, une solide expertise sur les problématiques de viabilité hivernale a pu se développer et donner une meilleure compréhension des enjeux clés et des solutions potentielles. La problématique à résoudre se divise en fonction des 4 points suivants :

- La préoccupation du Ministère des Transports du Québec (MTQ) est de rentabiliser au maximum l'exploitation de la donnée générée par différentes technologies qui sont déployées sur le réseau routier. Le volume des données de ces technologies est élevé et nécessite des moyens de traitement, d'agrégation et de présentation des informations.
- Les gestionnaires de la viabilité hivernale sont confrontés à une problématique clé. S'ils font « trop de sorties inutiles lors d'un hiver », ils « gaspillent de l'argent et des ressources. » Par contre, s'ils « interviennent trop tard, ou pas du tout, cela peut mener à des accidents et/ou à des embouteillages qui représentent un coût pour la société. »
- L'environnement est de plus en plus pris en compte dans la mesure où « chaque administration routière essaye d'optimiser l'utilisation de sel sur son réseau ». Le Canada a récemment publié un Code de bonnes pratiques sur la gestion environnementale des sels routiers.

- Les gestionnaires doivent être en mesure d'identifier les niveaux de service à satisfaire. En ce sens, la majorité des responsables de l'entretien hivernal divisent leur réseau routier en trois niveaux de service ou plus. Pour ce faire, la connaissance des événements climatiques et de la réalité régionale est essentielle.

Il est maintenant important d'arriver à un meilleur arrimage entre, d'une part, les besoins de gestion et, d'autre part, l'information issue de la capitalisation des données recueillies en matière de viabilité hivernale.

### **5.2.2.3 OBJECTIF POURSUIVI**

Suivant la perspective de résoudre la problématique énoncée, l'objectif poursuivi a été de développer un nouveau type d'outil visuel favorisant la présentation simple et efficace des multiples flux d'information. Le nouvel outil vise à permettre à tout gestionnaire d'accéder rapidement à de l'information par une interface web simple. Le but est donc de faciliter l'accès à l'information par le biais d'un seul outil visuel donnant accès à de l'information pouvant principalement provenir de plusieurs sources de données.

De plus, l'objectif du mandat est d'opérationnaliser le modèle de gestion de la viabilité hivernale qui a été réalisé par une équipe multidisciplinaire constituée de nXstream Technologies, BsideU et VisionMétéo. Ce modèle de gestion de la viabilité hivernale est divisé en trois volets. Le premier est un modèle descriptif des opérations en viabilité hivernale qui permet d'identifier les données disponibles dans les bases de données existantes au MTQ. Par la suite, un modèle prédictif a été réalisé et visait à prévoir les risques en fonction des paramètres météorologiques. Finalement, un modèle prescriptif a été élaboré et permet de proposer des stratégies d'intervention pour les différents risques pouvant se produire durant un hiver.

Pour avoir plus d'information sur les concepts et les détails du modèle de viabilité hivernale, consulter le modèle descriptif (nXstream, 2009), prédictif (nXstream, 2009) et prescriptif (BsideU, 2011).

### **5.2.2.4 ETAT DES CONNAISSANCES**

Notre analyse de l'état des connaissances et de la technologie dans le domaine visé par le projet nous indique que le projet permet d'arrimer les données hivernales et météorologiques aux activités et aux modes de gestion hivernale. Le prototype du modèle de gestion en viabilité hivernale possède certaines affinités avec des **technologies** : (1) les tableaux de bord, (2) les systèmes d'aide à la décision, (3) les outils d'intégration et d'orchestration des données et (4) les systèmes d'information géographique.

L'outil possède des similitudes avec les tableaux de bord, dans la mesure où il permettra une visualisation synthétique en facilitant la mise en relation d'informations. Il offre en plus une grande facilité de visualisation des informations par le biais d'une interface à l'utilisateur très simple et adaptée aux différents opérateurs qui souhaitent avoir accès très rapidement à une information intégrée (diverses sources internes et externes d'information) à jour et accessible en tout temps.

L'outil possède également certaines ressemblances avec les systèmes d'aide à la décision. Il vise en effet à assister les managers dans leurs prises de décision en résumant et analysant les données utiles à la décision. Il est important de comprendre que le prototype ne vise pas à se substituer aux systèmes pouvant déjà être en place au MTQ, mais vise plutôt à venir s'ajouter par-dessus de tels logiciels en offrant une interface de type géospatial et de type tableau de bord. Le prototype permet également d'identifier, en fonction d'événements climatiques, les risques météorologiques qu'on retrouve sur le réseau. L'objectif est d'être en mesure de prévoir les composantes d'une opération en viabilité hivernale en fonction de la tendance météorologique qui est anticipée et des meilleures pratiques d'intervention.

Le prototype utilise certaines composantes des outils d'intégration et d'orchestration des données. Il s'agit d'une technologie informatique permettant d'effectuer des synchronisations massives d'information de différentes bases de données hétérogènes vers une base de données unifiée. Le processus permet donc d'intégrer les différentes sources de données.

Finalement, l'outil possède une similarité avec les systèmes d'information géographique (SIG) car il propose une interface à l'utilisateur basée sur une représentation cartographique. La différence principale réside dans la forte simplification de l'interface de l'outil.

#### **5.2.2.5 DEGRÉ D'AVANCEMENT DE LA MAQUETTE**

L'état d'avancement actuel de la maquette est essentiellement constitué de notes manuscrites de l'équipe de développement ainsi que d'une maquette web qu'on retrouve à l'adresse suivante :

<https://nxstreamtechnologies.mybalsamiq.com/projects/cimv2/naked/Identification?key=b0777d3b16db4d9161d00d8670b89faa7b37ca61>

Selon nous, pour en arriver à un stade fonctionnel à partir de l'état d'avancement actuel, plusieurs développements seront nécessaires. Les maquettes que nous avons présentement servent à expliquer le système et les fonctionnalités du futur système. Pour arriver à une version fonctionnelle, il s'agira alors de compléter les travaux en cours, ce qui impliquera d'effectuer notamment les actions suivantes :

- Intégrer les fonctionnalités du prototype

- Développer la composante "Gestion des importations ETL" du système
- Développer la composante "Gestion de l'application web" (maintenance du système, outils de gestion de l'application web, gestion des utilisateurs)
- Effectuer des tests

#### **5.2.2.6 AVANTAGES ET INCONVENIENTS**

En regardant le modèle de viabilité hivernale, on peut établir les constats suivants :

- Le modèle nous semble un outil indispensable puisqu'il offre une interface cartographique simple et intuitive pour accéder visuellement à un grand nombre d'information.
- Le modèle permet de prévoir les différents scénarios pouvant se produire durant un hiver à l'aide des bases de données répertoriant les évènements qui se sont produits pendant l'hiver.
- Le modèle permet de prescrire les opérations requises en fonction des meilleures pratiques d'intervention.
- Le modèle permet de voir les vulnérabilités du réseau routier.
- Le modèle permet d'alerter les bonnes personnes en fonction de plusieurs paramètres de configuration.
- Le modèle s'adapte en fonction des préférences des utilisateurs (informations présentées, alertes générées, dispositions des modules du tableau de bord).

#### **5.2.2.7 INTERFACE À L'UTILISATEUR**

Le prototype du modèle de viabilité hivernale est constitué de trois modes de visualisation (1) Mode prévisionnel, 2) Mode de monitoring et 3) Mode détaillé) et d'un mode de configuration du système. Les figures suivantes donnent une idée de l'interface à l'utilisateur de l'outil. Pour voir les différentes interfaces de l'application web, référez-vous au chapitre 4.

### **5.2.2.8 FONCTIONNEMENT DE L'APPLICATION**

Bien que nous présentions plus en détail l'architecture fonctionnelle du prototype plus loin, l'utilisation du prototype s'effectue de la manière suivante:

#### Concepts généraux de l'application web

- L'utilisateur doit d'abord s'identifier afin d'avoir accès à l'application.
- À l'aide de l'interface de configuration, l'utilisateur choisit une vue prédéfinie qu'il souhaite explorer.
- L'utilisateur peut en tout temps revenir à l'interface de navigation.
- Pour contextualiser les informations présentées dans les différents modes, on retrouve dans la section gauche de l'application web, des options liées aux deux aspects suivants:
  - Sélection du contexte spatial (direction territoriale, circuits)
  - Sélection du contexte temporel (date)

#### Volet cartographique

- L'utilisateur sélectionne les couches d'information qu'il souhaite voir relativement à la thématique préalablement choisie.
- Dans la zone d'affichage cartographique, l'utilisateur voit apparaître les flux existants, en fonction de la vue déjà choisie.
- La fenêtre des légendes permet d'afficher la signification des éléments qu'on retrouve sur la carte.

#### Volet tableau de bord

L'application web permet aux utilisateurs d'ajouter et de gérer les éléments affichés dans les fenêtres du tableau de bord.

## 5.3 L140 – Architecture générale et portée Version 1.0

### 5.3.1 RAISON D'ÊTRE

- Résumer les facteurs qui orientent l'architecture du système.
- Esquisser les objectifs, la portée et les principes qui seront ensuite détaillés dans des sections spécifiques.

#### 5.3.1.1 DESCRIPTION

Ce bien livrable est le sommaire des objectifs et de la portée du système et des principes qui contribuent à l'atteinte des objectifs.

### 5.3.2 SOMMAIRE DES OBJECTIFS, DE LA PORTÉE ET DES PRINCIPES

Ce document vise à décrire de manière succincte la portée du système. On y traite notamment de :

- Principaux objectifs applicables au système d'information;
- Portée du système en termes d'intervenants, de processus et d'information;
- Principes clés qui conditionnent l'architecture de système.

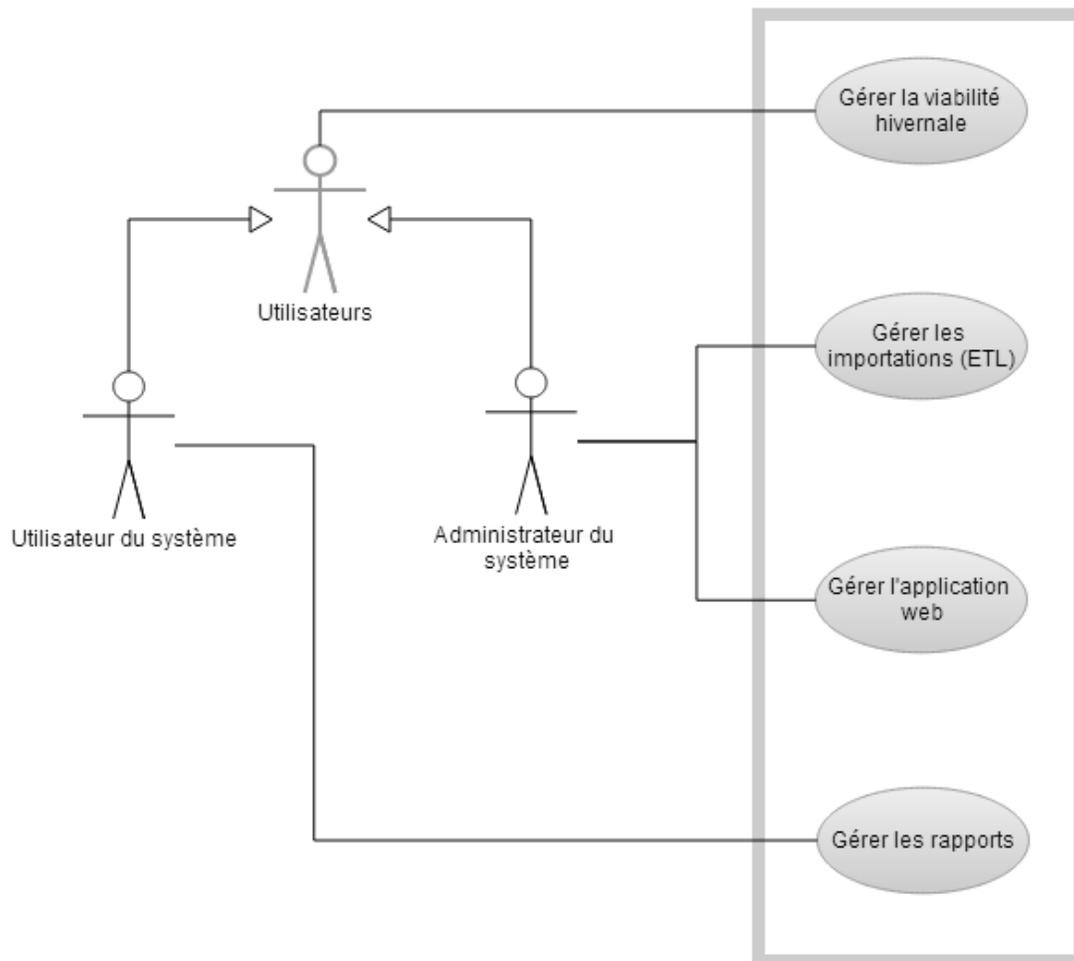
#### 5.3.2.1 2.1 OBJECTIFS DU SYSTÈME D'INFORMATION

L'objectif du système d'information proposé est de constituer un outil novateur favorisant la présentation simple et efficace de multiples flux d'information. L'outil vise à permettre à tout gestionnaire ou décideur d'accéder rapidement à des informations qui faciliteront la gestion de la viabilité hivernale.

#### 5.3.2.2 2.2 PORTÉE DU SYSTÈME D'INFORMATION

Pour cette section, nous présentons les interactions générales. Le modèle présenté ci-dessous est un diagramme de cas d'utilisation (UML) qui documente globalement comment les utilisateurs s'attendent à interagir avec le système.

## Diagramme de cas d'utilisation global



L'activité "Gérer la viabilité hivernale" constitue le «cœur» du nouveau système pour les utilisateurs. Pour bien saisir sa portée, le lecteur est invité à consulter le livrable L490, où l'interface à l'utilisateur de même que quelques détails fonctionnels sont explicites. Cette activité est fondée sur le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale et sur l'ensemble des maquettes que nous avons développées au cours des trois dernières années.

Dans le cadre du projet, nous n'avons pas exploré les activités suivantes:

- Gérer les importations (ETL)
- Gérer l'application web
- Gérer les rapports

## 5.4 L240 – Sommaire des principes et critères généraux Version 1.0

### 5.4.1 RAISON D'ÊTRE

- Résumer les principes et les critères de qualité de niveau utilisateur.
- Esquisser les principes et les critères de qualité de niveau utilisateur qui seront ensuite détaillés dans des sections spécifiques.
- Remplacer les principes et les critères de qualité détaillés par un document succinct.

#### 5.4.1.1 1.1 DESCRIPTION

Ce bien livrable est le sommaire des principes et des critères de qualité de niveau utilisateur.

### 5.4.2 2 INTRODUCTION

Ce document présente les choix de l'architecture fonctionnelle et la définition des principes fonctionnels.

Cette section est composée de 7 types de principes fonctionnels, soit les suivants :

- Principes généraux, niveau utilisateur
- Principes généraux, niveau serveur
- Principes administratifs et d'organisation du travail
- Principes de fonctionnement de l'interface utilisateur
- Principes de fonctionnement du traitement automatisé
- Principes de contrôle de l'évolution
- Principes de sécurité et de confidentialité

### 5.4.3 3 DESCRIPTION DES PRINCIPES FONCTIONNELS

#### 5.4.3.1 3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX, NIVEAU UTILISATEUR

Le but de ce système est d'offrir, par le moyen d'une application web, la possibilité de consulter et d'analyser des flux d'information à l'aide d'un outil cartographique simple. On y accède à l'aide d'un navigateur web qui récupère des informations stockées sur un serveur de données à partir d'une authentification d'utilisateur.

Le système est conçu sur la base d'un modèle d'application web où les serveurs (web et données) résident soit dans l'organisation, soit chez un fournisseur de données. Le système n'exige pas l'utilisation d'application localement installée sur le poste de l'utilisateur. L'accès à l'application est sécurisé par un nom d'utilisateur et un mot de passe. Ainsi, la maquette du modèle de viabilité hivernale avec ces interfaces ne nécessite aucune autre installation de

composantes particulières. Cependant, le navigateur Internet Explorer récent ou tout autre navigateur web récent doit être préalablement installé sur l'ordinateur.

L'interface à l'utilisateur est de type graphique (GUI). L'interface sera construite entièrement avec des éléments en français et une version en anglais pourra éventuellement être envisagée en fonction des besoins et de la clientèle.

Grâce au bouton de navigation qu'on retrouve dans le coin supérieur droit de la maquette, l'utilisateur peut en tout temps revenir à l'interface de navigation. Pour contextualiser les informations présentées dans les différents modes, on retrouve dans la section gauche de l'application web, des options liées aux deux aspects suivants:

- Sélection du contexte spatial (direction territoriale, circuits)
- Sélection du contexte temporel (date)

Lorsque l'utilisateur s'identifie sur l'application web, une interface de navigation permet à l'utilisateur de choisir le mode qu'il souhaite explorer. Par défaut, les modes de visualisation suivants sont disponibles:

- **Mode prévisionnel (prévisions):** ce mode d'affichage présente par défaut les éléments d'information de prévision suivants:
  - Pré-alertes;
  - Prévisions météo;
  - Opérations des autres directions territoriales;
  - Aléas prévus.
- **Mode de monitoring (observations):** ce mode d'affichage présente par défaut les éléments d'information d'observation suivants:
  - Alertes;
  - Image radar;
  - Caméras de surveillance;
  - Données des stations météo;
  - Circulation sur le réseau;
  - Aléas observés;
  - Ressources en opération;
  - Patrouilles;
  - Conditions routières;
  - Incidents.
- **Mode détaillé (prévisions et observations):** ce mode d'affichage permet de visualiser le détail de chaque section qu'on retrouve dans le modèle de gestion de la viabilité hivernale.

- **Mode de configuration du système:** ce mode permet de gérer certains paramètres de configurations liés à chaque section qu'on retrouve dans le modèle.

De plus, l'utilisateur a la possibilité d'ajouter des modes d'affichage personnalisés (Mes vues). Finalement, l'utilisateur peut sélectionner les couches d'information qu'il souhaite voir s'afficher sur la carte. La fenêtre des légendes dynamiques permet d'afficher la signification des éléments qu'on retrouve sur la carte.

#### 5.4.3.2 3.2 PRINCIPES GÉNÉRAUX, NIVEAU SERVEUR

L'architecture du niveau serveur des données du prototype est représentée dans la Figure 3. Cette architecture est utilisée pour fournir une structure de capitalisation de la donnée afin d'aider à la prise de décision en viabilité hivernale.

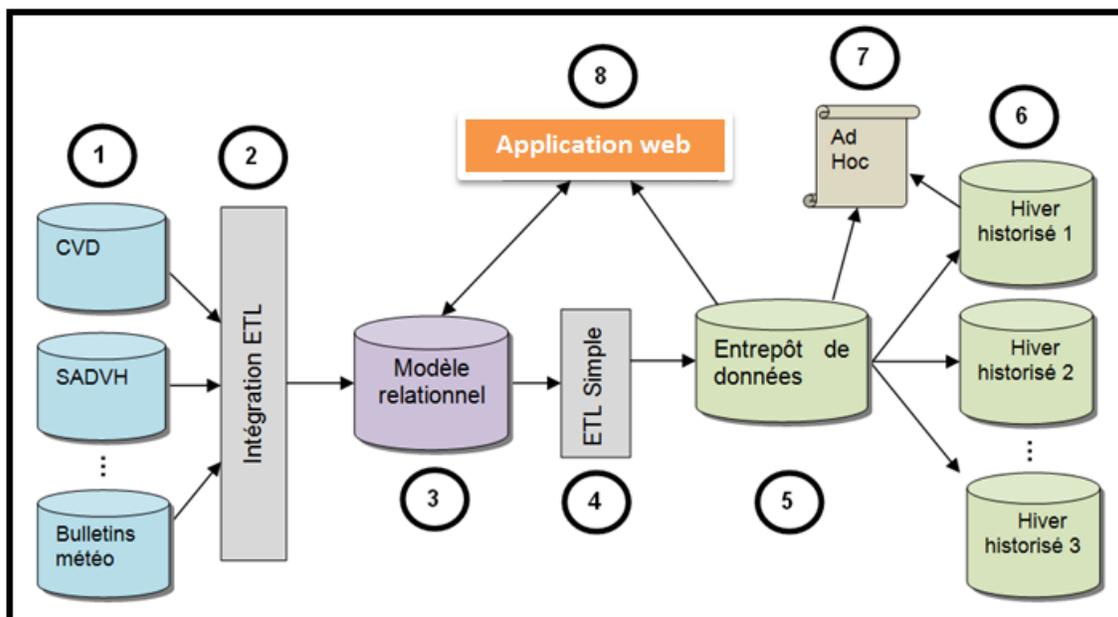


FIGURE 5: ARCHITECTURE GLOBALE DES DONNÉES

Nous expliquons ci-dessous les différentes composantes du modèle.

1. Bases de données existantes : il existe plusieurs bases de données qui lorsqu'elles sont combinées offrent plusieurs possibilités d'analyses. Dans notre cas, les bases de données internes CVD et SADVH sont utiles au projet. De plus, des données externes des bulletins météorologiques d'Environnement Canada sont aussi utiles pour la viabilité hivernale.
2. Intégration ETL : ETL est connu sous le terme anglais « Extract-Transform-Load ». Il s'agit d'une technologie informatique permettant d'effectuer des synchronisations massives d'information de différentes bases de données hétérogènes vers une base de données unifiée. Le processus permet donc d'intégrer les différentes sources de données.
3. Modèle relationnel : pour la gestion courante du système (volet opérationnel pour une période de 1 à 3 jours), une base de données relationnelle sera utilisée. Il est préférable d'utiliser une modélisation différente de l'entrepôt de données pour gérer ce volet de l'application.
4. ETL simple : tout comme l'intégration ETL (2), l'ETL simple est le processus d'extraction des données pour les transformer et les transférer dans une autre base de données. Dans ce cas, l'ETL est utilisé afin d'intégrer les données au modèle multidimensionnel de l'entrepôt de données (données historisées).
5. Entrepôt de données : un entrepôt de données est une base de données regroupant l'ensemble des données fonctionnelles d'une entreprise. Il entre dans le domaine de l'informatique décisionnelle. Son but est de fournir un ensemble de données servant de référence unique, utilisée pour la prise de décision dans l'entreprise par le biais de statistiques et de rapports réalisés via des outils de reporting. Il repose sur le principe de conservation des données ou de non-volatilité des données.
6. Processus d'archivage : un processus d'archivage peut être utilisé lorsque plusieurs hivers sont présents dans l'entrepôt de données. Ainsi, un archivage prenant en considération une plus petite précision des données (niveau de granularité) permettrait de diminuer considérablement la taille de l'entrepôt de données.
7. Rapports : par le biais de statistiques et de rapports réalisés via des outils de reporting, des analyses ad hoc peuvent être utilisées pour aider la prise de décision.
8. Application web : l'application web permet de prévoir les différents aléas météorologiques en fonction des événements qui se produisent pendant l'hiver. L'application permet en outre de générer des alertes et de prescrire des stratégies d'intervention.

C'est aussi depuis ce serveur de données qu'on gère les droits d'accès aux données (personnes autorisées à regarder certaines données sensibles, personnes autorisées à mettre à jour les informations et à insérer des nouvelles données).

Au niveau du serveur de l'application web, l'application web fonctionne suivant la configuration ci-dessous (voir Figure 6).

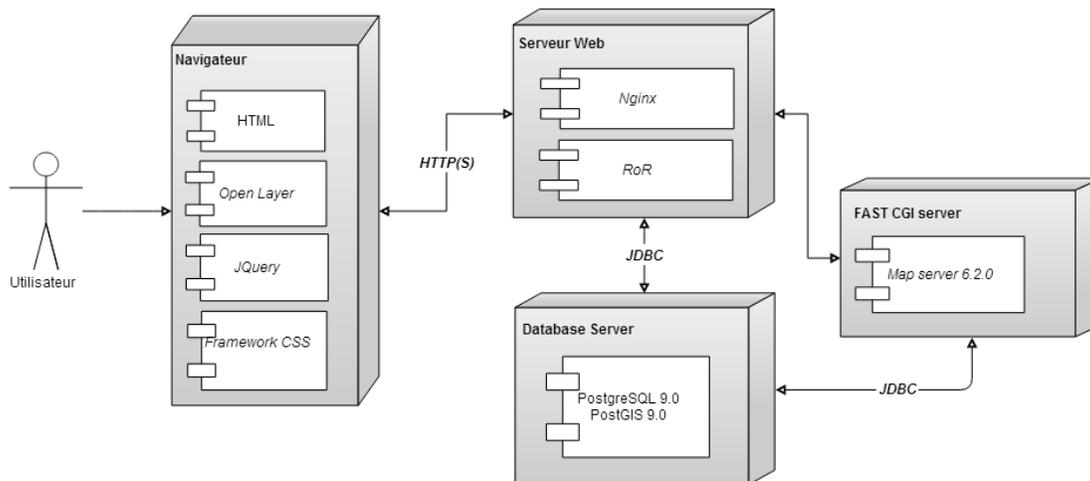


FIGURE 6: ARCHITECTURE GLOBALE DES DONNÉES

Ces technologies pourront être installées sur un serveur du MTQ.

#### 5.4.3.3 PRINCIPES ADMINISTRATIFS ET D'ORGANISATION DU TRAVAIL

C'est l'organisation propriétaire du système qui est responsable du contenu de l'application en termes de données. Les données qui sont utilisées dans l'application web proviennent de plusieurs sources de données hétérogènes et peuvent présenter, dans certains cas, des problèmes de qualité de données. L'importation, la transformation et la transformation de ces données devra être faite par l'organisation propriétaire du système.

De plus, il est possible que des interventions de maintenance soient effectuées pour supporter l'acquisition des données de nouveaux flux d'information pour leur chargement dans la base de données.

#### **5.4.3.4 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE L'INTERFACE UTILISATEUR**

L'interface à l'utilisateur est fondamentalement de type graphique (GUI). Cette interface est de type application web, c'est-à-dire qu'on y accède via un navigateur web. Cette application est conçue avec un maximum de qualité graphique pour le « look and feel » et un minimum d'encombrement pour l'utilisateur. Il doit être **très simple et facile d'utilisation** avec des info-bulles (tool tip) sur la majorité des boutons d'action et peu de saisie de clavier. L'espace écran doit être maximisé pour l'affichage de la carte intelligente avec ses différentes couches d'information. Le design de l'interface à l'utilisateur est optimisé pour n'importe quel mode d'affichage. L'utilisateur a la possibilité de modifier le fond cartographique et de modifier les paramètres d'affichage des tableaux de bord. Dans la zone d'affichage cartographique, l'utilisateur a la possibilité d'utiliser des fonctionnalités de base pour paramétrer l'affichage de la carte (zoom in, zoom out, plan, etc.). Pour faciliter l'utilisation de l'application de consultation cartographique, l'utilisateur a accès en tout temps à une aide.

#### **5.4.3.5 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU TRAITEMENT AUTOMATISÉ**

Le système comprend principalement les traitements automatisés suivants :

- Copies de sécurité quotidiennes effectuées sur le serveur. L'opération de la copie est lancée automatiquement à une fréquence prédéterminée.
- Mise à jour automatique de la base de données. Le processus d'ETL (Extract / Transform / Load) sera lancé automatiquement pour s'assurer d'avoir des données à jour.
- La détection des risques météorologiques et des niveaux de vulnérabilité de ces risques se font de manière automatique.
- La détection des différentes alertes du système est générée automatiquement.

#### **5.4.3.6 PRINCIPES DE CONTRÔLE DE L'EVOLUTION**

L'interaction entre l'application de viabilité hivernale et la base de données se fait à l'aide de requêtes SQL standards. Puisque nous utilisons une application web, les mises à jour de l'application se font de manière transparente et automatique pour l'utilisateur. Pour s'assurer d'avoir en tout temps une version fonctionnelle du système de gestion de la viabilité hivernale, les modifications et nouveaux développements web seront effectués, dans un premier temps, par les développeurs sur un serveur de développement. Puis, dans un deuxième temps, lorsque le tout sera fonctionnel et testé, la nouvelle version de l'application web sera mise à jour sur les serveurs de production.

#### **5.4.3.7 PRINCIPES DE SÉCURITÉ ET DE CONFIDENTIALITÉ**

Les aspects de sécurité suivants sont pris en considération par le système.

- La sécurité des bases de données et de l'application web
  - La banque de données est protégée de toute manipulation des utilisateurs non autorisés par des méthodes standards d'accès avec un nom d'utilisateur et un mot de passe.
  - L'accès direct à la base de données ne peut se faire que seulement à partir de l'application web.
  - L'accès à l'application est protégé à l'aide d'un nom d'utilisateur et d'un mot de passe encrypté.

## **5.5 L250 – Description des fonctions et des unités de tâches Version 1.0**

### **5.5.1 RAISON D'ÊTRE**

- Présenter un regroupement significatif d'unités de tâches;
- Aider à gérer la complexité de l'architecture;
- Faciliter l'assignation des tâches pour l'analyse des cas d'utilisation.

### **5.5.2 ARCHITECTURE FONCTIONNELLE**

#### **5.5.2.1 MODÈLE GLOBAL DES SOUS-SYSTÈMES**

D'un point de vue global, l'architecture fonctionnelle nous a permis de décomposer le prototype du modèle de gestion de la viabilité hivernale en trois sous-systèmes complémentaires. Il s'agit des sous-systèmes suivants:

- Sous-système A - "Gérer la viabilité hivernale"
- Sous-système B - "Gérer les importations de données (ETL)"
- Sous-système C - "Gérer l'application web"
- Sous-système D - "Gérer les rapports"

Le modèle global présenté à la Figure 7 illustre l'interaction de l'ensemble des sous-systèmes. Nous présentons plus en détail chacun de ces sous-systèmes.

## Diagramme de cas d'utilisation global

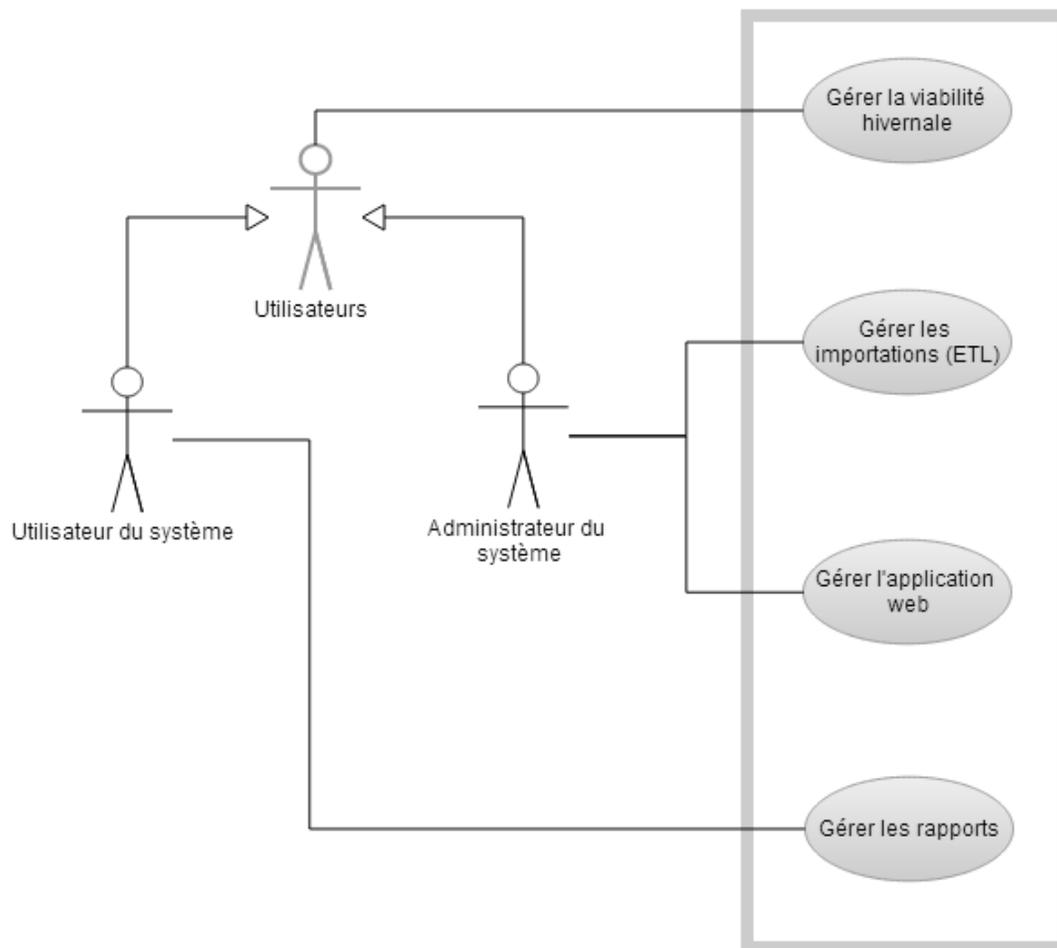


FIGURE 7: DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION GLOBAL

**5.5.2.2 Sous-système A : “Gérer la viabilité hivernale”**

Le sous-système A est l’application web end-user du modèle de viabilité hivernale et vise à offrir toutes les fonctionnalités requises pour matérialiser le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale. La vue d’ensemble de ce sous-système est présentée à la Figure 8.

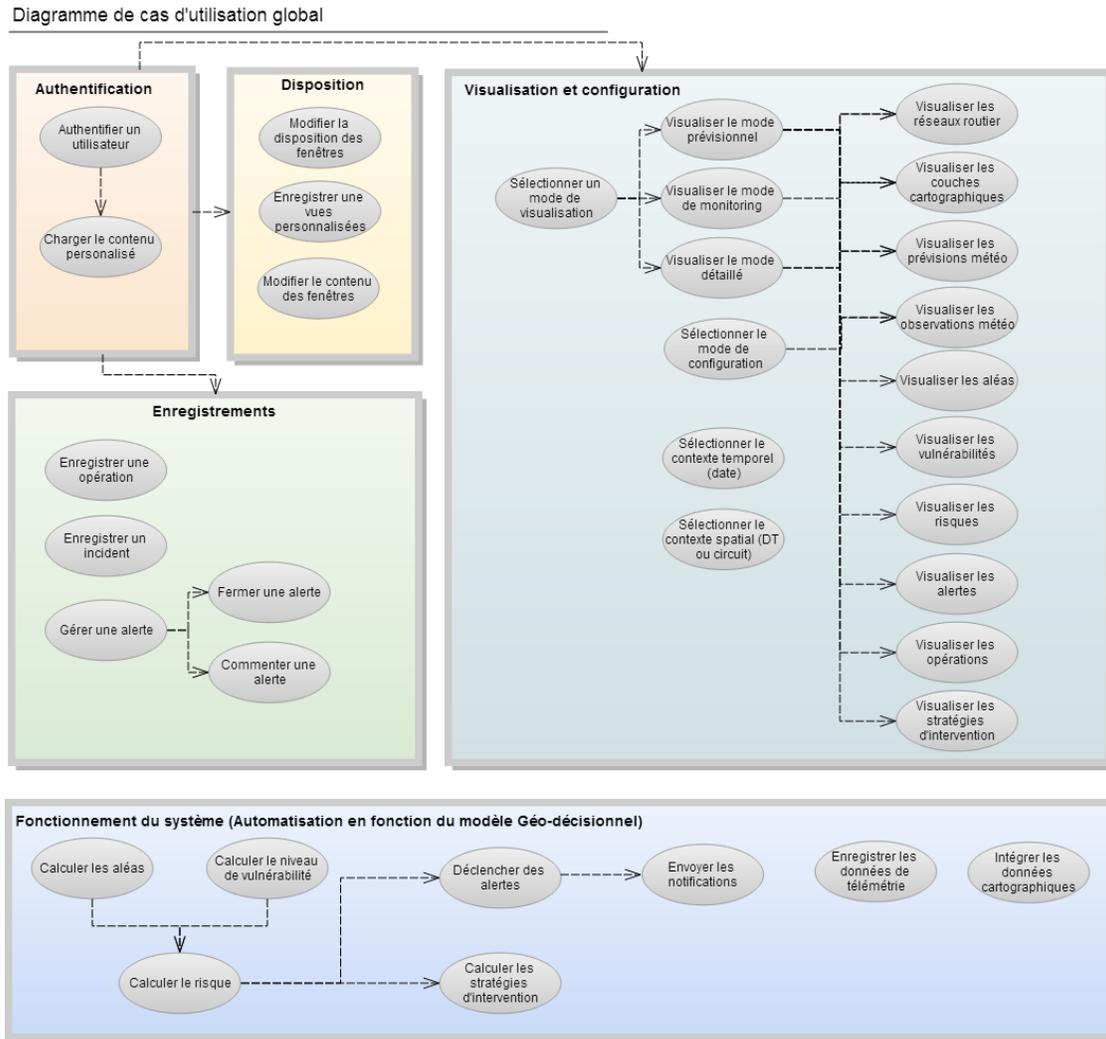


FIGURE 8:DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION – SOUS-SYSTÈME A

Le sous-système A – Gérer la viabilité hivernale est formellement constitué des fonctions suivantes :

- Authentifier un utilisateur
- Charger le contenu personnalisé
- Modifier la disposition des fenêtres
- Enregistrer une vue personnalisée
- Modifier le contenu des fenêtres
- Enregistrer une opération
- Enregistrer un incident
- Gérer une alerte
- Fermer une alerte
- Commenter une alerte
- Sélectionner un mode de visualisation
- Visualiser le mode de monitoring
- Visualiser le mode prévisionnel
- Visualiser le mode détaillé
- Sélectionner le mode de configuration
- Sélectionner le contexte temporel (date)
- Sélectionner le contexte spatial (DT ou circuit)
- Visualiser les réseaux routiers
- Visualiser les couches cartographiques
- Visualiser les prévisions météo
- Visualiser les observations météo
- Visualiser les aléas
- Visualiser les vulnérabilités
- Visualiser les risques
- Visualiser les alertes
- Visualiser les opérations
- Visualiser les stratégies d'intervention
- Calculer les aléas
- Calculer le niveau de vulnérabilité
- Calculer le risque
- Déclencher des alertes
- Envoyer les notifications
- Calculer les stratégies d'intervention
- Enregistrer les données de télémétrie
- Intégrer les données cartographiques

### **Authentifier un utilisateur**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- À partir d'une interface web, l'utilisateur entre son identifiant et son mot de passe en prenant en considération les majuscules et minuscules.
- Grâce à une option, l'utilisateur a la possibilité d'enregistrer ses informations d'identification.
- Une fois que les informations sont entrées, cliquez sur le bouton "OK" pour finaliser l'authentification.

### **Charger le contenu personnalisé**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- En fonction de l'utilisateur authentifié, l'application web charge le contenu et la disposition des différents modules qui sont associés à cet utilisateur.

### **Modifier la disposition des fenêtres**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- La mise en page de la navigation permet à l'utilisateur d'organiser son environnement de travail comme il le souhaite.
- Les options de mise en page permettent :
  - d'ajuster le nombre de fenêtre (hauteur et largeur);
  - d'ajuster la dimension des fenêtres (hauteur et largeur);
  - d'ajuster l'espacement entre les fenêtres (horizontal et vertical).
- Cette fonctionnalité permet d'ajouter au tableau de bord des modules prédéfinis d'information.
- Lorsque qu'une fenêtre est ajoutée, l'utilisateur peut alors la redimensionner et la déplacer à l'endroit souhaité.

### **Enregistrer une vue personnalisée**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- En appuyant sur le bouton enregistrer, l'utilisateur peut enregistrer les modifications apportées au tableau de bord. Le tableau de bord de l'application web permet d'ajouter ou de supprimer des vues personnalisées.
- L'utilisateur peut donc créer, nommer et organiser le tableau de bord en fonction de ses besoins.

### **Modifier le contenu des fenêtres**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- À partir des choix proposés par l'application web, choisir le type de contenu de la fenêtre.
- Une fois que le type de contenu est déterminé, choisir le sous élément à afficher.
- La fonctionnalité permet aussi de changer le titre de la fenêtre.

### **Enregistrer une opération**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Dans le cas où une opération est prescrite manuellement, l'utilisateur peut ajouter une opération directement qui sera alors liée à un circuit.
- Les informations suivantes sont nécessaires à l'enregistrement d'une opération:
  - la date et l'heure;
  - le circuit;
  - le type d'intervenant;
  - la source de la demande;
  - la description de l'opération.

## Enregistrer un incident

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Dans le cas où un incident arrive sur le réseau routier, l'utilisateur peut l'ajouter via l'application web en spécifiant sa position.
- Les informations suivantes sont nécessaires à l'enregistrement d'une opération:
  - la date et l'heure;
  - la localisation de l'incident (en cliquant sur la carte) :
  - le type d'intervenant envoyé sur les lieux;
  - la source de la demande;
  - la description de l'incident.

## Gérer une alerte

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- La fenêtre d'alerte affiche le détail de l'alerte avec les informations suivantes:
  - le type d'alerte;
  - la date et l'heure;
  - la description;
  - les commentaires des utilisateurs;
  - le statut de l'alerte.
- La gestion des alertes permet de lier les actions prises à un utilisateur et d'enregistrer un historique des actions prises.

## Fermer une alerte

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Lorsqu'on clique sur le bouton *Fermer* une alerte, l'application web modifie le statut de l'alerte à fermer.

### Commenter une alerte

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Lorsqu'on clique sur le bouton *commenter une* alerte, l'utilisateur a la possibilité d'ajouter un commentaire à l'alerte sélectionnée.

### Sélectionner un mode de visualisation

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Lorsque l'utilisateur s'identifie sur l'application web, une interface de navigation lui permet de choisir le mode qu'il souhaite visualiser. Par défaut, les modes de visualisation suivants sont disponibles:
  - Mode prévisionnel (prévisions)
  - Mode de monitoring (observations)
  - Mode détaillé (prévisions et observations)
  - Mode de configuration du système
- L'utilisateur a la possibilité d'ajouter des modes d'affichage personnalisés (Mes vues).
- La disposition des modes de visualisation sont en fait des tableaux de bord dans lesquels on y retrouve différentes fenêtres.
- Grâce au bouton de navigation qu'on retrouve dans le coin supérieur droit de la maquette, l'utilisateur peut en tout temps revenir à l'interface de navigation.

### Visualiser le mode de monitoring

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Le mode de monitoring présente à l'utilisateur tous les éléments d'information qui sont liés à des données d'observation.
- Par défaut, la fenêtre de cartographie est plus grande puisque plusieurs informations peuvent être représentées sur une carte.
- Les éléments d'information d'observation qu'on retrouve dans la carte sont les suivants:
  - Alertes;
  - Image radar;
  - Caméras de surveillance;
  - Données des stations météo;
  - Circulation sur le réseau;

- Aléas observés;
  - Ressources en opération;
  - Patrouilles;
  - Conditions routières;
  - Incidents.
- Lorsque l'utilisateur visualise une direction territoriale, les informations suivantes sont présentées:
    - Ensemble des alertes qu'on retrouve sur la direction territoriale
    - Les indicateurs de performance ci-dessous:
      - Heures en activités d'opération;
      - Atteinte du niveau de service;
      - Pourcentage des ressources en opération;
      - Délai moyen encouru depuis le dernier passage.
    - Données des stations météorologiques
- Lorsque l'utilisateur visualise un circuit, les informations suivantes sont présentées:
    - Ensemble des alertes qu'on retrouve sur le circuit sélectionné;
    - Pour un circuit donné, l'utilisateur peut ajouter manuellement un incident;
    - Pour un circuit donné, l'utilisateur peut ajouter manuellement une opération;
    - Détail des aléas, vulnérabilités, risques et opérations du circuit sélectionné.

### Visualiser le mode prévisionnel

#### Mode d'exécution : Direct

#### Description :

- Le mode prévisionnel présente à l'utilisateur tous les éléments d'information qui sont liés à des données de prévision.
- Lorsque l'utilisateur visualise une direction territoriale, les éléments d'information de prévision qu'on retrouve dans ce mode de visualisation sont les suivants:
  - Pré-alertes;
  - Prévisions météo;
  - Opérations des autres directions territoriales.
- Lorsque l'utilisateur visualise un circuit, les informations suivantes sont présentées:
  - Détail des prévisions des aléas;
  - Pré-alertes;
  - Prévisions météo;
  - Opérations des autres directions territoriales.

## Visualiser le mode détaillé

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Le mode détaillé présente à l'utilisateur le détail des éléments d'information qu'on retrouve sur dans le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale.
- Les éléments d'information qu'on retrouve dans ce mode sont les suivants:
  - Aléas;
  - Vulnérabilités;
  - Risques;
  - Déclencheurs;
  - Stratégie d'intervention;
  - Qui / comment;
  - Alertes;
  - Opérations;
  - Monitoring.
- Dans l'interface de navigation, lorsque l'utilisateur sélectionne le mode détaillé, une deuxième fenêtre s'affiche pour lui permettre de sélectionner une sous-catégorie.

## Sélectionner le mode de configuration

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Le mode de configuration permet à l'utilisateur de modifier certains paramètres de configuration qu'on peut retrouver dans le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale.
- Les paramètres de configuration qu'on retrouve dans ce mode sont regroupés comme suit:
  - Aléas;
  - Vulnérabilités;
  - Risques;
  - Déclencheurs;
  - Stratégie d'intervention;
  - Qui / comment;
  - Alertes;
  - Opérations;
  - Monitoring.
- Dans l'interface de navigation, lorsque l'utilisateur sélectionne le mode de configuration, une deuxième fenêtre s'affiche pour lui permettre de sélectionner une sous-catégorie.

### Sélectionner le contexte temporel (date)

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Choisir la date et l'heure des informations affichées au niveau du tableau de bord et de l'affichage géographique.
- Une fois le choix effectué, l'application affiche les informations souhaitées en fonction des préférences de l'utilisateur.

### Sélectionner le contexte spatial (DT ou circuit)

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Choisir la direction territoriale (DT) ou circuit pour lequel nous souhaitons afficher les informations du tableau de bord et de l'affichage géographique.
- Une fois le choix effectué, l'application affiche les informations souhaitées en fonction des préférences de l'utilisateur.

### Visualiser les réseaux routiers

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- Le fond cartographique que nous utilisons dans cette application web est celui de Google et permet d'afficher le réseau routier, les villes, certains bâtiments, les parcs et les cours d'eaux.
- Les étiquettes de ces couches d'information sont aussi affichées dans l'application cartographique.

### Visualiser les couches cartographiques

Mode d'exécution : Direct

Description :

- À partir des choix effectués par l'utilisateur, la cartographie affiche les informations pertinentes à la requête.
- Les légendes des couches d'information présentes dans l'application cartographique sont aussi affichées dynamiquement en fonction des couches sélectionnées.

### Visualiser les prévisions météo

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher graphiquement à l'aide d'un histogramme une courbe des prévisions météorologiques du circuit sélectionné.
- L'utilisateur peut obtenir le détail des différentes prévisions météo en pointant le curseur sur la prévision.

### Visualiser les observations météo

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher de manière tabulaire les observations des différentes stations météo qu'on retrouve sur le réseau.
- Afficher graphiquement les variations de la température et les observations des différentes stations météo qu'on retrouve sur le réseau.
- Afficher sur la carte l'image radar des précipitations.

### Visualiser les aléas

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher à l'aide d'un tableau les différents événements météo de prévision et d'observation qui sont détectés pour un circuit souhaité. Le tableau permet d'avoir une vue horaire des événements météo qu'on retrouve dans la journée.
- La fenêtre cartographique affiche les aléas détectés sur le réseau.

### Visualiser les vulnérabilités

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher à l'aide d'un tableau les différents éléments de vulnérabilité pour un circuit souhaité. Le tableau permet d'avoir une vue horaire des conditions routières, de la circulation et de la vulnérabilité qu'on retrouve dans la journée.
- La fenêtre cartographique affiche la circulation routière, les conditions routières, le nombre d'accidents et le niveau de vulnérabilité du réseau routier.

### Visualiser les risques

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher à l'aide d'un tableau les différents éléments de risque pour un circuit souhaité.
- La fenêtre cartographique affiche sur les circuits le niveau de risque identifié grâce au modèle géo-décisionnel.

### Visualiser les alertes

Mode d'exécution : Direct

Description :

- L'application web affiche ces différentes alertes sous forme d'une liste.
- Afin d'attirer l'attention de l'utilisateur, les fenêtres affectées par de nouvelles alertes sont automatiquement encadrées d'une bordure rouge. Un bip sonore ainsi qu'un pop-up permettent aussi d'avertir l'utilisateur.
- Lorsqu'on clique sur le bouton **Zoom** d'une alerte, l'application cartographique se positionne automatiquement à l'endroit où se situe l'alerte (fenêtre cartographique).

### Visualiser les opérations

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Afficher à l'aide d'un tableau les différents éléments d'opération pour un circuit souhaité. Le tableau permet d'avoir une vue horaire des aléas, des vulnérabilités et des interventions qu'on retrouve dans la journée.
- Dans le tableau de bord, l'application cartographique affiche les opérations réalisées en fonction du circuit sélectionné et du moment de la journée sélectionné.

### Visualiser les stratégies d'intervention

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Dans le mode détaillé, il est possible pour l'utilisateur de visualiser le détail de la stratégie d'intervention. Le tableau permet d'avoir une vue horaire des aléas, des vulnérabilités et des interventions qu'on retrouve dans la journée.
- Dans le tableau de bord, l'application cartographique affiche les opérations réalisées en fonction du circuit sélectionné et du moment de la journée sélectionné.

**Calculer les aléas**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- À l'aide du modèle géo-décisionnel et des différents évènements météo, le système calcule les différents aléas du réseau.

**Calculer le niveau de vulnérabilité**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- À l'aide du modèle géo-décisionnel, le système calcule les différents niveaux de vulnérabilité du réseau (période de l'année, circulation, niveau de service, etc.).

**Calculer le risque**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- À l'aide des aléas et des vulnérabilités détectés, le système calcule les risques routiers du réseau (modèle géo-décisionnel).
- À l'aide du modèle géo-décisionnel, le système calcule les différentes prescriptions d'intervention du réseau.

**Déclencher des alertes**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- À tout moment, l'application web analyse les données dont elle dispose pour générer les alertes prédéfinies dans le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale.
- Les alertes sont générées en fonction des seuils définis par défaut ou ceux définis par l'utilisateur (voir modèle géo-décisionnel).

## Envoyer les notifications

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- L'application web permet aux utilisateurs de recevoir les alertes directement par:
  - Cascade d'appels téléphoniques;
  - Message sur pagette alphanumérique;
  - Alerte sonore sur téléphone intelligent;
  - Texto (SMS);
  - Alerte visuelle sur tablette ou téléphone intelligent;
  - Courriel;
  - Trame XML (norme STI de communication centre à centre);
  - Plan de communication du centre de gestion de la viabilité hivernale;
  - Application web de gestion de la viabilité hivernale (exemple : point rouge clignotant sur une cartographie).
- En fonction des paramètres de configuration préalablement définis, les notifications sont envoyées aux bonnes personnes.

## Calculer les stratégies d'intervention

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- À tout moment, l'application web analyse les données dont elle dispose pour calculer les stratégies d'interventions.
- Le modèle géo-décisionnel de gestion de la viabilité hivernale ne gère pas le calcul des stratégies d'intervention.
- Dans le cadre du projet, nous proposons d'utiliser les réseaux de neurones existants au sein du MTQ. Cet outil permet de proposer une stratégie d'intervention basée sur des variables associées aux types de chaussée, aux contextes météo et aux conditions de chaussée.
- Les stratégies sont générées en fonction des seuils définis par défaut ou ceux définis par l'utilisateur (voir modèle géo-décisionnel).

### **Enregistrer les données de télémétrie**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- L'application web récupère l'ensemble des données de télémétrie du Ministère des Transports pour qu'elles soient disponibles pour les utilisateurs.
- Le processus d'importation est décrit en détail dans le sous-système "Gérer les importations ETL".

### **Intégrer les données cartographiques**

Mode d'exécution : Indirect

Description :

- L'application web récupère l'ensemble des données cartographiques (internes ou externes) pour qu'elles soient disponibles pour les utilisateurs.

### 5.5.2.3 Sous-système B : “Gérer les importations ETL”

Le sous-système B est un module permettant de charger l’information dans le système de gestion de la viabilité hivernale. La vue d’ensemble de ce sous-système est présentée ci-dessous (Figure 9).

#### Diagramme de cas d'utilisation global

---

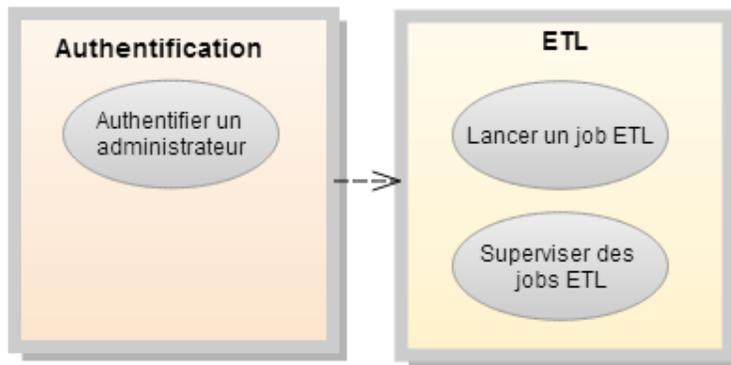


FIGURE 9: DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION - SOUS-SYSTÈME B

Le sous-système B “Gérer les importations ETL” est formellement constitué de 3 fonctions, à savoir :

- Authentifier un administrateur;
- Lancer un job ETL;
- Superviser des jobs ETL.

#### Authentifier un administrateur

Mode d’exécution : Direct

Description :

- À partir d’une interface web, l'utilisateur entre son identifiant et son mot de passe en prenant en considération les majuscules et minuscules.
- Grâce à une option, l'utilisateur a la possibilité d'enregistrer ses informations d'identification.
- Selon les droits d’accès de l'utilisateur authentifié, la gestion des importations ETL est disponible ou non.

### Lancer un job ETL

Mode d'exécution : Direct et indirect

Description :

- Fournir la capacité d'exécuter des « jobs » sur les données entrantes, telles que le nettoyage, la synthèse, l'agrégation, ou les transformations appliquées aux données avant leur stockage dans les archives.
- Fournir la capacité d'exécuter automatiquement des « jobs » ETL.
- Effectuer des contrôles de qualité sur les données.

### Superviser des jobs ETL

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Détecter les problèmes de connexions et d'importation des données.
- Envoyer des notifications d'erreur à l'aide du module d'alerte, de SMS ou de courriels.

#### 5.5.2.4 Sous-système C : "Gérer l'application web"

Le sous-système C "Gérer l'application web" est formellement constitué de 2 fonctions, à savoir (voir Figure 10) :

- Gérer l'accès aux modules d'information;
- Gérer le serveur de l'application.

#### Diagramme de cas d'utilisation

---

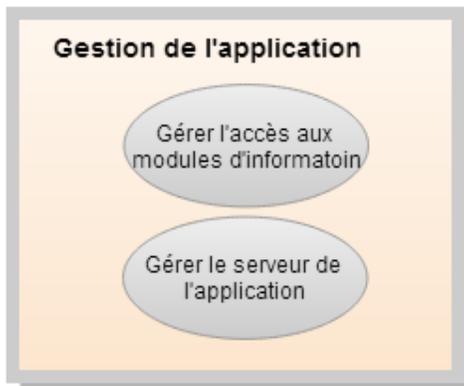


FIGURE 10:DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION - SOUS-SYSTÈME C

#### Gérer l'accès aux modules d'information

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Gérer les personnes qui ont les droits d'accès à l'application web de gestion de viabilité hivernale. Normalement, tout utilisateur de l'application web a un droit d'accès aux informations en mode lecture.
- Pour certains groupes d'utilisateurs, l'accès à des modules d'information ne sera pas disponible.
- Certains utilisateurs possèdent des droits de mise à jour du processus d'extraction des données du système.

## Gérer le serveur de l'application

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Gestion du serveur avec les droits d'administrateur de la base de données;
- Gestion des **back-ups** du système et du réseau.

### 5.5.2.5 Sous-système D - "Gérer les rapports"

Le sous-système D "Gérer les rapports" est formellement constitué de 3 fonctions, à savoir (voir Figure 11):

- Authentifier un administrateur;
- Imprimer des rapports;
- Gérer les rapports.

## Diagramme de cas d'utilisation

---

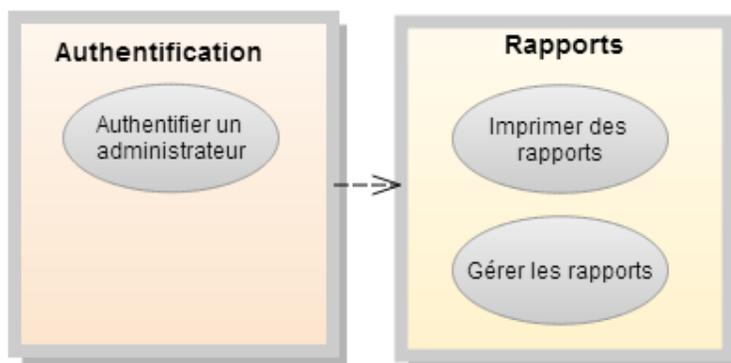


FIGURE 11: DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION - SOUS-SYSTÈME D

### **Authentifier un administrateur**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- À partir d'une interface web, l'utilisateur entre son identifiant et son mot de passe en prenant en considération les majuscules et minuscules.
- Grâce à une option, l'utilisateur a la possibilité d'enregistrer ses informations d'identification.
- Selon les droits d'accès de l'utilisateur authentifié, la gestion des rapports est disponible ou non.

### **Imprimer des rapports**

Mode d'exécution : Direct et indirect

Description :

- Fournir la capacité d'imprimer des rapports prédéfinis.
- Fournir la capacité d'exécuter automatiquement l'impression de rapports.

### **Gérer les rapports**

Mode d'exécution : Direct

Description :

- Fournir la capacité de modifier, supprimer et créer des rapports.

## 6 CONCLUSION

### 6.1 Synthèse des résultats

La présente recherche a permis de mener une importante réflexion concernant les concepts menant au développement d'un modèle d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale. Ce rapport se veut le fruit de l'intégration de toute une série de recherches et de travaux antérieurs qui ont permis d'en arriver à un modèle complet de gestion de la viabilité hivernale. Rappelons que les principaux travaux qui ont permis d'arriver à ce modèle géo-décisionnel sont :

1. Laboratoire de GéoBusiness (2012). Prototypage d'un modèle d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale (R690.1). Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
2. Gabriel Guimond-Prévost (2011). Élaboration d'un tableau de bord géospatial pour l'aide à la décision en viabilité hivernale. Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
3. nXstream (2009). Veille des modes de gestion tirant profit de la géomatique d'affaires pour exploiter les données véhiculaires en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.
4. nXstream, BsideU et VisionMétéo Inc. (2009). Viabilité hivernale : exploitation des données et typologies d'intervention et d'évènements climatiques. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.
5. nXstream (2010). Élaboration d'un modèle prédictif des opérations en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.
6. Divers éléments d'information issus de différentes rencontres sur le projet

À titre de résultats, nous avons constitué une version complète d'un modèle géo-décisionnel de gestion en viabilité hivernale qui permettra de répondre aux besoins du MTQ. De plus, nous avons intégré au modèle les différents indicateurs clés de performance (KPI) identifiés lors de l'enquête DELPHI. Nous avons donc déterminé les niveaux de vulnérabilité et de risque, ainsi que les différents indicateurs clés de performance. Sur la base de ce modèle, nous avons élaboré une maquette informationnelle visant à illustrer le fonctionnement d'un futur système géo-décisionnel. Finalement, nous avons pris le soin de documenter les fonctionnalités du futur système et son utilisation par un « pas-à-pas », en vue de montrer comment ce système pourra appuyer la prise de décision au niveau opérationnel.

## 6.2 Recommandations

Sur la base des travaux réalisés dans la présente recherche appliquée, plusieurs actions pourront être menées par le ministère afin de mettre en oeuvre un système géo-décisionnel en viabilité hivernale au sein de l'organisation. Nous recommandons de mener les diverses actions suivantes :

- **Constituer un dossier d'affaires** : Pour harmoniser les efforts en viabilité hivernale au ministère en vue de créer des synergies et constituer des économies d'échelle, il importe d'adopter rapidement une approche « décisionnelle » et non « technologique » au ministère. Une telle approche permettra de constituer un dossier d'affaires cohérent et mettant en évidence les perspectives de valeur ajoutée. Ceci guidera également les modalités d'intégration de données existantes suivant des notions de STI, le choix de sources de données complémentaires (internes/externes au ministère, ajout de télémétrie véhiculaire ou de capteurs météo), l'établissement d'un scénario progressif de mise en oeuvre (phases successives), ainsi que le dégagement des budgets de développement/prototypage requis.
- **Développer un système opérationnel à partir de la maquette** : La création du modèle géo-décisionnel a permis d'établir des liens entre plusieurs paramètres météorologiques et routiers. Sur cette base, le développement du système permettra de tirer profit des données disponibles au MTQ. Le système, basé sur le forage de données et l'analyse spatiale du réseau routier, s'articulera autour d'alertes basées sur des seuils de performance opérationnelle.
- **Mener un projet pilote afin de mieux quantifier l'apport décisionnel du système** : Nous recommandons de poursuivre les efforts en vue de concrétiser le tout sur le plan technique, et de se rapprocher ainsi d'un réel système d'aide à la décision géospatiale. Pour ce faire, nous recommandons au MTQ les étapes suivantes :
  1. Au sein du MTQ, sélectionner une Direction Territoriale (DT) où les gains en termes d'amélioration des performances décisionnelles en viabilité hivernale sont susceptibles d'être représentatifs pour l'ensemble des DT;
  2. Déployer les capteurs complémentaires requis (télémétrie véhiculaire, stations météo, capteurs embarqués, etc.), selon les éléments décisionnels devant être alimentés en données;
  3. Élaborer une approche orientée « services », basée sur des logiciels-orchestrateurs, permettant de tirer profit des systèmes actuels, sans la nécessité de les faire évoluer à court terme;

4. Tester le tout en opération au cours d'une saison hivernale, particulièrement lors de quelques tempêtes hivernales (approche comparée entre l'actuel et le nouveau système);
  5. Ajuster finement les différents paramètres (indicateurs clés, seuils, etc.) du modèle géo-décisionnel, ainsi que certaines fonctionnalités d'affichage de l'information si requis;
- **Généraliser l'utilisation du système dans d'autres régions du Québec :** Finalement, en fonction des résultats du projet pilote, il sera requis de bien quantifier les bénéfices qu'un tel système pourra apporter au MTQ, dans l'optique de généraliser son utilisation vers d'autres régions du Québec où des centres de monitoring météoroutier sont en opération.

## RÉFÉRENCES

Holloway, A. (2002). BI lexicon. Channel Business, 15(14), 22.

Howson, C. (2008). Successful Business Intelligence – Secrets to Making BI a Killer App. New York, McGraw Hill, 244p.

Eppler, M.J. et Mengis, J. (2003). A Framework for Information Overload Research in Organizations. Insights from Organization Science, Accounting, Marketing, MIS, and Related Disciplines, septembre, University of Lugano, Lugano, 42p.

Gabriel Guimond-Prévost (2011). Élaboration d'un tableau de bord géospatial pour l'aide à la Décision en viabilité hivernale. Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.

Inmon, W.H. (2002). Building the Data Warehouse, New-York, 3rd edition. Wiley, 412p.

Kaplan, R. et Norton, D. (1996). Using the Balanced Scorecard: measures that drive performance, Harvard Business Review, 74(1), 75-86.

Laboratoire de GéoBusiness (2012). Prototypage d'un modèle d'intelligence géospatiale en viabilité hivernale (R690.1). Faculté d'administration, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.

Ministère de la Sécurité publique (2008). Concepts de base en sécurité civile. Québec, Sécurité civile du Québec

nXstream (2009). Veille des modes de gestion tirant profit de la géomatique d'affaires pour exploiter les données véhiculaires en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.

nXstream, BsideU et VisionMétéo Inc. (2009). Viabilité hivernale : exploitation des données et typologies d'intervention et d'évènements climatiques. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.

nXstream (2010). Élaboration d'un modèle prédictif des opérations en viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke.

Office québécois de la langue française. (1994, 1999, 2002 et 2004). Le grand dictionnaire terminologique. Saisie le 23 mars 2011 de <http://www.granddictionnaire.com>.

Robitaille, J.-P. (2011). Les sels de voirie au Québec : proposition d'une démarche de gestion environnementale spécifique aux zones vulnérables. Université de Sherbrooke.

Scottish Construction Forum. (2007). Scottish Construction industry : key Performance Indicators, KPI workshop, Scottish Executive, Aberdeen, 12 February.

Voyer, P. (1999). Tableau de bord de gestion et indicateurs de performance, 2e édition, Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy, 446p

## ANNEXE 1 – ÉLÉMENTS DE DONNÉES ET SOURCES DE DONNÉES

Familles		Variables	Station Météo	ROH	ERT	Suivi des événements	Monitoring de véhicules	GEH
Connaissance de la route	Connaissance du réseau	Géographie - Pentes dans les courbes						X
		Géographie - Pentes raides en ligne droite						X
		Géographie - Proximité des cours d'eau et lac						
		Géographie - Végétation en bordure des routes						
		Géographie - Nature du sous-sol	X					
		Géographie - Proximité d'obstacles						X
		Infrastructures - Taille des voies						X
		Infrastructures - Position des ponts						
		Infrastructures - Position des entrepôts		X				
		Infrastructures - Position des tunnels						
		Infrastructures - Rampes d'accès						X
		Infrastructures - Barrières contre congères						
		Infrastructures - Position des stations météorologiques routières	X					
		Infrastructures - Système automatisé de gestion des fondants						
		Infrastructures - Panneaux de signalisation dynamique (Ex. : PMV)						
	Infrastructures - Information sur le réseau					X	X	
	Infrastructures - Connexions entre les réseaux de transports						X	
	Connaissance sur l'utilisation du réseau	Trafic - Densité de population						
		Trafic - DJMH - Débit journalier moyen hivernal						
		Trafic - DJMA - Débit journalier moyen par année						
		Trafic - Étude des origines destinations						
		Trafic - Modes de transport utilisés						
		Trafic - Image des caméras routières						
		Événements sur le réseau - Zones propices aux congères						
		Événements sur le réseau - Zones propices aux accidents						
		Événements sur le réseau - Avalanches et mouvements de terrain						

Familles		Variables	Station Météo	ROH	ERT	Suivi des événements	Monitoring de véhicules	GEH	
Connaissance de la météorologie	Connaissance des conditions atmosphériques	Température de l'air prévision							
		Température de l'air observation	X				X		
		Humidité de l'air prévision							
		Humidité de l'air observation	X					X	
		Pression atmosphérique prévision							
		Pression atmosphérique observation	X					X	
		Point de rosée observation	X						
		Visibilité observée	X			X	X		
	Connaissance sur les vents	Direction des vents prévision							
		Direction des vents observation	X						
		Vitesse moyenne du vent prévision							
		Vitesse moyenne du vent observation							
		Vitesse des rafales prévision	X						
		Vitesse des rafales observation							
		Direction des rafales de vent observation	X						
		Température avec le refroidissement éolien prévision	X						
	Température avec le refroidissement éolien observation								
	Connaissance des précipitations	Probabilité de précipitations							
		Début des précipitations observation	X						
		Types de précipitations prévision							
		Types de précipitations observation	X						
		Quantité et durée des précipitations prévision							
		Quantité et durée des précipitations observation							
		Accumulation des précipitations (ex:24h) prévision							
		Accumulation des précipitations (ex:24h) observation							
	Connaissance de la réaction des infrastructures	Température du pont							
		Température de la chaussée (surface)	X					X	
		Température en profondeur	X						
		Indice de gel/dégel de chaussée							
		État de surface de la chaussée (observation)				X			
		Conditions routières de la chaussée (historique)				X	X		

Familles		Variables	Station Météo	ROH	ERT	Suivi des événements	Monitoring de véhicules	GEH
Connaissance de la flotte de véhicules	Connaissance sur le véhicule	Position du véhicule					X	
		Information sur les opérations réalisées		X			X	X
		Valeur du gyroscope - accélération, décélération, vitesse latérale						
		Temps de ralenti						
		Valeur de l'odomètre					X	
		Pression actuelle des pneumatiques						
		Condition de chargement					X	
	Connaissance des actions du conducteur	Vitesse du véhicule						
		Début des activités		X			X	
		Fin des activités		X			X	
		Information sur l'opérateur		X			X	
		Vitesse excessive						
		Accélération et décélération excessive						
		Prise de virage trop rapide						
	Connaissance des activités réalisées	Temps de conduite					X	X
		Temps d'arrêt						
		Taux de pose - Vitesse de rotation du tourniquet		X				
		Taux de pose - Méthode d'épandage utilisée					X	
		Taux de pose - Largeur du jet d'épandage						
		Taux de pose - Épandage manuel d'urgence (blast)					X	
		Consommation de sels		X			X	X
		Consommation d'abrasifs		X			X	X
		Consommation de calcium liquide		X			X	X
		Senseur de charrue sur l'utilisation - Sens unique (deux sens)						
	Senseur de charrue sur l'utilisation - Aile de côté							
	Constat d'événement routier					X		

