

G

HF  
1008.5  
US  
G85  
2011

ÉLABORATION D'UN TABLEAU DE BORD GÉOSPATIAL POUR L'AIDE À LA  
DÉCISION EN VIABILITÉ HIVERNALE

Par

GABRIEL GUIMOND-PRÉVOST

Mémoire présenté au programme de Stratégie de l'intelligence d'affaires

En vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences

FACULTÉ D'ADMINISTRATION  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Novembre 2011

## RÉSUMÉ

Les gestionnaires des routes du Québec doivent être en mesure de gérer les changements climatiques possibles au Québec. Actuellement, le Ministère des Transports du Québec (MTQ) amasse une grande quantité d'informations pour faciliter l'aide à la décision en situation de crise hivernale. Nous voulons donc sélectionner seulement les données nécessaires à la prise de décision. Ainsi, nous souhaitons améliorer la prise de décision opérationnelle et tactique en situation de viabilité hivernale en minimisant la quantité de données traitées par les gestionnaires.

Pour répondre à cette problématique, nous avons suivi la démarche suivante. Premièrement, nous avons défini les besoins des gestionnaires du MTQ. Deuxièmement, nous avons analysé les données disponibles dans les systèmes du MTQ pour ensuite les utiliser afin d'alimenter le nouveau système. Cette étape est cruciale, car il est devenu important d'identifier la valeur des données et les interactions de celles-ci avec les outils de rapports et de tableaux de bord. Troisièmement, nous avons procédé au développement d'un prototype de tableau de bord géospatial. Finalement, nous avons évalué notre prototype à l'aide d'une mise à l'essai en situation réelle.

Nos résultats sont un prototype de tableau de bord géospatial fonctionnel de fine pointe pour les gestionnaires, l'identification et la définition d'indicateurs clés de performance en viabilité hivernale et la structuration de la base de données qui alimente le système résultant.

---

Gabriel Guimond-Prévost (Candidat M. Sc.)

---

Claude Caron Ph.D. (Directeur)



## REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes ont joué un rôle déterminant dans l'élaboration de mon mémoire de maîtrise. Tout d'abord, j'aimerais remercier mon directeur de recherche, Claude Caron pour sa disponibilité et pour tous les bons conseils qu'il a su me prodiguer durant toute la durée de mon mémoire. Il m'a appuyé dès le début, lors de mon hésitation entre le profil recherche et le profil cours, et jusqu'à la fin de l'élaboration de mon mémoire.

J'aimerais aussi remercier Raphaël Royer-Rivard, Alexandra Gonzalez et Jonathan Nadeau pour leur appui dans les aspects techniques durant le développement du prototype. Je remercie aussi Éric Foley, Guillaume Marion et Serge Hamel pour le temps qu'ils m'ont accordé pour répondre à mes diverses questions traitant de viabilité hivernale.

J'aimerais également remercier trois collègues et amis avec qui j'ai fait ma maîtrise, Marc-Denis Léger, Pierre-Luc Gendron et François Duquette. Grâce à leurs bons conseils et leur humour, ils ont rendu l'achèvement de mon mémoire plus facile et plus agréable.

Finalement, j'aimerais remercier ma conjointe, Nadia St-Onge, qui a été présente dans les bons comme dans les moins bons moments de ma maîtrise. Elle m'a encouragé et m'a donné de bons conseils sur l'utilisation de la langue française. En plus de son aide, durant l'élaboration de mon mémoire, elle a donné naissance à notre premier enfant, Ophélie. J'aimerais aussi remercier mes parents, Jocelyne Guimond et Alain Prévost, et mes grands-parents, Germain et Pierrette Prévost, qui m'ont soutenu durant toute ma scolarité.

Merci à tous pour votre appui et votre aide!

# TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>II</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>III</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>IX</b>
<b>CHAPITRE 1 – INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1.1. MISE EN CONTEXTE .....	1
1.2. PROBLÉMATIQUE.....	2
1.3. OPPORTUNITÉS.....	4
1.3.1. <i>Opportunités de l'intelligence d'affaires</i> .....	4
1.3.2. <i>Opportunités de l'intelligence géospatiale</i> .....	5
1.4. PERSPECTIVE DE LA RECHERCHE .....	6
1.5. LE CENTRE INTÉGRÉ DE MONITORING (CIM) .....	6
1.6. SOMMAIRE DU CHAPITRE.....	9
<b>CHAPITRE 2 – REVUE DE L'EXISTANT .....</b>	<b>11</b>
2.1. STRUCTURATION DE LA REVUE DE L'EXISTANT .....	12
2.2. PRISE DE DÉCISION .....	15
2.3. VISUALISATION DES DONNÉES.....	16
2.3.1. <i>La perception et la visualisation des données</i> .....	16
2.3.2. <i>Les types de tableau de bord</i> .....	18
2.4. INDICATEURS DE PERFORMANCE .....	20
2.4.1. <i>Fondements des indicateurs de performance</i> .....	20
2.4.2. <i>Processus de mise en place des indicateurs de performance</i> .....	21
2.4.3. <i>Lien entre les indicateurs de performance et la structure hiérarchique</i> .....	23
2.5. LES SYSTÈMES D'INFORMATION .....	24
2.5.1. <i>Catégorisation des systèmes d'information</i> .....	24
2.5.2. <i>Les familles de systèmes d'information en viabilité hivernale au MTQ</i> .....	27
2.6. INTÉGRATION DES DONNÉES.....	29

2.6.1. <i>Le processus d'extraction, de transformation et de chargement des données</i> .....	29
2.6.2. <i>Entrepôt de données</i> .....	30
2.6.3. <i>La qualité des données</i> .....	31
2.7. ACQUISITION DES DONNÉES .....	32
2.7.1. <i>Les données géographiques</i> .....	32
2.7.2. <i>Les données en viabilité hivernale</i> .....	33
2.8. SOMMAIRE DU CHAPITRE.....	34
<b>CHAPITRE 3 – MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....</b>	<b>36</b>
3.1. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE .....	36
3.2. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE DÉTAILLÉE .....	36
3.2.1. <i>Étape 1 : Analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision</i> .....	37
3.2.2. <i>Étape 2 : Prototypage du système d'information</i> .....	38
3.2.3. <i>Étape 3 : Mise à l'essai du prototype</i> .....	42
3.2.4. <i>Étape 4 : Conclusions et recommandations</i> .....	42
3.3. SOMMAIRE DU CHAPITRE.....	42
<b>CHAPITRE 4 – PROTOTYPAGE .....</b>	<b>44</b>
4.1. CONTEXTE ORGANISATIONNEL.....	44
4.2. ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES PERTINENTES À LA PRISE DE DÉCISION .....	46
4.2.1. <i>Recherche d'indicateurs clés de performance en viabilité hivernale</i> .....	46
4.2.2. <i>Élaboration d'un modèle de documentation des indicateurs de performance</i> .....	51
4.2.3. <i>Validation des indicateurs clés de performance</i> .....	52
4.2.4. <i>Définition des données nécessaires pour construire les indicateurs clés de performance validés</i> .....	54
4.3. DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE.....	56
4.3.1. <i>Construire le cadre conceptuel du prototype</i> .....	57
4.3.2. <i>Développer l'architecture du prototype</i> .....	65
4.3.3. <i>Analyser et concevoir la première itération du prototype</i> .....	67
4.3.4. <i>Construire la première itération du prototype</i> .....	69
4.3.5. <i>Analyser et concevoir la deuxième itération du prototype</i> .....	71
4.3.6. <i>Construire la deuxième itération du prototype</i> .....	73
4.3.7. <i>Analyser et concevoir la troisième itération du prototype</i> .....	74

4.3.8. Construire la troisième itération du prototype .....	76
4.4. SOMMAIRE DU CHAPITRE.....	84
<b>CHAPITRE 5 – MISE À L’ESSAI DU PROTOTYPE .....</b>	<b>86</b>
5.1. PRÉPARATION DE LA MISE À L’ESSAI ET DU SCÉNARIO DE PRÉSENTATION .....	86
5.2. FAITS SAILLANTS DE LA MISE À L’ESSAI .....	88
5.3. RÉFLEXION SUR LES RÉSULTATS DE LA MISE À L’ESSAI .....	90
5.4. SOMMAIRE DU CHAPITRE.....	91
<b>CHAPITRE 6 – CONCLUSION .....</b>	<b>92</b>
6.1. RETOUR SUR LA QUESTION DE RECHERCHE .....	92
6.2. LIMITES DE LA RECHERCHE .....	93
6.3. RECOMMANDATIONS AU MTQ.....	96
6.4. PERSPECTIVES DE RECHERCHE .....	101
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>103</b>
<b>ANNEXE 1 : DOCUMENTATION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE.....</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXE 2 : ARCHITECTURE DE DONNÉES.....</b>	<b>118</b>



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La courbe en U inversée (Eppler et Mengis, 2003).....	3
Figure 2 : Récupération des niveaux de services (nXstream Technologies et <i>al.</i> , 2009).....	8
Figure 3 : Le tableau de bord du CIM (Ferland, 2006).....	9
Figure 4 : Approches de développement des SI (nXstream Technologies et <i>al.</i> , 2009).....	12
Figure 5 : Schéma de la revue de l'existant .....	13
Figure 6 : Les six principes visuels selon Gestalt .....	18
Figure 7 : <i>KPI wheel</i> (Gonzalez, 2005) .....	23
Figure 8 : Interrelations entre les SI (adapté de Laudon et Laudon, 2010) .....	26
Figure 9 : Niveau organisationnel et SI (adapté de Laudon et Laudon, 2010) .....	26
Figure 10 : Les SI en viabilité hivernale du MTQ (Hamel et Caron, 2011) .....	28
Figure 11 : Étapes de la qualité des données (Lyon, 1998) .....	31
Figure 12 : Prototype et système complet (Ministère des communications, 1993) .....	39
Figure 13 : Processus de développement de systèmes (adapté de Nunamaker et <i>al.</i> , 1990) .....	40
Figure 14 : Organigramme simplifié du MTQ (adapté de Gouvernement du Québec, 2007).....	45
Figure 15 : Conditions routières (adapté de Gouvernement du Québec, 2007).....	50
Figure 16 : Diagramme UML de cas d'utilisation .....	59
Figure 17 : Diagramme UML d'activités.....	61
Figure 18 : Diagramme UML de classes – Gestion des utilisateurs .....	62
Figure 19 : Diagramme UML de classes – Gestion des données des tableaux de bord .....	63
Figure 20 : Diagramme UML de classes – Gestion des alertes .....	65
Figure 21 : Architecture du CIM (adapté de Ferland et <i>al.</i> , 2005) .....	67
Figure 22 : Première itération du prototype papier .....	68
Figure 23 : Première itération du tableau de bord.....	70
Figure 24 : Deuxième itération du prototype papier .....	72
Figure 25 : Deuxième itération du tableau de bord.....	73
Figure 26 : Troisième itération du prototype papier .....	75
Figure 27 : Tableau de bord géospatial – Suivi du climat .....	77
Figure 28 : Tableau de bord géospatial – Suivi du réseau routier .....	78
Figure 29 : Tableau de bord géospatial – Suivi des opérations .....	79
Figure 30 : Tableau de bord tabulaire – Suivi du climat.....	80

Figure 31 : Tableau de bord tabulaire – Suivi du réseau routier.....	81
Figure 32 : Tableau de bord tabulaire – Suivi des opérations.....	82
Figure 33 : Affichage des alertes dans le tableau de bord tabulaire (1/2).....	83
Figure 34 : Affichage des alertes dans le tableau de bord tabulaire (2/2).....	84
Figure 35 : Carte vigilance d'Environnement Canada (Schneider et Gagnon, 2011) .....	95
Figure 36 : Un exemple de la « Vue en alerte ».....	97
Figure 37 : Données météo de Google Maps.....	99
Figure 38 : Architecture future du CIMIAG.....	101
Figure 39 : Modèle logique de données – Gestion des utilisateurs.....	119
Figure 40 : Modèle logique de données - Gestion des données des tableaux de bord.....	120
Figure 41 : Modèle logique de données – Gestion des alertes.....	121

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Niveaux décisionnels du Ministère des Transports du Québec .....	44
Tableau 2 : Liste des indicateurs stratégiques de performance en viabilité hivernale .....	46
Tableau 3 : Liste des indicateurs tactiques de performance en viabilité hivernale.....	47
Tableau 4 : Liste des indicateurs opérationnels de performance en viabilité hivernale .....	47
Tableau 5 : Niveaux de vigilance selon Environnement Canada (Schneider et Gagnon, 2011) ..	48
Tableau 6 : Modèle de documentation des indicateurs de performance .....	52
Tableau 7 : Indicateurs clés de performance et données nécessaires.....	55
Tableau 8 : Alertes de Windows et du prototype (adapté de Microsoft Corporation, 2011).....	55
Tableau 9 : Indicateurs clés de performance et seuils associés .....	56
Tableau 10 : Scénario de présentation .....	87
Tableau 11 : Sommaire des forces et faiblesses du prototype lors de la mise à l'essai .....	91
Tableau 12 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) stratégiques.....	110
Tableau 13 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) tactiques.....	111
Tableau 14 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) opérationnels .....	113



## **Chapitre 1 – Introduction**

L'information est devenue l'un des actifs les plus importants pour les entreprises et pour la société. Toutefois, cet actif peut rapidement devenir un cauchemar de gestion. En moyenne, un gestionnaire peut passer deux heures de sa journée à la recherche de données pour ensuite en éliminer près de la moitié (McGee, 2007). De plus, le volume de données est porté à augmenter continuellement, ce qui fera accroître le temps passé à la recherche de données. Entre 2004 et 2007, les entreprises du Fortune 1000 ont vu leurs données augmenter en moyenne de 190 téraoctets à un pétaoctet (1 million de giga-octets) (Mearian, 2007). Comme on peut le constater, les données sont importantes et en nombre imposant. Il faut maintenant trouver un moyen d'utiliser au maximum toutes les données collectées par les organisations.

### **1.1. Mise en contexte**

Le Ministère des Transports du Québec (MTQ) vit actuellement avec une problématique semblable. Le MTQ a pour mission d'assurer, sur tout le territoire, la mobilité durable des personnes et des marchandises par des systèmes de transport efficaces et sécuritaires, et ce, dans le but de contribuer au développement du Québec. Les principaux champs d'action du MTQ sont : les travaux de construction et d'amélioration du réseau routier, le soutien technique et financier aux municipalités concernant l'entretien et l'amélioration du réseau routier local, le soutien aux systèmes de transports de personnes (transports en commun) ainsi que le développement et la mise en place de programmes de sécurité en transport (Gouvernement du Québec, 2007). Le sujet de ce mémoire vise principalement les activités de viabilité hivernale du MTQ. Le concept de viabilité hivernale ne se limite pas seulement à l'entretien d'hiver. Il s'agit en effet du champ de compétence qui couvre l'ensemble des actions prises par tous les acteurs

pour s'adapter, ou combattre, la dégradation des conditions de circulation en situations hivernales (Gouvernement du Québec, 2007).

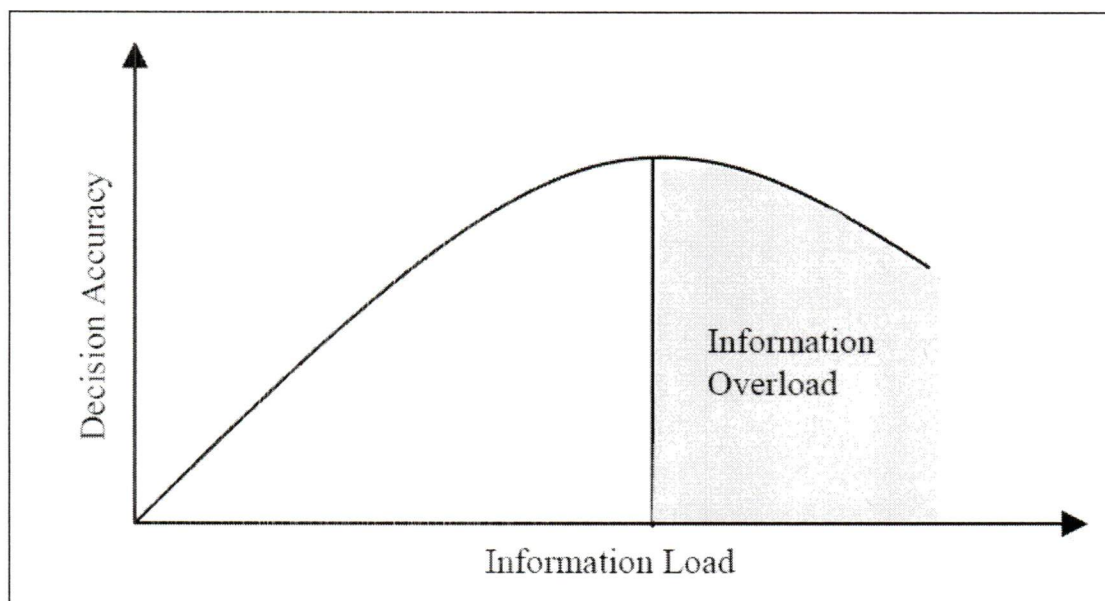
Le Québec est une région nordique, cette caractéristique provoque des changements climatiques très brusques et, quelques fois durant l'hiver, les conditions routières sont difficiles (chaussées glissantes, poudrerie, verglas, etc.). Cela affecte donc les transports de personnes et de marchandises sur le territoire québécois. Le Québec est donc vulnérable aux changements climatiques, notamment dans le secteur des transports (Rouleau, 2005). De plus, la faible densité de population du Québec nécessite beaucoup de routes pour rejoindre tous les habitants; les entretiens hivernaux sont donc très dispersés (AIPCR, 2010). Ceci confirme l'importance pour le MTQ de mener à bien les activités reliées à la viabilité hivernale.

Dans ce contexte, il est important de trouver une méthode pour tirer profit des informations collectées pour offrir le meilleur service et une sécurité optimale aux usagers de la route. Nous proposons donc une solution d'intelligence d'affaires et géospatiale pour répondre à une problématique réelle dont fait face le MTQ.

## **1.2. Problématique**

Une problématique a été identifiée par le MTQ dans les activités de viabilité hivernale. Les prochains paragraphes détaillent cette problématique de sélection de données et d'intégration des systèmes.

Plusieurs projets d'envergure reliés à la télémétrie véhiculaire, routière et météorologique ont été réalisés au MTQ depuis quelques années. Ces projets ont permis au MTQ de se construire une impressionnante banque de données. 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 effectuer leurs décisions pour éviter de se retrouver avec des « cimetières de données ».



**Figure 1 : La courbe en U inversée (Eppler et Mengis, 2003)**

Depuis plusieurs années, des efforts ont été investis au ministère pour mettre en œuvre des systèmes opérationnels et décisionnels. Malgré leur pertinence et leur performance individuelle,

le portrait global nous donne des systèmes contenant des données redondantes et difficilement intégrables. Une analyse plus détaillée des systèmes du MTQ se trouve à la section 2.5.2.

### **1.3. Opportunités**

La problématique vécue par le MTQ offre une ouverture intéressante pour deux domaines : l'intelligence d'affaires et l'intelligence géospatiale. En effet, alors que l'intelligence d'affaires permet de contribuer à résoudre la problématique d'intégration de données, l'intelligence géospatiale permet d'améliorer la visualisation des données en donnant une puissance d'analyse concernant les données géographiques.

#### **1.3.1. Opportunités de l'intelligence d'affaires**

L'intelligence d'affaires est définie comme une vaste catégorie de technologies, d'applications et de processus pour la collecte, le stockage, l'accès et l'analyse de données pour aider ces utilisateurs à prendre de meilleures décisions (Wixom et Watson, 2010). Pour sa part, le MTQ accumule une grande quantité de données différentes, mais celles-ci sont peu utilisées pour supporter la prise de décision. Donc, les processus et les différentes technologies de l'intelligence d'affaires sont tout indiqués pour répondre à la problématique exposée précédemment. Le domaine de l'intelligence d'affaires offre une utilisation très flexible de ces outils. Le processus de l'intelligence d'affaires évolue selon deux formes : tout d'abord, dans l'implantation des logiciels d'intelligence d'affaires (ex. demandes pour de nouvelles fonctionnalités) ensuite, l'environnement de l'entreprise qui se modifie, ce qui a un impact sur les interactions avec l'outil d'intelligence d'affaires (Scheps, 2008). Ainsi, en plus d'utiliser les



données collectées, le MTQ le fera en utilisant des outils souples et facilement utilisables par les utilisateurs.

### 1.3.2. Opportunités de l'intelligence géospatiale

L'intelligence géospatiale est définie comme la combinaison des caractéristiques de l'information spatiale avec les capacités des outils de géolocalisation afin de dégager des relations basées sur la situation géographique, dans le but de détecter de nouvelles opportunités et d'améliorer la prise de décision (Gandorf et Taylor, 2006). Nous observons que l'intelligence d'affaires et l'intelligence géospatiale ont toutes deux un but commun, soit le support de la prise de décision. L'intelligence géospatiale, quant à elle, se penche principalement sur les données géographiques. Le MTQ collecte plusieurs données reliées au positionnement (ex. positions des véhicules de déneigement, localisation des stations météorologiques et des caméras de surveillance). Deux aspects de l'intelligence géospatiale seront exploités durant cette recherche : les cartes et les analyses spatiales. Premièrement, l'utilisation de cartes facilite la visualisation de l'information. De cette façon, l'information est décryptée beaucoup plus facilement et rapidement par le décideur. Deuxièmement, l'utilisation d'analyses spatiales permet de déduire les caractéristiques d'un phénomène en faisant intervenir des données géographiques (Office québécois de la langue française, 2004).

L'intelligence d'affaires comprend, entre autres, les processus ETL qui traitent les données tabulaires dans les bases de données, ce que ne peut faire l'intelligence géospatiale. À l'inverse, les outils d'intelligence d'affaires ont traditionnellement de la difficulté à gérer la variété de

données géographiques (ESRI, 2006). Au final, les deux disciplines sont complémentaires et elles ont beaucoup à apprendre l'une de l'autre.

#### **1.4. Perspective de la recherche**

En réponse à la problématique rencontrée par le MTQ, nous voulons proposer une amélioration d'un système actuel qui pourrait, notamment par une meilleure représentation géographique des données, soutenir plus efficacement la prise de décision. La question de recherche s'exprime comme suit : **comment améliorer la prise de décision tactique et opérationnelle en situation**

**de viabilité hivernale en minimisant la quantité de données traitées par les gestionnaires?**

Pour répondre à cette question, nous allons essentiellement proposer le prototype d'un nouveau système d'information devant venir éventuellement compléter les outils décisionnels déjà en place au sein du MTQ; un système dans lequel les aspects décisionnels et géographiques seront représentés de manière plus efficace. Plusieurs enjeux du contexte actuel contribuant à la problématique ont été identifiés :

- Masquer la complexité du système auprès des gestionnaires et décideurs;
- Présenter l'information pertinente sur un média cartographique simple et efficace, ce qui permet d'optimiser le temps de réaction et les délais d'intervention dans les activités de viabilité hivernale;
- Intégrer les différentes sources de données actuellement « en silo ».

#### **1.5. Le Centre Intégré de Monitoring (CIM)**

Cette section va détailler les différentes technologies utilisées au CIM, le système que nous allons améliorer.

La mission du CIM est simple, elle se résume à 3 mots : surveiller, détecter et alerter. Les opérateurs doivent donc surveiller plusieurs types d'informations 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. Le CIM gravite autour de la viabilité hivernale; il est en activité du 15 octobre au 15 avril. De plus, il est présent lors de l'ensemble du cycle de récupération des niveaux de service (figure 2). Ce cycle permet de visualiser, dans le sens des aiguilles d'une montre, le scénario temporel d'une intervention en viabilité hivernale (nXstream Technologies et *al.*, 2009).

Pour réaliser sa mission, le CIM recueille continuellement des informations sur le territoire de l'Estrie. Le CIM contient plusieurs types de visualisation de l'information :

- Informations météo venant de la télévision (prévisions météorologiques) et de capteurs météorologiques (observations météorologiques) placés à des endroits précis sur le territoire;
- Informations des caméras de surveillance qui donnent un aperçu visuel sur les conditions routières et météorologiques;
- Images radar météo qui donnent des précisions sur les endroits ciblés par les précipitations;
- Informations sur les déplacements et les opérations des véhicules du ministère et des entrepreneurs.



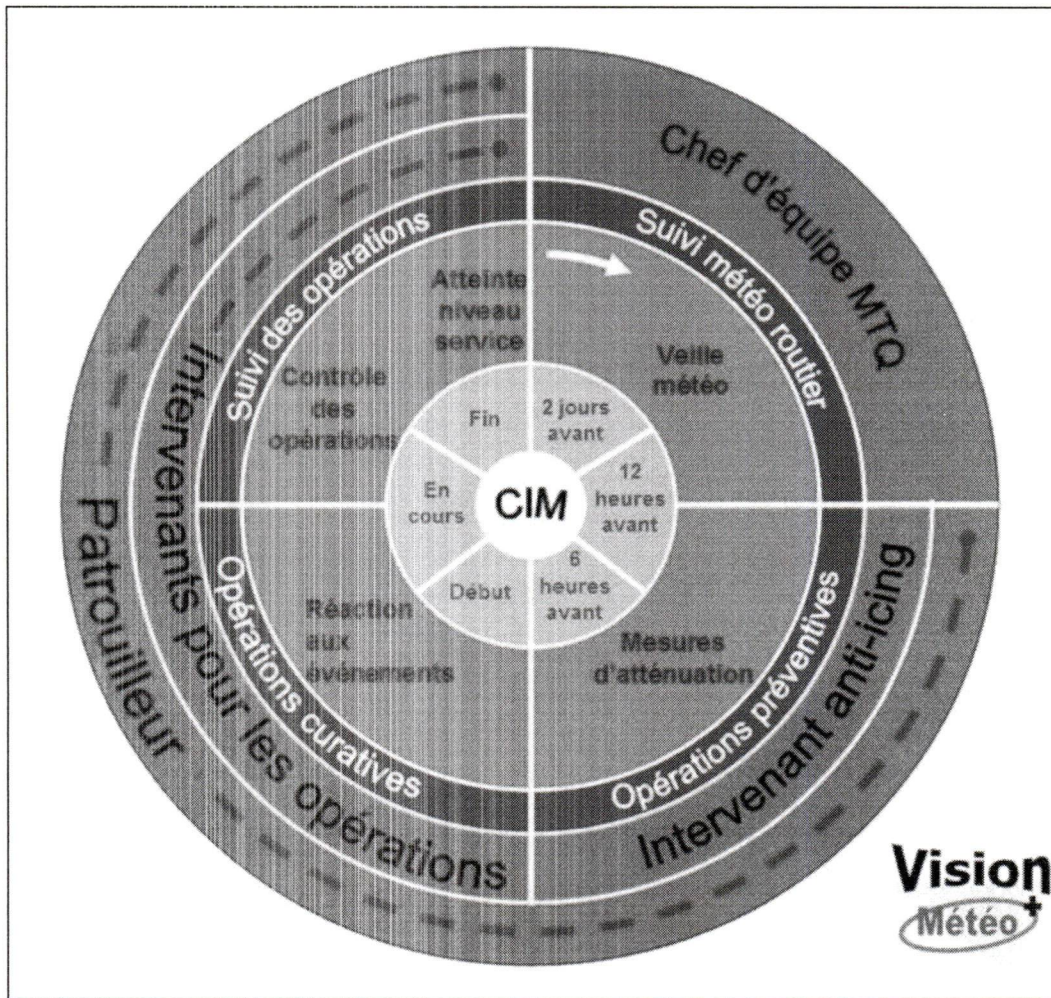


Figure 2 : Récupération des niveaux de services (nXstream Technologies et al., 2009)

Pour visualiser les informations, le CIM utilise une personne à temps plein pour l'analyse des données reçues et une personne supplémentaire en cas d'urgence. Ils se servent d'un projecteur qui montre le « tableau de bord ». L'information projetée se présente comme ceci (figure 3). En plus du tableau de bord, les opérateurs du CIM ont accès à un ordinateur possédant deux écrans pour visualiser de l'information. Donc, ils ont beaucoup d'endroits où l'information arrive (écran de télévision, écrans d'ordinateur et tableau de bord). Il est donc important que notre prototype permette aux opérateurs d'avoir moins d'écrans à regarder pour avoir l'information nécessaire à

détecter les risques sur le réseau routier. Il s'agit d'une importante mesure de succès du prototype et ce, sans surcharger les opérateurs d'informations inutiles.

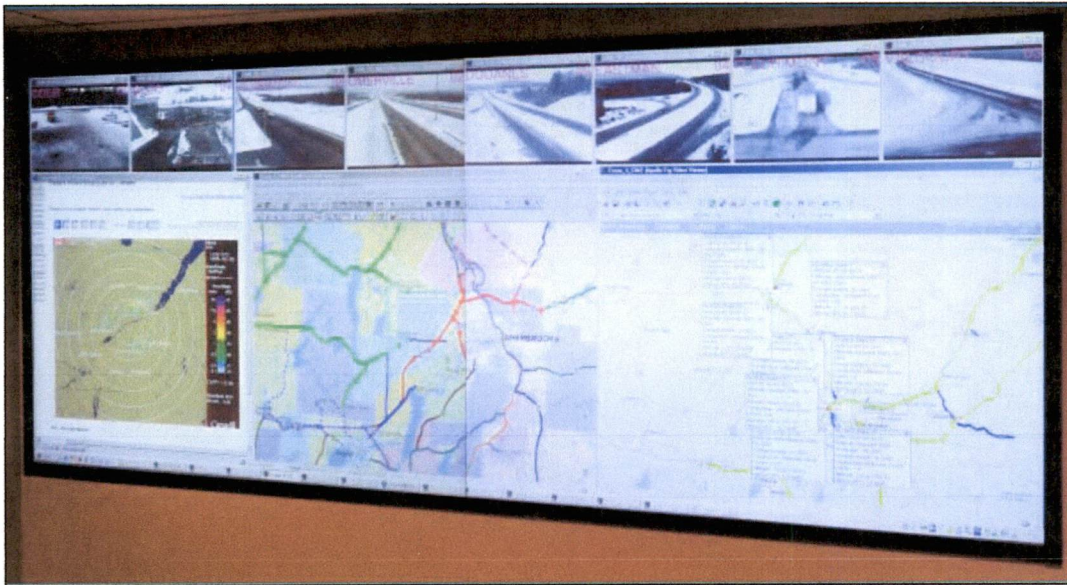


Figure 3 : Le tableau de bord du CIM (Ferland, 2006)

## 1.6. Sommaire du chapitre

En conclusion, les organisations collectent de plus en plus de données dans leurs processus, mais trop souvent elles ne les utilisent pas à leur plein potentiel. Le MTQ fait actuellement face à cette situation. Ainsi, cette recherche propose le prototype d'un nouveau système qui va réduire l'information traitée par les gestionnaires en combinant l'intelligence géospatiale pour la visualisation des données et pour les analyses spatiales et l'intelligence d'affaires pour l'intégration des données actuellement « en silo ».

Pour répondre à cette problématique, dans le chapitre deux, nous présentons une revue de l'existant sur les différents concepts abordés durant cette étude. Dans le chapitre trois, nous détaillerons la méthodologie utilisée pour répondre à la question de recherche. Dans le chapitre quatre, nous expliquerons en détail comment le prototype a été réalisé. Dans le chapitre cinq, nous allons exposer la mise à l'essai du prototype. Dans le chapitre six, les résultats et les perspectives futures générés par le développement du prototype seront présentés.



## Chapitre 2 – Revue de l'existant

La revue de l'existant a pour but de décrire les différents concepts théoriques liés au sujet traité. De plus, une analyse des données et des systèmes existants au MTQ pour faciliter le développement du prototype sera présentée.

Le domaine du développement des systèmes d'information (SI) a évolué selon plusieurs approches méthodologiques différentes pour en arriver à la conception de systèmes d'information telle que nous connaissons aujourd'hui. On reconnaît trois différentes approches : par les traitements, par les données et par les activités (figure 4). Tout d'abord, l'approche par les traitements se centre sur les opérations logiques faites par l'informatique. Le traitement se définit par une série d'opérations logiques ou d'opérations de calcul effectuées sur des données ou des informations (Office québécois de la langue française, 2002). Le cœur de cette pratique est donc le programme informatique qui gère les données. Ensuite, l'approche par les données a fait son apparition dans les années 1980. Cette approche se concentre sur les outils d'acquisition et de structuration des données. Cela permet aux organisations d'acquérir une importante quantité de données. Malheureusement, cette méthode favorise la création de « cimetières de données » comme dans l'exemple du MTQ, car les données collectées ne sont pas toujours pertinentes et vraiment utilisées au sein de l'entreprise. Enfin, émerge actuellement l'approche par les activités qui permet à l'organisation d'étudier ses prises de décision ou ses modes de gestion avant de se lancer dans la conception d'un SI. L'entreprise doit donc préalablement évaluer ses besoins d'information en termes de gestion et de décision. Aussi, elle doit se demander quelles données sont nécessaires pour prendre toutes les décisions capitales à sa survie (décisions et opérations courantes) et à sa croissance (décisions tactiques et stratégiques).

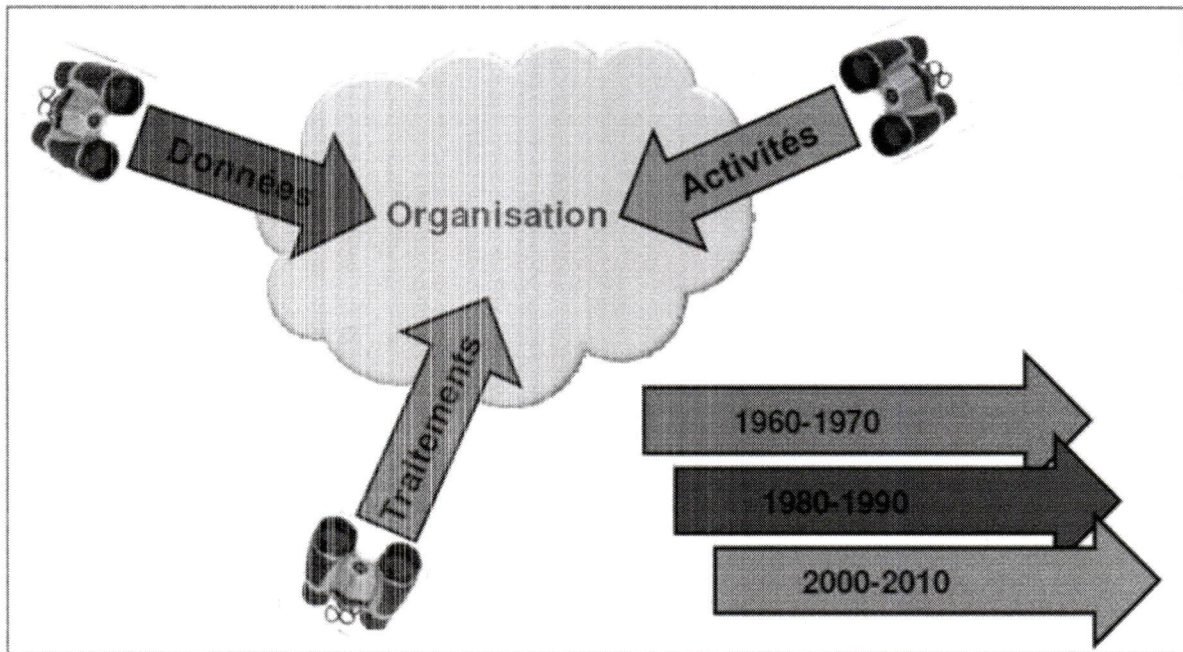


Figure 4 : Approches de développement des SI (nXstream Technologies et al., 2009)

## 2.1. Structuration de la revue de l'existant

La figure 5 est utilisée comme structure de la revue de l'existant. Tout d'abord, lors du développement d'un système transactionnel, l'entreprise débute par l'acquisition des données nécessaires à sa conception. Ensuite, elle place les données dans un SI transactionnel qui génère des rapports contenant de l'information pour diverses personnes dans l'entreprise. On développe habituellement ces systèmes selon l'approche de développement traditionnel des SI ou à l'aide de l'approche par les données. Ensuite, les systèmes d'intelligence d'affaires viennent « s'asseoir » sur les systèmes transactionnels, c'est-à-dire qu'ils intègrent les données déjà existantes dans les systèmes transactionnels et aussi des données externes. Par la suite, les systèmes en intelligence d'affaires produisent, entre autres, des indicateurs de performance et des tableaux de bord pour aider le gestionnaire dans sa prise de décision. Les systèmes en intelligence d'affaires se développent le plus souvent grâce à l'approche par les activités. Lors du

développement de ces deux types de systèmes, on accorde plus d'importance aux premières étapes de la conception, ces étapes sont effectuées plus précisément. L'un des premiers systèmes d'information qui vise la décision est le système d'aide à la décision (*Decision support system* ou DSS). Le prochain paragraphe est un rapide survol de ce type de SI.

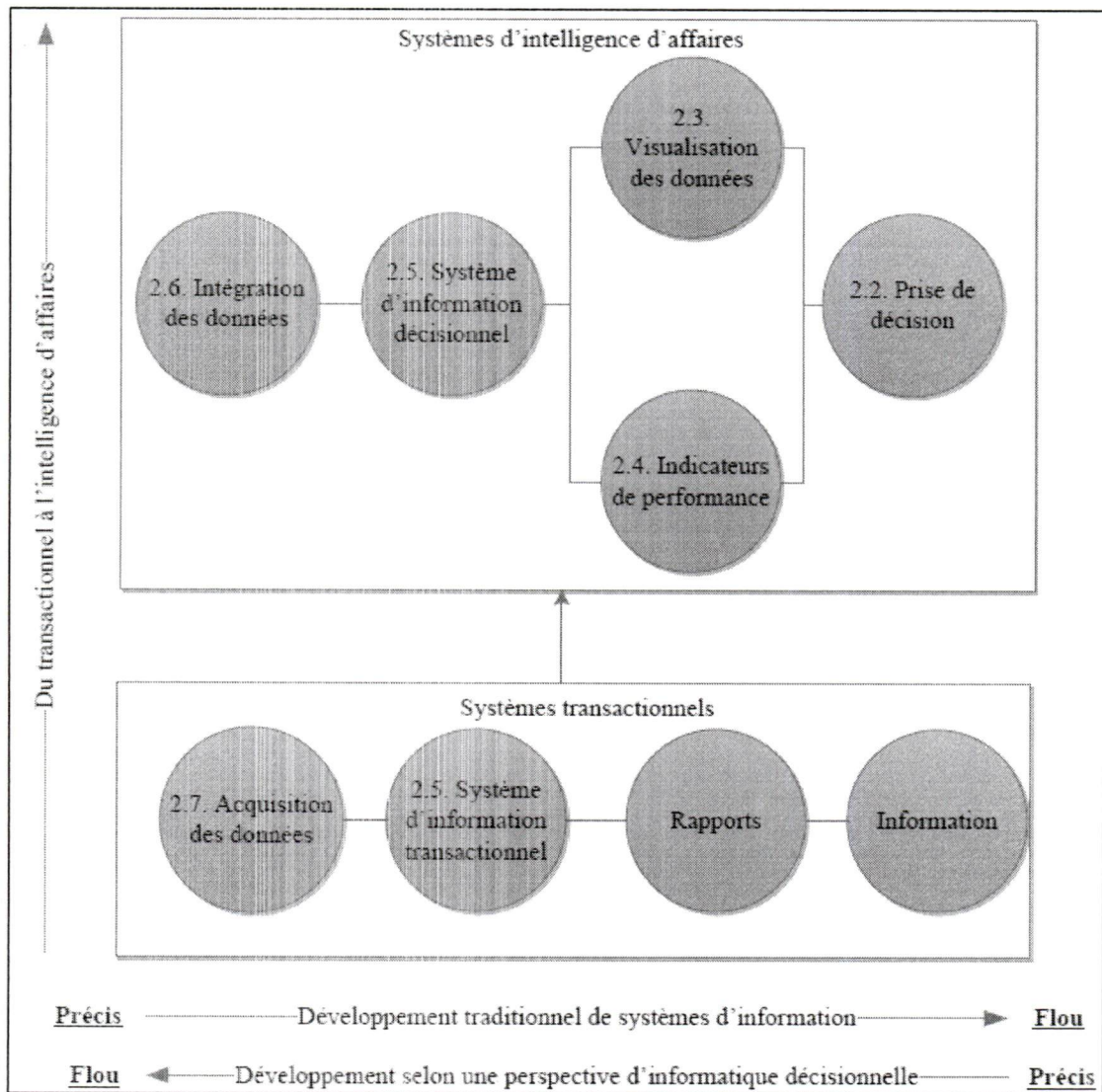


Figure 5 : Schéma de la revue de l'existant



Gorry et Scott Morton (1971) sont les premiers auteurs à traiter des DSS. Ils conçoivent les DSS comme des systèmes qui supportent une activité managériale dans des décisions semi-structurées ou non structurées. Ces systèmes sont donc destinés à répondre à des questions qui ne sont pas connues à l'avance. Ils sont munis d'une plus grande puissance analytique que les autres systèmes d'information et contiennent un important volume d'information (Laudon et Laudon, 2010). Arnott et Pervan (2005) affirment que les DSS sont non seulement une technologie, mais une philosophie de développement et d'utilisation de systèmes d'information. Ces systèmes sont les ancêtres des systèmes d'intelligence d'affaires d'aujourd'hui.

Dans la revue de l'existant, nous allons traiter de plusieurs des éléments de la figure 5 dans le sens du développement selon une perspective décisionnelle, car le but de ce projet est de développer un prototype de SI décisionnel pour le MTQ. Voici un aperçu des thèmes abordés dans chaque partie :

- Section 2.2. — Prise de décision : définir les différents rôles du décideur;
- Section 2.3. — Visualisation des données : présenter les bonnes pratiques en visualisation des données et établir un lien entre les rôles des décideurs et la visualisation des données;
- Section 2.4. — Indicateurs de performance : définir le processus pour les mettre en place et expliquer le lien entre ceux-ci et la structure hiérarchique de l'organisation;
- Section 2.5. — Systèmes d'information (transactionnel et décisionnel) : catégoriser les différents types de systèmes et présenter les systèmes d'information du MTQ;
- Section 2.6. — Intégration des données : décrire les différentes technologies pour intégrer et nettoyer les données;



- Section 2.7. — Acquisition des données : décrire les données géographiques et les données critiques à obtenir et à analyser en viabilité hivernale.

## 2.2. Prise de décision

La prise de décision est une action quotidienne dans la vie d'un décideur en entreprise. Les systèmes d'information sont faits pour répondre aux besoins de trois types de décision. Le premier type de décision est la décision **stratégique** (ex. changement de segments de consommateurs visés). Son résultat est le choix des objectifs de l'organisation, le choix des ressources pour atteindre ces objectifs et les politiques qui gouvernent l'acquisition, l'utilisation et la disposition de ces ressources (Anthony, 1965). La décision stratégique a une grande portée dans l'organisation, mais elle n'est pas prise souvent. Le deuxième type est la décision **tactique** (ex. acquisition de ressources), le résultat vise à s'assurer que les ressources sont obtenues et utilisées efficacement et de manière efficiente selon l'accomplissement des objectifs de l'organisation (Anthony, 1965). Ce type de décision a une portée plus restreinte dans l'organisation, mais elle est effectuée de façon plus régulière que la décision stratégique. Le dernier type de décision est la décision **opérationnelle** (ex. achat de stocks), le résultat vise à s'assurer que les tâches spécifiques sont effectuées de façon efficace et en optimisant les ressources dépensées (Anthony, 1965). Ce type de décision a une portée très limitée dans l'organisation, mais elle est effectuée de façon quotidienne.

Chacun des types de décision nécessite des données ou des systèmes d'information spécifiques. Dans la section des systèmes d'information (section 2.5), nous allons faire un parallèle entre les SI et les types de prise de décision.

## **2.3. Visualisation des données**

Cette section est divisée en deux parties. La première traite de la perception et de la visualisation des données. La deuxième démontre l'existence d'un lien entre la visualisation des données et la prise de décision.

### **2.3.1. La perception et la visualisation des données**

La visualisation des données est la représentation visuelle des données pour amplifier la cognition du décideur à l'aide d'outils interactifs assistés par ordinateur (Liu et *al.*, 2008). Dans le domaine de la représentation des données, l'objectif principal est d'attirer l'attention du décideur sur les aspects importants d'un rapport, d'un graphique ou d'un tableau de bord. L'utilisateur fait principalement appel à la vision pour réaliser cette tâche. Selon Few (2006), il faut tenir compte de deux facteurs principaux pour analyser le sens de la vision lors de la visualisation des données : la mémoire et la perception visuelle.

Premièrement, lors du premier regard sur un tableau de bord, le décideur doit utiliser au maximum sa mémoire iconique et sa mémoire à court terme pour retenir l'information contenue. L'objectif étant que l'information soit absorbée le plus rapidement possible sans que l'utilisateur exploite sa mémoire à long terme, ce qui rend l'analyse des données plus longue. La mémoire iconique est un système d'encodage immédiat pour une information sensorielle visuelle (Office québécois de la langue française, 1994). L'utilisation de la mémoire iconique est favorisée puisqu'elle permet de conserver les éléments importants visualisés par un individu pour ensuite les placer dans un endroit de stockage de plus longue durée (Gegenfurtner et Sperling, 1993).

L'information est donc transférée vers la mémoire à court terme. L'information emmagasinée dans cette partie de la mémoire est transitoire, une durée d'environ dix secondes, mais elle est suffisante pour les activités quotidiennes (Office québécois de la langue française, 1999).

Deuxièmement, la vision est le sens le plus efficace. En effet dans le corps humain, environ 70 % des récepteurs sensitifs sont reliés à ce sens (Few, 2006). Une université allemande a établi des principes de perception intéressants à intégrer dans les tableaux de bord. La figure 6 représente chacun des principes de façon graphique. Voici la liste des six principes, suivis d'exemples touchant les tableaux de bord (Few, 2006; Riley et Parker, 1998) :

1. Proximité : l'humain a tendance à regrouper les points les plus proches les uns des autres (ex. placer près l'un de l'autre, deux graphiques à comparer);
2. Fermeture : une forme fermée est plus facilement identifiée qu'une forme ouverte (ex. mettre des bordures à un graphique pour éviter que l'utilisateur le compare à son environnement immédiat);
3. Similarité : l'humain a tendance à joindre les objets similaires en couleur, en taille, en forme et en orientation (ex. mettre de la même couleur deux courbes de deux graphiques nécessitant la comparaison);
4. Continuité : les points rapprochés tendent à représenter une forme lorsqu'ils sont rapprochés (ex. une suite de points représentant une courbe dans un graphique);
5. Encadrement : les objets encerclés ensemble paraissent appartenir à un même groupe (ex. grouper des lignes dans un tableau pour la comparaison);
6. Connexion : l'humain perçoit les objets comme appartenant ensemble s'ils sont reliés par une ligne (ex. pour représenter des données non quantitatives, les étapes d'un processus

et la personne qui l'exécute). Le principe de connexion est le plus puissant des principes. Le cerveau humain regroupe plus facilement les objets connectés que les objets similaires.

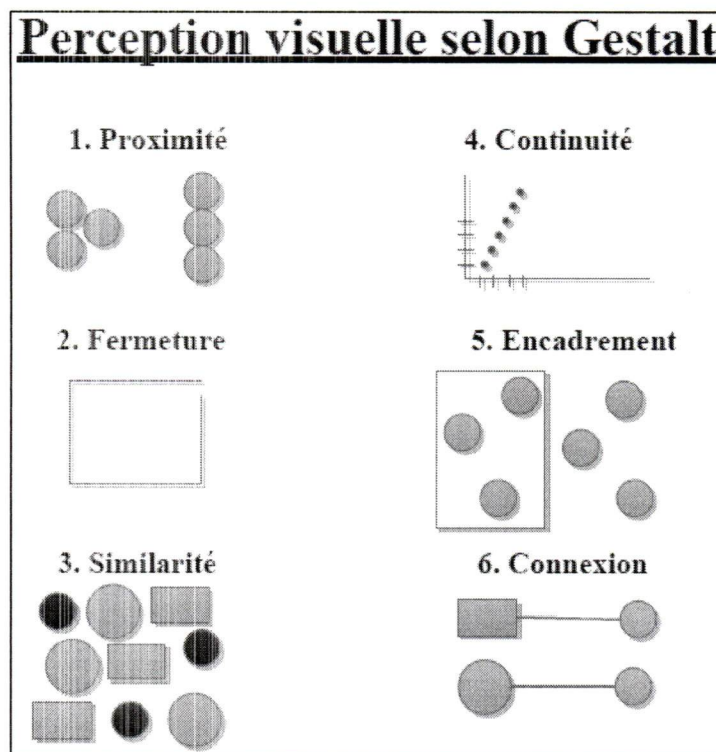


Figure 6 : Les six principes visuels selon Gestalt

### 2.3.2. Les types de tableau de bord

Il est possible de faire un lien entre les types de prise de décision et les outils de visualisation des données. Few (2006) détermine trois rôles des tableaux de bord :

- Stratégique : les tableaux de bord déterminent une vue d'ensemble de la santé et des opportunités de l'organisation. Ils utilisent des indicateurs de performance qui ciblent l'ensemble de l'organisation. Les données utilisées ne sont pas en temps réel;



- Analytique : ils permettent des analyses plus en profondeur des données (ex. comparaisons, forage de données, historique, etc.);
- Opérationnel : ils contiennent peu d'indicateurs, ils sont conçus pour le diagnostic rapide d'un problème et sont souvent très simples dans leur affichage. Ceci a pour but d'attirer l'attention du décideur.

Les rôles des tableaux de bord établis par Few (2006) s'agencent très bien aux trois types de décisions d'Anthony (1965). Pour prendre une décision stratégique, le décideur a besoin d'une vue d'ensemble de l'organisation pour déterminer le chemin à suivre. Alors que dans le cas de la décision tactique (ex. acquisition de matières premières), le décideur peut faire des analyses plus sophistiquées de comparaisons pour prendre une décision. Pour sa part, le mode de prise de décision opérationnel utilise un tableau de bord ciblant les problèmes et alertant le responsable de la réalisation d'une tâche (ex. épuisement du stock de matières premières).

Quant à lui, Eckerson (2005) établit trois applications distinctes aux tableaux de bord. Il mentionne que ces applications peuvent être réunies en une seule ou prises de façon individuelle.

Voici la définition de ces trois applications de tableau de bord :

- Surveillance : permettre aux utilisateurs de surveiller la performance de l'organisation à l'aide d'indicateurs alignés sur la stratégie. Au niveau opérationnel, les utilisateurs peuvent suivre les activités quotidiennes de l'entreprise. Au niveau tactique ou stratégique, les utilisateurs peuvent suivre leurs objectifs à moyen et à long terme;

- Analyse : avec cette application, les utilisateurs peuvent explorer un large volume de données historiques. Le but de cette application est de rechercher la cause d'un problème relevé sur le tableau de bord de surveillance;
- Gestion : permettre aux deux autres types de tableaux de bord d'ajouter des aspects de gestion et de collaboration à leurs fonctions. De cette façon, les gestionnaires peuvent partager et communiquer des informations sur la performance à l'ensemble de l'organisation.

Les trois types d'applications d'Eckerson sont une autre façon de différencier les tableaux de bord et de les relier avec les types de prise de décision. Les modèles de Few et d'Eckerson, même s'ils sont différents, permettent tous deux de catégoriser les tableaux de bord. Ils servent à mieux définir les besoins de l'entreprise et à mieux cibler les différents bénéficiaires des tableaux de bord (Few, 2006).

## **2.4. Indicateurs de performance**

Cette section est divisée en trois parties. La première traite des fondements des indicateurs de performance. La deuxième présente un processus pour implanter les indicateurs de performance dans une entreprise. La troisième propose un lien entre les indicateurs de performance et la structure hiérarchique de l'entreprise.

### 2.4.1. Fondements des indicateurs de performance

Kaplan et Norton (1996) font partie des premiers auteurs à parler de mesure de performance d'entreprise. Ils ont introduit le concept de *Balanced Scorecard* ou tableau de bord de

performance. Il s'agit d'un système informatique de pilotage qui permet de mesurer la performance interne et externe d'une entreprise en confrontant les résultats obtenus aux objectifs stratégiques définis par les gestionnaires (Office québécois de la langue française, 2002). Un tableau de bord peut donc contenir plusieurs indicateurs de performance dont l'entreprise se servira pour vérifier si les objectifs sont atteints. Plus précisément, un indicateur est un élément d'information significatif qui représente une statistique ciblée et contextualisée résultant d'une collecte de données (Voyer, 1999).

#### 2.4.2. Processus de mise en place des indicateurs de performance

Dans une organisation, il est intéressant de mesurer ses performances; ceci permet de réorienter les efforts des employés vers les activités qui ont été identifiées comme importantes pour l'entreprise. Il est également important d'analyser les résultats lorsque les indicateurs vont bien, car l'entreprise pourrait découvrir des facteurs en favorisant la réussite et les répéter par la suite. Pour rendre le tout possible, il faut intégrer ces indicateurs à l'entreprise. Une série d'étapes simples permettant d'utiliser les indicateurs de performance est présentée ci-dessous (Scottish Construction Forum, 2007) :

1. Décider ce qu'on veut mesurer;
2. Collecter des données;
3. Calculer les indicateurs;
4. Rapporter le résultat des indicateurs;
5. Analyser le résultat;
6. Intervenir;
7. Mesurer le résultat encore.



L'étape complexe est celle où l'entreprise décide ce qu'elle souhaite mesurer. À ce propos, la firme *BrightPoint Consulting* utilise une façon intéressante de diriger les rencontres de collecte des besoins avec les futurs utilisateurs des indicateurs clés de performance (*Key Performance Indicators* ou KPI), le *KPI Wheel* (figure 7) Selon Gonzalez (2005), la roue est utilisée pour récolter les informations qui vont être utilisées pour définir un KPI. L'outil est utilisé pour collecter cette information lors d'entrevues avec les futurs utilisateurs :

- Quelles sont les questions d'affaires nécessitant une réponse?
- À quels utilisateurs la question s'applique-t-elle?
- Pourquoi la question est-elle importante?
- Où les données à utiliser se trouvent-elles?
- Dans le futur, quelles questions additionnelles ce KPI va-t-il entraîner?
- Quelles actions pourront être prises à l'aide de ce KPI?
- Quelle est la mesure (granularité, dimension) spécifique du KPI?

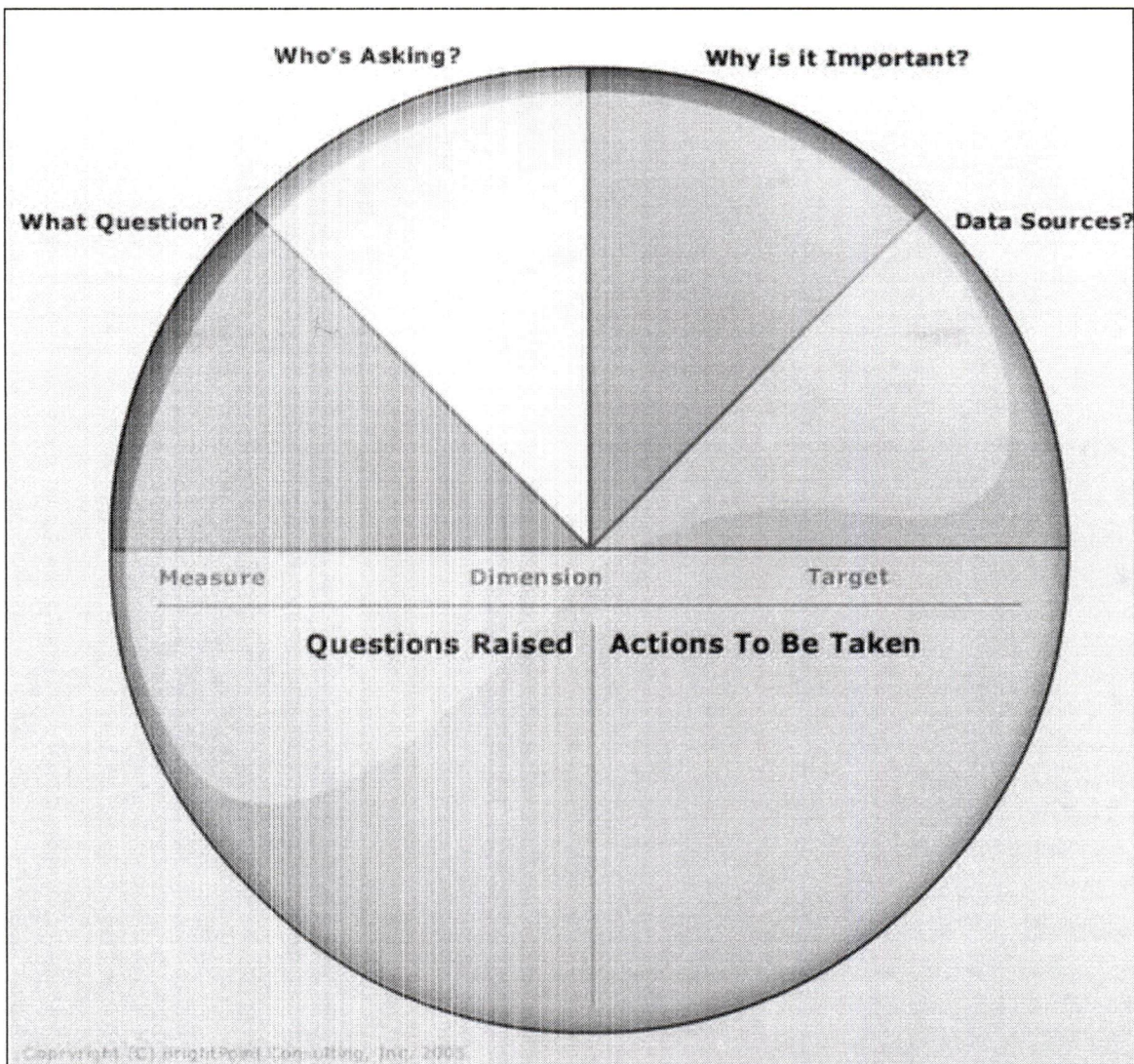


Figure 7 : *KPI wheel* (Gonzalez, 2005)

#### 2.4.3. Lien entre les indicateurs de performance et la structure hiérarchique

Dans une organisation, il y a les fournisseurs et les utilisateurs des indicateurs de performance. Il y a les gestionnaires qui ciblent les objectifs (fournisseurs) à atteindre et des employés qui se font accorder des ressources pour atteindre ces objectifs (utilisateurs) (Voyer, 1999). La haute direction d'une organisation prend ses décisions en fonction d'un tableau de bord stratégique. Ce dernier contient des indicateurs de performance provenant d'une agrégation des indicateurs des

paliers inférieurs de l'entreprise. Au niveau opérationnel, la coordination et la supervision des activités sont effectuées en utilisant des indicateurs de performance en constante évolution. Les rapports générés par le niveau opérationnel sont utilisés pour l'allocation des ressources ainsi que pour la gestion des paliers intermédiaires (Voyer, 1999). En somme, les indicateurs des différents niveaux de l'entreprise sont alimentés par les niveaux inférieurs. De cette façon, les activités et les processus de l'entreprise ont une interrelation et une cohérence entre eux grâce aux indicateurs clés de performance.

## **2.5. Les systèmes d'information**

La section suivante est divisée en deux parties. La première présente une catégorisation des systèmes d'information (SI) dans l'entreprise et la deuxième illustre les types de systèmes présents au MTQ.

### **2.5.1. Catégorisation des systèmes d'information**

Dans chaque organisation contemporaine, on trouve des SI; ceux-ci n'ont pas la même utilité et ne conviennent pas au même type d'utilisateur. Selon Laudon et Laudon (2010), il existe quatre principaux types de systèmes dans l'entreprise :

- Les systèmes de traitement des transactions (STT) : ils sont les systèmes de base qui soutiennent le niveau opérationnel de l'organisation. Ils exécutent et enregistrent les transactions quotidiennes très rapidement et de façon optimale;
- Les systèmes d'information de gestion (SIG) : ils fournissent aux gestionnaires intermédiaires des rapports sur le rendement à court terme de l'organisation.



Principalement, ces systèmes condensent les données des STT pour fabriquer leurs rapports de gestion;

- Les systèmes d'aide à la décision (SAD) : ces systèmes soutiennent également les décisions des gestionnaires intermédiaires, mais ils utilisent des données provenant de l'extérieur de l'entreprise en plus des données des STT et des SIG. Ceci permet aux gestionnaires de prendre des décisions semi-structurées qui sont à plus faible fréquence;
- Les systèmes d'information pour dirigeants (SID) : ils sont utilisés par les hauts gestionnaires de l'entreprise pour améliorer leur prise de décision. Ils utilisent les données de tous les autres systèmes tout en filtrant et en agrégeant celles-ci pour que le décideur ne se retrouve pas devant une trop grande quantité de données à analyser.

Ces quatre types de systèmes d'information ne doivent pas être vus comme étant indépendants l'un de l'autre. Il y a une forme d'intégration entre ces systèmes. Chacun d'eux permet à un autre d'être plus puissant. La figure 8 suivante illustre bien ce propos.

Les types de SI sont aussi liés aux différents niveaux de prise de décision. Ainsi, pour chaque niveau de décision, le décideur devrait utiliser un système optimal qui comprend des données diverses ainsi qu'un niveau d'agrégation distinct de celles-ci. La figure 9 représente l'ensemble des niveaux organisationnels reliés à leur propre type de SI.



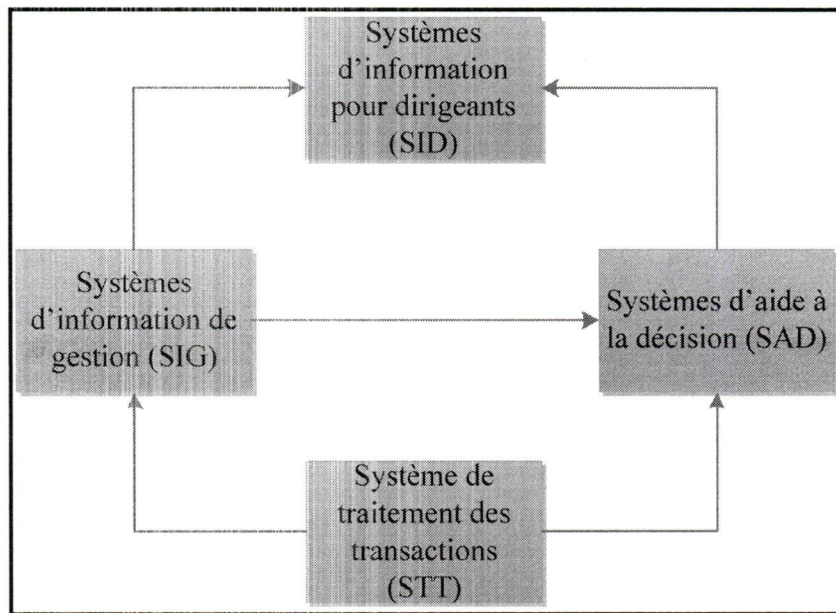


Figure 8 : Interrelations entre les SI (adapté de Laudon et Laudon, 2010)

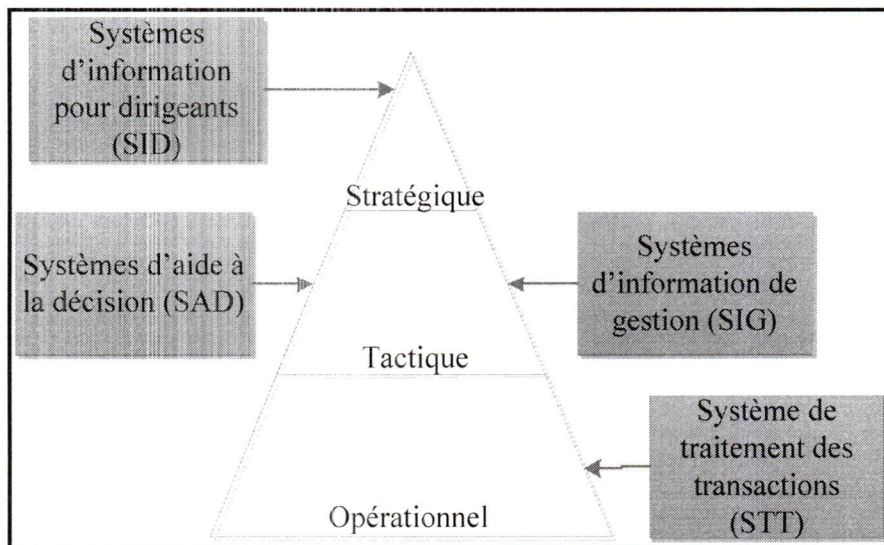


Figure 9 : Niveau organisationnel et SI (adapté de Laudon et Laudon, 2010)

### 2.5.2. Les familles de systèmes d'information en viabilité hivernale au MTQ

Cette section présente les différentes familles de SI du MTQ, plus spécifiquement, il y existe six familles de systèmes d'information en viabilité hivernale (figure 10) :

1. Les systèmes stratégiques : ils sont utilisés pour la gestion des circuits (ex. modification des circuits, estimation et pondération des coûts des circuits);
2. Les systèmes tactiques : ils sont utilisés pour aider les gestionnaires à octroyer les contrats aux entrepreneurs engagés par le MTQ. Ces systèmes peuvent comparer les coûts d'un contrat à l'autre;
3. Les systèmes administratifs : ils sont utilisés pour suivre les activités du MTQ. Ils sont surtout présents pour s'assurer que le coût et la consommation d'abrasifs des contrats soient respectés et, donc, pas vraiment utilisés aux fins d'analyse;
4. Les systèmes opérationnels : ils sont utilisés pour soutenir les activités journalières du MTQ. Ces systèmes proposent des stratégies d'épandage et diffusent les résultats en temps réel des activités de déneigement;
5. Les systèmes d'information au public : ils sont utilisés pour diffuser les conditions routières en temps réel sur le site Web du MTQ (Québec 511) ainsi que sur les appareils mobiles des usagers de la route;
6. Les systèmes statistiques d'aide à la décision : ils compilent plusieurs types d'information permettant aux gestionnaires d'appuyer leurs décisions avec des faits collectés par d'autres systèmes. Ils peuvent être comparés à un système de forage de données en intelligence d'affaires.

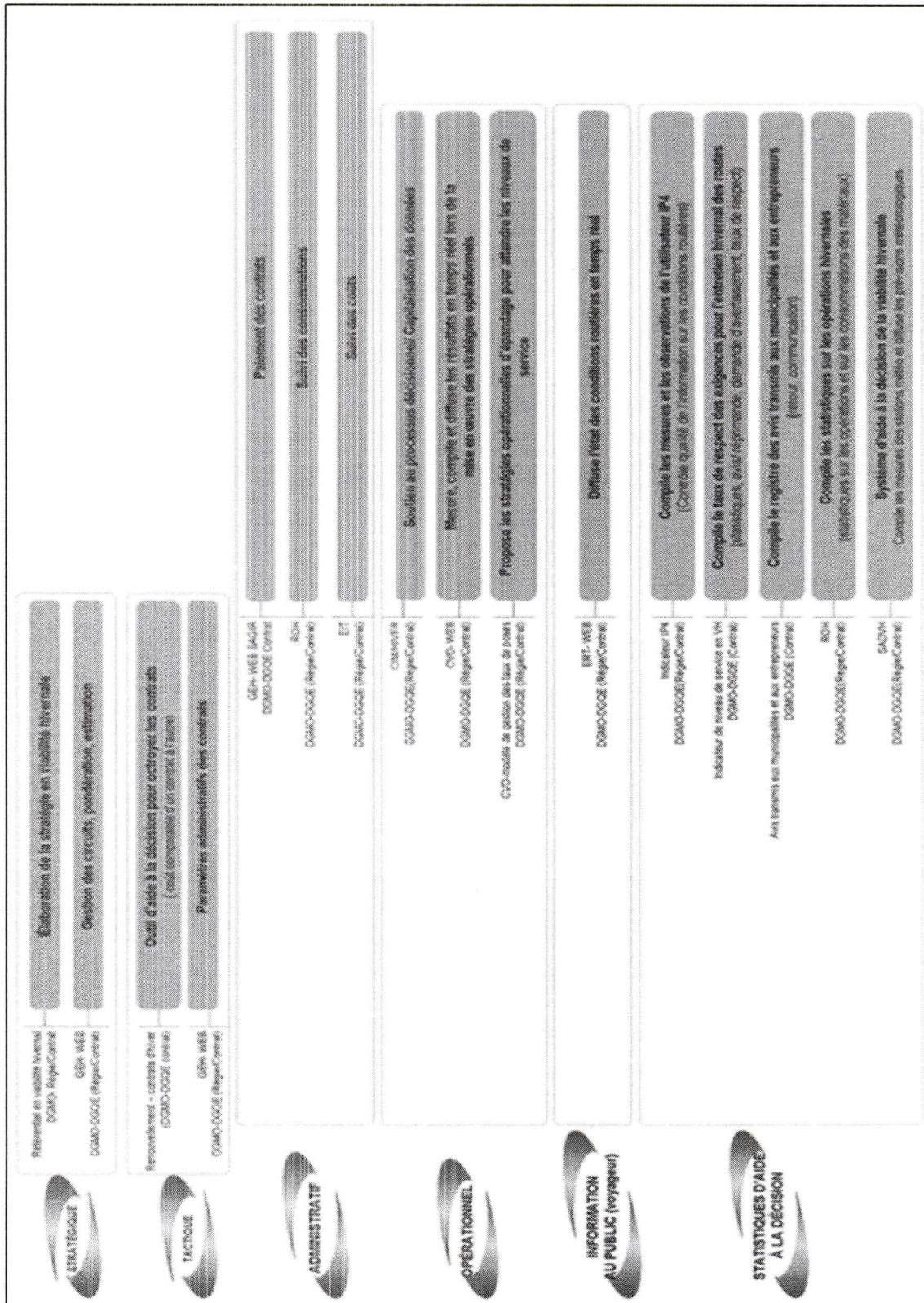


Figure 10 : Les SI en viabilité hivernale du MTQ (Hamel et Caron, 2011)



Comme l'indique la figure précédente, il existe seize SI utilisés en viabilité hivernale par le MTQ. Il est fréquent de retrouver de la redondance dans les données entre les différents systèmes utilisés. Par exemple, certains systèmes météorologiques sont mis à jour par des opérateurs qui saisissent manuellement les données et d'autres systèmes saisissent l'information automatiquement à l'aide des capteurs des stations météorologiques. De plus, malgré leur performance individuelle, les SI du MTQ sont en silo et très difficilement intégrables. La figure 10 illustre la problématique que nous avons présentée au chapitre un.

## **2.6. Intégration des données**

Dans les trois prochaines sections, les aspects d'intégration des données seront abordés. Dans la première, le processus d'extraction, de transformation et de chargement sera présenté. Dans la seconde, le concept d'entrepôt de données sera abordé, alors que dans la troisième, les aspects de la qualité des données seront traités.

### **2.6.1. Le processus d'extraction, de transformation et de chargement des données**

Le processus principal de l'intégration des données se nomme extraction, transformation et chargement (*Extract, Transform and Load* ou ETL). Ce mécanisme se réfère aux outils qui amassent les données d'une base de données (extraction) qui les convertissent de sorte qu'elles soient lisibles dans une autre base de données (transformation) pour ensuite écrire ces données dans une base de données cible (chargement) (Holloway, 2002). Ces trois étapes doivent être réalisées de façon minutieuse pour permettre au système d'intelligence d'affaires de posséder les meilleures données et, ainsi, d'appuyer la prise de décision de son utilisateur. Selon Howson (2008), l'étape du processus ETL la plus coûteuse en temps et en ressources est la transformation



de données. Il faut donc y investir la majorité de nos énergies. Kimball et Caserta (2004) ont défini quatre étapes spécifiques pour le processus ETL :

1. Extraction : cette tâche doit prendre des données de multiples systèmes sources (ex. bases de données relationnelles, fichiers XML, fichiers plats, etc.) le plus rapidement possible et avec le plus de flexibilité possible;
2. Nettoyage : cette phase prend la forme de plusieurs petites tâches à accomplir (ex. validation des codes postaux, fractionnement de deux champs de la base de données, constance entre le nom de la ville et le code postal, etc.), car la qualité des systèmes sources n'est pas la même que celle voulue dans l'entrepôt de données;
3. Conformité : cette tâche est nécessaire seulement si on retrouve deux sources de données ou plus. Il s'agit de déterminer des domaines et des mesures standardisés pour toute l'entreprise. C'est à cette étape qu'on détermine la source maître de données;
4. Livraison : cette phase est la dernière étape avant l'utilisation des données par les utilisateurs. Il s'agit de prendre les données nettoyées pour peupler l'entrepôt de données selon un ordre préétabli (ex. on charge les tables de dimensions avant les tables de fait).

### 2.6.2. Entrepôt de données

Holloway, comme cité plus haut, évoque la présence d'une cible dans sa définition du processus ETL. Cette cible est appelée entrepôt de données (EDD). L'EDD est une base de données historique comprenant des données agrégées sur l'ensemble de l'entreprise et non volatiles (Inmon, 2002). L'EDD englobe plusieurs systèmes sources de l'entreprise, il peut également comprendre des données provenant de l'extérieur de l'entreprise. Il offre une vue holistique de l'entreprise comparativement à l'habituelle vue départementale des systèmes opérationnels. Il

existe aussi une version réduite de l'EDD, le comptoir de données, il est souvent relié à un sujet d'affaires déterminé (Foley et Guillemette, 2009). Le comptoir de données est souvent utilisé dans un département spécifique de l'organisation.

### 2.6.3. La qualité des données

Le processus ETL permet d'améliorer grandement la qualité des données qui sont présentes dans l'entrepôt de données. Selon Howson (2008), la qualité des données est le plus important critère technique pour la réussite d'un projet d'intelligence d'affaires. Pour atteindre la qualité de données optimale, il existe des étapes à traverser (figure 11).

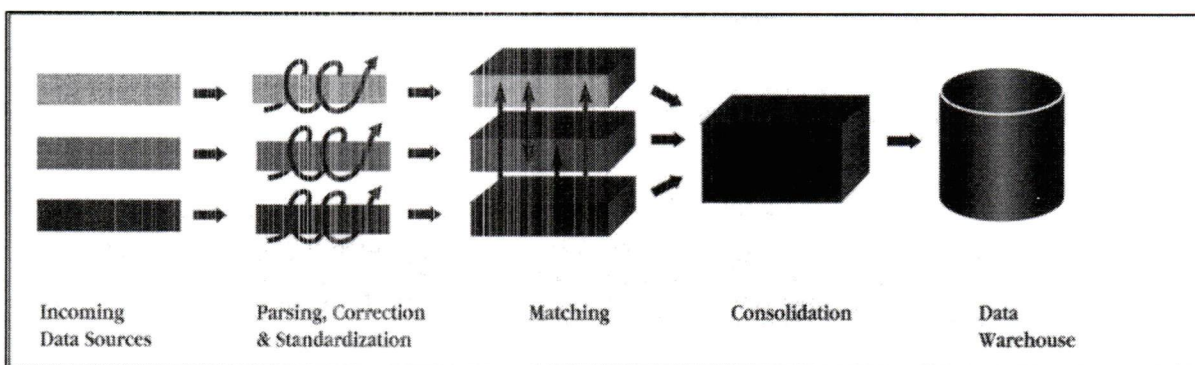


Figure 11 : Étapes de la qualité des données (Lyon, 1998)

La qualité des données est obtenue en trois étapes : le nettoyage, le jumelage et la consolidation (Lyon, 1998). En premier lieu, l'étape du nettoyage comprend trois étapes : la décomposition, la correction et la normalisation. La décomposition permet d'identifier les éléments de base d'un fichier source (ex. nom, prénom) et de les isoler dans la base de données cible (ex. entrepôt de données). La correction permet d'améliorer les données décomposées à l'aide d'algorithmes ou de sources secondaires (ex. remplacement d'une adresse par son code postal). La normalisation

consiste à rendre les données cohérentes aux règles d'affaires de l'organisation (ex. écriture du nom de famille en majuscules). En deuxième lieu, l'étape du jumelage permet d'éliminer les doublons en se basant sur les règles d'affaires (ex. identification des noms et adresses similaires). Finalement, l'étape de consolidation identifie les enregistrements jumelés et les fusionne en une seule représentation.

## **2.7. Acquisition des données**

Dans cette dernière section du chapitre, nous allons discuter des données géographiques et nous allons déterminer les données les plus importantes à analyser et à collecter en viabilité hivernale.

### 2.7.1. Les données géographiques

L'une des principales composantes de l'intelligence géospatiale est constituée des données géographiques ou spatiales. En entreprise, plus de 70 % des données organisationnelles ont un contenu de localisation (Yellowfin, 2010). Le MTQ quant à lui, collecte plusieurs données géographiques. Il reçoit les positions des camions de déneigement et les positions des différentes stations météorologiques. Les positions sont donc importantes et offrent une nouvelle dimension aux données en vue de l'analyse et de la comparaison. L'outil traitant les données spatiales se nomme système d'information géographique (SIG). Ce système contient trois parties intégrées (Davis, 1996) :

- Système : les technologies informatiques et l'infrastructure qui la supporte;
- Information : la signification et l'utilisation des données et de l'information;
- Géographique : la réalité spatiale de notre monde, la géographie.

Pour le bon fonctionnement des SIG, les données spatiales doivent avoir une signification géographique unique. Donc, il y a seulement une localisation associée avec la référence dans le SIG (Longley, 2005). Les données spatiales peuvent être représentées par un point (ex. un capteur météorologique), par une ligne (ex. un tronçon de route) ou par un polygone (ex. une portion de territoire entretenue par le ministère) (Davis, 1996). De plus, les données spatiales peuvent signifier beaucoup plus que leur simple localisation. Ces données sont appelées données a-spatiales. Elles contiennent une donnée non géographique, mais tout de même utile lors d'une analyse spatiale (Longley, 2005), ce qui rend ces données importantes pour la prise de décision. Un exemple de données a-spatiales pourrait être la quantité de sel et d'abrasif qu'un camion transporte.

#### 2.7.2. Les données en viabilité hivernale

Les données collectées par le MTQ seront maintenant définies plus en profondeur. Voici une division des données de viabilité hivernale en 3 types (nXstream Technologies, 2009) :

1. Données liées au réseau routier : le secteur routier à entretenir doit être connu (ex. tronçons à risque d'accident élevé, identification des zones élevées en circulation);
2. Données liées au climat : les conditions météorologiques du circuit doivent être relevées (ex. verglas abondant, température qui oscille près du point de congélation, risque de congère);
3. Données liées aux activités de la flotte : l'emplacement et les actions de l'équipe d'entretien hivernal sur le terrain doivent être facilement repérables (ex. surveillance des comportements des conducteurs, vitesse excessive, quantité d'abrasifs utilisés).



En somme, une organisation qui a comme objectif l'entretien hivernal d'un réseau routier doit générer, gérer et surveiller ces trois types de données pour être efficace. Premièrement, les données liées aux réseaux vont aider l'équipe à mieux connaître le territoire à entretenir et l'utilisation du réseau par les usagers de la route. Deuxièmement, les données liées à la météorologie vont permettre de prévoir les traitements à effectuer sur le réseau (grâce aux prévisions météorologiques) et la réaction du réseau face aux conditions actuelles. Troisièmement, les données liées à la flotte de véhicules sont utiles pour suivre, en temps réel, les activités réalisées et pour les aligner au besoin. Pour maximiser l'efficacité de l'équipe, les données doivent être intégrées pour supporter des analyses plus poussées. Par exemple, pour déterminer les activités de l'équipe suite à un changement météo, on doit pouvoir connaître où sont les véhicules et la situation en temps réel de l'événement météorologique.

## **2.8. Sommaire du chapitre**

La revue de l'existant nous a permis d'approfondir les concepts centraux de la présente recherche. Nous avons relevé que le développement d'un système d'information ne devait pas se faire en amassant le maximum de données possible, mais bien en focalisant cette acquisition vers les activités et les décisions prises par l'organisation. Nous avons ensuite démontré qu'il existe trois types de prises de décision. Ce découpage a été utile durant une grande partie de la revue de l'existant.

Nous avons décrit deux concepts directement liés à l'intelligence d'affaires, soit les indicateurs de performance et la visualisation des données. Dans ces deux sections, des liens avec les types de prise de décision ont été faits. Ces deux aspects de la revue de l'existant facilitent l'analyse

des données faite par les décideurs au Centre Intégré de Monitoring du MTQ en préparant des indicateurs significatifs pour eux. Par la suite, une segmentation des systèmes d'information dans les organisations a également été utilisée. Nous avons employé cette division pour présenter les types de systèmes d'information au MTQ. Il a aussi été souligné que les systèmes du MTQ sont hétérogènes.

Finalement, les aspects d'intégration et d'acquisition des données ont été traités. Bien que ces portions ne soient pas vues directement par l'utilisateur, elles sont déterminantes à la réussite du prototype. En premier lieu, il est nécessaire d'accumuler des données spatiales ainsi que les autres données pertinentes à la prise de décision. Il faut également les intégrer pour en préciser le sens. Le chapitre suivant a pour but d'expliquer l'approche méthodologique qui sera appliquée pour réaliser le projet de recherche.

## **Chapitre 3 – Méthodologie de recherche**

Le chapitre présente en détail la méthodologie de recherche qui a été utilisée durant ce projet. Elle a été suivie pour répondre à la problématique présentée au premier chapitre. Ce chapitre se divise en trois parties. Tout d'abord, la méthodologie qui a été suivie durant le cadre de cette recherche sera présentée. Ensuite, chacune des étapes de la démarche sera expliquée plus en profondeur. Finalement, un sommaire viendra clore le chapitre.

### **3.1. Méthodologie de recherche**

La méthodologie de recherche se divise en quatre étapes. La première consiste en l'analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision. Lors de cette étape, une consultation de la littérature scientifique et des documents produits par le ministère a été faite et ce, dans le but de mieux comprendre le contexte d'affaires du MTQ. La consultation des documents était utile pour identifier et définir les différents indicateurs de performance pour le prototype. Ensuite, trois itérations du prototype ont été effectuées. Par la suite, le prototype a été mis à l'essai; le but de cette étape était de tester le prototype dans des conditions de travail réalistes et simulées. Cette étape est très importante, car elle a permis de valider le prototype. Finalement, nous avons émis des recommandations au MTQ pour la suite du projet. Étant donné que le prototype n'est pas un système final, des aspects peuvent être améliorés sur celui-ci, selon les résultats de la mise à l'essai.

### **3.2. Méthodologie de recherche détaillée**

Les sections suivantes ont pour objectif de décrire en profondeur chacune des étapes de la démarche de recherche :

1. Analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision (chapitre 4);
2. Prototypage du SI (chapitre 4);
3. Mise à l'essai du prototype (chapitre 5);
4. Conclusions et recommandations (chapitre 6).

### 3.2.1. Étape 1 : Analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision

Trois tâches importantes ont été exécutées durant cette étape. Tout d'abord, nous avons analysé la littérature pertinente pour faire l'inventaire des systèmes existants et des façons de faire. Dans le chapitre d'introduction, on retrouve la présentation du CIM qui est le système d'information à améliorer. 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, tels que les *Department of transportation* du Dakota du Sud et du Maine aux États-Unis (Cluett et Jeng, 2007 et Hart, 2003), ont aussi été nécessaires. On retrouve un inventaire des différents systèmes d'informations utilisés au MTQ dans la revue de l'existant. L'objectif est de rendre toutes ces données cohérentes et de générer des alertes automatiques dans un tableau de bord géospatial. Ceci dans le but de permettre une amélioration de la prise de décision.

Ensuite, pour l'identification et la définition des indicateurs de performance, nous avons utilisé une méthodologie spécifique. Le *KPI wheel* que nous avons identifié dans la revue de l'existant a été utilisé pour documenter chacun des points importants des indicateurs identifiés. Avec cette roue, nous étions certains d'atteindre toutes les exigences spécifiques pour chacun des indicateurs de performance identifiés (Gonzalez, 2005). Nous avons combiné cette méthodologie



de documentation des indicateurs clés de performance avec ceux de Voyer (1999) et de Marr (2010).

Finalement, nous avons procédé à une analyse détaillée des données disponibles dans les systèmes du MTQ pour ensuite les utiliser afin d'alimenter le prototype. Cette étape a été cruciale, car il est important d'identifier la valeur des données et les interactions de celles-ci avec les outils de rapports et de tableaux de bord (Wise, 2008). Dans la revue de l'existant se trouve une vision de très haut niveau des données et des systèmes du MTQ. Durant cette étape, il est nécessaire de sélectionner seulement les données nécessaires à la prise de décision. Il faut réduire les données sélectionnées, car les ressources (par exemple : temps, argent, capital humain, etc.) sont limitées en entreprise et il est important d'épargner des ressources en évitant le traitement des données non utiles pour l'entreprise (Adelman, Moss et Abai, 2005).

### 3.2.2. Étape 2 : Prototypage du système d'information

Lors de la deuxième étape, nous avons procédé au développement du prototype. Un prototype est facilement modifiable, il exige peu de ressources et il simule les aspects essentiels d'un système (Arnowitz et *al.*, 2007). Il contient donc moins de fonctionnalités qu'un système complet en utilisant moins de données (figure 12). L'utilisation d'un prototype s'avère très pertinente dans le domaine de l'intelligence d'affaires puisque, souvent, les besoins des utilisateurs ne sont pas clairs. De plus, le prototypage supporte les retours en arrière dans le développement. Le prototype qui a été proposé au MTQ est un nouveau tableau de bord pour le CIM. Une visualisation des données géographiques très efficace pour limiter le temps passé à l'analyse des données par le responsable du CIM a été utilisée.

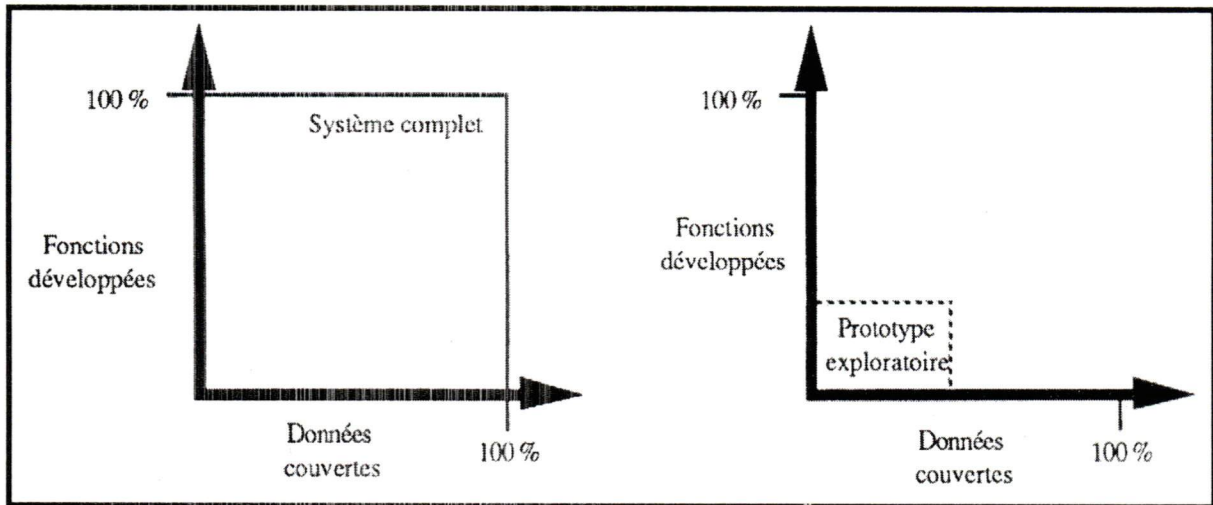


Figure 12 : Prototype et système complet (Ministère des communications, 1993)

Pour ce faire, une méthodologie de développement de systèmes d'information rigoureuse a été suivie, celle de Nunamaker et *al.* (1990). Elle inclut des éléments provenant des disciplines des sciences sociales et des sciences de l'ingénierie. Le processus de développement de systèmes qui est divisé en cinq phases est présenté à la figure 13.

La première phase est la construction d'un cadre conceptuel. Dans cette phase, le chercheur doit évaluer la pertinence de la question de recherche. Selon Nunamaker et *al.* (1990), la question de recherche idéale doit être novatrice et respecter le champ d'application de la recherche. Un bon cadre conceptuel permet au chercheur d'étudier plus facilement la performance du système, car l'utilisation du système d'information construit répond à la question de recherche.

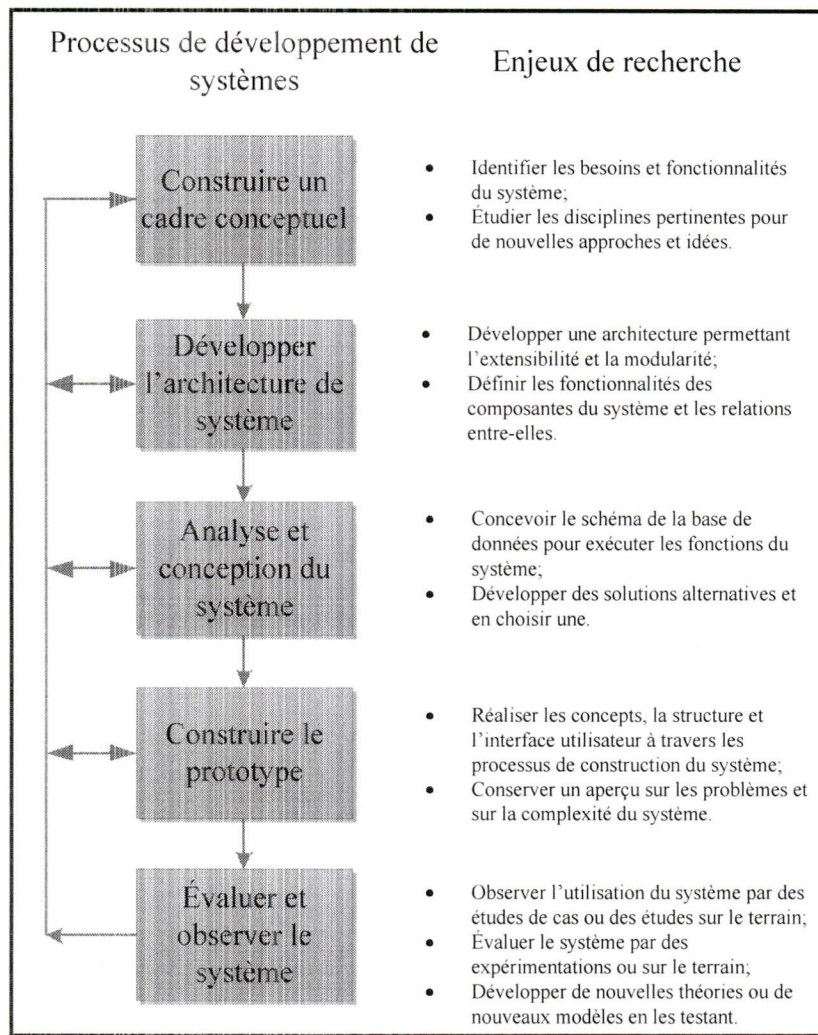


Figure 13 : Processus de développement de systèmes (adapté de Nunamaker et al., 1990)

La seconde phase correspond au développement de l'architecture du système. L'architecture du système fournit un indicateur pour la mise en place des processus du système. Elle permet aussi de spécifier toutes les relations et les interactions entre les composantes du système. À ce niveau, les chercheurs peuvent faire des hypothèses sur l'environnement technique du futur système d'information. De plus, c'est à cette étape que les contraintes et les objectifs fonctionnels du système sont émis.

Lors de la troisième phase, l'analyse et la conception du système ont lieu. Le système d'information doit être bâti selon une concordance entre les nouvelles fonctionnalités du chercheur et les besoins du promoteur (*sponsor* en anglais). Selon Nunamaker et *al.* (1990), la partie du design est une des plus importantes du développement de systèmes d'information. Les spécifications du design sont utilisées comme plan pour la mise en œuvre du système. Ce plan contient les structures de données et les bases de données du système.

La quatrième phase consiste en la construction du prototype. Cette étape vise la création du prototype du système d'information pour le tester dans un environnement de travail réel. Le prototype n'est pas un produit final, il faut le transformer pour bien répondre aux besoins de l'organisation. Le processus d'implantation permet aux chercheurs de relever les avantages et les inconvénients du système ainsi que les alternatives au design. Les expériences accumulées aident au redéploiement du système (Nunamaker et *al.*, 1990).

Finalement, la phase cinq du processus de développement de systèmes vise l'évaluation et l'observation du système. Dès la fin de la construction du système, les chercheurs doivent tester sa performance et sa convivialité. Les impacts du système doivent être évalués dans les organisations. Les résultats des tests seront interprétés selon le cadre conceptuel. Nunamaker et *al.* (1990) présentent le développement de systèmes comme étant un processus évolutif où les connaissances gagnées lors du développement de systèmes conduiront à de nouvelles théories.



### 3.2.3. Étape 3 : Mise à l'essai du prototype

Pour nous assurer que le prototype réponde aux besoins du MTQ, nous avons dû le tester dans les circonstances réalistes et simulées. Cette mise à l'essai a permis de détecter les forces et les faiblesses du prototype. Cette étape coïncide avec l'étape cinq du processus de développement d'un système d'information de Nunamaker (1990).

Nous avons invité les intervenants rencontrés lors de la validation des indicateurs de performance à assister à la présentation du prototype et donner leurs impressions sur celui-ci. À leur arrivée, nous faisons une brève présentation du prototype et de ses fonctionnalités. Nous présentons un scénario basé sur une journée et sur sept circuits pour faciliter la collecte de données. Par la suite, nous demandons aux intervenants leurs réactions « à chaud » à propos du prototype. Nous utilisons les commentaires pour guider nos recommandations pour la poursuite du projet.

### 3.2.4. Étape 4 : Conclusions et recommandations

Le présent projet est la première étape de cinq phases d'amélioration du CIM. Nous nous devons de donner des pistes aux prochaines personnes qui poursuivront le projet. Nous allons prouver la réussite du projet à l'aide de facteurs de succès, tels que la satisfaction des intervenants lors de la mise à l'essai et l'intégration des données et des façons de les visualiser.

## 3.3. Sommaire du chapitre

La méthodologie de recherche nous a permis de détailler les actions principales qui seront mises en œuvre pour répondre à la question de recherche. La méthodologie a été divisée en quatre

parties distinctes, soit : l'analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision, le prototypage, la mise à l'essai du prototype et les conclusions et recommandations qui ont été détaillées dans ce chapitre. Le chapitre suivant décrit le prototypage du tableau de bord géospatial pour le MTQ.

## Chapitre 4 – Prototypage

Dans ce chapitre, les étapes qui ont été réalisées suivant la méthodologie présentée lors du chapitre trois seront expliquées. Nous allons tout d’abord, établir le contexte organisationnel du MTQ. Ensuite, nous allons détailler la méthode utilisée pour obtenir les données nécessaires à la construction des indicateurs clés de performance. Finalement, le développement du prototype nommé CIMIAG (Centre Intégré de Monitoring d'Intelligence d'Affaires et Géospatiale) sera précisé.

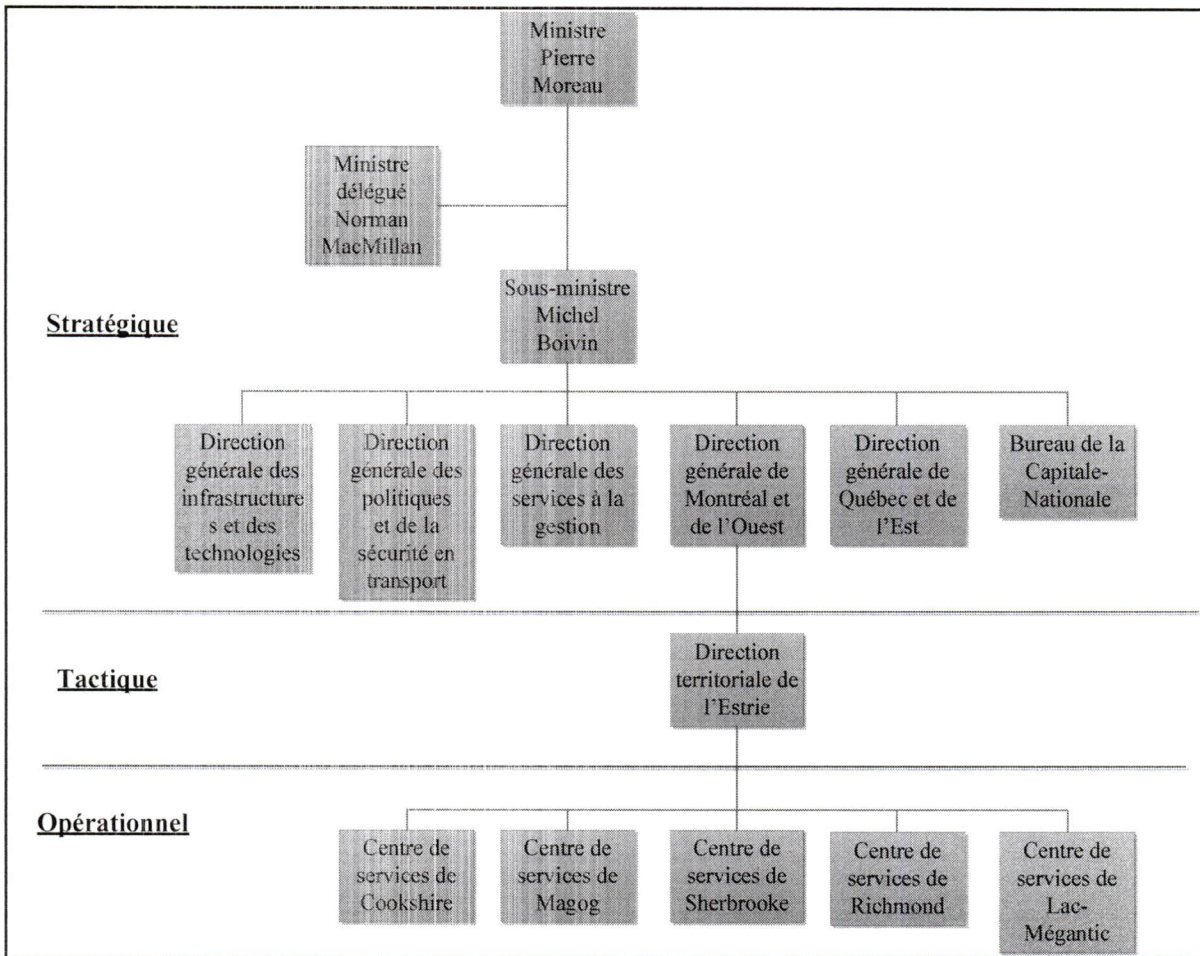
### 4.1. Contexte organisationnel

Les différents niveaux décisionnels (stratégiques, tactiques et opérationnels) au sein du Ministère des Transports du Québec ont été établis. Cette segmentation a pour objectif de déterminer le type de tableau de bord que nous allons construire. Le tableau 1 présente la division des trois niveaux selon un niveau organisationnel et un horizon temporel.

Tableau 1 : Niveaux décisionnels du Ministère des Transports du Québec

<u>Niveaux décisionnels</u>	<u>Niveau organisationnel</u>	<u>Horizon temporel</u>
Stratégique	Cabinet ministériel	Après une saison et après plusieurs saisons
Tactique	Direction territoriale de l’Estrie	Après un événement météo-routier et après une saison
Opérationnel	Centre de services de Sherbrooke (comprenant le CIM)	Avant, pendant et après un événement météo-routier

L’horizon temporel a été défini selon les modes de gestion du MTQ. De plus, le niveau organisationnel est basé sur l’organigramme du Ministère des Transports. La figure 14 présente l’organigramme du Ministère des Transports simplifié.



**Figure 14 : Organigramme simplifié du MTQ (adapté de Gouvernement du Québec, 2007)**

Le prototype que nous avons développé sera utile pour détecter les événements météo-routiers sur le réseau. Nous avons construit un tableau de bord opérationnel, dont le contenu peut être aussi agrégé au niveau tactique pour faire un retour sur les opérations réalisées après un événement météo-routier ou après un hiver. Selon la segmentation de tableau de bord d'Eckerson (2005) présenté à la section 2.3.3, notre prototype se retrouve dans les trois catégories (surveillance, analyse et gestion). Les performances du réseau routier sont surveillées. Si une situation urgente est détectée, l'opérateur du CIMIAG peut analyser les données en détail pour



détecter la source du problème. Lorsque la cause de la situation d'urgence est identifiée, l'opérateur du CIMIAG a la possibilité d'aviser d'autres intervenants en viabilité hivernale.

## 4.2. Analyse exploratoire des données pertinentes à la prise de décision

Le but de cette étape est d'obtenir les données à intégrer au prototype pour générer les indicateurs clés de performance (*Key Performance Indicator* ou KPI) dans le prototype. Pour ce faire, les étapes suivantes sont effectuées et détaillées dans les sections ci-dessous :

1. Recherche d'indicateurs de performance en viabilité hivernale;
2. Élaboration d'un modèle de documentation des indicateurs de performance;
3. Validation des indicateurs clés de performance;
4. Définition des données nécessaires pour construire les indicateurs clés de performance validés.

### 4.2.1. Recherche d'indicateurs clés de performance en viabilité hivernale

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 de performance en viabilité hivernale**

<b>Indicateurs</b>	<b>Sources</b>
Évolution du coût des circuits	Maze et <i>al.</i> , 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 de performance en viabilité hivernale**

<u>Indicateurs</u>	<u>Sources</u>
Retour au niveau de service normal	nXstream Technologies, 2011
Coût par kilomètre	Maze et <i>al.</i> , 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 déglaçage	Gouvernement du Québec, 2007

**Tableau 4 : Liste des indicateurs opérationnels de performance en viabilité hivernale**

<u>Indicateurs</u>	<u>Sources</u>
Durée pour les efforts de grattage	Maze et <i>al.</i> , 2007
Utilisation des <i>blasts</i>	nXstream Technologies, 2011
Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage	Maze et <i>al.</i> , 2007
Détection d'aléa — Glace noire sur une pluie	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa – Verglas	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Glace noire due à une chaussée mouillée	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Accumulations ponctuelles de neige sèche	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Glace chimique	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Glace noire par déplacement de neige sèche	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Neige compactée à neige glacée	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Glace blanche ponctuelle	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Glace blanche généralisée	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Neige coulante	nXstream Technologies, 2011
Détection d'aléa — Enlèvement dans la neige	nXstream Technologies, 2011
Temps de patrouille	Stowe, 2001
Durée pour les efforts d'épandage	Maze et <i>al.</i> , 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 <i>al.</i> , 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



Certains indicateurs seront maintenant expliqués afin de clarifier les tableaux précédents. Tout d'abord, un aléa est une manifestation physique ou une activité humaine qui représente la possibilité de causer une atteinte ou des dommages (Ministère de la Sécurité Publique, 2008). En somme, les indicateurs servent à identifier chacun des aléas météorologiques possibles pour permettre aux intervenants d'agir le plus rapidement possible dans l'objectif de limiter les risques sur le réseau routier. Ensuite, les niveaux de vigilance d'Environnement Canada sont des niveaux de risque météorologique basés sur plusieurs phénomènes (ex. pluie verglaçante, vents, neige, tempête hivernale, etc.) pour générer un code de couleur. Le tableau 5 catégorise les risques selon les quatre niveaux de vigilance qui sont associés à des régions et communiqués par Environnement Canada.

**Tableau 5 : Niveaux de vigilance selon Environnement Canada (Schneider et Gagnon, 2011)**

<u>Niveaux de vigilance</u>	<u>Description</u>
Rouge	<b>Une vigilance absolue s'impose</b> : des événements dont les impacts sont d'une ampleur hors du commun sont prévus. La région affectée aura besoin de plusieurs semaines/mois pour s'en remettre (ex. la tempête du verglas en 1998).
Orange	<b>Soyez très vigilants</b> : des événements dont les impacts seront majeurs sont prévus. Il serait dangereux d'être exposé aux éléments du temps.
Jaune	<b>Soyez attentifs</b> : des événements dont les impacts seront localisés et généralement mineurs sont prévus.
Vert	<b>Pas de vigilance particulière</b> : du mauvais temps peut être prévu, toutefois, ni l'intensité des conditions météorologiques, ni la vulnérabilité de l'environnement régional ne portent à croire que des impacts significatifs en découleront.

Pour les données de circulation, deux types de segmentations ont été utilisés, étant donné qu'il n'y a pas de façon universelle de quantifier la circulation sur les réseaux routiers. La couche cartographique de trafic fournie par Google Maps est employée. Cette couche est disponible dans

d'autres applications routières telles que Québec 511. Aussi, une segmentation faite par une enquête sur la circulation a été utilisée (MTQ, 2003) :

- De dix-neuf heures à sept heures (soir et nuit) : Circulation faible;
- De sept heures à neuf heures (heure de pointe de l'avant-midi) : Circulation importante;
- De neuf heures à seize heures (hors pointe de jour) : Circulation modérée;
- De seize heures à dix-neuf heures (heure de pointe de l'après-midi) : Circulation importante.

Quant à lui, le temps de rotation est défini comme la période nécessaire à un camion de déneigement pour intervenir une nouvelle fois sur un circuit (nXstream Technologies, 2011). Le temps de mobilisation représente le temps entre la détection d'un événement météo-routier (besoin d'une intervention) et le début des interventions (nXstream Technologies, 2011). Les conditions routières sont définies par le Ministère des Transports du Québec. Chaque condition routière est représentée selon un code de couleurs; la condition routière est le résultat de l'association entre la visibilité et la condition de chaussée (Gouvernement du Québec, 2007). La figure 15 détaille la terminologie des conditions routières sous le format du code de couleurs.













<b>Visibilité</b>  <b>Chaussée</b> 		Bonne	Réduite	Nulle par endroits	Nulle
					
Dégagée		<b>BONNE</b> Soyez prudents!		<b>PASSABLE</b> Soyez vigilants et accordez-vous du temps!	
Enneigée par endroits ou glacée par endroits					
Partiellement enneigée ou partiellement glacée*					
Enneigée		<b>CRITIQUE</b> Si possible, reportez votre déplacement!			
Glacée					
	<b>FERMÉE</b> Désolé, ça ne passe pas!				

Figure 15 : Conditions routières (adapté de Gouvernement du Québec, 2007)

L'atteinte des niveaux de service est utilisée pour définir les priorités et les délais nécessaires pour le retour à la normale qui permettent de desservir correctement les usagers de la route. Les quatre niveaux de services définis par le MTQ sont les suivants (Gouvernement du Québec, 2007) :

- Niveau 1 : Autoroutes (où la circulation peut parfois atteindre plus de 100 000 véhicules par jour), la chaussée est dégagée sur toute la largeur;
- Niveau 2 : Routes nationales (où il passe 2500 véhicules par jour et plus), la chaussée est dégagée sur toute la largeur;

- Niveau 3 : Routes nationales et régionales (où il passe moins de 2500 véhicules par jour), la chaussée est dégagée sur une largeur de trois mètres dans les sections droites et sur cinq mètres aux points critiques;
- Niveau 4 : Routes collectrices (sur lesquelles circulent moins de 500 véhicules par jour), la chaussée est maintenue sous fond de neige durcie.

Le déploiement des ressources en opération lors de précipitations est un indicateur qui détermine les camions de déneigement qui ne sont plus en opération depuis un certain temps durant une tempête. Avec cet indicateur, les opérateurs du CIM ont la possibilité d'alerter les véhicules qui ne sont pas en intervention sur le réseau en début de tempête. Cela permet de faire une mobilisation plus rapide des intervenants. Finalement, les délais encourus depuis le dernier passage sont la différence entre l'heure actuelle et l'heure de la dernière intervention de grattage sur le circuit.

#### 4.2.2. Élaboration d'un modèle de documentation des indicateurs de performance

La deuxième étape de recherche des données pertinentes à la prise de décision est la documentation des indicateurs pour s'assurer que toute l'information gravitant autour de l'indicateur de performance (*Key Performance Indicator* ou KPI) est collectée. Pour nous en assurer, nous avons créé un modèle qui a été suivi pour chaque indicateur identifié. Le modèle de documentation a été inspiré de plusieurs façons de documenter les indicateurs de performance (Gonzalez, 2005; Marr, 2010 et Voyer, 1999). Le tableau 6 liste l'ensemble des éléments du modèle.

**Tableau 6 : Modèle de documentation des indicateurs de performance**

<u>Éléments</u>	<u>Explications</u>
ID KPI	Identifiant unique du KPI : S pour stratégique, T pour tactique et O pour opérationnel.
Nom du KPI	Nom donné au KPI.
Description du KPI	Une courte phrase pour clarifier ce que fait l'indicateur.
Type du KPI	Le type de KPI est lié aux types de données en viabilité hivernale : suivi du climat, suivi du réseau routier et suivi des opérations.
Question d'affaires répondue	La question d'affaires permet de saisir le contexte global du KPI.
Utilisateurs qui consultent le KPI	Les utilisateurs visés par le KPI sont liés au niveau décisionnel du MTQ.
Décisions prises à l'aide du KPI	L'utilisateur du KPI doit être capable de prendre des mesures sur le KPI.
Dimensions du KPI	Pour établir la dimensionnalité de la donnée nécessaire pour générer le KPI (ex. par circuit, par véhicule).

Après avoir établi le modèle de documentation, nous avons suivi le modèle pour chacun des indicateurs en viabilité hivernale trouvés lors de l'étape précédente. L'annexe 1 fournit la documentation de tous les indicateurs identifiés à l'étape précédente. C'est lors de la validation des indicateurs que la liste en sera réduite afin de sélectionner seulement ceux qui seront déterminants (clés).

#### 4.2.3. Validation des indicateurs clés de performance

Pour être certains de sélectionner seulement les indicateurs pertinents pour le MTQ, des documents internes du MTQ ont été consultés et des rencontres informelles avec trois personnes clés du MTQ ont été faites, soit un opérateur du CIM, son superviseur ainsi qu'un cadre du MTQ. Après cette validation, nous avons obtenu quatre indicateurs stratégiques, sept indicateurs tactiques et huit indicateurs opérationnels :

1. Indicateurs stratégiques :
  - a. Évolution du coût des circuits;

- b. Nombre d'accidents sur le réseau;
  - c. Pourcentage du niveau de service;
  - d. Rigueur de l'hiver.
2. Indicateurs tactiques :
- a. Retour au niveau de service normal;
  - b. Coût par kilomètre;
  - c. Heures d'activités d'opération;
  - d. Quantité d'abrasifs utilisés;
  - e. Quantité de déglacant utilisé;
  - f. Nombre de plaintes des usagers de la route;
  - g. Intervalles entre les sorties de déglacage.
3. Indicateurs opérationnels :
- a. Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage;
  - b. Détection d'aléas (tous les aléas);
  - c. Niveaux de vigilance selon Environnement Canada;
  - d. Circulation sur le réseau routier;
  - e. Quantité et durée des précipitations;
  - f. Température de l'air passant le point de congélation;
  - g. Conditions routières (visibilité et état de la chaussée);
  - h. Déploiement des ressources en opération lors de précipitations.

Pour la suite des étapes, nous utilisons les indicateurs opérationnels qui serviront à construire les alertes du tableau de bord. Les indicateurs tactiques et stratégiques sont des pistes de réflexion



pour le MTQ, quant à l'établissement d'analyses plus poussées après les événements météorologiques, car ils n'ont pas été développés dans le prototype. L'étape suivant l'établissement de cette liste consistait à déterminer les données nécessaires pour bâtir les indicateurs et à établir les seuils de chacun.

#### 4.2.4 Définition des données nécessaires pour construire les indicateurs clés de performance validés



Dans cette section, les données et les seuils nécessaires pour construire les alertes du prototype sont détaillés. Tout d'abord, le tableau 7 établit la liste de toutes les données nécessaires à chacun des indicateurs clés de performance en viabilité hivernale validés à l'étape précédente.

Les alertes ont été ajoutées dans le prototype, car elles attirent l'attention du décideur quand la performance mesurée s'éloigne à la hausse ou à la baisse des objectifs (Baum, 2006). C'est donc très utile dans un contexte où la rapidité d'analyse et de prise de décision est importante. Il a été déterminé d'utiliser une hiérarchie d'alertes déjà existante et connue pour notre prototype, soit les icônes utilisées par les systèmes d'exploitation de Windows, pour établir notre propre définition d'alertes pour le prototype (tableau 8).

**Tableau 7 : Indicateurs clés de performance et données nécessaires**

<u>Indicateurs clés</u>	<u>Bases de données utilisées</u>	<u>Données nécessaires</u>	<u>Références</u>
Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage	Base de données du monitoring de véhicules	Vitesse du véhicule et type d'intervention effectuée	Turpin, 2007
Détection d'aléas (tous les aléas)	Base de données des stations météorologiques, bulletin météorologique d'Environnement Canada et Base de données ERT	Température de l'air, température de surface, précipitations, vents, point de rosée, état de chaussée et circulation	nXstream Technologies, 2011
Niveaux de vigilance selon Environnement Canada	—	Données d'Environnement Canada	Schneider et Gagnon, 2011
Circulation sur le réseau routier	—	Données de Google Maps avec son code de couleurs et enquête sur la circulation	Google, 2011, et MTQ, 2003
Quantité et durée des précipitations	Bulletin météorologique d'Environnement Canada	Quantité, type et durée des précipitations	nXstream Technologies, 2011
Température de l'air passant le point de congélation	Base de données des stations météorologiques	Température de l'air	nXstream Technologies, 2011
Conditions routières (visibilité et état de la chaussée)	Base de données ERT	État de chaussée et visibilité	nXstream Technologies, 2011
Déploiement des ressources en opération lors de précipitations	Base de données du monitoring de véhicules	Positions des véhicules et type d'opération effectuée	Turpin, 2007

**Tableau 8 : Alertes de Windows et du prototype (adapté de Microsoft Corporation, 2011)**

<u>Icônes</u>	<u>Noms</u>	<u>Descriptions de Windows</u>	<u>Actions dans le prototype lors du déclenchement de l'alerte</u>
	Critique	L'interface présente un problème ou une erreur est survenue	Fenêtre contextuelle et son avertissant l'opérateur de l'alerte
	Avertissement	L'interface présente une condition qui pourrait causer un problème dans le futur	Fenêtre contextuelle avertissant l'opérateur de l'alerte

L'établissement de seuils pour chacun des indicateurs clés de performance est nécessaire pour déterminer à quel seuil est affiché chaque niveau d'alerte. Le tableau 9 présente les seuils ainsi que les niveaux d'alerte.

**Tableau 9 : Indicateurs clés de performance et seuils associés**

<u>Indicateurs clés</u>	<u>Seuils</u>	<u>Niveaux d'alerte</u>
Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage	—	Critique
	Plus de 50 km/h, moins de 30 km/h	Avertissement
Détection d'aléas (tous les aléas)	—	Critique
	Tout aléa météorologique	Avertissement
Niveaux de vigilance selon Environnement Canada	Niveau de vigilance orange ou rouge	Critique
	Niveau de vigilance jaune	Avertissement
Circulation sur le réseau routier	Circulation importante selon l'enquête sur la circulation (MTQ, 2003)	Critique
	Circulation modérée selon l'enquête sur la circulation (MTQ, 2003)	Avertissement
Quantité et durée des précipitations	Verglas ou neige importante (plus de 15 cm/jour)	Critique
	Neige (moins de 15 cm/jour et plus 10 cm/jour)	Avertissement
Température de l'air passant le point de congélation	—	Critique
	Passage au point de congélation	Avertissement
Conditions routières (visibilité et état de la chaussée)	Conditions routières critiques ou route fermée	Critique
	Conditions routières passables	Avertissement
Déploiement des ressources en opération lors de précipitations	35 minutes de non-mouvement	Critique
	25 minutes de non-mouvement	Avertissement

### 4.3. Développement du prototype

Cette section détaille les étapes nécessaires à la réalisation du prototype. Comme cela a été mentionné dans le chapitre trois, le processus de développement de systèmes de Nunamaker (1990) a été utilisé. Voici un sommaire des étapes. Les étapes 1 à 8 seront détaillées dans les



sections 4.3.1 à 4.3.8 respectivement. Pour sa part, la neuvième étape sera détaillée dans le chapitre cinq :

- Étape 1 : Construire le cadre conceptuel du prototype;
- Étape 2 : Développer l'architecture du prototype;
- Étape 3 : Analyser et concevoir la première itération du prototype;
- Étape 4. : Construire la première itération du prototype;
- Étape 5 : Analyser et concevoir la deuxième itération du prototype;
- Étape 6. : Construire la deuxième itération du prototype;
- Étape 7 : Analyser et concevoir la troisième itération du prototype;
- Étape 8. : Construire la troisième itération du prototype;
- Étape 9 : Évaluer et observer le système.

Les étapes trois à huit se répètent, car une démarche de prototypage a été mise en place. À l'aide de trois itérations, nous arrivons progressivement au prototype final. Le but des étapes trois, cinq et sept est de construire une maquette permettant un développement rapide de certaines fonctionnalités. Le résultat de ces étapes est une version papier permettant de guider la programmation du prototype. Quant à elles, les étapes quatre, six et huit sont le développement technique du prototype à l'aide de technologies robustes. Le résultat de ces étapes est une application fonctionnelle.

#### 4.3.1. Construire le cadre conceptuel du prototype

La première étape de l'élaboration de notre prototype a été de construire un cadre conceptuel représentant le contexte général de l'utilisation du prototype CIMIAG. Pour ce faire, trois



diagrammes UML (*Unified Modeling Language*) ont été conçus. Premièrement, le diagramme de cas d'utilisation est utilisé pour représenter un cas typique d'interaction entre le CIMIAG et les différents acteurs. Deuxièmement, le diagramme d'activités représente les étapes d'exécution des tâches faites avec le prototype. Troisièmement, le diagramme de classes montre des classes d'objets qui deviendront les futures tables de la base de données alimentant le CIMIAG. Le diagramme de cas d'utilisation est représenté à la figure 16.

Plusieurs acteurs gravitent autour du CIMIAG. 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 :

- Opérateur du CIMIAG : 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 sel épandu) par leur passage sur la route;
- Environnement Canada : il collabore avec le MTQ à propos des prévisions et des conditions météorologiques sur le territoire;
- Sûreté du Québec : il collabore avec le MTQ à propos de la fermeture de routes et des dangers sur le réseau routier (ex. accident, sorties de route);

- Intervenants du Ministère (Régie) : ils sont responsables de l'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 ils sont vérifiés pour la qualité finale de leur service.

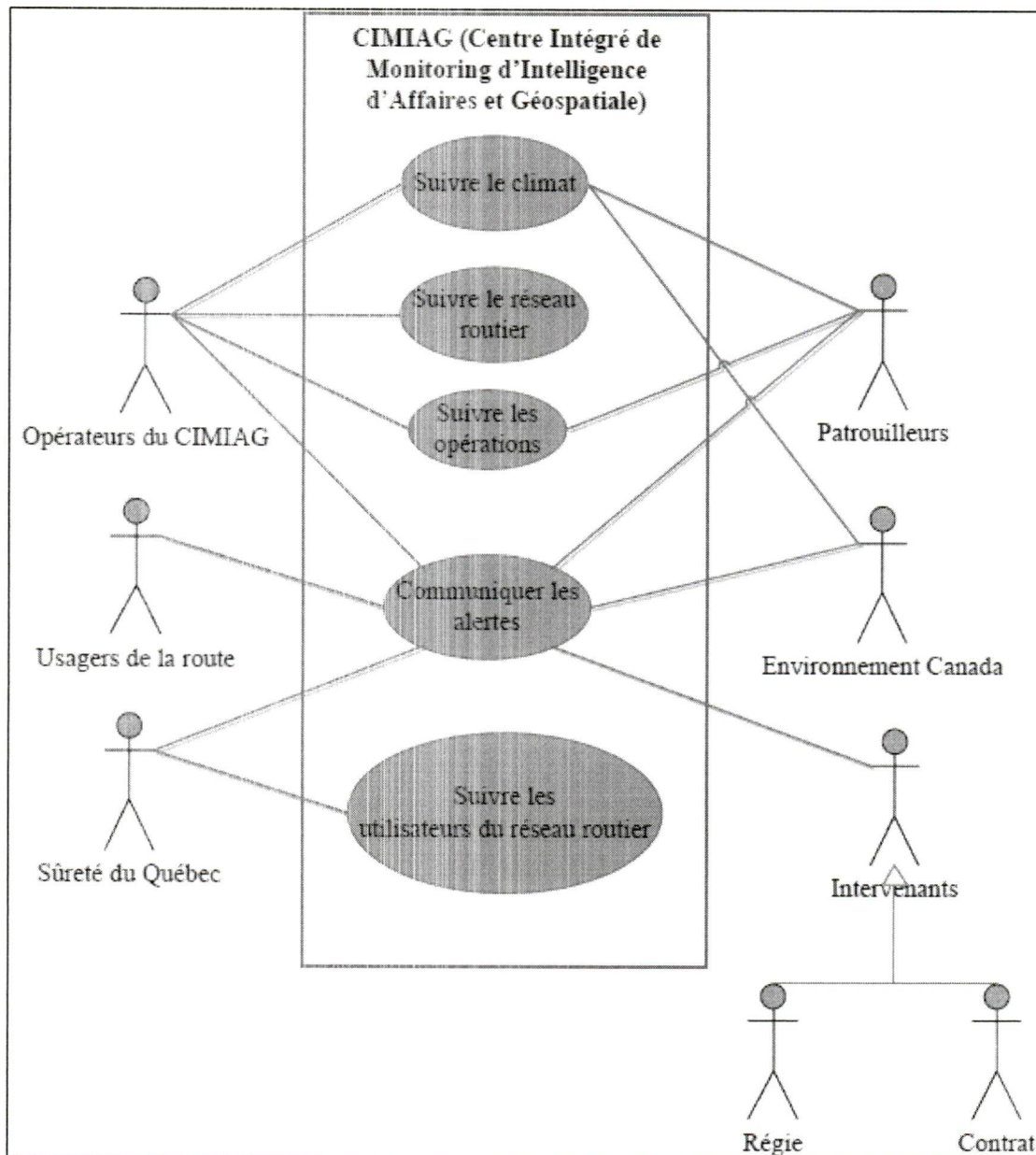


Figure 16 : Diagramme UML de cas d'utilisation

Les étapes d'utilisation du prototype pour chacun des acteurs sont présentées à la figure 17. L'opérateur du CIM surveille le climat, le réseau routier ainsi que les opérations effectuées. La surveillance du climat permet de détecter les aléas, la surveillance du réseau routier permet de détecter les vulnérabilités et la surveillance des opérations permet de détecter les opérations qui ne sont pas réalisées. Après la détection des risques, le CIMIAG détermine s'ils sont importants. Si les risques sont importants, une alerte est déclenchée, sinon la surveillance se poursuit. Après le déclenchement d'une alerte, le tableau de bord se transforme. Il change pour permettre à l'opérateur du CIM de visualiser automatiquement les informations nécessaires pour traiter l'alerte le plus rapidement possible. Si l'alerte est importante, elle est envoyée aux autres acteurs qui gravitent autour du CIMIAG. Les patrouilleurs font le suivi du climat et des opérations, mais directement sur le terrain. À l'aide des alertes du CIMIAG, les patrouilleurs ajustent les différentes stratégies d'intervention. Les usagers de la route utilisent les alertes générées par le CIMIAG pour modifier leurs déplacements selon le climat et les conditions routières. Environnement Canada fait le suivi du climat et ils utilisent les alertes du CIMIAG pour modifier les niveaux de vigilance. La Sûreté du Québec fait le suivi des utilisateurs du réseau routier. Finalement, les intervenants font les opérations de déneigement ou de déglçage sous la supervision des patrouilleurs. Le processus d'utilisation du prototype est infini. L'utilisation du prototype ne s'arrête pas à la génération d'une seule alerte, le monitoring du territoire de l'Estrie se poursuit durant tout l'hiver.

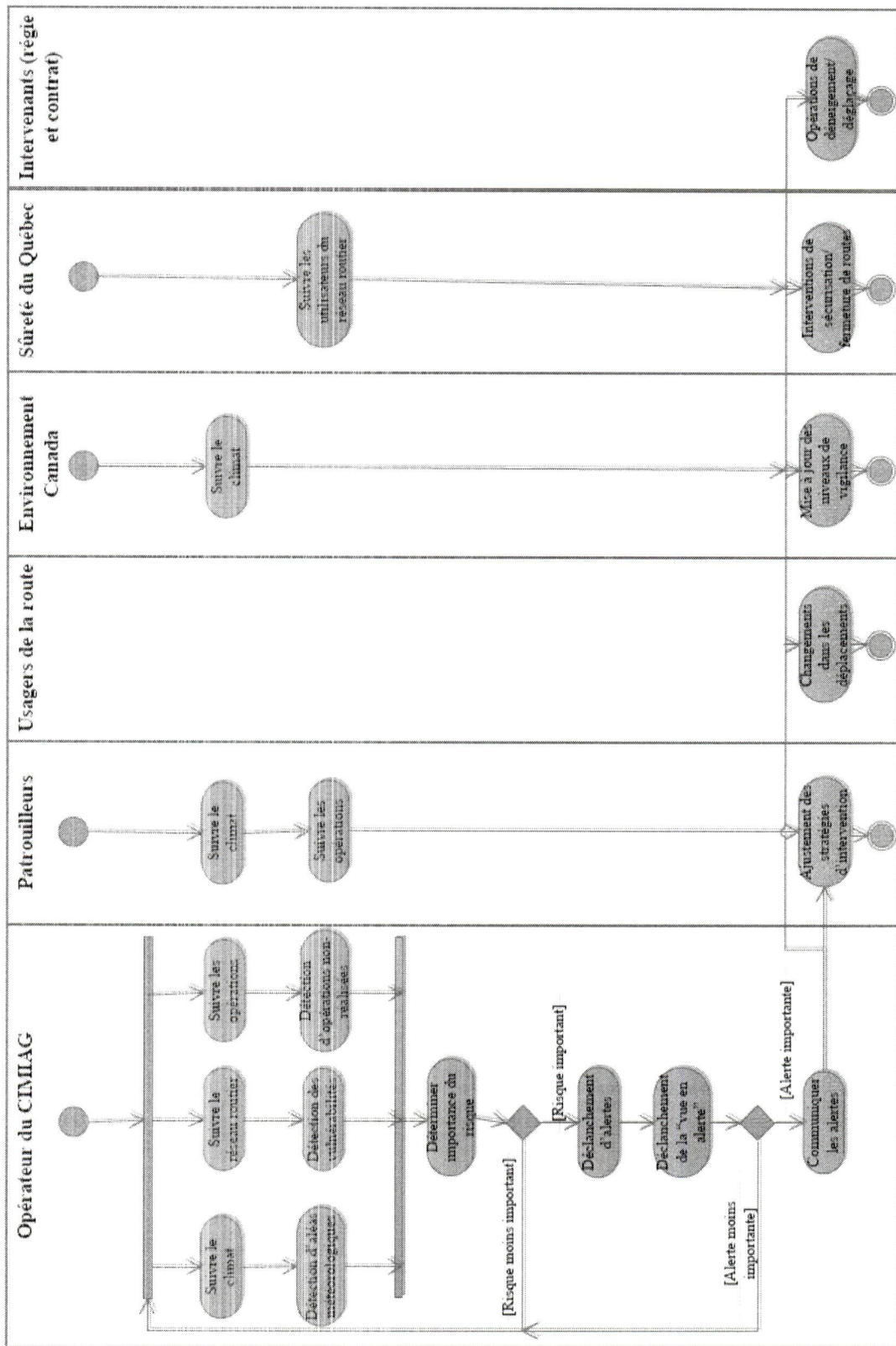


Figure 17 : Diagramme UML d'activités



Le diagramme de classes est présenté dans les figures 18, 19 et 20. Le diagramme a été découpé en trois sections pour en faciliter la lecture et la compréhension. Le premier découpage illustre les données pour la gestion des utilisateurs et des fenêtres. Le deuxième découpage expose les données des deux tableaux de bord. Le dernier découpage montre la gestion des alertes. Pour consulter l'architecture de données plus en détail, l'annexe 2 présente le modèle logique de données (modèle relationnel).

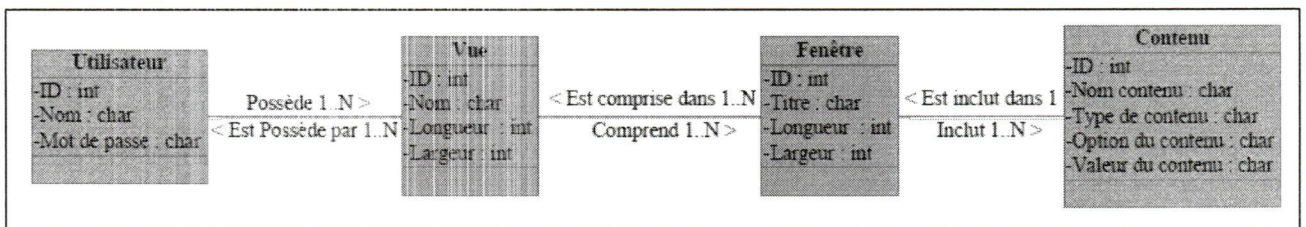


Figure 18 : Diagramme UML de classes – Gestion des utilisateurs

Quatre classes sont représentées dans le diagramme. La première renferme les noms d'utilisateurs servant à se connecter au tableau de bord. Cette classe comprend aussi le mot de passe. La deuxième contient les différentes vues (climat, réseau routier et opérations), ainsi que leur taille. La troisième renferme les informations sur les fenêtres (ex. prévisions météo, alertes) avec leur taille respective. La dernière classe renferme des informations sur le contenu de la fenêtre. Le type de contenu explique si la fenêtre est un graphique, un tableau ou une vidéo. L'option du contenu fournit le type de choix présenté à l'utilisateur pour faire le choix de la fenêtre (ex. une zone de liste ou une zone de texte). Finalement, la valeur du contenu présente le chemin pour accéder à la fenêtre du tableau de bord.

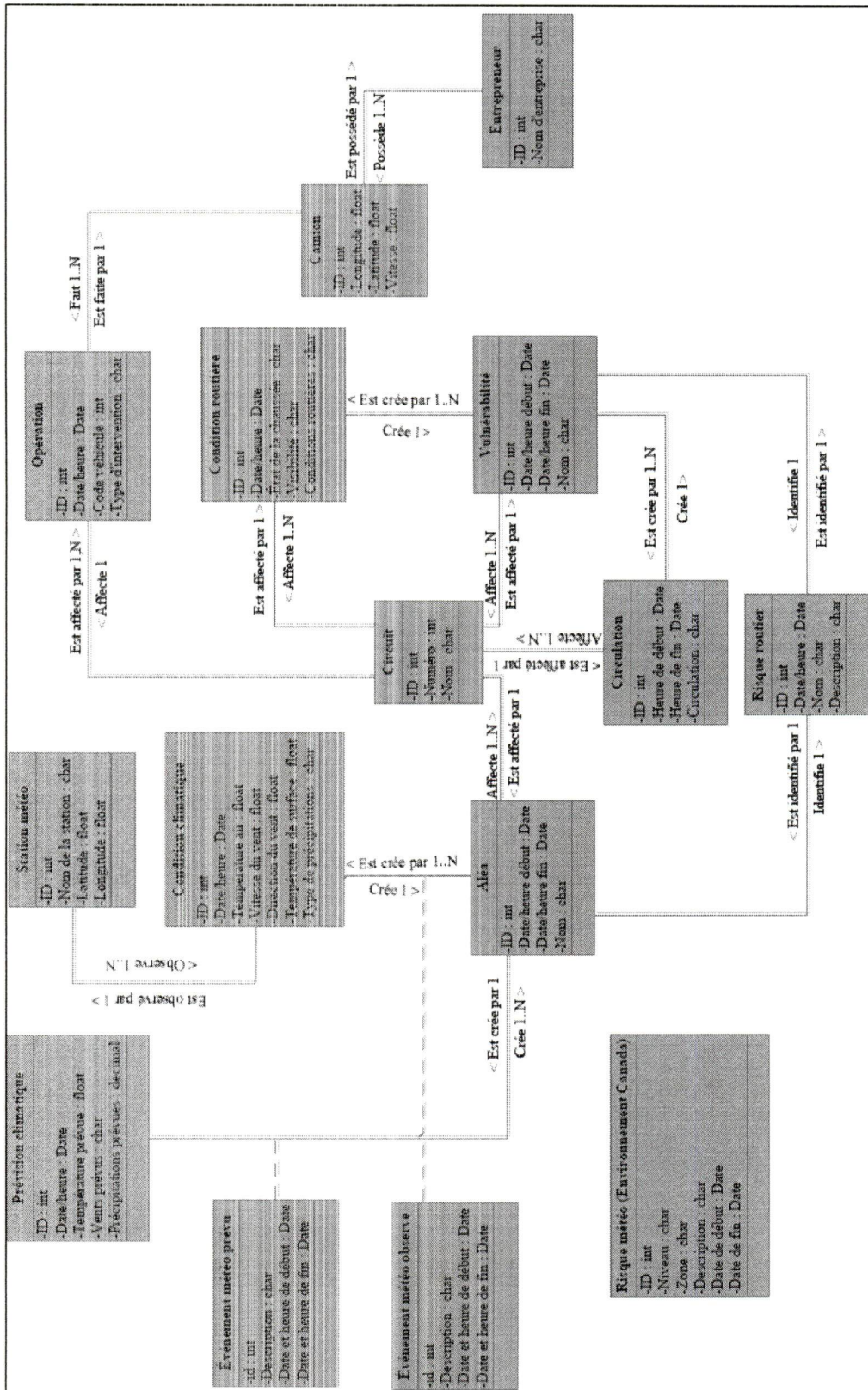


Figure 19 : Diagramme UML de classes – Gestion des données des tableaux de bord

Ce découpage présente quinze classes dont les données sont présentes dans les deux tableaux de bord. La classe *Prévision climatique* renferme les projections météorologiques d'Environnement Canada. Une classe associative est liée à la relation entre les classes *Prévision climatique* et *Aléa*. Il s'agit de la classe *Événement météo prévu*. Cette classe est utilisée pour définir un événement météo plutôt qu'une donnée météo (ex. air froid plutôt que moins neuf degrés Celsius). Ceci permet de résumer plus facilement les informations météorologiques. La classe *Condition climatique* contient les observations météorologiques des stations météo (classe *Station météo*). La classe associative *Événement météo observé* est incluse entre les classes d'*Aléa* et *Conditions climatiques* pour les mêmes raisons que la classe associative *Événement météo prévu*. La classe *Risque météo* comprend les niveaux de vigilance d'Environnement Canada. La classe *Condition routière* comprend les informations sur la visibilité et l'état de la chaussée. La classe *Circulation* contient la segmentation faite par le MTQ (MTQ, 2003). Les deux dernières classes sont en lien avec la classe *Vulnérabilité*. La classe *Opération* inclut des informations sur le type d'opération en cours (ex. grattage, épandage). L'opération est effectuée par un *Camion*, cette classe contient des informations sur la position du camion ainsi que sa vitesse. Le camion peut appartenir à un *Entrepreneur*, cette classe contient le nom de l'entreprise qui possède le camion. La classe *Circuit* est associée à plusieurs autres classes. Il s'agit d'une classe importante pour segmenter les événements climatiques, les conditions routières et la circulation et les opérations. Finalement, la classe *Risque routier* est le résultat de l'aléa et de la vulnérabilité.



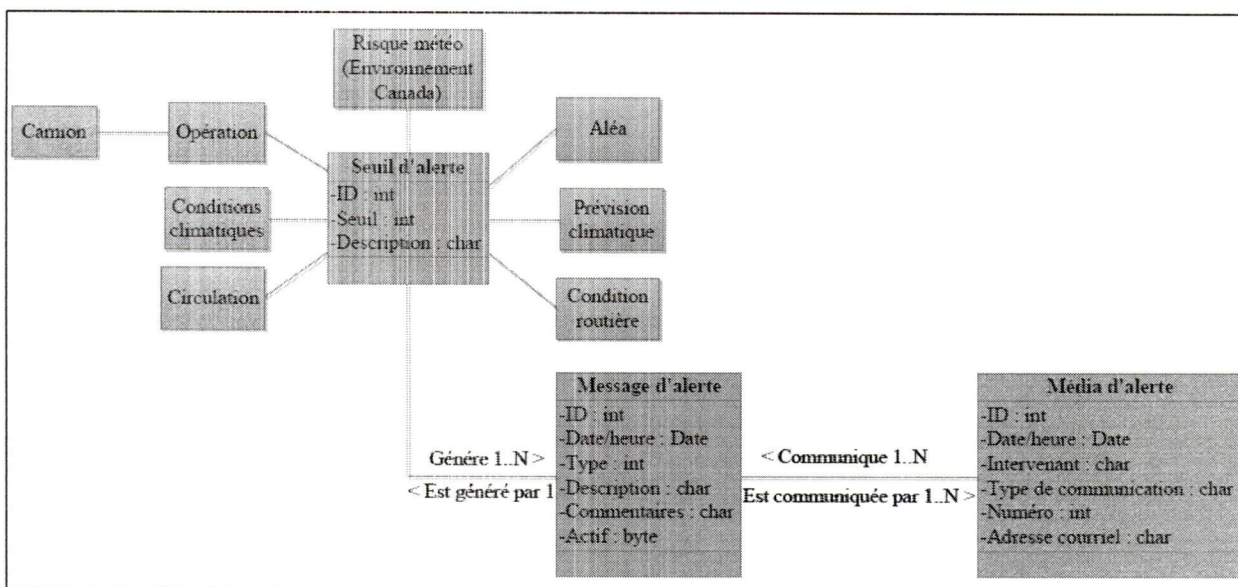


Figure 20 : Diagramme UML de classes – Gestion des alertes

Le dernier découpage du diagramme de classes contient huit classes du diagramme de classes de la figure 19 ainsi que trois nouvelles classes. La classe *Seuil d'alerte* est associée à toutes les classes du découpage de la gestion des données du tableau de bord où des alertes sont générées. Cette classe contient le seuil à atteindre avant de générer une alerte sur le tableau de bord. La classe *Message d'alerte* comprend tous les messages d'alertes possibles. Finalement, la classe *Média d'alerte* contient l'intervenant à alerter ainsi que la méthode suivant laquelle il doit être averti (ex. courriel, pagette, téléphone).

#### 4.3.2. Développer l'architecture du prototype

Notre prototype CIMIAG propose un outil de tableau de bord géospatial et un tableau de bord tabulaire qui va améliorer la vitesse de détection des risques sur le réseau routier. Cette amélioration est directement reliée à l'utilisation d'alertes et de vues permettant aux opérateurs



du CIM d'analyser plus rapidement les différentes situations et donc, d'alerter plus rapidement les différents intervenants en viabilité hivernale.

Le tableau de bord est affiché sur deux écrans. Le premier présente une interface très semblable à celle de Google Maps, à la différence que l'interface du CIMIAG se compose de plusieurs couches d'informations diverses comme le trafic, les images radar météo, la localisation des véhicules, etc. Le deuxième écran, quant à lui, présente des informations sur les caméras de surveillance, les alertes et les événements météo-routiers (ex. aléas météorologiques, conditions routières et interventions prévues). Cet écran prend la forme d'un tableau de bord traditionnel contenant des fenêtres déplaçables et redimensionnables par l'utilisateur. Le tableau de bord est utilisé au niveau opérationnel durant la gestion des événements météo-routiers (ex. tempête) et au niveau tactique lors des retours sur les événements. La figure 21 présente l'architecture actuelle du CIM. Les données sont accumulées dans les serveurs du CIM sans qu'elles soient intégrées. Dans la section 2.5.2., il est montré que les différents systèmes du MTQ sont utilisés généralement en silo. Ce que nous proposons est un système import-export de données historiques du MTQ. C'est-à-dire que nous avons intégré les données nécessaires pour faire fonctionner les indicateurs clés de performance dans une base de données externe et nous avons fait fonctionner le prototype seulement avec celles-ci. Le principal avantage de cette architecture est que les données sont maintenant intégrées, il est donc possible d'établir des liens entre les données. Par exemple, nous pouvons prédire quel type d'intervention serait nécessaire pour un risque donné et comparer l'action effectuée avec celle prévue. Ceci améliore beaucoup la puissance des analyses post-événement météo-routiers. Par contre, cette façon de faire est valable seulement pour notre prototype. Le MTQ devra donc s'en inspirer pour l'intégration de toutes les

données accumulées. De plus, car les données sont historiques, l'intégration de celles-ci n'est pas faite en temps réel.

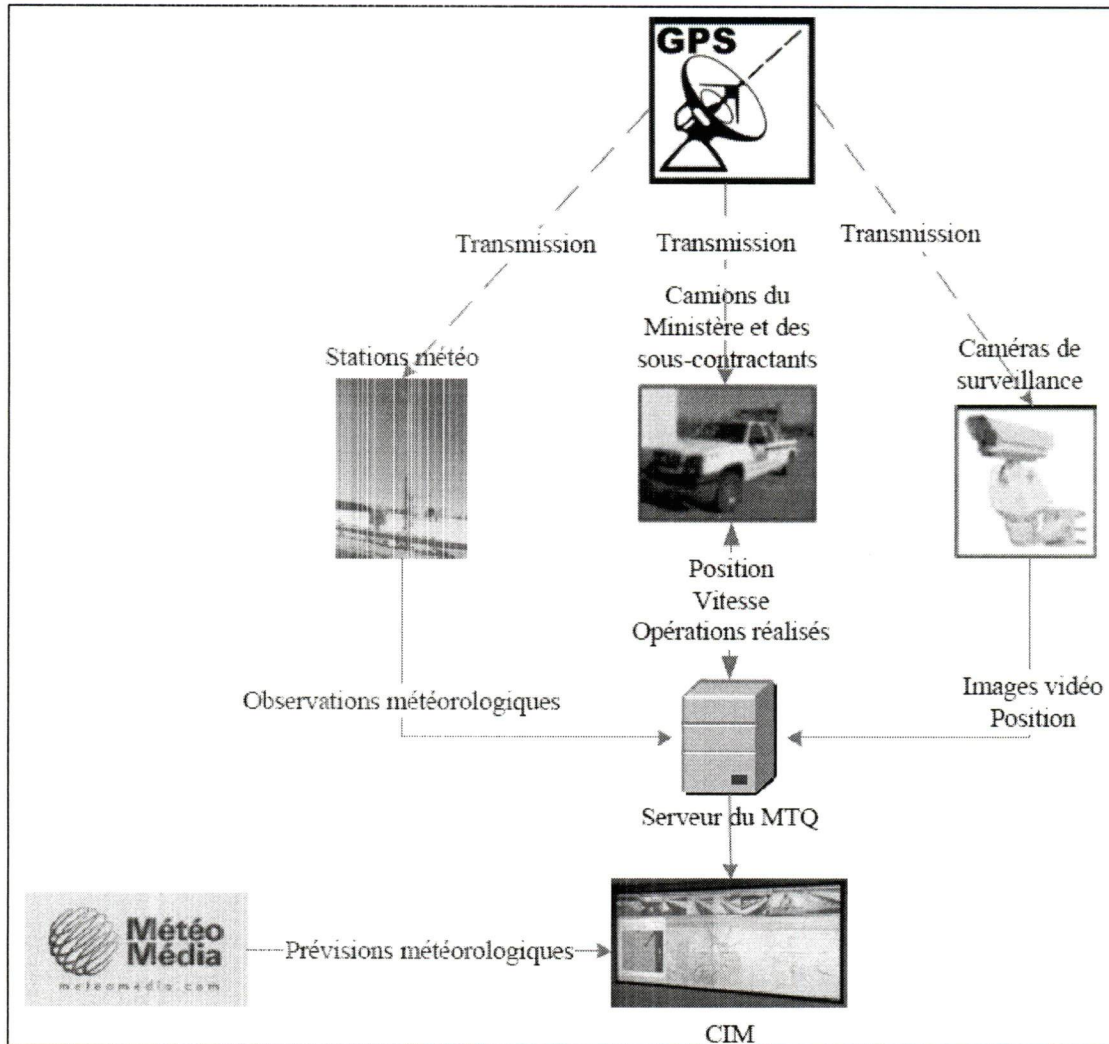


Figure 21 : Architecture du CIM (adapté de Ferland et al., 2005)

#### 4.3.3. Analyser et concevoir la première itération du prototype

Pour l'analyse et la conception des différentes itérations du prototype, le logiciel Microsoft Visio a été utilisé pour construire des prototypes papier. Un prototype papier permet à moindre coût de

jeter les bases du prototype final. De plus il permet de donner une première vue de l'aspect visuel et de la convivialité de l'interface. La figure 22 présente la première itération du prototype papier (maquette).

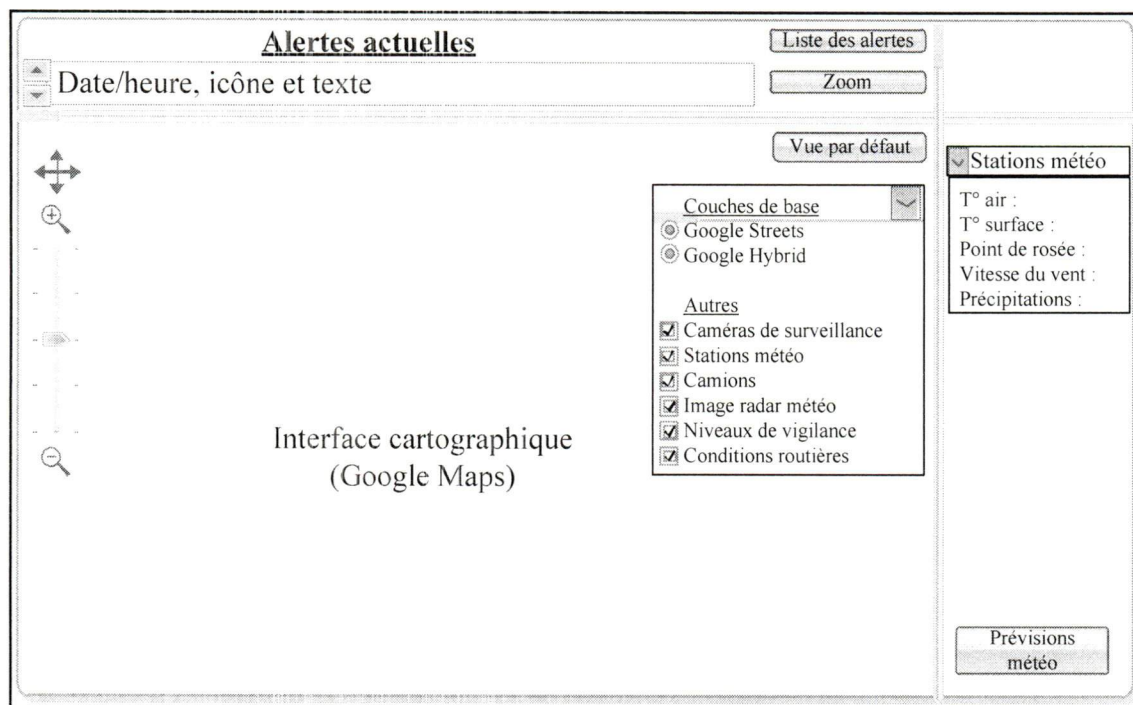


Figure 22 : Première itération du prototype papier

La première itération présente seulement la partie cartographique du prototype. Celle-ci comprend une barre de défilement en haut de l'écran pour faciliter l'affichage des alertes en cours et celles qui ne sont pas traitées par les opérateurs. Les alertes comprennent la date et l'heure d'apparition, une icône (celles présentées dans la section 4.2.4.) et un court texte décrivant l'alerte. Deux boutons sont placés près de la liste d'alertes. Le bouton *Liste des alertes* permet à l'utilisateur de voir toutes les alertes sur le réseau routier, même si elles ont été traitées. Le bouton *Zoom* permet à l'utilisateur de faire un zoom avant vers l'endroit exact où l'alerte est

située (ex. camion, station météo). L'interface cartographique de type Google Maps comprend plusieurs couches d'information que l'utilisateur peut ajouter ou retirer à sa guise. Comme avec l'application Google Maps, l'utilisateur peut choisir sa couche de base, soit une vue sous forme de carte ou une vue satellite. Ce dernier type de vue permet d'avoir une vue aérienne du territoire. Les autres couches d'information ajoutées sont pour le suivi des activités de viabilité hivernale. Les opérateurs peuvent visualiser l'emplacement des diverses caméras de surveillance sur le réseau, ainsi que des stations météorologiques, des camions de déneigement, des images radars pour les précipitations, des niveaux de vigilance et des conditions routières. Les différentes informations sont représentées de façons diverses. Par exemple les camions, les caméras et les stations sont présentés par des points, les images radars et les niveaux de vigilance par des polygones et les conditions routières par des lignes. À l'extrême droite de la maquette, on retrouve les informations sur les stations météorologiques. La station est choisie par l'utilisateur grâce à un bouton déroulant. Finalement, nous avons ajouté un lien vers le site de MétéoMédia pour les prévisions météorologiques.

#### 4.3.4. Construire la première itération du prototype

Le logiciel intégré MapFish a été utilisé pour le développement de l'application, car il facilite l'assemblage des autres composantes géospatiales de l'application : Ext JS et OpenLayers. Ext JS est une bibliothèque JavaScript qui permet d'ajouter un grand nombre de composants visuels à une application Web. OpenLayers est un logiciel libre qui permet le développement d'applications cartographiques sur le Web. La première itération de l'application est illustrée à la figure 23.



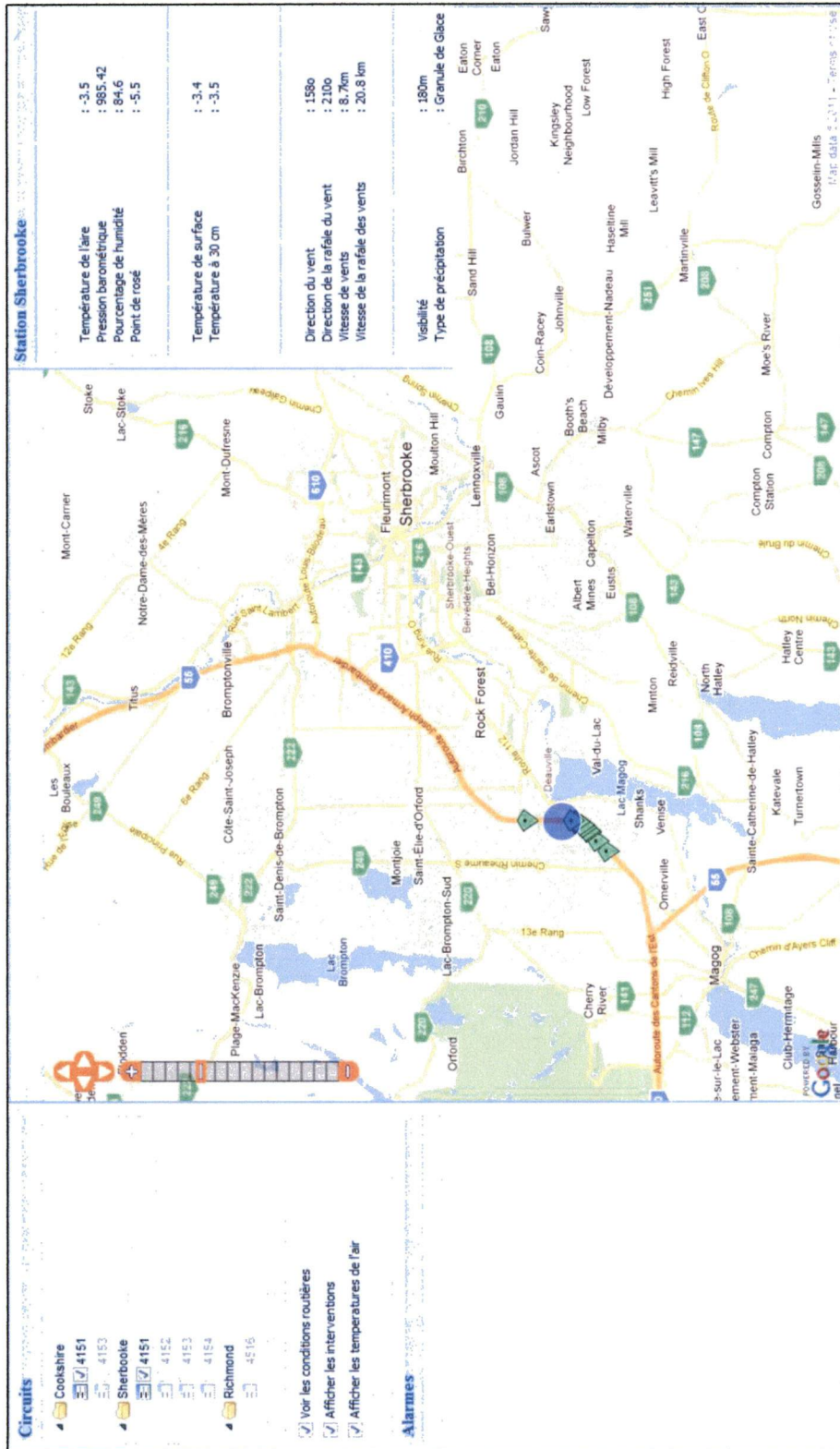


Figure 23 : Première itération du tableau de bord

La première version de l'application Web propose une interface géospatiale de type Google Maps possédant trois couches d'information soit, les conditions routières, les interventions et la température de l'air. De plus, l'utilisateur accède aux informations météorologiques détaillées des stations météo en haut à droite de l'application. Finalement, les alertes sont affichées à la gauche de l'interface, car cela permet d'afficher plus d'une alerte à la fois contrairement à ce qui avait été aménagé dans le prototype papier.

#### 4.3.5. Analyser et concevoir la deuxième itération du prototype

La deuxième itération du prototype papier est présentée à la figure 24. Dans cette version, un deuxième écran comprenant des informations plus détaillées a été ajouté. Dans cet écran, l'utilisateur a la possibilité de bouger et d'agrandir chacune des différentes fenêtres à son gré. Dans l'écran de droite, l'utilisateur a la possibilité de voir la liste historique de toutes les alertes. De plus, dans l'écran de droite, l'utilisateur peut visualiser les informations de plusieurs stations météorologiques à la fois. Les prévisions météorologiques y sont également affichées. Elles sont présentées sous forme d'un graphique pour la température prévue de l'air ainsi que d'une infobulle accessible lorsqu'on y dépose le curseur de la souris pour des informations plus détaillées (vents et précipitations prévues).

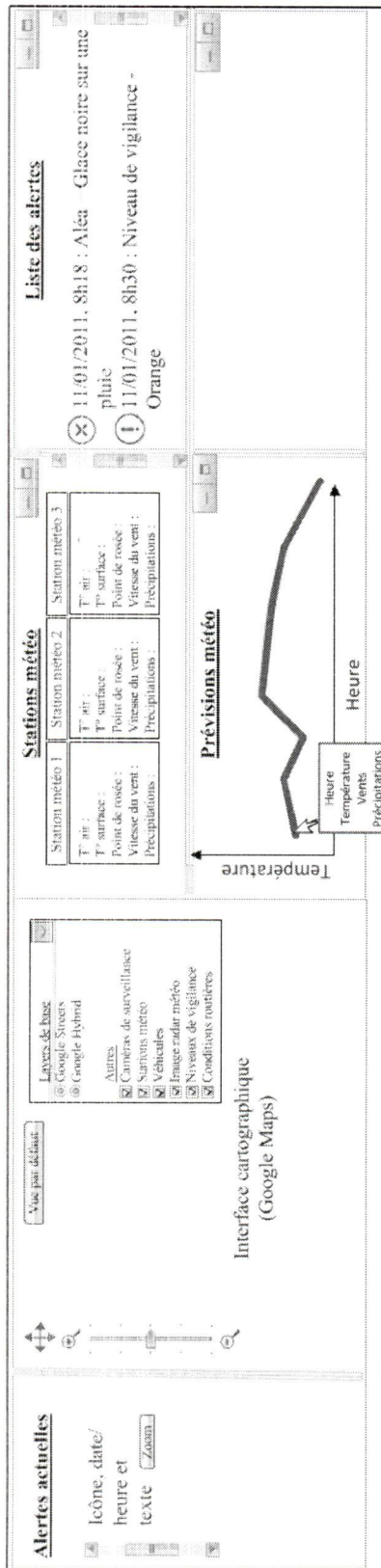


Figure 24 : Deuxième itération du prototype papier

#### 4.3.6. Construire la deuxième itération du prototype

Dans cette itération, le principal ajout est le tableau de bord tabulaire qui est illustré à la figure 25. Une autre application Web a été créée pour la gestion de celui-ci. Le tableau de bord comprend trois fenêtres : les conditions météo observées de différentes stations météorologiques de l'Estrie, les prévisions météo présentées sous forme graphique et la liste des alertes sur le réseau.



Figure 25 : Deuxième itération du tableau de bord



#### 4.3.7. Analyser et concevoir la troisième itération du prototype

La dernière itération du prototype papier se retrouve à la figure 26. Dans cette itération, les informations du tableau de bord ont été divisées en trois types de vues. Il y a un type de vue pour chaque type de données en viabilité hivernale (section 2.7.2.). Selon le type de vue sélectionné par l'utilisateur, l'interface de gauche présente différentes couches d'information sur la carte et l'interface de droite affiche des données tabulaires. De plus, un bouton de configuration a été ajouté. Il permet à l'utilisateur de configurer lui-même l'information qu'il veut voir et de se faire une vue personnalisée (ex. si l'opérateur veut voir les conditions routières et les opérations réalisées). Ceci ajoute de la flexibilité à l'application. Un bouton pour gérer l'alerte a été ajouté. En cliquant sur ce bouton, l'utilisateur pourra dire si l'alerte a été gérée par le CIM et ajouter des commentaires. Ceci va permettre de documenter les pratiques de gestion des alertes du CIM. Dans l'écran de droite, plusieurs fenêtres ont été ajoutées. Les caméras de surveillance sont incluses dans notre interface et elles permettent aux opérateurs de conserver les caméras toujours devant eux comme avec la version originale du système. Finalement, nous avons ajouté des tableaux contenant de l'information détaillée à propos des aléas météorologiques, des vulnérabilités et des opérations. Les informations sont divisées entre les prévisions et les observations. Cette fonctionnalité donne aux opérateurs la possibilité de comparer les résultats d'opérations avec ceux qui ont été prévus et, donc, de mieux cibler les alertes.

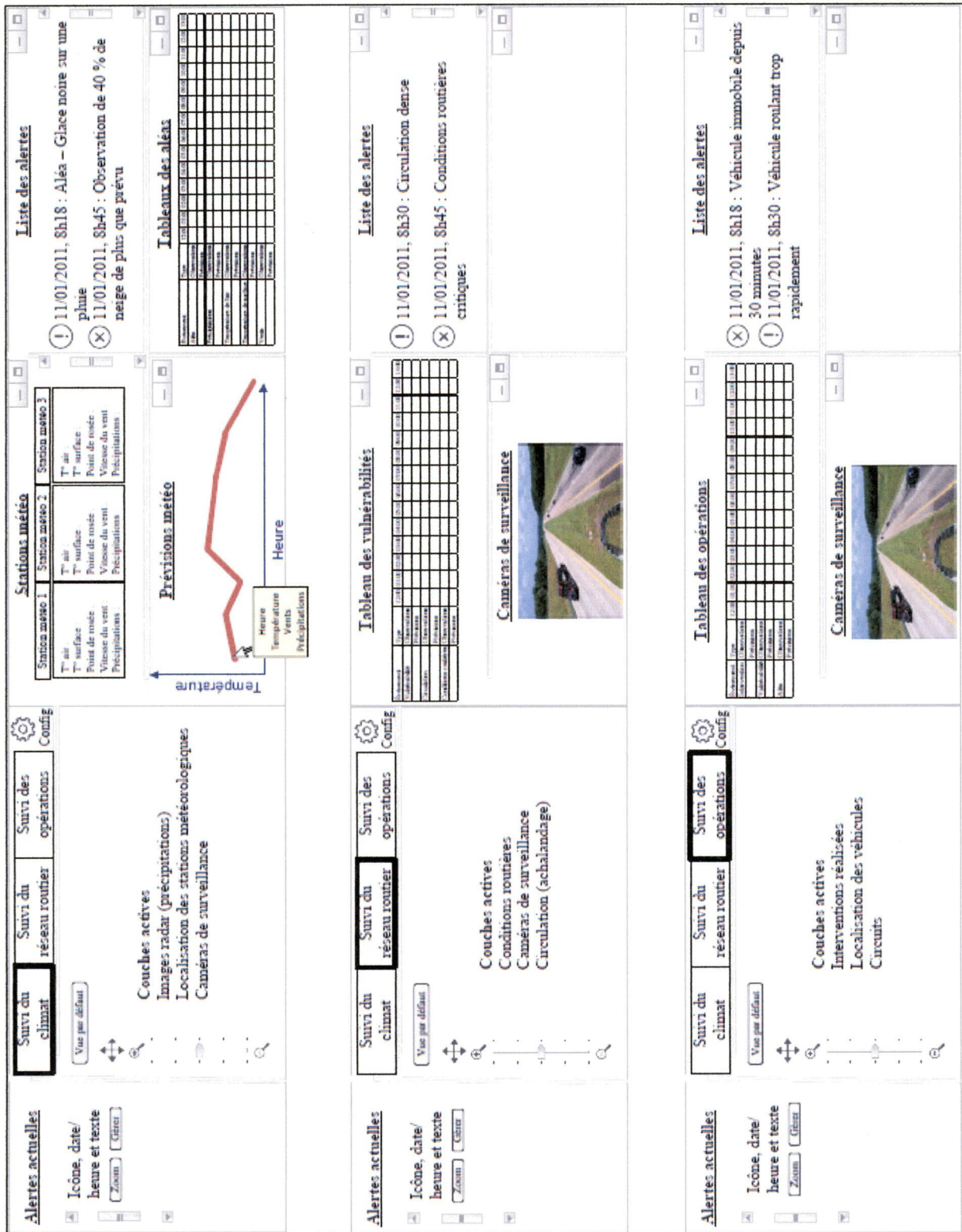


Figure 26 : Troisième itération du prototype papier

#### 4.3.8. Construire la troisième itération du prototype

Nous en sommes maintenant à la version complète du prototype. Cette section est divisée en deux parties. Tout d'abord, les fonctionnalités du tableau de bord géospatial (écran de gauche dans la troisième itération du prototype papier) seront décrites. Ensuite les fonctionnalités du tableau de bord tabulaire (écran de droite dans la troisième itération du prototype papier) seront détaillées.

La réalisation technique du prototype a été faite avec la collaboration d'une équipe de programmeurs et de géomaticiens. Les diagrammes UML, l'architecture de données ainsi que les prototypes papier ont été réalisés par moi. Le tableau de bord géospatial a été programmé par l'équipe. J'ai développé la majorité des fenêtres du tableau de bord tabulaire, toutefois l'intégration des fenêtres et les mouvements de celles-ci ont été faits par l'équipe.

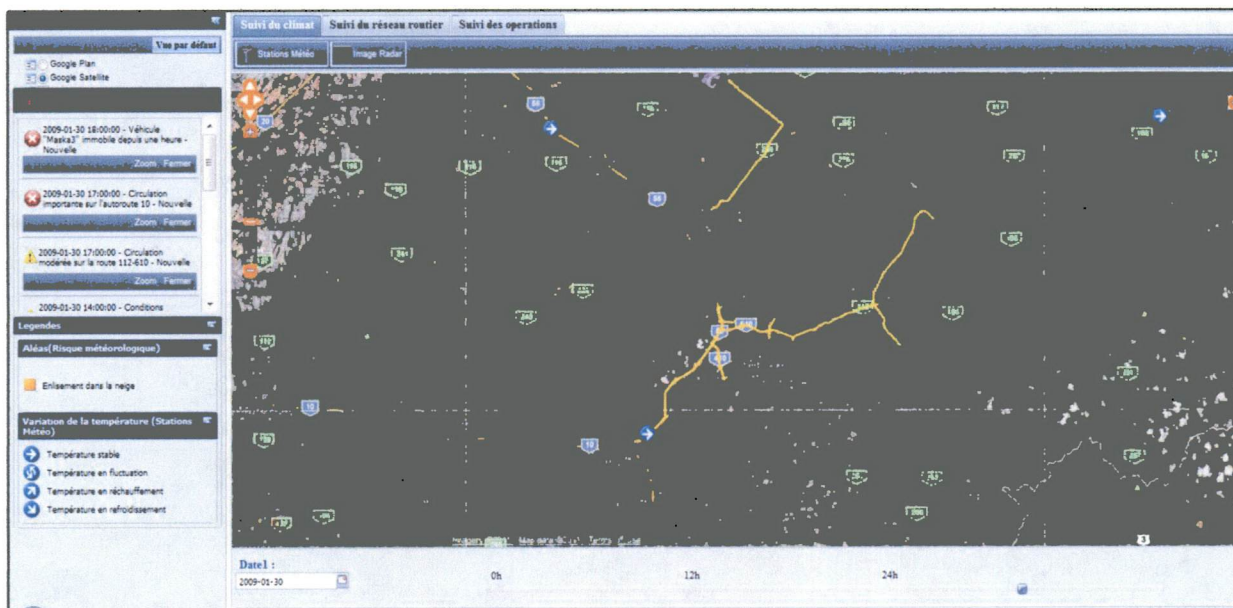
#### **Tableau de bord géospatial**

Tout comme le prototype papier, l'application Web possède les trois vues : le suivi du climat (figure 27), le suivi du réseau routier (figure 28) et le suivi des opérations (figure 29). Le choix de la vue active se fait avec les boutons situés en haut au centre gauche de l'application. En haut à gauche, l'utilisateur peut choisir la couche primaire tout comme dans Google Maps soit, la vue hybride (satellite) ou la vue carte (plan). Sous les boutons se trouve la liste des alertes actives sur le réseau. Le bouton *Zoom* permet à l'utilisateur de localiser exactement le lieu de l'alerte. Le curseur et le bouton déroulant en bas de l'application sont utiles pour sélectionner la date et



l'heure du tableau de bord, pour les analyses post-événement. Finalement, le bouton *Vue par défaut* permet de voir l'ensemble du territoire de l'Estrie en une seule page.

Le suivi du climat permet de suivre la température de l'air avec une étiquette pour la tendance de la température (réchauffement, refroidissement et fluctuation). De plus, l'application représente par une ligne sur le circuit, l'aléa en cours. L'utilisateur peut distinguer des informations sur les précipitations avec l'ajout des images radars comme couche d'information. Une légende est placée à la gauche de l'écran pour faciliter la différenciation des couleurs et les étiquettes. Le bouton *Stations météo* permet à l'utilisateur de s'approcher à l'endroit exact d'une station météo.

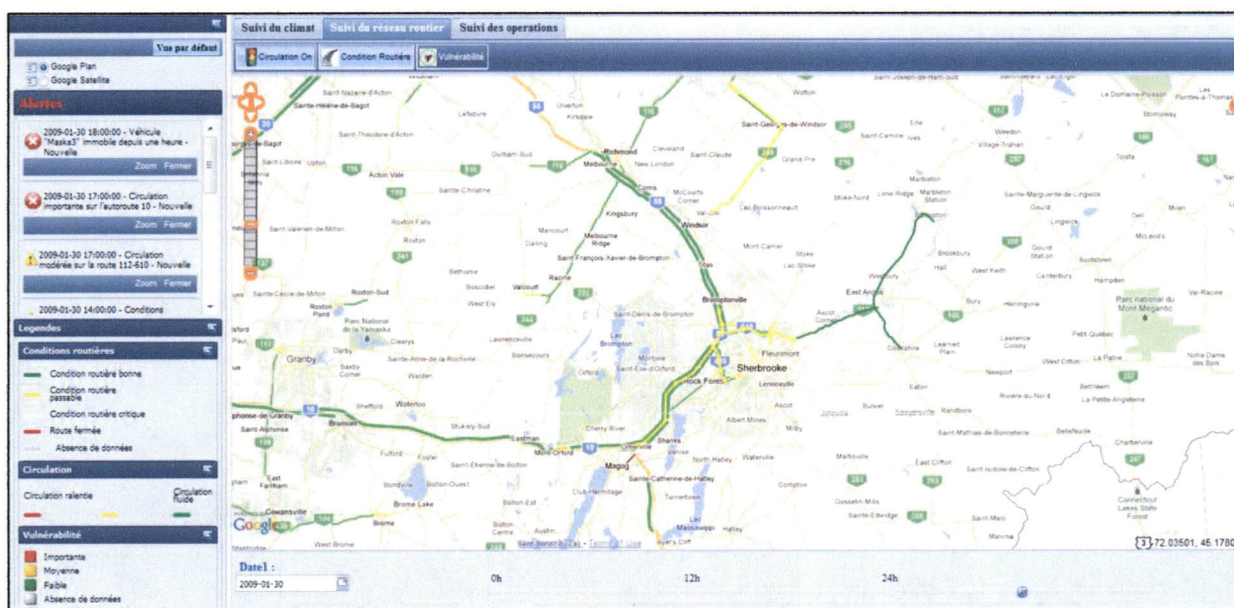


**Figure 27 : Tableau de bord géospatial – Suivi du climat**

La vue du suivi du réseau routier permet de suivre les conditions routières, la circulation ainsi que la vulnérabilité. La couche de circulation est fournie par Google Maps qui est mise à jour en



temps réel. Les conditions routières et la vulnérabilité sont représentées par une ligne sur le circuit affecté par la condition routière ou la vulnérabilité. La légende est affichée à gauche pour faciliter la compréhension des différents codes de couleurs de la circulation des conditions routières et de la vulnérabilité. En haut de l'interface cartographique, on retrouve des boutons pour activer les couches de circulation, de conditions routières et de vulnérabilité pour éviter que les couches se superposent sur la carte et de perdre de l'information importante.



**Figure 28 : Tableau de bord géospatial – Suivi du réseau routier**

La vue du suivi des opérations permet à l'utilisateur de suivre la position des véhicules de déneigement sur le réseau routier. De plus, l'utilisateur peut retracer les opérations faites par les véhicules. Cette information est représentée par un point sur la route ainsi qu'un code de couleur. Les alertes sont aussi représentées par un point sur la route. La vue du suivi des opérations présente le niveau de vulnérabilité des circuits par une ligne et un code de couleur. Une légende pour les opérations et pour les vulnérabilités est présente à l'extrême gauche de l'écran. Des

boutons pour activer les deux couches ont été ajoutés pour éviter la superposition des couches sur l'interface.

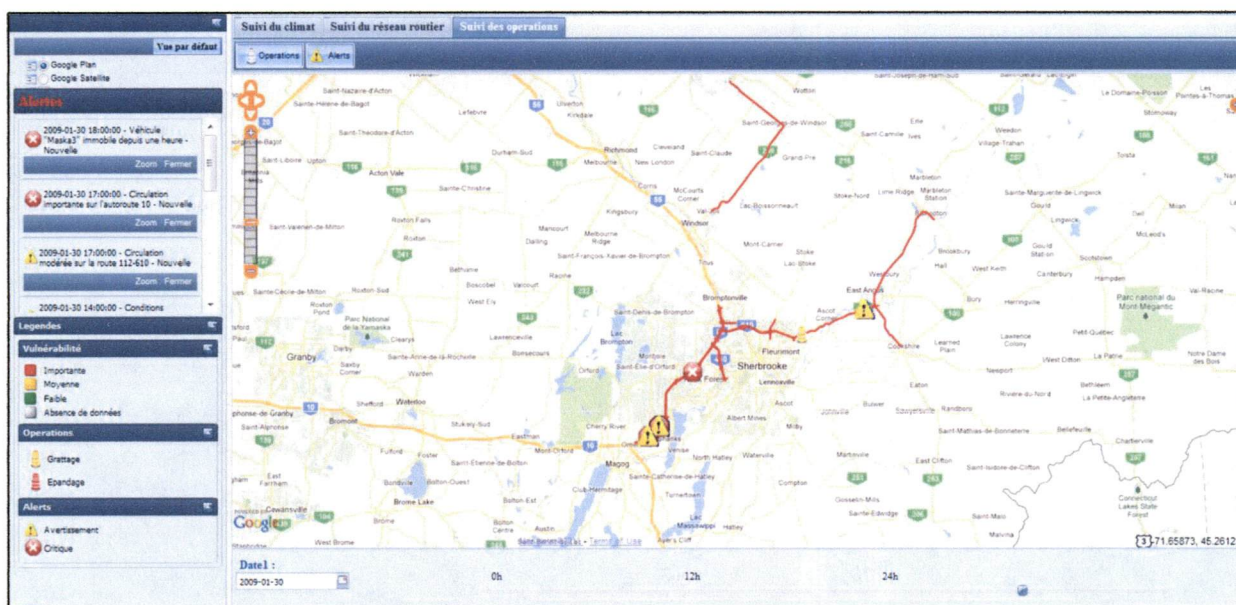


Figure 29 : Tableau de bord géospatial – Suivi des opérations

### Tableau de bord tabulaire

Comme dans le tableau de bord géospatial, les trois vues sont accessibles : la vue du suivi du climat (figure 30), le suivi du réseau routier (figure 31) et le suivi des opérations (figure 32). Le choix de la vue active se fait avec les boutons en haut à gauche du tableau de bord. En bas à gauche du tableau de bord, l'utilisateur peut ajouter des fenêtres (bouton *Ajouter fenêtre*), changer la disposition des fenêtres (bouton *Mise en page*), établir un tableau de bord par défaut (bouton *Tableau de bord par défaut*), sauvegarder un tableau de bord (bouton *Enregistrer*), en faire des nouveaux (bouton *Nouveau*) et les supprimer (bouton *Supprimer*). Grâce aux fonctionnalités, chaque opérateur du CIM peut avoir sa propre vue personnalisée. Dans cette



version du tableau de bord, une toute nouvelle façon de gérer les alertes est mise en place. Les opérateurs du CIM peuvent commenter la gestion de l’alerte (ex. les patrouilleurs sont avertis de l’aléa en cours). De plus, ils peuvent gérer le niveau de l’alerte en 3 niveaux :

- 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 du CIM a communiqué avec l’opérateur qui doit faire les opérations de déneigement);
- Fermée : l’alerte a été traitée avec succès (ex. opération de déneigement réalisée).

Finalement, chaque opérateur qui exécute un changement (commentaire ou changement du niveau de l’alerte) voit son nom d’usager affiché sur le tableau de bord dans la section *Modifié par*.

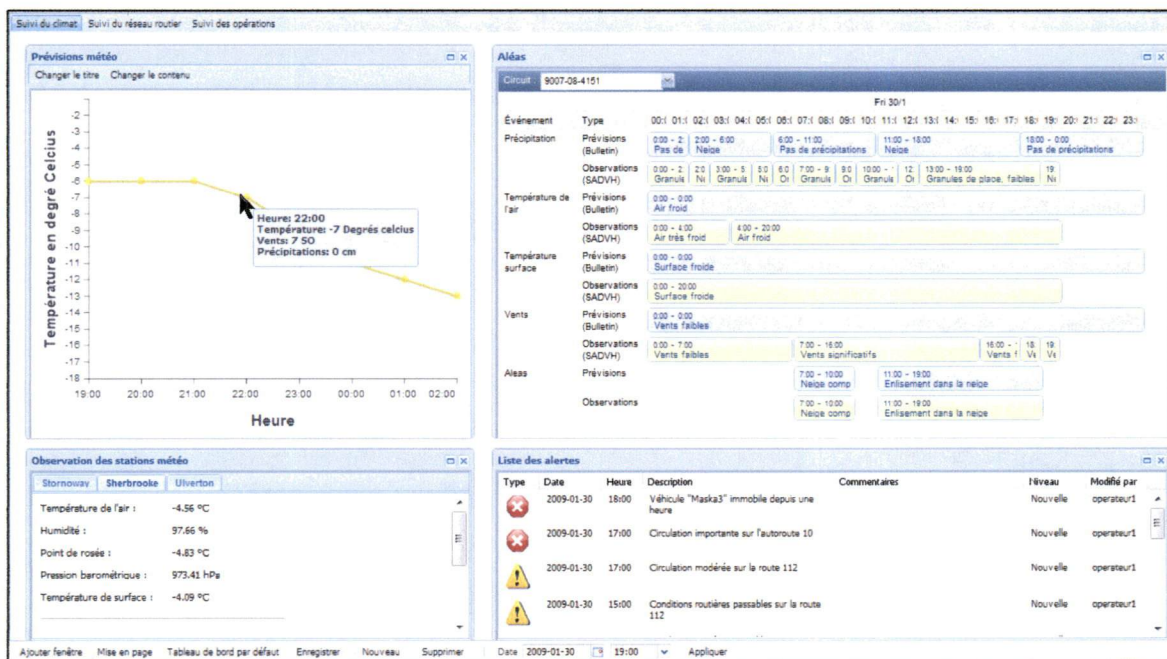


Figure 30 : Tableau de bord tabulaire – Suivi du climat

L'ajout majeur comparativement à la deuxième itération du prototype est l'ajout de la fenêtre tabulaire représentant un sommaire des informations météorologiques. Ce tableau comprend les prévisions et les observations météo que les opérateurs peuvent utiliser pour comprendre la signification des alertes et visualiser jusqu'à quel moment elles ont lieu. Dans le haut de cette fenêtre, l'utilisateur a la possibilité de choisir pour quel circuit il désire voir l'information. Cette fenêtre contient de l'information sur les précipitations, sur la température de l'air et de surface, sur les vents et sur les aléas météorologiques en cours.

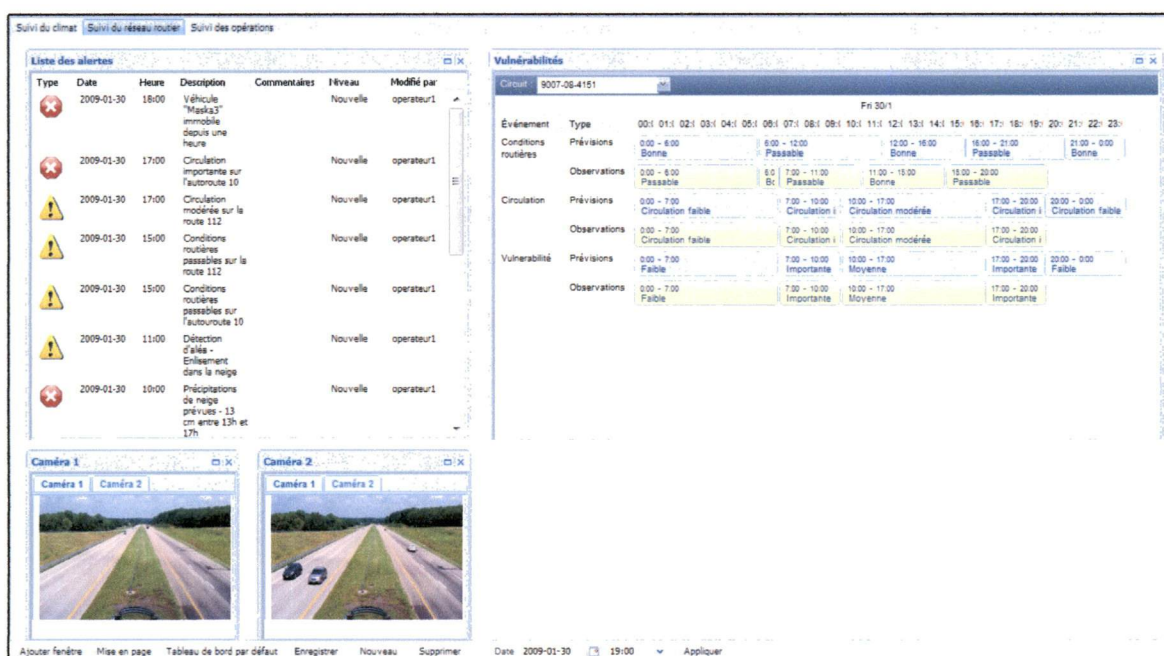


Figure 31 : Tableau de bord tabulaire – Suivi du réseau routier

Dans cette vue, l'utilisateur a accès à toutes les alertes générées par le prototype. Cette vue ajoute les caméras de surveillance, les utilisateurs peuvent donc visualiser le réseau router et confirmer les conditions météorologiques vues dans l'écran du suivi du climat. Nous avons simulé les caméras de surveillance à l'aide d'une vidéo illustrant une autoroute. Avec ceci, nous avons



montré qu'il était possible d'afficher une vidéo dans le tableau de bord. De plus une fenêtre tabulaire donne de l'information sur les conditions routières, sur la circulation et sur la vulnérabilité du réseau routier.

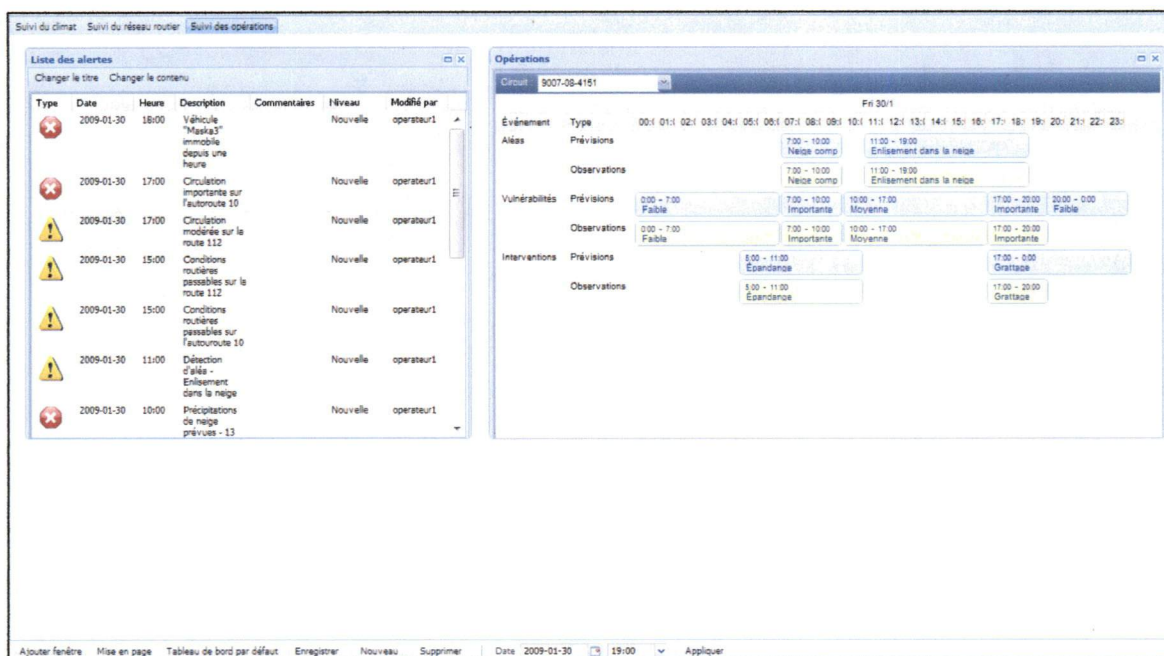


Figure 32 : Tableau de bord tabulaire – Suivi des opérations

Dans la vue du suivi des opérations, l'utilisateur a accès à la fenêtre de gestion des alertes. De plus cette vue donne une vue tabulaire sur les opérations réalisées. Elle rappelle les aléas identifiés dans la vue du suivi du climat ainsi que les niveaux de vulnérabilité identifiés dans la vue du suivi du réseau routier pour élaborer une stratégie d'intervention. De plus, l'utilisateur peut voir l'intervention qui est effectivement faite avec celle qui est prévue selon des conditions météo et les vulnérabilités.

Dès qu'une nouvelle alerte apparaît sur le tableau de bord tabulaire, des mécanismes sont mis en marche pour attirer l'attention de l'utilisateur sur celle-ci. Tout d'abord, l'utilisateur voit à l'écran une fenêtre contextuelle accompagnée d'un son s'il s'agit d'une alerte critique, comme dans la figure suivante.



Figure 33 : Affichage des alertes dans le tableau de bord tabulaire (1/2)

Le but de cette fenêtre contextuelle est d'attirer l'attention de l'utilisateur sur le fait qu'une alerte est présente sur le réseau routier. Ensuite, une bordure rouge se retrouve sur les fenêtres du tableau de bord qui sont concernées par l'alerte. Dans l'exemple suivant, l'alerte touche les prévisions météorologiques, donc les fenêtres *Liste des alertes* et *Prévisions météo* possèdent la bordure rouge. Le but de cette bordure rouge est d'orienter l'utilisateur vers les fenêtres

pertinentes à analyser pour bien comprendre l'alerte apparue et de la traiter le plus rapidement possible.

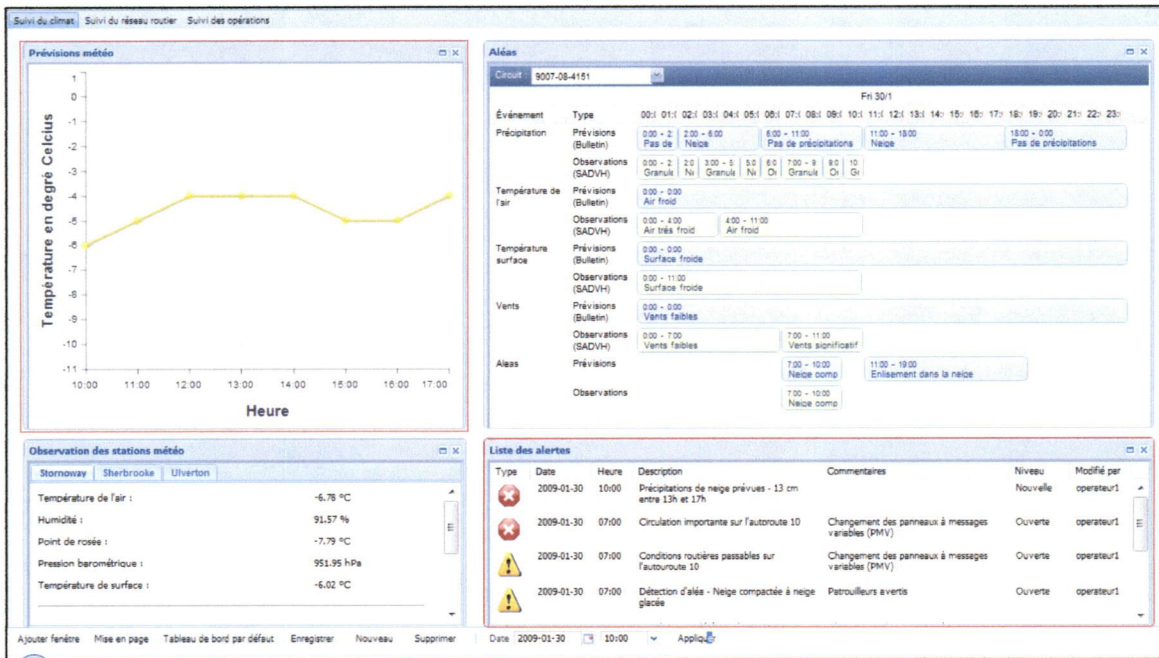


Figure 34 : Affichage des alertes dans le tableau de bord tabulaire (2/2)

#### 4.4. Sommaire du chapitre

Ce chapitre a exposé les différentes étapes qui ont mené au développement du prototype de tableau de bord CIMIAG. Chaque phase du développement a été détaillée en profondeur pour satisfaire les besoins informationnels du MTQ. En premier lieu, les niveaux décisionnels du MTQ ont été identifiés. Cette segmentation a été utile pour classer les différents indicateurs clés de performance ainsi que pour spécifier le type de prototype que nous avons développé. En deuxième lieu, nous avons défini les données nécessaires pour faire fonctionner les différents indicateurs de performance dans le prototype. Cette étape a été utile pour établir les seuils des alertes ainsi que les données nécessaires pour construire les alertes. En dernier lieu, nous avons

développé un prototype fonctionnel selon une démarche itérative. Trois itérations du prototype ont été nécessaires pour arriver jusqu'au prototype final. Le chapitre suivant discute de la mise à l'essai du prototype dans des conditions réalistes et simulées.



## **Chapitre 5 – Mise à l’essai du prototype**

La mise à l’essai a pour but de valider notre prototype auprès de quelques intervenants et mieux cibler les forces et les faiblesses du prototype. Le chapitre est divisé en quatre sections. La première décrit les actions prises avant la mise à l’essai. C’est-à-dire, la préparation du scénario de présentation et l’identification des personnes à qui présenter le prototype. La deuxième illustre les faits saillants de la mise à l’essai, soit, les commentaires des participants. La troisième est une réflexion des résultats obtenus lors de la mise à l’essai. La dernière est un sommaire du chapitre.

### **5.1. Préparation de la mise à l’essai et du scénario de présentation**

La mise à l’essai est exécutée auprès de cinq personnes, soit les trois personnes rencontrées lors de la validation des indicateurs de performance (un opérateur du CIM, son superviseur ainsi qu’un cadre du MTQ) ainsi que deux autres personnes externes au MTQ qui ont d’excellentes connaissances en viabilité hivernale. Nous avons fait des rencontres avec chaque participant.

Pour exécuter la mise à l’essai, une préparation du prototype a été nécessaire. Pour charger les données dans le modèle relationnel, plusieurs données des systèmes du MTQ ont été extraites. Deux journées d’hiver ont été utilisées pour la mise à l’essai. L’utilisation de deux journées est justifiée par le fait d’avoir des journées d’intensité variable en termes de climat et d’opérations réalisés. Les deux journées sélectionnées sont le 30 janvier 2009 et le 18 décembre 2008.

La journée du 30 janvier 2009 est utilisée pour bâtir un scénario qui servira à présenter le fonctionnement du prototype ainsi que de donner une idée aux personnes qui participent à la

mise à l'essai des bénéfiques du tableau de bord. Le scénario est présenté à toutes les personnes qui participent à la mise à l'essai. Il se déroule comme ceci.

**Tableau 10 : Scénario de présentation**

<b>Heure</b>	<b>Événements météo-routiers</b>	<b>Alertes déclenchées</b>
10:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opérations d'épandage en cours</li> <li>• Vulnérabilité faible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerte critique : fortes précipitations de neige annoncées</li> </ul>
11:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Début de la neige annoncée</li> <li>• Conditions routières bonnes</li> <li>• Nouvel aléa détecté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerte d'avertissement : Détection d'aléa — Enlèvement dans la neige</li> </ul>
12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions routières commencent à se détériorer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'alerte</li> </ul>
14:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions routières passables sur tout le réseau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerte d'avertissement : Conditions routières passables sur l'autoroute 10</li> <li>• Alerte d'avertissement : Conditions routières passables sur la route 112-610</li> </ul>
17:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opérations de grattage commencées</li> <li>• Début de l'heure de pointe de l'après-midi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerte critique : Circulation importante sur l'autoroute 10</li> <li>• Alerte d'avertissement : Circulation modérée sur la route 112-610</li> </ul>
18:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camion pas en opération depuis une heure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerte critique : Véhicule "Maska3" immobile depuis une heure</li> </ul>
19:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opérateur de retour en opération</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'alerte</li> </ul>
20:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opérations de grattage sur l'ensemble du réseau</li> <li>• Conditions routières bonnes dans l'Est</li> <li>• Fin de l'heure de pointe</li> <li>• Fin de l'aléa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'alerte</li> </ul>
23:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions routières bonnes sur l'ensemble du territoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'alerte</li> </ul>

La journée du 18 décembre 2008 sera laissée aux personnes externes au MTQ participant à la mise à l'essai pour qu'ils puissent expérimenter l'utilisation du prototype. Ils pourront donc nous donner leur opinion sur l'ergonomie et l'utilisabilité du tableau de bord. Il est important que le prototype soit simple d'utilisation et efficace, car les utilisateurs ne sont pas des géomaticiens. Donc, les fonctions géospatiales (ex. affichages des couches d'information) du tableau de bord doivent être simples à utiliser.

## **5.2. Faits saillants de la mise à l'essai**

Une présentation du prototype a été effectuée auprès des participants à la mise à l'essai. Après, leurs perceptions sur le prototype ont été recueillies. Les perceptions du prototype ont été évaluées à l'aide de diverses questions ouvertes et discussions avec les participants. Les questions portaient sur la quantité d'informations présentes dans l'interface, sur la facilité d'utilisation perçue, sur l'amélioration des temps de réaction aux événements en viabilité hivernale et sur un résumé des forces et des faiblesses du prototype. Les prochains paragraphes résument les rencontres avec les participants.

Le premier participant (une des personnes externes au MTQ) nous a répondu que le prototype est facile à prendre en main et qu'il intègre très bien tous les types de données en viabilité hivernale. Ce participant a aussi remarqué que la capacité de veille des événements de viabilité hivernale (retours en arrière) est un bénéfice. Il a aussi apprécié les alertes qui attirent l'attention sur les événements importants. Ce participant a aussi remarqué certains défauts, la carte est quelques fois difficile à lire (ex. affichage des images radar) et il manque d'information dans la carte (ex. il serait intéressant d'avoir des capacités de forage dans les données de la vue géospatiale (ex.

possibilité de cliquer sur un circuit pour avoir les informations détaillées sur la condition routière, soit l'état de chaussée et la visibilité).

Le deuxième participant (l'autre personne externe au MTQ) nous a dit que le prototype contient toutes les données en viabilité hivernale de façon intégrée. De plus, les alertes ont été très appréciées par ce participant. Il est pertinent que le risque routier (aléa et vulnérabilité) soit maintenant mesuré. Cependant, il a remarqué que la mesure de la vulnérabilité n'est pas très représentative, car les données du trafic ne sont pas très précises. Aussi, ce participant a observé des problèmes d'affichage avec la carte. Par exemple, il mentionne qu'on pourrait ajuster les couches d'information selon le niveau de zoom.

Le cadre du MTQ nous a mentionné que le prototype allait permettre aux responsables du monitoring d'analyser seulement les données importantes grâce aux alertes. Les données seront maintenant analysées afin de régler un problème plutôt que de le détecter, ce qui amène des gains de temps. Il a aussi mentionné que l'interface est très bien conçue et semble facile à utiliser. De plus, le filtre des données (suivi du climat, suivi du réseau routier et suivi des opérations) semble bien adapté au travail des responsables du monitoring. La fonction servant à commenter les alertes a été appréciée par ce participant. Selon lui, le prototype va aider le MTQ à mieux connaître le territoire pour savoir où en sont les opérations durant une situation de tempête hivernale (ex. détecter une section de circuit qui n'a pas été déneigée). Finalement, la prochaine étape pour la poursuite du projet sera d'établir et de valider les différents seuils liés aux alertes pour s'assurer que les alertes ne soient pas en nombre trop imposant.



Le superviseur des opérateurs du CIM nous a indiqué que la vue par défaut est très représentative du territoire à monitorer. Pour ce participant, les alertes sont l'aspect le plus positif du prototype. L'opérateur du CIM pourra maintenant suivre les données pour analyser la situation plutôt que de détecter si le réseau est en difficulté. Toutefois, les couleurs sont quelques fois difficiles à comparer entre eux (on utilise souvent le même code de couleurs; rouge, jaune et vert). De plus, il y a peu de fonctionnalités d'analyse post-événement actuellement.

L'opérateur du CIM nous a répondu que les deux vues du prototype sont bien adaptées aux façons de travailler actuelles. Un des points positifs du prototype est qu'elle est très flexible (ajustements des fenêtres). L'ajout de commentaires et les alertes sont très appréciés par l'opérateur du CIM et il trouve pertinent d'envoyer automatiquement les alertes aux autres intervenants. Cette fonctionnalité permettrait de faire son travail plus facilement et rapidement.

### **5.3. Réflexion sur les résultats de la mise à l'essai**

Les rencontres ont permis d'avoir de la rétroaction sur le prototype conçu au chapitre quatre. Le tableau 11 présente un résumé des forces et des faiblesses collectées lors de la mise à l'essai. Le chiffre entre parenthèses signifie le nombre d'intervenants qui ont relevé l'élément. Ce tableau nous permet de dire que la principale force du prototype est la génération d'alertes qui permet aux responsables du monitoring de se concentrer sur les données importantes à analyser. La principale faiblesse du prototype est la difficulté de lire la carte.

**Tableau 11 : Sommaire des forces et faiblesses du prototype lors de la mise à l'essai**

<b><u>Forces</u></b>	<b><u>Faiblesses</u></b>
Génération d'alertes dans le prototype (5)	Carte quelques fois difficile à lire (3)
Facilité d'utilisation et flexibilité (3)	Manque d'informations sur la carte (1)
Possibilité de commenter les alertes (2)	Seuils non validés (1)
Bonne intégration des données de viabilité hivernale (2)	Manque de fonctionnalités d'analyse post-événement (1)
Filtre de données bien adapté (1)	Mesure de vulnérabilité peu précise (1)
Capacité de veille (1)	
Vue par défaut représentative (1)	
Deux vues du tableau de bord bien adapté aux façons de travailler (1)	

#### **5.4. Sommaire du chapitre**

Ce chapitre nous a permis de valider le prototype auprès de trois personnes du MTQ et de deux autres spécialistes externes ayant d'excellentes connaissances en viabilité hivernale. Cette validation a été effectuée grâce à des rencontres avec ces personnes. Les résultats de la mise à l'essai nous permettent de conclure que la principale force du prototype est la génération automatique d'alertes et que la principale faiblesse du prototype est l'affichage de la carte encore perfectible.

## Chapitre 6 – Conclusion

Le chapitre final est divisé en quatre parties. La première fait un retour sur la question de recherche ainsi que des enjeux présentés au chapitre un. Dans la deuxième, les limites de la recherche sont illustrées. La troisième liste des recommandations au MTQ pour la poursuite du projet. Finalement, la dernière présente les perspectives futures liées aux résultats de la recherche.

### 6.1. Retour sur la question de recherche

Un bilan des résultats obtenus permet d'établir si la question de recherche a bel et bien été répondue. La question de recherche était : **comment améliorer la prise de décision tactique et opérationnelle en situation de viabilité hivernale en minimisant la quantité de données traitées par les gestionnaires?** Notre prototype de tableau de bord en viabilité hivernale permet grâce aux alertes et aux vues de mieux classer les informations que doivent suivre les responsables du monitoring. Les alertes favorisent l'analyse des données pertinentes pour comprendre un problème et non pour seulement le détecter. Les bordures rouges aident l'opérateur à analyser les données nécessaires à la compréhension du problème. L'alerte détecte l'événement et la personne responsable du monitoring peut se concentrer dans l'analyse de données pour identifier la cause du problème et envoyer rapidement les intervenants les résoudre.

La mise à l'essai a aussi confirmé que la question de recherche a été répondue. La force la plus évidente a été la génération d'alertes automatique au prototype. Celles-ci permettent de mieux orienter les actions des responsables du monitoring. Ils ne sont pas toujours obligés d'analyser les données en détail pour détecter un événement important sur le réseau routier.

Trois enjeux liés au contexte ont été identifiés au chapitre un. Les enjeux sont revus pour déterminer s'ils ont correctement été gérés durant la recherche. Le premier enjeu est de masquer la complexité du système auprès des utilisateurs. Cet enjeu a été pris en compte, car les utilisateurs n'ont pas à connaître les variables des équations de certains indicateurs de performance pour les comprendre (ex. aléas). Ils voient simplement le résultat des indicateurs sur le tableau de bord. Le deuxième enjeu est lié à l'utilisation d'un média cartographique simple et efficace. Le prototype permet la personnalisation (ajout de fenêtres et sauvegarde des interfaces). Il nécessite seulement un navigateur Web pour fonctionner. L'utilisation d'Open Layers dans la conception nous permet de changer le fond cartographique comme on le désire; actuellement le prototype utilise Google Maps comme couche de base, mais on pourrait facilement changer pour Bing Maps. De plus, lors de la mise à l'essai, une des forces du prototype s'est avérée être sa facilité d'utilisation et sa flexibilité. Le dernier enjeu est relié à l'intégration des données de viabilité hivernale. La section 4.2.4 démontre que plusieurs bases de données du MTQ ont été utilisées pour construire les indicateurs de performance intégrés au prototype. Les modèles de données de l'annexe 2 confirment que les données utilisées proviennent de plusieurs bases de données du MTQ. De plus, lors de la mise à l'essai, l'un des points positifs du prototype est la gestion intégrée de l'information.

## **6.2. Limites de la recherche**

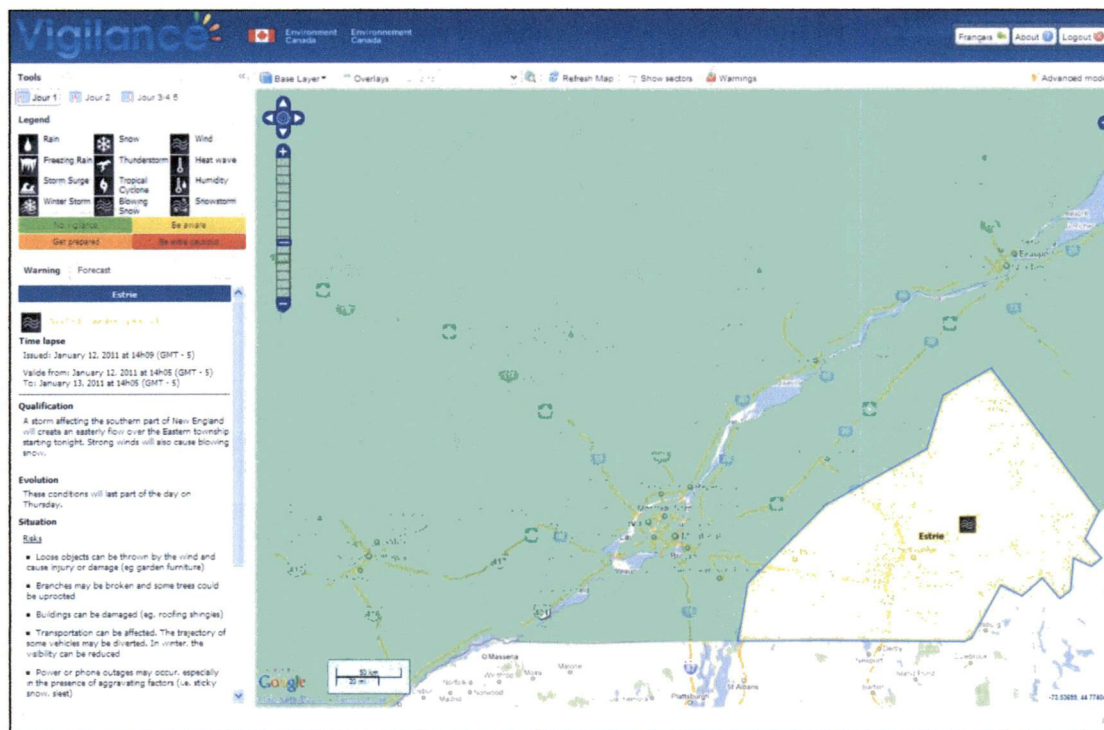
Premièrement, ce n'est pas toutes les données de viabilité hivernale qui ont été incluses dans le modèle de données. Le choix a été fait de ne pas développer toutes les classes du diagramme pour plusieurs raisons. Premièrement, par définition un prototype ne contient pas cent pour cent



des données nécessaires au système final. Deuxièmement, le prototype possède comme avantage le développement rapide de fonctionnalités, donc nous avons coupé dans les données moins nécessaires pour le bon fonctionnement du prototype et des indicateurs clés de performance. Troisièmement, le diagramme de classes construit est une recommandation d'architecture de données pour le MTQ. Ces derniers vont pouvoir prendre connaissance du diagramme de classes et y apporter des correctifs sans affecter le bon fonctionnement du prototype. Le prototype peut servir de laboratoire pour tester de nouvelles fonctionnalités. Une des classes les plus importantes à ajouter au prototype est la classe *Circuit*, car cette dernière est connectée à plusieurs autres classes du modèle. De plus, les données d'Environnement Canada sont importantes à inclure, car il s'agit d'une source très fiable et elle apporte un sommaire des conditions météorologiques de façon localisée (les données sont divisées par région). Finalement, la classe *Risque routier* doit être implantée, car le risque routier est le résultat de la vulnérabilité et de l'aléa. Grâce à cet ajout, les opérateurs du CIMIAG auront encore moins de données à traiter pour vérifier la sécurité du réseau, car ils auront une mesure agrégée qui représente le risque routier.

Deuxièmement, un indicateur clé de performance n'a pas été intégré au prototype pour limiter l'ampleur de la recherche et parce que les données fournies étaient difficilement utilisables. Il s'agit des niveaux de vigilance selon Environnement Canada. Il serait important de valider si le diagramme de classes représente bien la bonne façon de les gérer. En plus de son intégration dans la base de données, il faut penser à la façon de représenter l'information sur le média cartographique. Dans l'application d'Environnement Canada, ceux-ci présentent l'information

sous forme de polygone de couleur représentant le niveau de risque sur la portion du territoire affectée par le risque météo. La figure 35 montre cette représentation.



**Figure 35 : Carte vigilance d'Environnement Canada (Schneider et Gagnon, 2011)**

Troisièmement, toutes les fonctionnalités qui ont été présentées n'ont pas été développées pour limiter l'ampleur de la recherche. Il serait intéressant de vérifier les possibilités techniques pour envoyer les alertes aux autres intervenants en viabilité hivernale. Il faut faire des tests de volume et de performance pour vérifier si le système est assez puissant pour envoyer plusieurs alertes à différents médias (ex. courriel, téléphone, message texte, etc.). De plus, un bouton de configuration du tableau de bord a été ajouté à la vue géospatiale sur le prototype papier, mais cette fonctionnalité n'a pas été développée. L'intérêt de cette fonction est de permettre à

l'utilisateur de construire son propre tableau de bord comme dans le tableau de bord tabulaire. Cette fonction ajouterait beaucoup de flexibilité à la représentation visuelle du tableau de bord.

Quatrièmement, le prototype a été testé dans une situation simulée et non dans une vraie situation de travail. Le prototype fonctionne donc bien dans une situation simple, telle que celle que nous avons simulée. Toutefois, le prototype pourrait être utilisé dans d'autres circonstances qui n'ont pas été testées. D'autres tests devraient être faits pour s'assurer que le prototype correspond fidèlement à la réalité des opérateurs du Centre Intégré de Monitoring.

Dernièrement, seulement les indicateurs clés de performance liés au niveau opérationnel ont été ajoutés dans le prototype pour limiter l'ampleur de la recherche. Pour l'amélioration des analyses post-événement, il serait très important de répéter notre méthodologie pour les indicateurs tactiques et stratégiques (définition des données nécessaires pour construire les indicateurs de performance). De plus, les indicateurs opérationnels ont été validés par les intervenants du MTQ, mais pas les seuils. Il serait donc important de valider les seuils pour que le MTQ s'approprie les indicateurs clés de performance et pour qu'ils représentent le mieux possible la réalité de travail.

### **6.3. Recommandations au MTQ**

La première recommandation est liée aux alertes. Actuellement, le prototype affiche les alertes à l'aide d'une fenêtre contextuelle, un son ainsi qu'une bordure rouge qui encadre les fenêtres affectées par l'alerte. Toutefois, il faut pousser plus loin l'idée des bordures et des représentations d'alertes. Ainsi il serait possible de transformer le tableau de bord avec une « Vue en alerte » lorsque le réseau est en situation d'alerte. Dans cette vue en alerte, on pourrait



trouver seulement les fenêtres clés liées à l'alerte. La figure 36 illustre un exemple d'utilisation de la « Vue en alerte ».



Figure 36 : Un exemple de la « Vue en alerte »

Dans l'exemple précédent, l'alerte annonce des précipitations de neige, alors le tableau de bord présente le graphique des prévisions météo pour voir le détail des précipitations à chaque heure. De plus, l'interface illustre alors la fenêtre de la liste des alertes pour rappeler à l'utilisateur de remplir les champs commentaires et niveau d'alerte. Finalement, le tableau de bord présente une caméra de surveillance qui donne un aperçu visuel des précipitations. La vue en alerte peut aussi être utilisée dans le tableau de bord géospatial. C'est-à-dire que dès qu'une alerte se présente, on affiche les couches d'informations appropriées sur l'interface cartographique. De plus, le tableau de bord pourrait faire automatiquement un zoom sur l'emplacement de l'alerte. L'ajout de ces fonctionnalités permettrait de guider encore plus efficacement les utilisateurs vers les données à analyser pour comprendre le problème qui survient sur le réseau.



La deuxième recommandation est l'ajout au prototype de données externes au MTQ. Les données de la Sûreté du Québec seraient intéressantes à ajouter. Ces données contiennent des informations sur les accidents, les sorties de routes et les carambolages sur le réseau routier ainsi que sur les routes qui sont barrées. Ces informations permettraient d'identifier les zones dangereuses sur le réseau et d'envoyer les intervenants au besoin. Avec cette information, l'interface pourrait afficher les chemins de détour possibles. De plus, Google Maps utilise une couche contenant des données météorologiques. Les données proviennent du site Web [www.weather.com](http://www.weather.com) et incluent les conditions actuelles, ainsi que les prévisions météo pour les prochains jours. De plus, lorsqu'on fait des zooms avant et arrière sur la carte, on affiche plus ou moins de détails dans les villes. La figure 37 illustre un exemple de cette couche de Google Maps.

La troisième recommandation est l'ajout de deux autres alertes au prototype. La première alerte est liée aux prévisions météorologiques. Dans une journée, plusieurs mises à jour des prévisions météo sont faites par les acteurs concernés (Environnement Canada, Météo Média, etc.). Donc, les utilisateurs du CIMIAG pourraient être alertés si la nouvelle prévision météo est différente de la dernière. Il faudrait déterminer à partir de quelle différence, de température ou de précipitations, il serait important de lancer une alerte. La deuxième alerte est liée aux interventions. Dans le cas où un intervenant (régie ou contrat) ne fait pas l'intervention qui est prévue par le système, une alerte est déclenchée. Cette alerte va permettre de mieux diriger les efforts des intervenants sur le réseau pour ainsi combattre les conditions routières difficiles plus rapidement et facilement. Cette alerte ne se veut pas une mesure disciplinaire, mais bien une

mesure d'opérations bien réalisées sur le réseau et doit être clairement présentée de cette façon aux opérateurs de véhicules d'entretien hivernal.

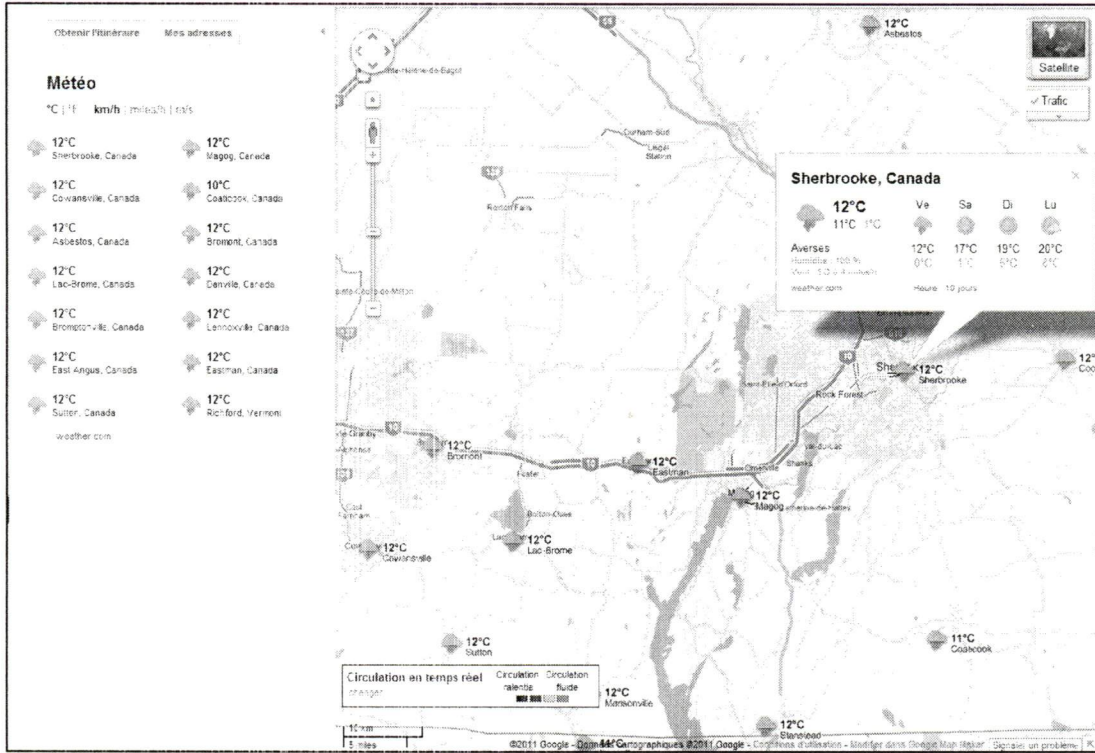


Figure 37 : Données météo de Google Maps

La quatrième recommandation est l'ajout de nouveaux rapports au prototype. Les nouveaux rapports sont liés aux analyses post-événement et la vulnérabilité générale du réseau. Tout d'abord, la localisation des alertes permettrait de générer des rapports d'exception des zones les plus vulnérables (ex. accidents, événements météorologiques) durant un hiver. Après plusieurs hivers, le système pourrait générer des zones de chaleur présentant les zones les plus vulnérables vis-à-vis la météo et les accidents. Avec cette fonctionnalité, le tableau de bord deviendrait un tableau de bord tactique et stratégique plutôt que seulement opérationnel et tactique. Il pourrait être utilisé pour prévenir les problèmes sur le réseau (ex. aménagement de barrières pour les

congères et installation de systèmes d'épandage automatique) plutôt que de seulement les combattre lorsqu'ils surviennent.

La dernière recommandation touche le modèle de données. Dans cette version du prototype, toutes les données sont gérées par le même système de gestion de bases de données (SGBD). Étant donné que le prototype contient des données spatiales, il serait pertinent de stocker ces données spatiales dans un SGBD qui optimise l'utilisation des analyses spatiales. La recommandation est d'utiliser un autre SGBD pour les données du tableau de bord, car il contient des données spatiales. L'utilisation du SGBD PostgreSQL est proposée, car il possède un outil, PostGIS, qui permet une meilleure gestion des données spatiales. Un SGBD standard (ex. MySQL) pourrait être utilisé pour gérer les données liées aux utilisateurs et aux alertes, car elles ne possèdent pas de données spatiales. Cette configuration devrait améliorer le temps de réponse du prototype, car les bases de données spatiales réalisent plus rapidement les opérations spatiales nécessaires dans le tableau de bord. De plus, une architecture est proposée pour capitaliser les données de viabilité hivernale et pour subvenir aux besoins opérationnels et analytiques. La figure 38 présente l'architecture.

L'architecture débute avec les bases de données existantes du MTQ. On pourrait aussi ajouter des données externes (Environnement Canada, Sûreté du Québec, etc.). Par la suite, un processus ETL intègre les différentes données vers une base de données relationnelle. Dans cette base de données, les données sont stockées pour une période limitée. Ces données sont utiles pour faire les activités de monitoring quotidiennes. Ensuite, les données du modèle relationnel sont envoyées vers un entrepôt de données qui est plus apte à gérer des données aux fins d'analyse.

Cette base de données est agrégée pour ne pas la surcharger. C'est dans cette base de données que la carte de chaleur traitée dans les recommandations pourrait être générée. De plus, d'autres analyses pourraient être conduites. Par exemple, il serait possible de bâtir un historique des opérations du MTQ selon le climat auquel ils font face. Avec cet outil, il serait possible de mieux planifier les interventions sur les succès passés.

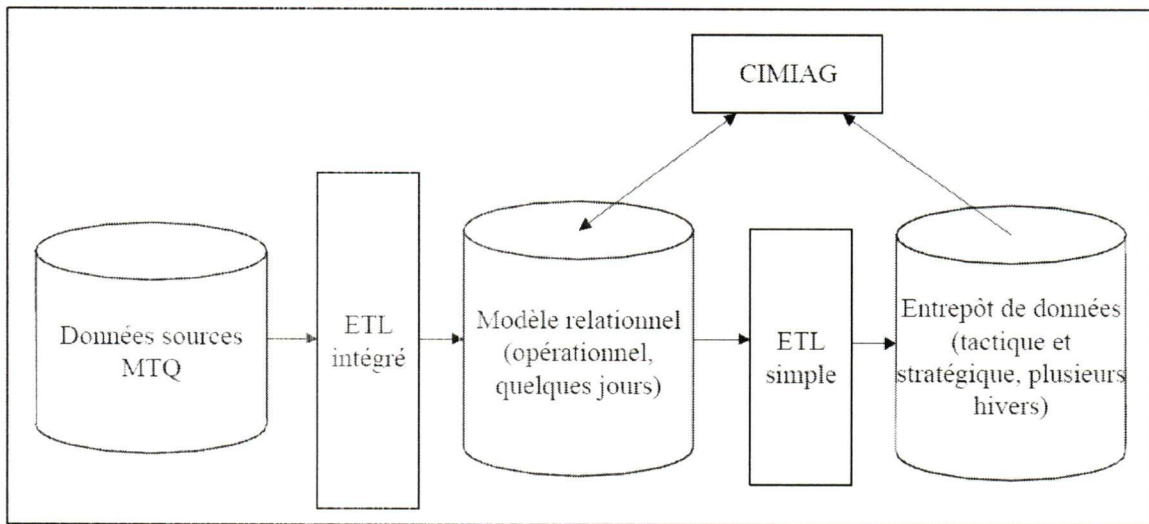


Figure 38 : Architecture future du CIMIAG

#### 6.4. Perspectives de recherche

Tout d'abord, le principe de média d'alerte (courriel, pagette, téléphone) pourrait être jumelé aux différents niveaux décisionnels. Les différents types de décideurs ont besoin de diverses façons de s'informer des performances de l'entreprise. Habituellement, les hauts gestionnaires préfèrent de l'information agrégée pour faciliter leur prise de décision. En suivant ce principe, les hauts gestionnaires du MTQ pourraient recevoir une agrégation du nombre d'alertes à chaque semaine par courriel. Les gestionnaires intermédiaires du MTQ pourraient obtenir les alertes importantes



par pagette de la journée et les opérateurs pourraient recueillir toutes les alertes sur leur téléphone pour accélérer le traitement des alertes.

Ensuite, dans le cadre conceptuel du prototype, nous proposons l'envoi d'alertes aux usagers de la route. Cette nouvelle fonctionnalité pourrait changer les façons de faire en viabilité hivernale. Si le MTQ ajoutait un aspect de communication des risques sur le réseau routier, cela changerait les déplacements des usagers de la route. Par exemple, avant une importante tempête, le MTQ pourrait exiger que les usagers de la route demeurent chez eux pour laisser la place aux opérations de déneigement. De plus, dès qu'une partie de route est déneigée, le MTQ pourrait aviser les usagers qu'il est désormais possible d'utiliser cette route. L'information divulguée aux usagers de la route devient donc primordiale pour les différentes stratégies d'intervention.

Finalement, notre tableau de bord pourrait être généralisable dans d'autres cas de gestion de crise géospatiale. Dans les cas possibles, on retrouve la gestion des inondations et les effets des vents et marées. Les définitions des concepts d'aléa et de vulnérabilité peuvent être utilisées dans d'autres cas. Étant donné qu'un aléa est un événement météorologique, cet événement n'est pas automatiquement hivernal. Cela peut être une chaleur accablante ou une pluie diluvienne. Des recherches ultérieures permettent d'affirmer de telles perspectives d'utilisation de tableaux de bord géospatiaux.

## RÉFÉRENCES

Adelman, S., Moss, L. et Abai, M. (2005). *Data Strategy*. Addison-Wesley Professional. 384p.

AIPCR. (2010). Base de données sur la neige et le verglas. Bilan du comité technique de l'Association mondiale de la route 3.4 viabilité hivernale. 223p.

Anthony, R. (1965). *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*. Boston, Harvard Business School Division of Research Press, 180p.

Arnott, D. et Pervan, G. (2005). A critical analysis of decision support systems research. *Journal of Information Technology*, 20(2), 67-87.

Arnowitz, J., Arent, M. et Berger, N. (2007). *Effective prototyping for software makers*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, 584p.

Baum, D. (2006). Interview with The Data Warehouse Institute's - Wayne Eckerson, *Information builders magazine*, Winter, 11-12.

Cluett, C. et Jenq, J. (2007). A case Study of the Maintenance Decision Support System (MDSS) in Maine, Report FHWA-JPO-08-001, Departement of Transport, 38p.

Davis, B. (1996). *GIS : A Visual Approach*, Santa Fe: OnWord Press, 374p.

Eckerson, W. (2005). *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*, 1st edition, Wiley, 320p.

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.

ESRI. (2006). GIS and Business Intelligence: The Geographic Advantage, Saisie le 8 juillet 2011, de [www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis-and-business-intelligence.pdf](http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis-and-business-intelligence.pdf).

Ferland, L. (2006). Géomatique — Gestion de réseaux routiers en temps réel, Direction de l'Estrie, Ministère des Transports du Québec, Congrès mondial sur la viabilité hivernale de Turin, 28 mars

Ferland, L., Aubé, D. et Hamel, S. (2005). Système intégré de communication véhiculaire de données, Ministère des Transports du Québec — Direction de l'Estrie, Sherbrooke, Québec, 15p.

Few, S. (2006). *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*. 1st edition, O'Reilly Media, 223p.

Foley, E. et Guillemette, M.G. (2010). What is Business Intelligence? *International Journal of Business Intelligence Research*, 1(4), 1-28.

Gandorf, E. et Taylor, J. (2006). Driving Decision Automation with Location Intelligence, *Business Intelligence Journal*, 11(3), 37-45.

Gegenfurtner, K. et Sperling, G. (1993). Information transfer in iconic memory experiments. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception & Performance*, 19(4), 845-866.

Gonzalez, T. (2005). Dashboard design: Key performance Indicators and Metrics. Brightpoint Consulting Inc. Saisie le 23 mars 2011 de <http://www.brightpointinc.com/Articles.asp?File=Dashboard%20Design%20Metrics%20and%20KPIs.htm>.

Google. (2011). Centre d'aide Maps – Disponibilité des infos trafic en temps réel, Saisie le 2 août 2011 de <http://maps.google.com/support/bin/answer.py?hl=fr&answer=61454>.

Gorry, A. et Scott Morton, M. (1971). A Framework for Management Information Systems. *Sloan Management Review*, 13(1), 55.

Gouvernement du Québec. (2007). Site Web officiel du Ministère des Transports du Québec, Saisie le 26 juillet 2011, <http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/accueil>

Hamel, S. et Caron, C. (2011). Conjuguer les transports du passé au futur – En route vers une gestion de fine pointe et durable. In *Actes du 46<sup>e</sup> congrès de l'Association Québécoise des Transports et des Routes*, Montréal, 11-13 avril 2011.

Hart, R. (2003). Development of a maintenance decision support system : Phase 1. South Dakota Dept. Transportation, 191p.

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.

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.

Kimball, R. et Caserta, J. (2004). *The Data Warehouse ETL Toolkit*. Toronto, John Wiley & Sons, 491p.

Laudon, C. et Laudon, P. (2010). *Les systèmes d'information de gestion, Gérer l'entreprise numérique*. St-Laurent, Edition 3, ERPI, 618p.



Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. et Rhind, D. (2005). *Geographic Information and Systems and Science*, 2nd edition, Wiley, 472p.

Lyon, J. (1998). Customer Data Quality: Building the Foundation for a One-to-One Customer Relationship. *Journal of Data Warehousing*, 3(2), 38-47.

Marr, B. (2010). How to design Key Performance Indicators, Management Case Study, The Advanced Performance Institute. Saisie le 19 juillet 2011 de [www.ap-institute.com](http://www.ap-institute.com).

Maze, T.H., Albrecht, C., Kroeger, D, et Wiegand, J. (2007). Performance Measures for Snow and Ice Control Operations. National Cooperative Highway Research Program — Transportation Research Board of the National Academies, Saisie le 20 juillet 2011, de [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_w136.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_w136.pdf)

McGee, M. (2007). Managers Have Too Much Information, Do Too Little Sharing. *InformationWeek*, January. Saisie le 3 mars 2011, de <http://www.informationweek.com/news/global-cio/showArticle.jhtml?articleID=196801833>.

Mearian, L. (2007). A zettabyte by 2010: Corporate Data grows fiftyfold in three years. *Computerworld*, March. Saisie le 3 mars 2011, de [http://www.computerworld.com/s/article/9012364/A\\_zettabyte\\_by\\_2010\\_Corporate\\_data\\_grows\\_fiftyfold\\_in\\_three\\_years](http://www.computerworld.com/s/article/9012364/A_zettabyte_by_2010_Corporate_data_grows_fiftyfold_in_three_years).

Microsoft ® Corporation. (2011). Standard Icons, MSDN, Saisie le 1<sup>er</sup> août 2011, de <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa511277.aspx>

Ministère des communications. (1993). La géomatique et le développement d'un SIRS, Gouvernement du Québec, Québec, 41p.

Ministère de la Sécurité publique. (2008). Concepts de base en sécurité civile. Québec, Sécurité civile du Québec, 60p.

MTQ. (2003). Enquête Origine – Destination 2003, la mobilité des personnes dans la région de Sherbrooke, Gouvernement du Québec, Sherbrooke, 129p.

Nunamaker J., Chen, M, et Purdin, T.M. (1990). Systems Development in Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 7(3), 89-106.

nXstream Technologies. (2011). Modèle de viabilité hivernale : Consolidation des mandats sur la viabilité hivernale. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke, 188p.

nXstream Technologies. (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, 104p.

nXstream Technologies, BSideU et VisionMétéo. (2009). Viabilité hivernale : exploitation des données et typologies d'intervention et d'événements climatiques. Ministère des Transports du Québec, Sherbrooke, 125p.

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>.

Rouleau, K. (2005). Les transports québécois face aux changements climatiques. *FrancVert le webzine environnemental*, 2(3), 7p. Saisie le 20 juillet de <http://www.francvert.org/pages/23dossierlestransportsfaceauxclimat.asp>

Riley, K. et Parker, F. (1998). Parallels between visual and textual processing. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 41(3), 175-185.

Scheps, S. (2008). *Business Intelligence for Dummies*. Wiley Publishing Inc, Indianapolis, 358p.

Schneider, R, et Gagnon, O. (2011). Guide d'utilisation du prototype de vigilance météorologique (document interne, non publié), Service Météorologique du Canada – Région du Québec, 32p.

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

Stowe, R. (2001). A benefit/cost Analysis of Intelligent Transportation System Applications for Winter Maintenance. Transportation Research board 80th Annual Meeting. Washington, D.C. Washington State Department of Transportation, 13p.

Turpin, F. (2007). Projet DVH-1100D STI Données véhiculaires (P510C-SGF). Ministère des Transports du Québec, Montréal, 14p.

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

Wise, L. (2008). Understand the Importance of Data Management — A Decision Maker's Guide, Dashboard Insight, Saisie le 20 avril 2011 de <http://www.dashboardinsight.com/articles/new-concepts-in-business-intelligence/understanding-the-importance-of-data-management.aspx>

Wixom, B. et Watson, H. (2010). The BI-Based Organization, *International Journal of Business Intelligence Research*, p.13-28.

Yellowfin international. (2010). White Paper — Location intelligence. Saisie le 24 mars 2011 de <http://yellowfin.com.au/Document.i4?DocumentId=102780>.

## **ANNEXE 1 : Documentation des indicateurs de performance**



**Tableau 12 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) stratégiques**

<b>ID KPI</b>	<b>Noms</b>	<b>Descriptions</b>	<b>Types</b>	<b>Questions d'affaires répondues</b>	<b>Utilisateurs</b>	<b>Décisions</b>	<b>Dimensions</b>
S1	Évolution du coût des circuits	Cet indicateur donne l'évolution des coûts des circuits selon les années.	Suivi des opérations	Comment optimiser les ressources disponibles?	Cabinet ministériel	Changements des contrats avec les entrepreneurs à contrat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par année</li> <li>▪ Par direction territoriale</li> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
S2	Nombre d'accidents sur le réseau	Cet indicateur chiffre le nombre d'accidents sur le réseau.	Suivi du réseau routier	Comment performe la sécurité du réseau routier?	Cabinet ministériel	Détection des zones dangereuses, changement dans les architectures (caméras de surveillance, capteurs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Par année</li> <li>• Par direction territoriale</li> <li>• Par circuit</li> </ul>
S3	Pourcentage du niveau de service	Cet indicateur chiffre le pourcentage de temps où le réseau est au niveau de service normal.	Suivi des opérations	Comment le MTQ contrôle-t-il les interventions?	Cabinet ministériel	Meilleur contrôle des événements météo-routiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par année</li> <li>▪ Par direction territoriale</li> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
S4	Rigueur de l'hiver	Cet indicateur donne l'évolution de la rigueur de l'hiver.	Suivi du climat	Quel est le niveau de rigueur de l'hiver?	Cabinet ministériel	Connaissance de l'évolution de la rigueur de l'hiver	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par année</li> </ul>

**Tableau 13 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) tactiques**

<u>ID KPI</u>	<u>Noms</u>	<u>Descriptions</u>	<u>Types</u>	<u>Questions d'affaires répondues</u>	<u>Utilisateurs</u>	<u>Décisions</u>	<u>Dimensions</u>
T1	Retour au niveau de service normal	Cet indicateur chiffre le temps nécessaire avant que les routes redeviennent normalement praticables.	Suivi des opérations	Comment le MTQ contrôle-t-il les interventions?	Directions territoriales	Meilleur contrôle des événements météo routiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par événement météo-routier (moyenne par année)</li> </ul>
T2	Coût par kilomètre	Cet indicateur codifie par couleur les circuits qui coûtent le plus cher.	Suivi des opérations	Quels sont les circuits les plus coûteux?	Directions territoriales	Choix de faire un circuit en régie ou à contrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
T3	Heures en activités d'opération	Cet indicateur chiffre le temps d'opération.	Suivi des opérations	Est-ce que les entrepreneurs effectuent les contrats?	Directions territoriales	Répartition des circuits, évaluation des entrepreneurs à contrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> <li>▪ Par véhicule</li> <li>▪ Par année</li> </ul>
T4	Quantité d'abrasifs utilisés	Cet indicateur chiffre la quantité d'abrasifs utilisés par les véhicules.	Suivi des opérations	Est-ce que les véhicules utilisent les fondants en bonne quantité?	Directions territoriales	Changements de type d'abrasifs utilisés, % du budget consacré aux abrasifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> <li>▪ Par mois</li> <li>▪ Par année</li> </ul>

T5	Quantité de déglaçant utilisés	Cet indicateur chiffre la quantité de déglaçant utilisés par les véhicules.	Suivi des opérations	Est-ce que les véhicules utilisent les déglaçant en bonne quantité?	Directions territoriales	Changements de type de déglaçant utilisés, % du budget consacré aux déglaçant	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> <li>▪ Par mois</li> <li>▪ Par année</li> </ul>
T6	Nombre de plaintes des usagers de la route	Cet indicateur chiffre le nombre de plaintes faites par les utilisateurs de la route.	Suivi des opérations	Est-ce que les usagers de la route sont satisfaits du service offert par le MTQ?	Directions territoriales	Allocation de ressources dans différents secteurs, mesure de succès du MTQ et des directions territoriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par mois/an</li> <li>▪ Par direction territoriale</li> </ul>
T7	Intervalles entre les sorties de déglaçage	Cet indicateur chiffre le temps passé entre les activités de déglaçage sur un circuit.	Suivi des opérations	Est-ce que la stratégie de déglaçage est efficace?	Directions territoriales	Changements dans les stratégies de déglaçage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> <li>▪ Par événement météo-routier</li> </ul>

**Tableau 14 : Documentation des indicateurs de performance (KPI) opérationnels**

<u>ID KPI</u>	<u>Noms</u>	<u>Descriptions</u>	<u>Types</u>	<u>Questions d'affaires répondues</u>	<u>Utilisateurs</u>	<u>Décisions</u>	<u>Dimensions</u>
O1	Durée des efforts de grattage	Cet indicateur chiffre le temps pris par les véhicules du MTQ pour retirer la neige.	Suivi des opérations	Comment le MTQ effectue-t-il les interventions?	Opérateurs du CIM	Meilleure surveillance des interventions	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par véhicule</li> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
O2	Utilisation des <i>blasts</i>	Cet indicateur chiffre le nombre d'épandages manuels d'urgence utilisés par les véhicules.	Suivi des opérations	Est-ce que les véhicules utilisent les <i>blasts</i> au bon moment?	Opérateurs du CIM	Meilleure gestion des abrasifs et des déglaçants	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par véhicule</li> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
O3	Vitesse moyenne des camions de déneigement lors de l'épandage	Cet indicateur chiffre la vitesse moyenne du véhicule lors de l'épandage.	Suivi des opérations	Est-ce que les interventions sont bien faites?	Opérateurs du CIM	Contrôle des activités d'épandage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par circuit</li> </ul>
O4a	Détection d'aléa — Glace noire sur une pluie	La glace noire sur une pluie est une présence de pluie sur une chaussée ayant une température négative.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par station météorologique</li> </ul>
O4b	Détection d'aléa — Verglas	Le verglas est une présence de pluie verglaçante.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par station météorologique</li> </ul>



O4c	Détection d'aléa — Glace noire due à une chaussée mouillée	La glace noire due à une chaussée mouillée est une chute des températures sous le point de congélation avec une chaussée humide.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4d	Détection d'aléa — Accumulations ponctuelles de neige sèche	Des accumulations ponctuelles de neige sèche sont des présences de neige sèche autour de la chaussée.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4e	Détection d'aléa — Glace chimique	La glace chimique est une chute des températures en bas de la fenêtre d'efficacité des fondants.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4f	Détection d'aléa — Glace noire par déplacement de neige sèche	La glace noire par déplacement de neige sèche est une présence de glace noire sur la chaussée suivie de neige poussée par le vent.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique

O4g	Détection d'aléa — Neige compactée à neige glacée	La neige compactée à neige glacée est la présence de neige humide sur la chaussée.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4h	Détection d'aléa — Glace blanche ponctuelle	La glace blanche ponctuelle est une chute de la température de surface de la chaussée sous le point de rosée.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4i	Détection d'aléa — Glace blanche généralisée	La glace blanche généralisée est une présence de glace blanche sur l'ensemble du réseau routier.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O4j	Détection d'aléa — Neige coulante	La neige coulante est une accumulation de neige mouillée sur la chaussée.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique

O4k	Détection d'aléa — Enlèvement dans la neige	L'enlèvement dans la neige est une accumulation de neige suffisamment importante pour ne plus permettre à certains véhicules de circuler normalement.	Suivi du climat	Est-ce que cet aléa risque de se produire à un endroit donné et est-ce que cela peut causer des dommages?	Opérateurs du CIM	Détection de l'aléa météo, allocation des ressources	▪ Par station météorologique
O5	Temps de patrouille	Cet indicateur calcule le temps de patrouille des véhicules.	Suivi du réseau routier	Quelles zones les patrouilleurs suivent-ils?	Opérateurs du CIM	Allocation des patrouilles	▪ Par circuit
O6	Durée des efforts d'épandage	Cet indicateur chiffre le temps pris par les véhicules du MTQ pour l'épandage.	Suivi des opérations	Comment le MTQ effectue-t-il les interventions?	Opérateurs du CIM	Meilleure surveillance des interventions	▪ Par circuit
O7	Niveaux de vigilance selon Environnement Canada	Cet indicateur détermine le niveau de vigilance.	Suivi du climat	Quels sont les risques sur le réseau routier?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par région
O8	Temps de rotation	Cet indicateur compte le temps nécessaire au camion pour revenir à un point du circuit.	Suivi des opérations	Quels sont les temps de rotation moyens par circuit?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par circuit
O9	Temps de mobilisation	Cet indicateur compte le temps entre le début d'un phénomène météorologique et le début des opérations.	Suivi des opérations	Quels sont les temps de mobilisation moyens pour un événement?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par circuit



O10	Circulation sur le réseau routier	Cet indicateur évalue le niveau de trafic.	Suivi du réseau routier	Quel est l'achalandage sur le réseau routier?	Opérateurs du CIM	Allocation des camions, évaluation de l'intensité d'un événement	▪ Par circuit
O11	Quantité et durée des précipitations	Cet indicateur alerte le CIM si on annonce de fortes précipitations au bulletin météorologique.	Suivi du climat	Y a-t-il des changements météo importants?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par bulletin météorologique
O12	Température passant le point de congélation	Cet indicateur alerte le CIM si la température de l'air franchit le point de congélation	Suivi du climat	Y a-t-il des changements météo importants?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par station météorologique
O13	Conditions routières (visibilité et état de la chaussée)	Cet indicateur indique les conditions routières (visibilité et état de la chaussée).	Suivi du réseau routier	Quelles sont les conditions actuelles sur le réseau routier?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par circuit
O14	Atteinte des niveaux de service	Cet indicateur présente au CIM l'atteinte des niveaux de service.	Suivi des opérations	Réduit-on les risques sur le réseau routier?	Opérateurs du CIM	Analyse des résultats	▪ Par circuit
O15	Déploiement des ressources en opération lors de précipitations	Cet indicateur présente au CIM si les ressources sont en mouvement lors de précipitations.	Suivi du climat, suivi des opérations	Les ressources se déplacent-elles lors d'un événement météo-routier?	Opérateurs du CIM	Mobilisation de la flotte	▪ Par véhicule
O16	Délais encourus depuis le dernier passage	Cet indicateur présente au CIM le dernier passage d'un véhicule sur un circuit	Suivi des opérations	Quand les opérateurs sont-ils passés pour la dernière fois?	Opérateurs du CIM	Meilleure surveillance des interventions	▪ Par véhicule ▪ Par circuit



## **ANNEXE 2 : Architecture de données**

Pour favoriser le bon fonctionnement du prototype, une architecture de données solide est nécessaire. Le modèle de données relationnel a été découpé en trois, comme le diagramme de classes : la gestion des utilisateurs (figure 39), la gestion des données du tableau de bord (figure 40) et la gestion des alertes (figure 41).

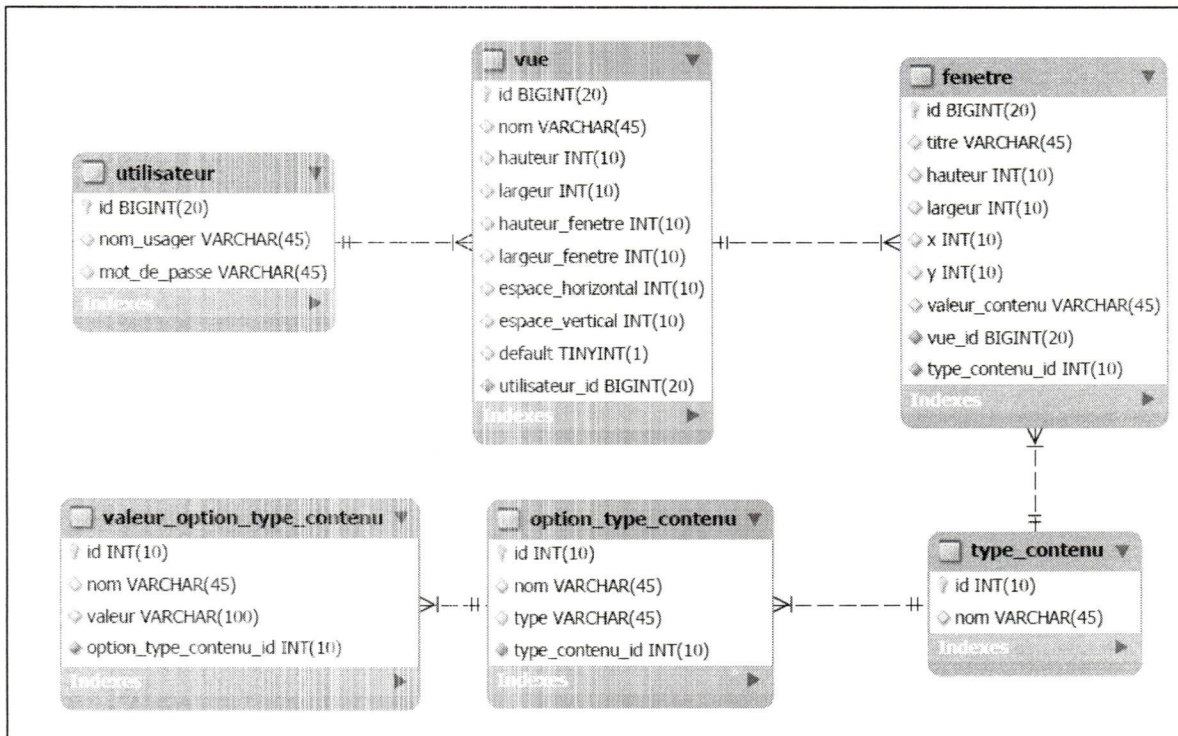


Figure 39 : Modèle logique de données – Gestion des utilisateurs

Six tables sont représentées dans ce découpage. Le nom de l'utilisateur ainsi que son mot de passe sont inclus dans la table *Utilisateur*. Chaque utilisateur possède des vues qui ont un nom, une dimension ainsi qu'un attribut par défaut. Cet attribut est actif s'il s'agit de la première vue présentée à l'ouverture de l'application. Ensuite, chacune des vues possède des fenêtres présentant de l'information sous forme graphique ou tabulaire. Les fenêtres possèdent une dimension (hauteur et largeur), un positionnement (x et y) et un contenu. La table du type du

contenu comprend le nom du contenu de la fenêtre (ex. graphique, rapport, tableau, caméra de surveillance). La table de l'option du type du contenu signifie le type de choix à faire pour sélectionner le contenu de la fenêtre (ex. une zone de liste ou une zone de texte). Finalement, la dernière table donne le chemin de l'application à charger pour remplir la fenêtre avec le contenu.

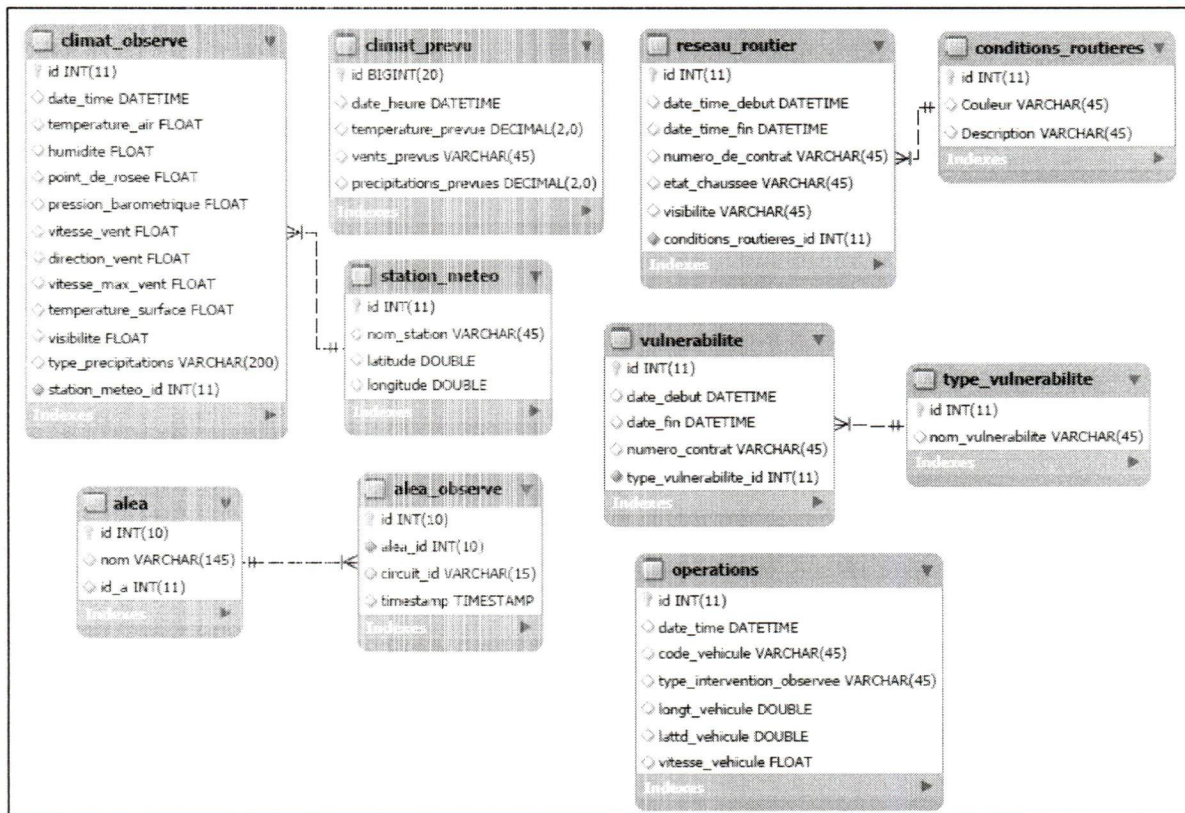
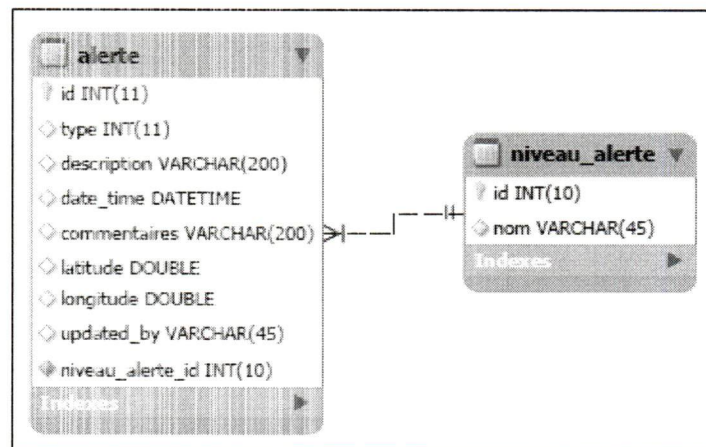


Figure 40 : Modèle logique de données - Gestion des données des tableaux de bord

Dix tables sont présentées dans ce découpage. Les tables *Climat observé*, *Climat prévu*, *Station météo*, *Alea* et *Alea observé* contiennent les données liées au climat. Les tables *Réseau routier*, *Conditions routières*, *Vulnérabilité* et *Type vulnérabilité* renferment les données liées au réseau routier et la table *Opérations* comprend les données liées aux opérations. Les données de la table *Climat prévu* sont utilisées pour générer le graphique nommé *Prévisions météo* dans le tableau de

bord tabulaire. Les données contenues dans la table *Climat observé* sont employées pour générer le tableau *Observation des stations météo* dans le tableau de bord tabulaire et affichent les variations de température dans le tableau de bord géospatial. De plus, la table *Station météo* sert à différencier et à localiser les stations météo. La table *Aléa observé* contient l'aléa en cours sur un circuit donné. Pour sa part, la table *Aléa* contient le nom complet de l'aléa. La table *Réseau routier* est utilisée pour afficher le code de couleur des conditions routières sur les circuits dans le tableau de bord géospatial, la table *Conditions routières* affiche la description de la condition routière ainsi que sa couleur. La table *Vulnérabilité* permet aussi de présenter le code de couleur pour la vulnérabilité dans le tableau de bord géospatial. Finalement, la table *Opération* regroupe les données de la position du véhicule, de sa vitesse et de l'opération réalisée.



**Figure 41 : Modèle logique de données – Gestion des alertes**

Deux tables sont montrées dans le découpage de gestion des alertes. La table *Alerte* est utilisée pour générer la *Liste des alertes* du tableau de bord tabulaire. Cette table gère les commentaires, le niveau de l'alerte (nouvelle, ouverte ou fermée) et l'utilisateur qui a mis à jour l'alerte. Finalement, la table *Niveau alerte* contient le nom complet du niveau de l'alerte.