



Titre: Réingénierie des processus des services publics d'assainissement
Title: des eaux en situation d'urgence

Auteur: Benoît Humbert
Author:

Date: 2010

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Humbert, B. (2010). Réingénierie des processus des services publics
Citation: d'assainissement des eaux en situation d'urgence [Master's thesis, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/359/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/359/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Martin Trépanier
Advisors:

Programme: Génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

RÉINGÉNIERIE DES PROCESSUS DES SERVICES PUBLICS
D'ASSAINISSEMENT DES EAUX EN SITUATION D'URGENCE

BENOIT HUMBERT

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

AOÛT 2010

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

RÉINGÉNIERIE DES PROCESSUS DES SERVICES PUBLICS D'ASSAINISSEMENT DES
EAUX EN SITUATION D'URGENCE

Présenté par : HUMBERT Benoît

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. PELLERIN Robert, ing., Ph. D., président

M. TRÉPANIÉ Martin, ing., Ph. D., membre et directeur de recherche

Mme RIOPEL Diane, ing. docteure, membre et codirectrice de recherche

Mme PERRIER Nathalie, Ph. D., membre externe

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes directeurs et co-directeurs de maîtrise, M. Martin TRÉPANIÉ et Mme Diane RIOPEL, pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la réalisation de ce projet, leur soutien, leurs conseils avisés et leur disponibilité.

Je souhaiterais également remercier la ville de Boucherville, plus particulièrement M. Guy CORBIN et M. Marc-André MARCOUX, qui m'ont permis de mener à bien ce projet.

Je remercie les amis que j'ai eu la chance de rencontrer lors de ces deux années passées au Québec, et qui m'ont apporté leur soutien et m'ont permis de me rendre jusqu'ici, merci à Jean Baptiste, Thomas, Mathieu, Fabien, Caroline, Pierre-Antoine, Sophie, Lody, Loïc, Aurélie, Élodie, Antoine, Romain, Stéphane, Hélène, Benoît, Christelle, Ornella, Marc, mes anciens colocataires et ceux que je n'ai pas cités.

Merci à mes collègues de bureau, Aurélie, Marcella, Marlon et Matthieu, pour leur bonne humeur et leurs conseils, qui ont rendu la vie au bureau aussi agréable qu'intéressante.

Je remercie aussi les personnes qui sont loin de moi, mais qui m'ont soutenu et auxquelles je n'ai cessé de penser pendant ces deux années, merci à ma mère, mon père, mon frère, mes sœurs, Élodie et mes amis qui se reconnaîtront.

Enfin, je remercie les membres du jury pour le temps précieux accordé à la revue de ce mémoire.

RÉSUMÉ

Les services publics des eaux d'une ville jouent un rôle primordial vis-à-vis de ses citoyens. Ils offrent l'accès à la distribution de l'eau pour tous ainsi que son assainissement. L'augmentation régulière du nombre d'utilisateurs mène indéniablement à une plus grande utilisation de ces services, et ainsi de la charge dans le réseau d'eau. La gestion des situations d'urgence va dans ce même sens, car cette augmentation du nombre d'utilisateurs et de charge dans le réseau ne peut pas se gérer de la même façon qu'il y a dix ans, et les perturbations rencontrées par les services publics peuvent mener à des situations d'urgence qui doivent être gérées rapidement et efficacement. De plus, dans un contexte où la satisfaction client est omniprésente, l'augmentation du niveau d'attente des citoyens face aux services publics est grandissante, et pousse ces derniers à être irréprochables, en les incitant à fournir un niveau de service toujours plus élevé, concernant plus particulièrement la continuité et la qualité. La gestion des opérations d'intervention pendant les situations d'urgence dans les services publics pose des problèmes de prise de décision. Ces problèmes concernent l'efficacité opérationnelle, le suivi de la performance et de son évaluation, ainsi que la planification des situations d'urgence.

Ce mémoire présente une étude de cas réalisée aux services publics d'assainissement des eaux de la ville de Boucherville. Elle consiste en l'élaboration d'un outil de gestion, formé à partir d'une cartographie des processus et d'indicateurs de performance afin de piloter la gestion des situations d'urgence. La cartographie permet d'automatiser les processus opérationnels décrivant les interventions d'urgence, tandis que les indicateurs de performance permettent le pilotage des processus. Les indicateurs peuvent également, s'ils sont adoptés dans d'autres services publics au contexte semblable (nombre d'habitants, type d'installations...), permettre la comparaison de l'efficacité opérationnelle de la gestion des situations d'urgence, et ainsi l'optimisation des interventions d'urgence par l'échange d'information entre les services.

Le premier chapitre de ce mémoire présente une revue de littérature axée sur les situations d'urgence, en définissant différents concepts de réactivité et les modes de gestion de ces situations d'urgence. Les indicateurs de performance correspondant au fonctionnement des égouts de manière générale sont également présentés.

Le deuxième chapitre commence par une présentation de l'assainissement des eaux pour la ville de Boucherville puis se concentre sur l'outil modélisation des processus, la méthode

graphique « chaîne de processus événementiels » EPC, qui permet d'offrir à ses utilisateurs une facilité de compréhension et d'utilisation. La collecte de données auprès des services publics de la ville de Boucherville est également présentée, elle a été réalisée à partir d'entrevues semi-directives à la direction des travaux publics de Boucherville.

Le troisième chapitre correspond à l'analyse du processus réalisé. Ce chapitre explique le processus principal et les sous-processus qui le composent. Ainsi, le processus principal pilote six sous-processus qui sont les six cas qui ont été identifiés lors des entretiens avec le personnel de la Ville comme étant des situations d'urgence. Ces cas sont les suivants :

- fermeture de l'usine d'épuration;
- bris ou arrêt technique du poste Bachand;
- bris ou arrêt dans un poste de rehaussement;
- panne d'électricité locale ou générale;
- averses importantes ;
- divers.

La gestion des trois premiers cas s'effectue à partir de l'évaluation de la durée d'arrêt de l'infrastructure concernée. On mettra en mode captage tous les postes du réseau d'eau usée si la durée d'arrêt est longue afin d'éviter les débordements malvenus. Les cas de panne d'électricité locale ou générale, ainsi que le cas des averses importantes sont gérés à partir de priorisation des postes touchés, selon qu'ils possèdent un trop-plein ou non. En effet, ce trop-plein permet de refouler les eaux usées vers le fleuve, et les postes qui n'en ont pas sont alors susceptibles de refouler ces eaux usées dans les locaux des utilisateurs du service. Le dernier cas correspond à la fois à la maintenance corrective qui se trouve dans certains processus, et à un cas à part entière pour les cas divers. L'analyse critique basée sur la revue de littérature, en prenant des axes d'étude que sont la cartographie, les acteurs, les communications et les infrastructures, est effectuée afin de trouver les éléments critiques et de proposer des indicateurs de performance. Cependant, aucun axe n'est priorisé, mais des éléments à surveiller au niveau des concepts de réactivité et de vulnérabilité sont proposés. Ces éléments sont le temps d'intervention, le temps de détection de l'évènement déclencheur et la fréquence des pannes.

Le quatrième chapitre propose les indicateurs de performance des services publics concernant les éléments à surveiller identifiés au chapitre trois. Ainsi, des indicateurs hiérarchiques s'agrégeant sont proposés afin de mesurer au mieux le fonctionnement des services publics dans un contexte de situations d'urgence. Parmi ces indicateurs, citons les taux et ratio de pannes, pour être vigilant face à des événements imprévus, ou encore la comparaison sur une période donnée du nombre d'accidents détectés par alarme et ceux détectés par une personne physique, pour évaluer le nombre de situations d'urgence qui aurait pu être évitées avec un moyen de détection appropriée. Des indicateurs de performance des processus sont présentés afin d'évaluer quantitativement l'efficacité et la pertinence des dits processus. Les angles de recherche pour les processus diffèrent des angles adoptés au chapitre trois : on étudie 1) les réactions automatiques pour l'évaluation de l'agilité; 2) les attentes et déplacements pour évaluer de quoi dépendent les attentes rencontrées et quels sont les impacts des déplacements sur les processus; 3) les phases d'évaluation pour évaluer leur criticité dans les processus; 4) les communications qui, avec le grand nombre d'acteurs, augmentent le temps de réaction lors de situations d'urgence; 5) et enfin le processus en lui-même, avec sa structure, et son nombre de tâches qui déterminent une certaine agilité.

Les recommandations que nous avons proposées à la ville de Boucherville sont d'utiliser la cartographie réalisée et de l'améliorer à travers le cycle de la gestion des risques présenté en revue de littérature. Le retour d'expérience et les indicateurs de performance serviront de base à l'optimisation des scénarios de situations d'urgence. Certaines situations d'urgence n'ayant jamais été rencontrées, des simulations à l'échelle de la Ville permettraient d'évaluer la robustesse de la cartographie réalisée et de mettre en avant les tâches à améliorer.

Ce projet consiste en l'optimisation de la réactivité et de l'efficacité des opérations de retour à la normale effectuées lors de situations d'urgence dans les services publics d'assainissement de la ville de Boucherville, à l'aide d'une cartographie explicite et des indicateurs, qui permettent ensemble le pilotage de la gestion des situations d'urgence par les processus.

Enfin, l'application de cette étude ne se limite pas aux services publics d'assainissement des eaux. La méthodologie et les outils utilisés sont à la fois simples, flexibles, et applicables à d'autres domaines du service public tels que les télécommunications ou encore l'électricité. En

effet, les perturbations au niveau des infrastructures engendrant des situations d'urgence demandent une même approche opérationnelle pour optimiser le retour à la situation normale.

ABSTRACT

A town's water utilities play a key role for its inhabitants. They provide water and sewer services. Because of the increasing number of users, the demand for these services gets bigger, and so is the load in the water supply and wastewater network. Therefore, emergency management becomes more important and cannot be managed the same way than ten years ago. Disruptions in the service can lead to emergency situations that have to be quickly and efficiently managed. Moreover, in an environment where customer satisfaction is major concern, higher level of performance from public services is expected. It pushes them to be faultless and provide a high level of service continuity and quality. Response management to emergencies involves problems of decision-making. These problems concern the operational effectiveness of performance monitoring and emergency planning.

This paper presents a case study based on wastewater utilities in the city of Boucherville. A management tool that guides emergency management is developed from a mapping process and performance indicators. Mapping can automate the appropriate response to an emergency, while performance indicators allow the process to be controlled. Indicators can also, if adopted in other utilities but with a similar context (population, type of facilities ...), allow comparison of operational efficiency in emergency management, and so optimize emergency response through the exchange of information between these different utilities.

The first chapter of this thesis is a literature review that deals with emergency situation, by defining concepts of responsiveness and ways of managing these emergency situations. Performance indicators corresponding to the operation of sewage in general are also presented.

The second chapter begins with an introduction to Boucherville's wastewater utilities and focuses on a process modeling tool, the graphical method "event-process chain" EPC, which can give users an easy understanding and useful tool. The collection of data from Boucherville's wastewater utilities is presented, made from semi-structured interviews.

The third chapter is the analysis of the mapped process. This chapter explains the main process and sub-processes that compose it. Thus, the main process drives six sub-processes, that are six cases identified as emergencies during interviews with staff from the City. These cases are:

- closure of the treatment plant;
- break or technical stop in Bachand station;
- break or stop at a pumping station;
- local or general blackout;
- heavy rain;
- miscellaneous.

Management of the three first cases is done from the evaluation of the time during which the infrastructure stops. If the shutdown duration is long, in order to avoid overflows, all the stations of the network will have to be set into capture mode. The local or general power outages and the heavy rain cases are managed by prioritizing of the affected stations, depending on whether they have an overflow avoidance system. Indeed, this overflow avoidance system can force the sewage back to the river, whereas with stations that do not have this system, wastewater is likely to flow back into local service users. The last case, which deals with corrective maintenance, is treated as one case but is also included in the other cases. The critical analysis based on the literature review, with the study on mapping, actors, communications and utilities, is performed to find the critical components in the mapping and to propose performance indicators. However, no study axis is highlighted, but elements of reactivity and vulnerability to monitor are given. These elements are: response time, detection time and breakdowns frequency.

The fourth chapter provides performance indicators for public services to monitor components identified in chapter three. Hierarchical aggregating indicators are proposed in order to measure the functioning of public services in a context of emergency situations. These indicators include the rate and ratio of failures, allowing being vigilant to unexpected events. Another indicator is a comparison over time of the number of incidents, whether detected by an alarm or by an individual, to assess the number of emergencies that could have been avoided with an appropriate detection system. Indicators of process performance are presented in order to quantitatively assess the effectiveness and relevance of the process. First, automatic reactions are studied to assess the agility. Second, travel expectations are studied to evaluate the factors from which they depend and the impacts of displacements on the process. The phases of evaluation are also studied to assess their criticality in the process. Finally, communications with the large

number of players, increasing the response time during emergencies are studied, as well as the process itself with its structure, and number of tasks that define a certain agility.

The recommendations made to Boucherville are to use process mapping, and to improve it through the cycle of risk management presented in the literature review. The feedback and performance indicators serve as a basis to optimize emergency scenarios. Some emergencies situations have never been encountered, so simulations across the City would assess the robustness of the mapping done and put forward tasks to improve.

The aim of this project is to optimize the responsiveness and efficiency of restoring operations made during emergency situations in public sanitation in the city of Boucherville, using process mapping and explicit indicators. These tools help managing emergency situations through processes.

Finally, the use of this study is not limited to the wastewater service. The methodology and tools are simple, flexible and applicable to other areas of public service such as telecommunications or electricity. Indeed, the disruption of infrastructure resulting in emergencies requires the same operational approach in order to maximize the return to a normal situation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT	VIII
TABLE DES MATIÈRES	XI
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XVII
LISTE DES ANNEXES.....	XVIII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE	3
1.1 Perturbations et situations d’urgence	4
1.1.1 Définition de la chaîne logistique.....	4
1.1.2 Perturbations.....	5
1.1.3 Vulnérabilité.....	8
1.1.4 Situations d’urgence.....	10
1.2 Gestion des risques.....	13
1.2.1 Gestion des risques et gestion des situations d’urgence.....	13
1.2.2 Gestion des risques dans le secteur public	17
1.3 Réponse au changement.....	20
1.3.1 Agilité.....	20
1.3.2 Résilience	21
1.3.3 Robustesse.....	23
1.4 Modes de gestion et aide à la décision	26

1.4.1	Méthodes d'aide à la décision	26
1.4.2	Retour d'expérience	29
1.4.3	Planification de la continuité des opérations	30
1.4.4	Re-planification	30
1.4.5	Gestion des processus métiers	31
1.5	Indicateurs de performance	40
1.5.1	Dans les services publics	40
1.5.2	Choix et implantation du système d'indicateurs de performance	51
CHAPITRE 2	MODÉLISATION DU PROCESSUS	54
2.1	Assainissement des eaux dans les services publics de Boucherville	54
2.2	Présentation de l'outil utilisé pour la modélisation	55
2.3	Collecte de données auprès des services publics de Boucherville	58
CHAPITRE 3	ANALYSE DU PROCESSUS RÉALISÉ	61
3.1	Explication des processus réalisés	61
3.1.1	Fermeture de l'usine d'épuration	64
3.1.2	Bris ou arrêt du poste Bachand	64
3.1.3	Bris ou arrêt dans un poste de rehaussement	64
3.1.4	Panne d'électricité locale ou générale	65
3.1.5	Averses importantes	65
3.1.6	Cas divers	65
3.1.7	Gestion selon la durée d'intervention	66
3.1.8	Gestion selon le type d'infrastructure	67
3.2	Analyse critique basée sur la littérature	70
3.2.1	Cartographie	73

3.2.2	Acteurs (intervention, tps).....	75
3.2.3	Communications.....	76
3.2.4	Infrastructures.....	77
3.3	Identification des processus critiques.....	79
CHAPITRE 4 PROPOSITION D'INDICATEURS DE PERFORMANCE		82
4.1	Choix des indicateurs et définition.....	82
4.1.1	Indicateurs opérationnels.....	83
4.1.2	Indicateurs tactiques.....	85
4.1.3	Indicateur stratégique	86
4.2	Indicateurs de performance des processus	87
4.2.1	Réactions automatiques.....	87
4.2.2	Attentes et déplacements.....	90
4.2.3	Phases d'évaluation.....	92
4.2.4	Communications.....	94
4.2.5	Processus	95
4.3	Test et validation	98
CONCLUSION		100
BIBLIOGRAPHIE		103
ANNEXES.....		110

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Modèles mathématiques associés aux types d'incertitude, adapté de Klibi et al. (2010)	7
Tableau 1.2 Définitions des concepts d'agilité, de résilience et de robustesse	26
Tableau 3.1 Évaluation des processus vis-à-vis des concepts de la revue de littérature	72
Tableau 3.2 Évaluation des axes d'étude vis-à-vis des concepts de la revue de littérature	79
Tableau 3.3 Éléments à surveiller dans la gestion des situations d'urgence	81
Tableau 4.1 Définition de l'échelle de notation de la réactivité	89
Tableau 4.2 Définition de l'échelle du niveau d'attente	92
Tableau 4.3 Définition de l'échelle du niveau d'évaluation	94
Tableau 4.4 Indicateurs de performance des processus	97

LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 Méthodologie utilisée pour ce mémoire	2
Figure 1.1 Gestion globale des situations d'urgence.....	4
Figure 1.2 Origine des risques que peuvent rencontrer les installations, adapté de Grigg (2000, 2003).....	8
Figure 1.3 Ambivalence d'une crise, adapté de Adam (2006).....	11
Figure 1.4 Continuum de la sévérité des situations d'urgence, adapté de Blanchard (2008)	12
Figure 1.5 Hiérarchie des risques, adapté de MacGillivray et al. (2006).....	13
Figure 1.6 Cycle de vie de la gestion des situations d'urgence, adapté de (Cova, 2005; Gooden et al., 2009).....	14
Figure 1.7 Éléments de gestion des risques, adapté de Grigg (2000)	15
Figure 1.8 Retour d'expérience dans le cycle de vie de la gestion des risques, adapté de Wybo (2004)	16
Figure 1.9 Attribution des risques dans les négociations des PPP, adapté de Wang et Dai (2009)	19
Figure 1.10 Les huit étapes de la résilience, adapté de Sheffi et Rice (2005).....	22
Figure 1.11 Création de la résilience, adapté de Christopher (2005).....	23
Figure 1.12 Méthode participative par scénario, adapté Bryant et Lempert (2010)	24
Figure 1.13 Méthode d'évaluation de la robustesse, adapté de Vieira et al. (2009)	25
Figure 1.14 Système d'infrastructure générique de gestion d'actifs avec les outils de gestion d'actifs correspondants, adapté de Ana et Bauwens (2007).....	28
Figure 1.15 Estimation des risques imposés par une anomalie, adapté de Bicik et al. (2008)	29
Figure 1.16 Cycle de vie du BPM, adapté de (Netjes et al., 2006; van der Aalst et al., 2003).....	34
Figure 1.17 Comparaison des cycles de BPM et de WfM, adapté de Van der Aalst (2003)	35
Figure 1.18 Type de formalisme pour la modélisation des processus, adapté de Lu et Sadiq(2007) et de Rajabi et Lee (2009)	36

Figure 1.19 Modèle d'implantation du BPM, adapté de Rohloff (2009).....	38
Figure 1.20 Tableau de bord du secteur public, adapté de Moullin (2004)	40
Figure 1.21 Catégories d'indices de performance pour le service d'eau potable, adapté de Alegre (2006)	42
Figure 1.22 Classement des types d'indicateurs, adapté de Crotty (2003) et Miner (2008).....	43
Figure 1.23 Relations entre les types d'indicateurs, adapté de Le Gauffre, 2007.....	50
Figure 1.24 Système de mesure de performance, adapté de Alegre (2006).....	52
Figure 1.25 Procédure de sélection des indicateurs et contexte, adapté de Alegre (2006)	53
Figure 2.1 Éléments de l'EPC	57
Figure 3.1 Processus général de la gestion des situations d'urgence	63
Figure 3.2 Gestion par durée d'intervention	67
Figure 3.3 Évaluation du stock disponible	68
Figure 3.4 Priorisation des postes	69
Figure 3.5 Tournée des postes après le retour à la situation normale pour vérification.....	70
Figure 4.1 Procédure de sélection des indicateurs et contexte, adapté de Alegre (2006)	99

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

La liste des sigles et abréviations présente, dans l'ordre alphabétique, les sigles et abréviations utilisés dans le mémoire ou la thèse ainsi que leur signification. En voici quelques exemples :

ACI	Adenylyl cyclase 1
AWWA	American Water Work Association
BAM	Business Activity Monitoring
BEI	Banque Européenne d'Investissement
BPM	Business Process Management (gestion des processus métiers)
BPMS	Business Process Management System
BPR	Business Process Reengineering (réingénierie des processus)
CERS	Centre d'Épuration Rive Sud
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
EPA	Environment Protection Agency (agence de protection de l'environnement)
EPC	Event driven Process Chain (chaîne de processus événementielle)
IrMa	Institut des Risques Majeurs français
OFWAT	Office of Water Services (Office des services de distribution de l'eau)
PPP	Partenariats publics/privés
TQM	Total Quality Management
UEM	Effective Utility Management
WfM	Workflow management (gestion des flux d'information)

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 – Première cartographie de la gestion des situations d’urgence.....	110
ANNEXE 2 – Sous-processus : demande de validation des coûts à la Ville.....	112
ANNEXE 3 – Sous-processus : contrôle de la Ville	113
ANNEXE 4 – Sous-processus : maintenance corrective/divers.....	114
ANNEXE 5 – Sous-processus : intervention entreprise responsable du réseau.....	116
ANNEXE 6 – Sous-processus : fermeture de l’usine d’épuration	117
ANNEXE 7 – Sous-processus : bris ou arrêt technique du poste Bachand	118
ANNEXE 8 – Sous-processus : bris ou arrêt dans un poste de rehaussement	119
ANNEXE 9 – Sous-processus : panne d’électricité locale ou générale	120
ANNEXE 10 – Sous-processus : averses importantes	122

INTRODUCTION

Les services publics se doivent de satisfaire un besoin d'intérêt général et de maintenir un niveau de fonctionnement optimal pour assurer la continuité de leurs activités afin de satisfaire la demande et les citoyens. Les activités de planification sont, dans les entreprises de biens et de services, des tâches à réaliser périodiquement pour l'atteinte des objectifs. Cette planification permet d'assigner les personnes et matériels aux différentes tâches de l'entreprise.

Lorsqu'une perturbation apparaît, l'organisation doit gérer de façon réactive la situation de crise qui se produit. Elle ne peut plus se fier aux seules prévisions, car la perturbation est un événement imprévu dans la planification. Cela oblige l'organisation à gérer, d'une part, les activités planifiées, et d'autre part, de faire en sorte que le retour à la normale face à la situation de crise soit le plus efficace possible, tout en gérant le personnel et le matériel disponible. Elle est alors en mode perturbée. Le caractère imprévisible de ces événements perturbateurs procure à l'entreprise une vulnérabilité à laquelle elle doit faire face de façon optimale, souvent à l'aide de processus permettant la continuité des opérations.

Les urgences rencontrées peuvent empêcher les services publics à fournir un service clé aux citoyens, correspondant à leurs besoins sociaux, et qui doit être disponible pour tous à tout moment. Ces services sont critiques et doivent être maintenus en tout temps, même en situation d'urgence.

Le présent projet a pour objectif l'amélioration de la planification réactive des activités logistiques dans les services publics. Ainsi par l'élaboration d'outils d'aide à la décision, les gestionnaires sont capables de mieux gérer ces situations dites d'urgence. Une entente a été signée entre l'École Polytechnique de Montréal et la ville de Boucherville dans le but de proposer une aide quant à la gestion des situations d'urgence pour le système d'évacuation des eaux. En effet, les situations d'urgence rencontrées au niveau du système d'évacuation sont à l'origine de débordements, d'infiltrations, etc., et peuvent causer des dommages aux biens de la population. Les défis sont de gérer rapidement ces situations d'urgence à l'échelle locale, et d'empêcher que le public soit touché par les conséquences des bris ou pannes.

Ce mémoire présente dans une première partie une revue de littérature concernant les situations d'urgence et leur gestion dans les services publics de distribution d'eau potable et

d'assainissement. La mesure de la performance ainsi que l'élaboration et l'évaluation d'indicateurs de performance au niveau des services publics sont également étudiées. Dans le deuxième chapitre, l'étude de la modélisation des processus appliqués à la ville de Boucherville lors de situations dites d'urgence est présentée. Cette étude comprend la présentation du langage utilisé et la collecte de données effectuée lors d'entrevues avec le personnel de la Ville et l'étude de documents. Le troisième chapitre couvre l'analyse de ces processus, en commençant par l'explication de la cartographie effectuée, puis l'analyse critique de la littérature vis-à-vis du travail effectué, et l'identification de processus critiques. Le quatrième chapitre se concentre sur l'élaboration d'indicateurs pour évaluer la performance de la Ville dans les réponses aux situations d'urgence. Des indicateurs hiérarchisés sont présentés pour représenter les services publics au niveau du conseil de la Ville, de la direction générale et de la gestion opérationnelle. En conclusion, une discussion des résultats propose les perspectives de recherche futures. La méthodologie est ainsi présentée à la Figure 0.1.

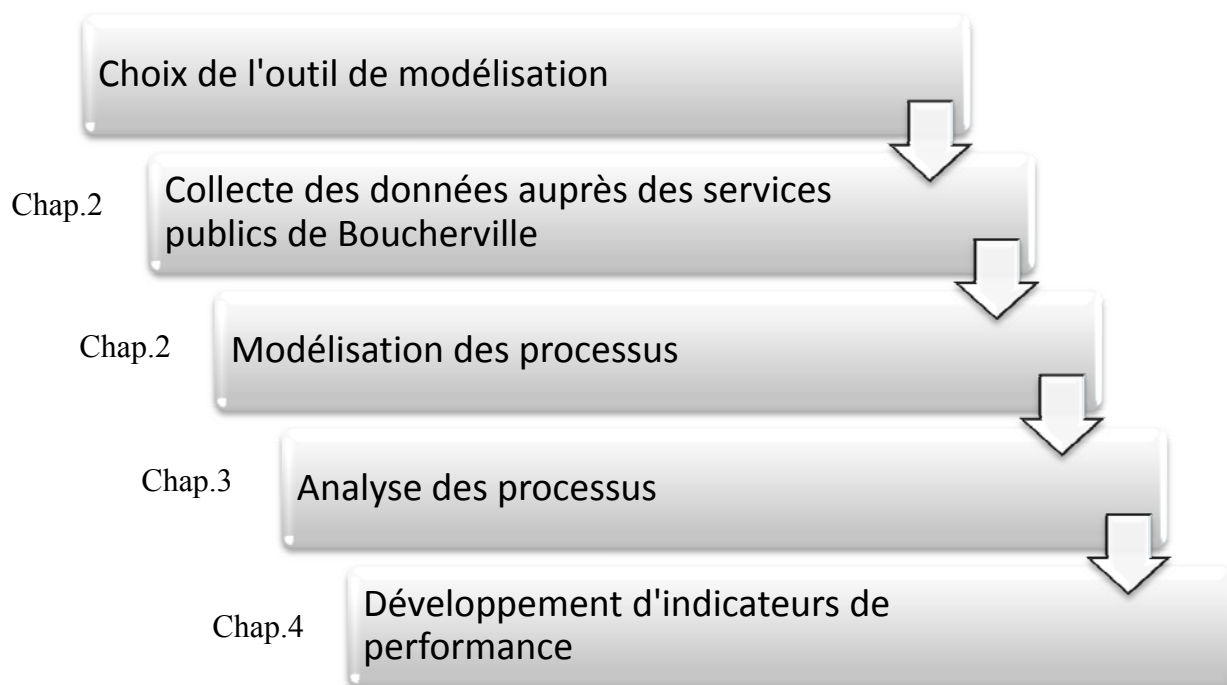


Figure 0.1 Méthodologie utilisée pour ce mémoire

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE

Le service des eaux est un service primordial pour chaque utilisateur, que ce soit au niveau de la consommation personnelle, ou encore des structures telles que les entreprises ou autres services publics qui dépendent de cette ressource (hôpitaux...). L'augmentation de la population dans les communautés et les différentes normes concernant la qualité de l'eau et de sa distribution sont des paramètres à prendre en compte pour la gestion de ces services. De plus, l'accès à ce service pour les citoyens doit se faire en tout temps, ce malgré les aléas que peuvent rencontrer les services publics.

Ces aléas peuvent parfois mener à des perturbations au niveau du service fourni auprès des utilisateurs. Cependant, la continuité, et donc la fiabilité du service fourni est le principal objectif d'un service public. Ainsi, lorsque les aléas apparaissent, la réactivité du service public constitue une partie critique de sa gestion. Elle comprend la réponse à la perturbation, où les moyens et ressources sont mis en place pour agir, dans un premier temps, pour minimiser ou éviter les impacts, et le rétablissement qui permet au service de reprendre son fonctionnement normal ou amélioré.

La présente revue de littérature débute en couvrant l'étude et la gestion des situations d'urgence dans la chaîne logistique et son adaptation dans les services publics des eaux, afin de déterminer les perturbations qui touchent le réseau d'eau. La revue vise à situer notre recherche au niveau de la réaction face aux situations imprévues. Ensuite, les concepts de réponse à une perturbation, qui représentent des objectifs à atteindre pour les organisations, sont définis ainsi que les méthodes d'optimisation des pratiques de gestion qui visent ces objectifs. Enfin, l'étude de la performance des méthodes proposées et des opérations est présentée.

Ainsi, la revue de littérature présente les perturbations, afin de définir les situations d'urgences et la gestion des risques. Puis dès la détection de ces situations d'urgence, l'intervention des services publics est effectuée, ce qui implique d'une part une certaine réactivité, définie à partir de l'agilité, de la robustesse et de la résilience, et d'autre part la réalisation des opérations de retour à la situation normale. Ces interventions sont réalisées à l'aide de méthodes telles que le retour d'expérience ou encore la gestion des processus métiers. Ces méthodes voient leur

performance mesurée, tant au niveau des services publics que des processus, à travers les indicateurs de performance. Cette gestion globale des situations d'urgence est présentée

Figure 1.1

Figure 1.1.

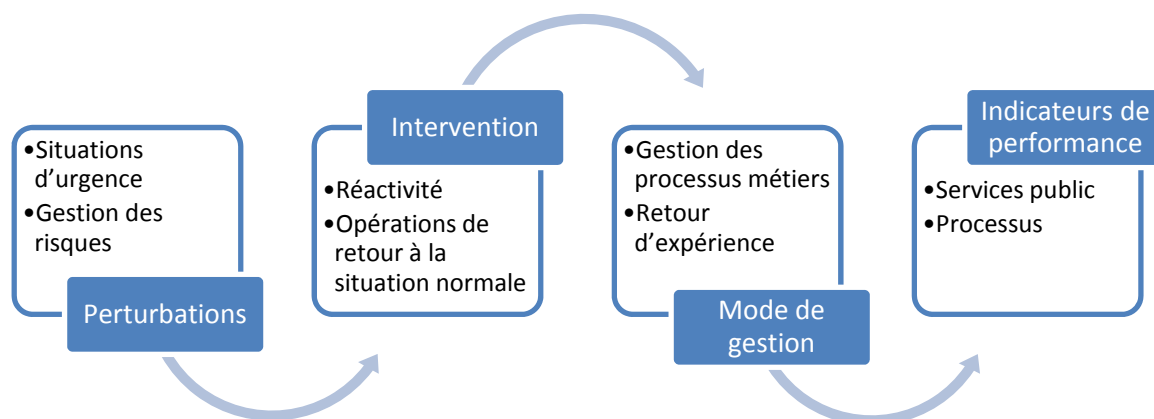


Figure 1.1 Gestion globale des situations d'urgence

1.1 Perturbations et situations d'urgence

Les situations d'urgence et les concepts de réactivité sont, dans la littérature, surtout utilisés dans un contexte de chaîne logistique. La gestion de cette chaîne logistique permet d'optimiser sa propre performance, que ce soit au niveau des délais, du temps de réponse, du niveau des stocks, etc.

1.1.1 Définition de la chaîne logistique

Il existe plusieurs définitions de la chaîne logistique. Elle est un système dont les parties constituantes comprennent des fournisseurs de matériaux, des installations de production, de services de distribution et des clients connectés entre eux à travers les transferts de matériaux et le flux de retour de l'information (Stevens, 1989). Elle est également définie comme un réseau d'organisations connectées et interdépendantes qui travaillent mutuellement et coopérativement pour contrôler, gérer et améliorer le flux de matières et d'informations des fournisseurs aux utilisateurs finaux (Christopher, 1998). Une définition plus précise a été émise par le « Council of Supply Chain Management Professionals » (CSCMP) et consiste à dire que « la chaîne

logistique englobe la planification et la gestion de toutes les activités impliquées dans la sélection des fournisseurs et l'approvisionnement, la conversion, et toutes les activités de gestion de la logistique. Mais surtout, elle inclut également la coordination et la collaboration avec les partenaires intermédiaires, qui peuvent être fournisseurs, intermédiaires, fournisseurs de logistique de tierce partie, ou les clients. Essentiellement, la gestion de la chaîne logistique intègre l'offre et la gestion de la demande au sein et entre les entreprises » (Council of Supply Chain Management Professionals, 2010). Nous retenons cette dernière définition pour la suite de ce mémoire, car elle nous semble être la plus complète.

Aujourd'hui, la chaîne logistique évolue rapidement, mettant continuellement sous pression des gestionnaires qui essaient de trouver une manière optimale d'organiser leur logistique (Waters, 2007). Cette pression peut provenir de toutes les directions, mais l'une des plus importantes d'entre elles est étudiée dans ce mémoire : la gestion des situations d'urgence.

1.1.2 Perturbations

La performance de la chaîne logistique peut en effet être altérée par des aléas, ou perturbations. Ces perturbations sont des « événements imprévus qui peuvent apparaître au sein de la chaîne logistique, et qui peuvent affecter le flux prévu ou normal des biens et matériaux » (Svensson, 2000). Une définition plus à jour est la suivante : les perturbations peuvent se manifester sous des formes différentes, ce sont des conditions ou événements qui, en créant des discontinuités, confusions, désordre ou déplacement, interrompent ou gênent le fonctionnement normal des opérations (Madni & Jackson, 2009). Une perturbation apparaît plus particulièrement lorsque « la structure du système de la chaîne logistique est complètement transformée » (Gaonkar & Viswanadham, 2007). Ainsi, nous définissons dans la suite de ce mémoire une perturbation comme étant un événement non planifié et imprévu, qui fait basculer le mode de fonctionnement usuel de l'entreprise vers un mode de fonctionnement perturbé, où tous les moyens, humains et matériels, sont mis en place pour retourner à la situation normale.

Ces perturbations sont des incertitudes auxquelles les entreprises privées comme publiques font face. Les auteurs cités précédemment proposent des définitions des perturbations, portant l'attention sur le caractère imprédictible, mais d'autres auteurs dépassent ce point de vue et proposent de modéliser les incertitudes pour mieux anticiper les situations d'urgence, ou mieux se préparer pour y faire face efficacement.

Matos (2007) présente quatre modèles de l'incertitude, dans un but d'aide à la décision : les scénarios, les intervalles de confiance, les modèles probabilistes et les modèles flous. Ces modèles mathématiques sont présentés de façon exhaustive, et sont applicables à toute sorte de situations. Ces modèles fournissent comme résultats des données pouvant être exploitées à travers des paradigmes et des critères de choix pour le gestionnaire.

Klibi et al. (2010) affirment d'ailleurs que la modélisation de l'incertitude dans le réseau de chaîne logistique connaît un essor important, plus précisément au niveau de la conception de ces réseaux afin de créer de la robustesse (défini en 1.4.4). En effet, les modèles déterministes utilisés comme base dans la conception des réseaux de chaîne logistique, pour déterminer la localisation des installations, ne prennent pas en compte les incertitudes et ne garantissent pas la bonne performance du réseau. Klibi et al. (2010) sont plus méticuleux que ceux de Matos (2007) et définissent trois types d'incertitudes :

- les aléas, par l'association de variables aléatoires aux processus habituels;
- les dangers, par la faible probabilité d'occurrence, mais avec un fort impact;
- l'incertitude profonde, par le manque total d'information pour prédire un autre événement majeur.

Klibi et al. (2010) recensent pour chaque type d'incertitude les modèles mathématiques non déterministes qui y sont associés, car aucune modélisation ne prend en compte tous les types d'incertitude à la fois. Ces modèles sont présentés dans le Tableau 1.1.

Type d'incertitude	Modèles mathématiques associés
Aléas	Approches scénarios et analyse de sensibilité de Monte Carlo Approches par programmation stochastique proactive Transformation des modèles déterministes en programme stochastique à deux étapes Approches par programmation stochastique multi étape
Dangers	Modèles de catastrophe
Incertitude profonde	Approches scénarios et optimisation robuste

Tableau 1.1 Modèles mathématiques associés aux types d'incertitude, adapté de Klibi et al. (2010)

Il convient de s'intéresser ici aux services publics que sont l'approvisionnement en eau potable ainsi que l'assainissement des eaux. De nombreuses publications ont rapport avec la qualité de l'eau. Le présent mémoire se concentre sur l'aspect exploitation et maintenance de la gestion des eaux.

Ainsi, les incertitudes auxquelles les services d'eau, usées ou non, proviennent de contraintes toujours plus nombreuses. Rich & Vastis (2010) en citent quelques-unes :

- le vieillissement des infrastructures et de la main-d'œuvre;
- les problèmes de la réglementation qui évolue;
- les perspectives peu claires pour l'avenir du financement fédéral (américain);
- les demandes croissantes des clients et de la communauté envers le service;
- les perspectives à court terme des élus.

En ce qui concerne la viabilité des opérations des services des eaux, Grigg (2000, 2003) regroupe de manière générale les risques que peuvent rencontrer les installations en trois parties (voir Figure 1.2). Ces risques peuvent affecter la qualité de l'eau, la continuité du service de distribution, ainsi que sa fiabilité.

Catastrophes naturelles	Menaces de l'homme	Accidents ou événements inattendus
<ul style="list-style-type: none"> • Inondations et dégâts des eaux • Sécheresses • Tremblement de terre • Vent • Glissement de terrain, sédimentation • Météo sévère • Feu • Contamination de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Attaques: Terrorisme et vandalisme • Défaillances • Effets indésirables du public sur l'exploitation • Non respect des règlements 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture de barrages • Dysfonctionnement des installations • Contamination de l'eau

Figure 1.2 Origine des risques que peuvent rencontrer les installations, adapté de Grigg (2000, 2003)

Le Gauffre (2007) présente, quant à lui, de façon plus précise et sur le plan opérationnel, douze dysfonctionnements liés au réseau d'assainissement. Ces dysfonctionnements sont les suivants : infiltration, exfiltration, débordements (inondation), déversements anormaux, diminution de la capacité hydraulique, ensablement, bouchage, déstabilisation du complexe sol-conduite, attaque chimique en cours, dégradation en cours par intrusion de racines, dégradation en cours par abrasion et enfin risque d'effondrement. Ce sont ces aléas que rencontrent majoritairement les services publics des eaux. Leur caractère incertain est tel qu'ils peuvent apparaître n'importe où sur le réseau, mais leur probabilité d'apparition est plus grande pour les installations vulnérables ou critiques.

Arboleda et al.(2009) rajoutent qu'après une perturbation, des priorités d'allocation de ressources doivent être mises en place par les gestionnaires des infrastructures pour satisfaire la demande dans les installations critiques, d'où l'importance de l'évaluation de la vulnérabilité du système.

1.1.3 Vulnérabilité

Cette notion de vulnérabilité est largement discutée dans la littérature et voit ses définitions varier selon les auteurs. De plus, vulnérabilité et risques sont souvent confondus. Après avoir résumé différentes définitions de la vulnérabilité dans la littérature, Ezell (2007)

propose la définition suivante: la vulnérabilité est la prédisposition d'une infrastructure face à un scénario de menace, le scénario correspondant au lien entre la vulnérabilité et le risque.

L'association américaine des ouvrages hydrauliques (AWWA) souligne les quatre étapes de base nécessaires à l'évaluation de la vulnérabilité (Agardy & Ray, 2001) :

- identifier les composants du système d'approvisionnement en eau;
- estimer les effets potentiels de désastres probables;
- établir des buts pour la performance et des niveaux de service;
- identifier les composants critiques.

Les modèles d'évaluation de la vulnérabilité pour les services d'eau sont nombreux. Staudinger et al. (2006) présentent huit modèles en conformité avec le guide de l'agence américaine de protection de l'environnement (*Environment Protection Agency*, EPA). Ces modèles décrivent six étapes importantes de l'évaluation de la vulnérabilité, axée sur les attaques terroristes, et sept qui ne le sont pas pour des raisons diverses telles que l'indisponibilité lors de l'analyse, leur coût ou la non-application à la taille des systèmes étudiés. Ces modèles vont du système complexe automatisé au simple questionnaire pour effectuer l'évaluation, d'où leur nombre important.

Ezell et al. (2000) présentent un modèle d'analyse des risques liés aux infrastructures hydrauliques complexes et interconnectées. Le modèle permet une approche des risques de toute provenance, tels que la contamination, les risques naturels, ceux causés par l'homme, et se déroule en quatre phases :

- identifier les risques liés aux infrastructures, et décompositions du système;
- modéliser les risques liés aux infrastructures (modèle probabiliste), par rapport à un scénario;
- évaluer les infrastructures et les pertes associées;
- gérer les risques liés aux infrastructures, génération d'options.

Le modèle permet de modéliser la vulnérabilité des infrastructures en tant que fonction d'accès et d'exposition aux risques, offrant un classement de la vulnérabilité selon les scénarios

et permettant au gestionnaire d'effectuer différentes analyses pour étudier les options. Ce modèle peut être utilisé par des infrastructures d'autres domaines tels que l'électricité, les télécommunications, et les services d'urgence municipaux. Ezell (2007) revient plus tard avec un modèle d'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures critiques (I-VAM) qui offre aux gestionnaires une évaluation quantitative plutôt que qualitative de la vulnérabilité des infrastructures, ce qui permet une comparaison plus simple avec la valeur idéale calculée par ce modèle, correspondant au score maximum que peut obtenir un paramètre.

La vulnérabilité se situe plus dans l'optique de préparation à l'urgence que dans la réponse à l'urgence, mais sa mesure permet aux gestionnaires d'être rapides et efficaces lors de l'apparition d'événements non prévus.

1.1.4 Situations d'urgence

Avant de définir une situation d'urgence, le mot « urgence » doit être défini : c'est la nécessité d'agir vite, le caractère de ce qui exige d'être réglé sans délai (Larousse, 2010).

Cela donne une vaste idée de ce qu'est une situation d'urgence pour les organisations publiques ou privées : c'est la perturbation du fonctionnement normal de l'organisation, qui l'empêche d'atteindre ses objectifs, nécessitant des actions immédiates pour empêcher ou minimiser la rupture des biens ou services fournis. Ces situations d'urgence proviennent généralement d'événements imprévus et soudains qui perturbent le déroulement normal des opérations de l'entreprise ou du service public, l'obligeant à gérer et décider rapidement avec les données qu'elle possède. Or les données nécessaires à une décision optimale ne sont pas forcément disponibles, ce qui rend encore plus complexe la décision dans ce genre de situations.

Dans la chaîne logistique, Gaonkar et Viswanadham (2007) différencient trois types de manifestation du risque si l'incertitude n'est pas bien gérée : les écarts, les perturbations et les désastres. Les écarts sont des déviations quant aux objectifs de l'entreprise ou aux valeurs moyennes des temps, coûts ou autre valeur mesurable. Les perturbations sont les événements internes ou externes qui modifient l'organisation de l'entreprise pour remédier à la situation, dont les situations d'urgence. Les désastres sont des interruptions irréparables et temporaires de la chaîne logistique. Cependant, les auteurs effectuent cette différenciation sans en donner les causes et l'apparition de ces manifestations semble aléatoire.

Ainsi, Schenker-Wicki et al. (2010) proposent une différenciation plus complète, en séparant risque, crise et catastrophe, mais en considérant la crise comme un précurseur du désastre s'il est mal géré. Schenker-Wicki et al. (2010) assurent que les risques sont continus, statiques ou bien cycliques dans des situations normales, et que la crise est alors vue comme une situation non désirable avec une forte augmentation du risque (Mayer, 2003; Schenker-Wicki et al., 2010) qui peut dégénérer vers la catastrophe et menacer les organisations ou encore la population. Cependant, ce type de crise est gérable et un retour à un état normal sans conséquence est possible, contrairement aux catastrophes. La gestion de ces crises permet aux gestionnaires d'acquérir de l'expérience et de renforcer leur organisation face à de futures crises de même nature. Cette différence entre crise et catastrophe est illustrée par la Figure 1.3:

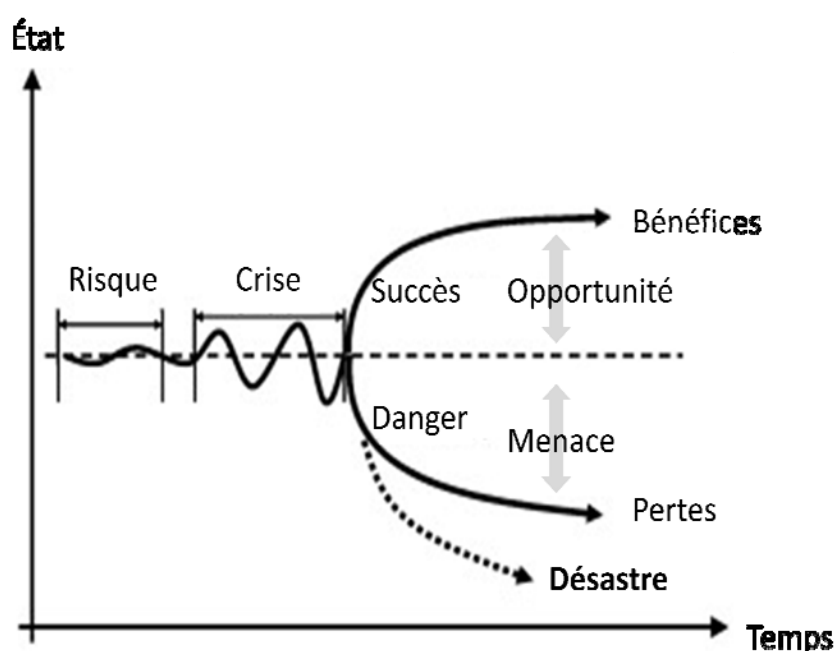


Figure 1.3 Ambivalence d'une crise, adapté de Adam (2006)

Les situations d'urgence ont suscité l'intérêt de bien des auteurs, principalement depuis les attentats du 11 septembre 2001, où la vulnérabilité d'un système, ici à la taille d'un pays, a été mise au grand jour. La littérature actuelle traite des situations d'urgence comme étant la chaîne de réactions et la collaboration entre les différents acteurs dans le but de fournir à la population les soins, la nourriture ou les moyens d'évacuation suite aux catastrophes naturelles de grande échelle, aux événements issus du terrorisme, etc. Cependant, il faut bien faire la différence entre

ces catastrophes majeures et les désastres mineurs, ou crises, qui peuvent se manifester tous les jours (Barnshaw et al., 2008), mais qui soulèvent tout de même la question de gestion des situations d'urgence, comme définie précédemment.

Blanchard (2008) propose également ce continuum du degré de sévérité des situations d'urgence, ainsi qu'une définition basée sur le type d'intervenants face à la situation rencontrée, les étapes étant: l'urgence, le désastre, la catastrophe, et l'évènement du niveau d'extinction. Ainsi ces étapes, présentées à la Figure 1.4 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, sont définies à la fois par l'ampleur de la situation et par les ressources utilisées pour y remédier :

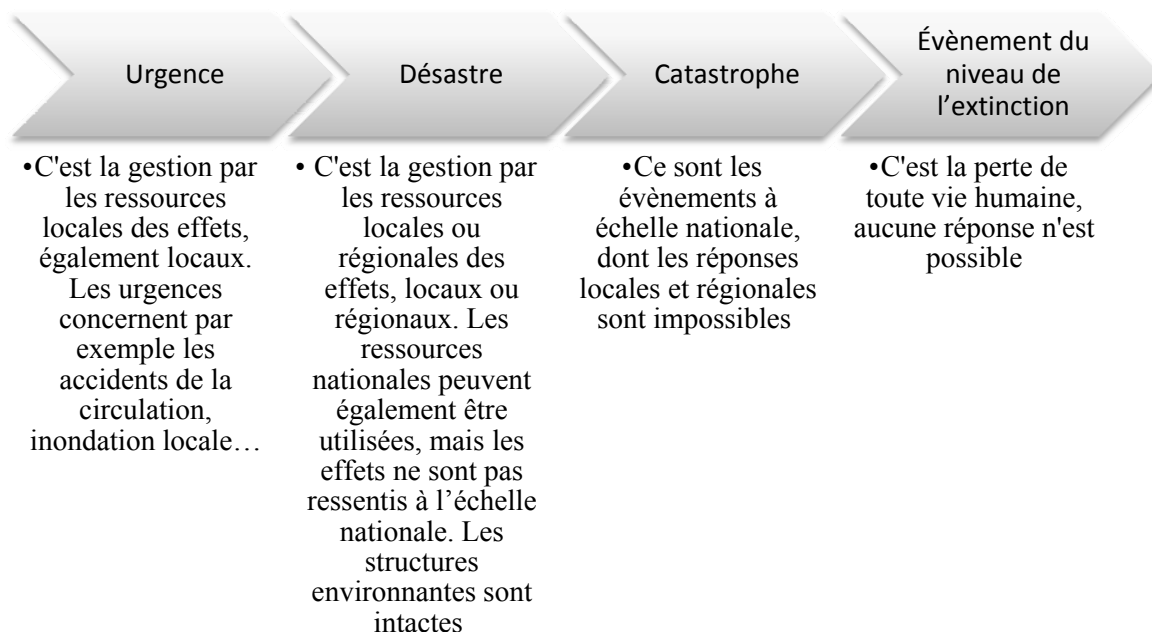


Figure 1.4 Continuum de la sévérité des situations d'urgence, adapté de Blanchard (2008)

Ce mémoire se situe au niveau de l'exploitation et de la maintenance des installations des services publics par le personnel de la Ville. Ainsi, les situations d'urgence « majeure » que sont les catastrophes naturelles ou le terrorisme, et qui font intervenir l'ensemble des acteurs tel que la police, les pompiers et la sécurité civile sortent de notre cadre d'étude. Pour les fins de ce mémoire, nous définissons le terme « situation d'urgence » comme étant les situations de perturbations mineures, dont la gestion est effectuée à l'échelle du service public de la Ville. Les situations d'urgence étant maintenant bien définies, l'étude de leur gestion dans les services publics est la prochaine étape de ce mémoire.

1.2 Gestion des risques

Dans une organisation, les décisions sont définies en trois niveaux : stratégique, tactique et opérationnel. Les risques peuvent ainsi se faire ressentir dans chacun de ces niveaux. Ainsi, MacGillivray (2006) présente ces trois niveaux de gestion des risques dans le domaine des services publics d'eau potable (voir Figure 1.5).



Figure 1.5 Hiérarchie des risques, adapté de MacGillivray et al. (2006)

Malgré le caractère inévitable des risques, il faut faire en sorte qu'ils n'aient pas d'impacts sur le fonctionnement de l'organisation. C'est le but de la gestion des risques.

1.2.1 Gestion des risques et gestion des situations d'urgence

Selon Waters (2007), la gestion des risques est une procédure permettant, à travers une organisation, de systématiquement identifier, d'analyser les risques et d'y répondre. Or la gestion des situations d'urgence est une partie intégrante de la gestion des risques.

En effet, la gestion complète des situations d'urgence peut se définir comme un cycle où chaque étape est indispensable. Les quatre étapes du cycle de la gestion complète des situations d'urgence sont présentées Figure 1.6 et comprennent (Auld et al., 2006; Politique fédérale en matière de gestion des urgences," 2010) :

- *prévention ou atténuation*, qui correspond à la mise en place de mesures afin de réduire les effets d'une situation d'urgence;

- *préparation*, qui correspond à la prise de mesures avant une situation d'urgence pour permettre l'efficacité de l'intervention;
- *intervention*, qui correspond aux actions entreprises pour répondre à une situation d'urgence, dans le but de limiter les dommages;
- *rétablissement*, qui correspond, suite à une situation d'urgence, à l'étape au cours de laquelle les activités entreprises ont pour but le retour à la normalité des opérations.

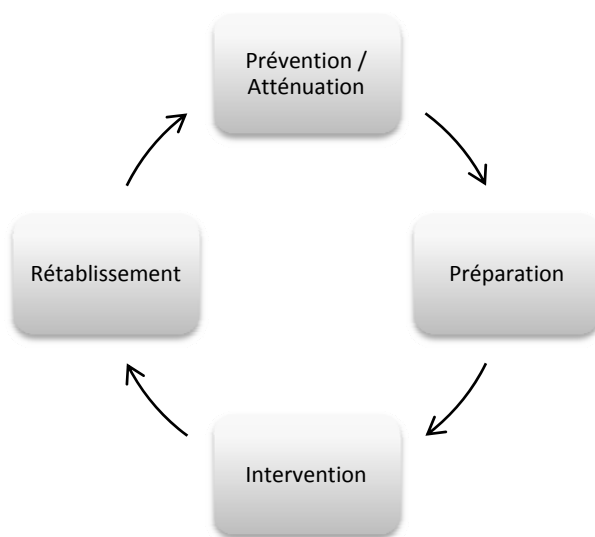


Figure 1.6 Cycle de vie de la gestion des situations d'urgence, adapté de (Cova, 2005; Gooden et al., 2009)

Grigg (2000) intègre cette définition dans son modèle de gestion des risques (voir Figure 1.7). La gestion des risques comprend la gestion des situations d'urgence, l'étude de la vulnérabilité et l'identification des dangers. La rétroaction issue de la gestion des situations d'urgence permet l'augmentation de la résilience (cf. 1.3.2) par l'augmentation de l'expérience face aux situations rencontrées.

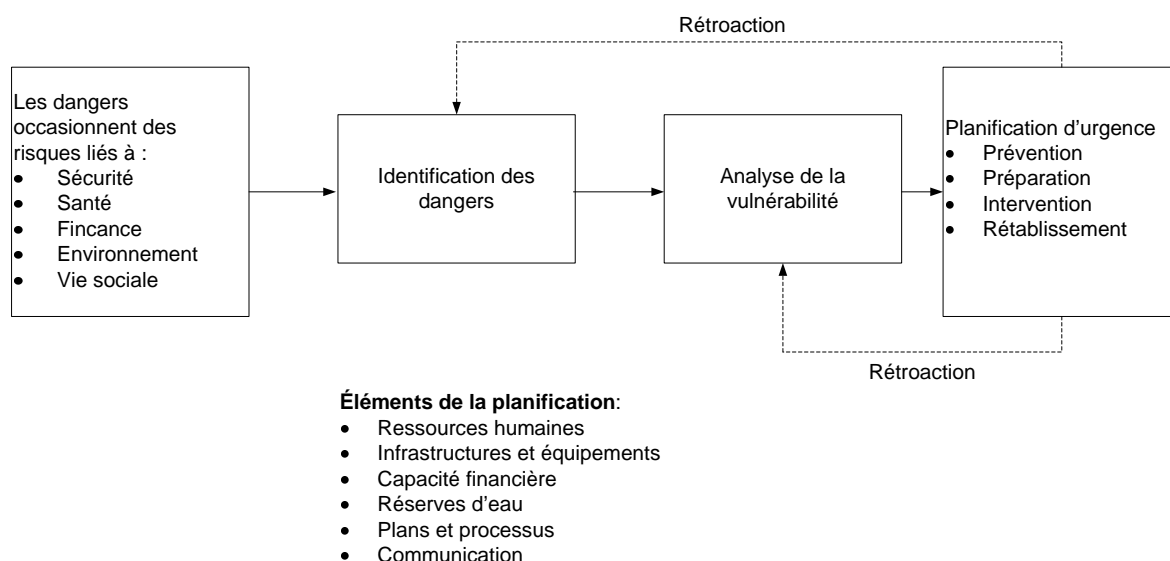


Figure 1.7 Éléments de gestion des risques, adapté de Grigg (2000)

L'identification des dangers et l'analyse de la vulnérabilité présentées par Grigg sont à la base de la gestion des risques. Les perturbations étant de nature imprévisible, il faut pouvoir jouer sur la vulnérabilité du système. Aussi Sheffi (2005) soutient qu'un moyen de réduire la vulnérabilité d'une entreprise face aux perturbations et d'avoir une gestion des risques efficaces est d'augmenter à la fois la sécurité, par la réduction de la probabilité d'apparition d'une perturbation à l'aide de la gestion des risques et la résilience (présentée en 1.3.2).

Wybo (2004) donne encore plus d'importance au retour d'expérience dans la gestion des risques et l'intègre dans un cycle qui lui est propre et qui permet ainsi l'amélioration continue de cette gestion des risques. Ce cycle, présenté à la Figure 1.8 est basé sur quatre étapes : l'anticipation, la vigilance, la gestion des urgences et le retour d'expérience. Ces étapes se définissent de la façon suivante :

- *l'anticipation* est l'étape initiale et permet d'identifier les risques et de mettre en place des scénarios pour les événements appréhendés;
- *la vigilance* est l'étape au cours de laquelle les acteurs doivent être capables de reconnaître les indices et éléments qui peuvent engendrer un des événements appréhendés lors de la phase précédente;
- *la gestion des urgences* est l'étape d'intervention de l'entreprise à l'aide de ses ressources face à l'évènement;
- *le retour d'expérience* est la documentation de la gestion de l'évènement passé afin d'apprendre de la gestion effective des événements et de la mettre à l'épreuve pour la phase d'anticipation.

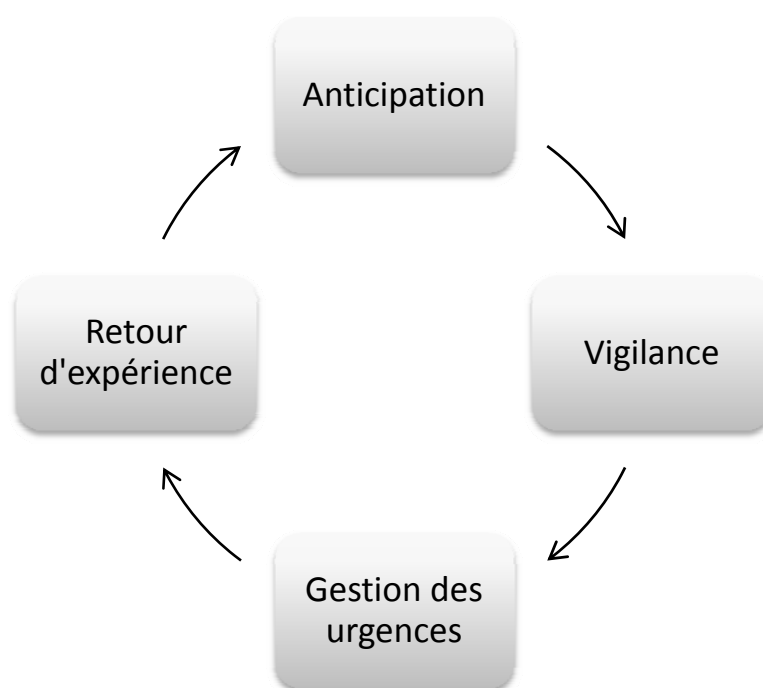


Figure 1.8 Retour d'expérience dans le cycle de vie de la gestion des risques, adapté de Wybo (2004)

Le retour d'expérience est discuté de façon plus détaillée dans les modes de gestion et d'aide à la décision (1.4.2).

1.2.2 Gestion des risques dans le secteur public

Les services publics se doivent de satisfaire un besoin d'intérêt général. Ils doivent maintenir un niveau de fonctionnement optimal afin d'assurer la continuité de leurs activités, dans le but de satisfaire la demande des citoyens. Cette continuité est d'autant plus importante qu'elle touche directement au public et à la vie de tous les jours des habitants environnants. De plus, contrairement au secteur privé, financé par des investisseurs soucieux des résultats financiers de l'entreprise, le secteur public est financé par les citoyens qui s'attendent à ce que leur argent soit utilisé au mieux dans la qualité des prestations de service de la communauté (Benz & Stenchi, 2001). Aussi, Thong et al. (2000) rajoutent que les citoyens sont mieux éduqués face au marché dynamique et volatil dans lequel se trouve le privé, et qu'ils attendent beaucoup des organisations publiques qui ont du mal à satisfaire leurs demandes. Ainsi, une priorité pour les services publics est de satisfaire l'intérêt public.

La plupart des environnements opérationnels dans les services publics font face à des perturbations menant à modifier le déroulement normal des opérations. C'est-à-dire que le secteur public, autant que le privé, est vulnérable face aux aléas. Cependant, la recherche dans les secteurs publics est plus axée sur la comptabilité publique que sur les risques opérationnels traités dans ce mémoire.

L'aspect public de ces services donne aux citoyens un moyen de pression sur la municipalité qui n'existe pas dans le secteur privé. À cela s'ajoute les différentes réglementations auxquelles doivent répondre les municipalités. Ainsi, un fossé se creuse entre les attentes d'un public plus exigeant et le service public qui n'arrive plus à fournir un service à la hauteur de la demande. Cependant, les services publics ont quelquefois recours aux partenariats publics/privés (PPP) afin d'être plus efficaces, plus efficients, pour réduire les coûts et déléguer la gestion des risques en même temps que la performance des installations. (Chong et al., 2006)

Alors que la présentation du PPP semble la solution idéale pour les communautés, Hamel et al. (2007) montrent que ces partenariats ne sont pas forcément adaptés, plus efficaces ou plus avantageux pour tous les services publics et qu'ils réduisent leur transparence.

Cependant, les buts de ces partenariats sont multiples : la concentration des services publics sur leur fonction essentielle, l'augmentation de la qualité du service, la minimisation des investissements, le transfert des risques et la réduction des pressions administratives, dont la

conformité à la réglementation. Ainsi, les prestations des partenaires privés peuvent prendre différentes formes : elles peuvent concerner les technologies d'information autant que la maintenance, la distribution, la fabrication et le service à la clientèle (MacGillivray et al., 2006; Parmelee, 2002)

Dans la volonté d'optimiser le service aux utilisateurs d'un point de vue économique et opérationnel, les services publics peuvent avoir recours à des PPP : c'est un engagement commun afin de réaliser un objectif d'intérêt public (BEI, 2004). Ceci est appuyé par le fait que « le défi pour les PPP en matière de flexibilité est de laisser une marge de manœuvre opérationnelle tout en conservant une marge de manœuvre politique et démocratique » (Audette-Chapdelaine, 2009). La base de ce PPP est le fait de déléguer un projet ou un service initialement assuré par le secteur public à une entreprise privée. Ainsi en mobilisant les fonds, les technologies, les compétences managériales et l'efficacité opérationnelle du secteur privé, et en facilitant l'innovation à travers le transfert des responsabilités et des risques du public vers le privé, le service offert aux utilisateurs s'en voit nettement amélioré (Jin & Doloi, 2008). Cependant, malgré l'objectif défendu par de nombreux protagonistes, qui est le transfert des risques et responsabilités vers le secteur privé, il faut bel et bien évaluer les acteurs du partenariat sur leur capacité à les gérer et à ne pas faire d'arrangements hâtifs qui pourraient voir la création de nouveaux risques et l'augmentation des coûts associés, menant le PPP à un certain échec (Quiggin, 2006).

En effet, selon Wang et Dai (2009), c'est à celui qui est le plus apte à les prendre en charge que reviennent ces risques et responsabilités. Cependant, il y a un écart entre la théorie et la pratique, et les industriels utilisent parfois leurs compétences managériales pour profiter du secteur public. Cela signifie qu'il n'y a pas un modèle optimal et/ou unique de PPP et que, de ce fait, il y a un besoin d'analyser les allocations de ces risques au secteur public ou au privé. Dans cette optique, Wang et Dai proposent un mécanisme formel permettant la distribution des risques et responsabilités aux secteurs publics et privés, leur permettant un compromis raisonnable et efficace. Ce mécanisme est présenté à la Figure 1.9.

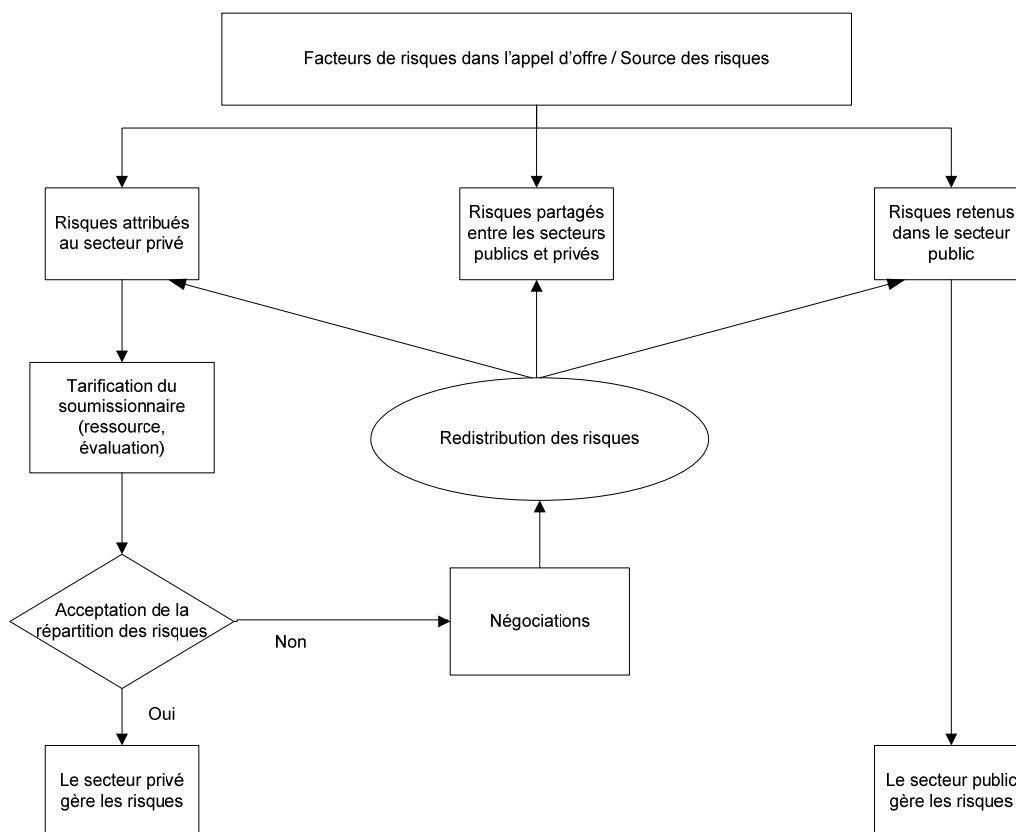


Figure 1.9 Attribution des risques dans les négociations des PPP, adapté de Wang et Dai (2009)

Au niveau du service public, la gestion des risques et leur analyse deviennent de plus en plus importantes. En effet, cette analyse des risques auparavant occasionnelle évolue pour tendre vers une méthodologie pratique permettant une commande des processus plus facile, l'optimisation, et la prise de décision de l'entreprise dans le but d'obtenir un rapport coût/efficacité optimal. Malgré l'augmentation de la popularité de la gestion des risques dans les services publics, il existe encore des obstacles qui empêchent son implantation, de l'intégration à la culture organisationnelle et aux processus de prise de décision, ou encore, sur le plan technique, à la sélection et l'utilisation d'outils d'analyse des risques (MacGillivray et al., 2006).

Alors que la gestion des risques se préoccupe principalement des aspects atténuation et préparation du cycle de vie, cette étude couvre principalement les réactions face aux situations d'urgence.

1.3 Réponse au changement

Au niveau opérationnel, des mesures d'atténuation à court terme sont nécessaires pour faire face à la variabilité des événements de faible impact, comme ceux de fort impact (Kibli et al., 2010). Kibli et al. définissent ainsi la réactivité comme le moyen de se protéger contre les aléas et les risques. La réactivité d'une entité, face à un événement extérieur ou interne imprévu peut également se définir à l'aide de plusieurs concepts qui sont parfois interdépendants. Ainsi, il existe dans la littérature une multitude de concepts reliés à cette réactivité. L'agilité, la résilience et la robustesse sont étudiées.

1.3.1 Agilité

Selon Waters (2007), l'agilité d'une entreprise permet à la chaîne logistique de réagir face à n'importe quelle sorte de situation imprévue pour favoriser la satisfaction du client. Dans la même optique, Lee (2004) définit l'agilité comme la réaction rapide de la chaîne logistique lors de changements rapides ou inattendus de l'offre et la demande, ou encore la gestion en souplesse de perturbations extérieures imprévues. Dans un contexte de marché devenant de plus en plus turbulent et volatil, l'agilité permet à l'organisation ou la chaîne logistique d'être flexible et rapide pour faire face à ces événements incertains (Collin & Lorenzin, 2006). Le concept d'agilité recoupe la flexibilité et la réactivité, qui permettent aux entreprises de s'adapter continuellement à l'environnement économique, ce qui leur permet d'avoir un système de planification plus réactif.

Selon Christopher et Peck (2004a), la collaboration avec les clients et les fournisseurs est une clé de l'agilité et est un facteur de succès pour l'entreprise. En effet, c'est en créant des relations étroites et à long terme avec ces clients et fournisseurs que les entreprises sont compétitives, par exemple en développant les outils technologiques qui permettent entre entreprises de répondre rapidement à une variation de la demande (Tolone, 2000).

Toutes les définitions trouvées n'ont pas la même portée et dépendent des aspects recherchés dans l'étude ou du contexte. Il est difficile de donner une définition précise de l'agilité. Cependant, une définition militaire, générale et intemporelle de l'agilité s'adapte facilement au contexte industriel (Saenz de Ugarte, 2009). Ainsi, l'agilité est l'association de six attributs clés (Alberts & Hayes, 2003) :

1. *la robustesse*, capacité de maintenir son efficacité à travers les différentes tâches, situations et conditions;
2. *la résilience*, capacité de se remettre ou de s'ajuster aux dommages ou à une perturbation déstabilisante dans l'environnement;
3. *la réactivité*, c'est la capacité de réagir à un changement dans l'environnement en un temps opportun;
4. *la flexibilité*, capacité d'utiliser différents moyens d'arriver à son but et l'aptitude à basculer entre eux aisément;
5. *l'innovation*, capacité de réaliser de nouvelles choses et l'aptitude de faire des anciennes choses d'une nouvelle manière;
6. *l'adaptation*, capacité de changer les processus de travail et l'aptitude à changer l'organisation.

1.3.2 Résilience

Dans un contexte de perturbation, la réactivité permet de gérer plus ou moins rapidement la situation avant le retour à la situation normale. Ainsi, pour un système, la capacité à revenir à l'état original après une perturbation, ou à en trouver un plus désirable est appelée résilience (Christopher & Peck, 2004a).

Sheffi et Rice (2005) définissent la résilience en tant que capacité à rebondir après une perturbation. Ils établissent un profil de perturbation avec réponse de l'entreprise en huit étapes comme le montre la Figure 1.10 :

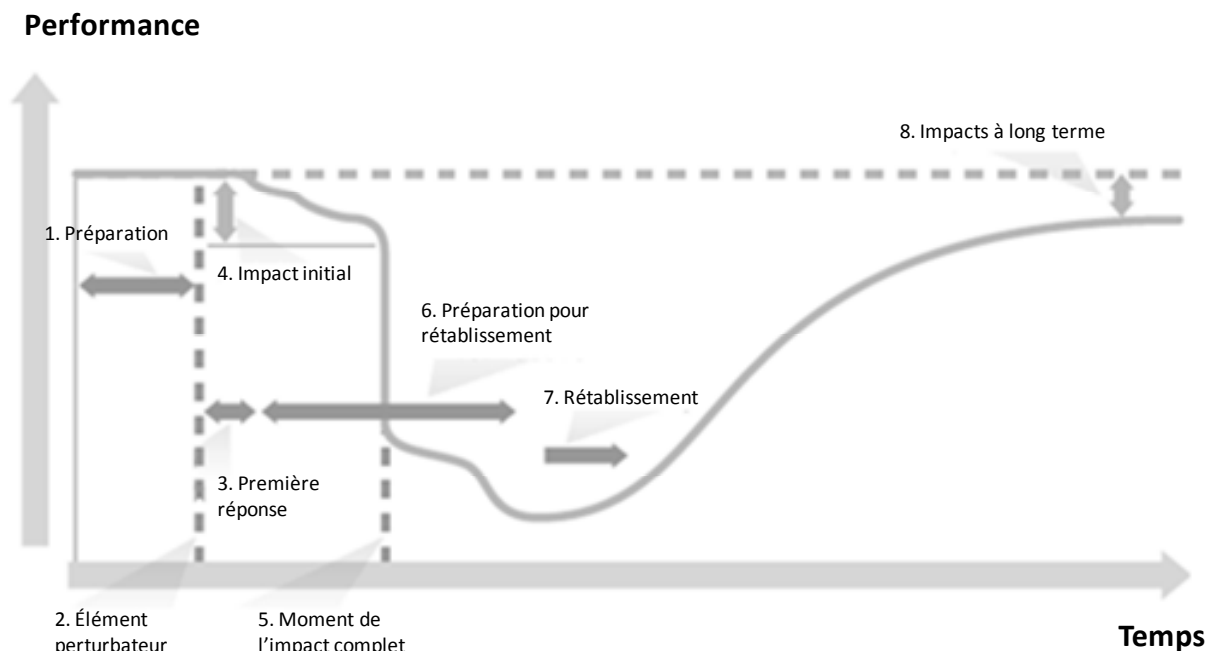


Figure 1.10 Les huit étapes de la résilience, adapté de Sheffi et Rice (2005)

La résilience est généralement définie pour les catastrophes ou perturbations à grande échelle. C'est en définissant un système et un niveau de précision approprié que l'adaptation aux entreprises est possible. Les auteurs s'accordent pour dire que pour traiter efficacement les perturbations imprévues, les entreprises ont besoin d'une stratégie de résilience (Christopher & Peck, 2004b; Rice & Caniato, 2003; Sheffi, 2005)

Comme le montre la Figure 1.11, Christopher (2005) soutient que l'amélioration de la résilience de la chaîne logistique passe par la réalisation des aspects suivants : l'agilité, la collaboration et la réingénierie de la chaîne logistique, ainsi que la culture de gestion des risques.

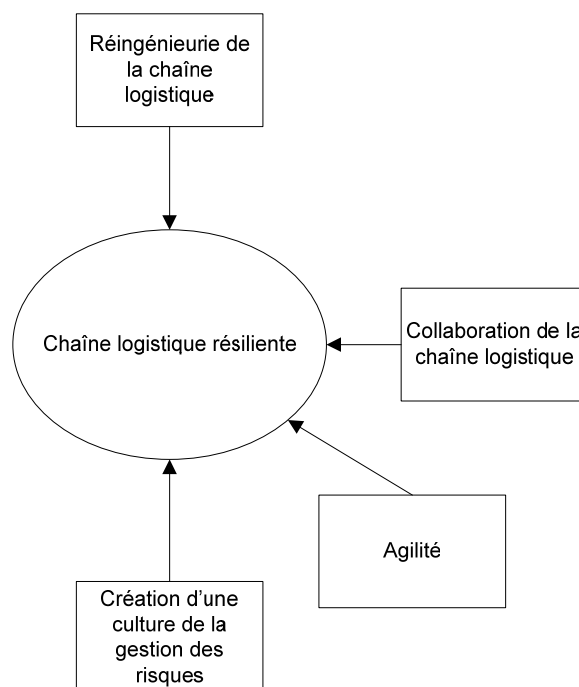


Figure 1.11 Création de la résilience, adapté de Christopher (2005)

Madni et Jackson (2009) définissent l'ingénierie de la résilience comme une méthode de conception de système capable d'éviter les accidents grâce à l'anticipation, de survivre aux perturbations grâce au rétablissement, et enfin de grandir grâce à l'adaptation. D'après les expériences en matière de perturbation/rétablissement et les leçons qui en ont été tirées, Madni et Jackson (2009) présentent en particulier des principes et des heuristiques dans le but de concevoir des systèmes résilients.

1.3.3 Robustesse

La robustesse d'une organisation porte sur sa capacité à amortir les impacts des défaillances rencontrées sur la performance du système. Ces défaillances peuvent être de l'ordre des pannes, des événements incertains, ou autres facteurs internes ou externes à l'entreprise. La robustesse dépend d'un certain contexte et elle est, dans la littérature, définie de plusieurs manières (Bundschuh et al., 2003). Kibli et al. (2010) insistent sur la différence entre trois types de robustesse : la robustesse des modèles, la robustesse des algorithmes et la robustesse des solutions ou décisions (Kibli et al., 2010). Dans ce mémoire, la robustesse des décisions est prise en compte. Une définition générale de la robustesse des décisions dans le contexte de la chaîne logistique est la suivante : c'est la capacité d'un système à continuer de fonctionner et de

performer relativement bien sous une grande variété de situations (Bundschuh et al., 2003; Mo & Harrison, 2005; Sheffi, 2005), menant à la minimisation des résultats indésirables (Vieira & Lemos, 2009). De Neufville (2004) définit la conception robuste comme un ensemble de méthodes de conception pour améliorer la cohérence des fonctions d'un système à travers une grande variété de conditions. Lempert et al., (2006) et Groves et Lempert (2007), pour lesquels la robustesse est un critère clé de l'évaluation des décisions alternatives sous des conditions d'incertitude totale, ont axé leur travail sur l'implémentation de stratégies robustes pour effectuer des prises de décision robustes : les approches par identification de scénarios. Ces stratégies robustes sont des stratégies qui sont relativement performantes, comparées aux autres solutions à travers l'éventail de situations futures. Bryant et Lempert (2010) reviennent sur les bases de la découverte scénario et proposent une méthode participative, assistée par ordinateur comme le montre la Figure 1.12 :

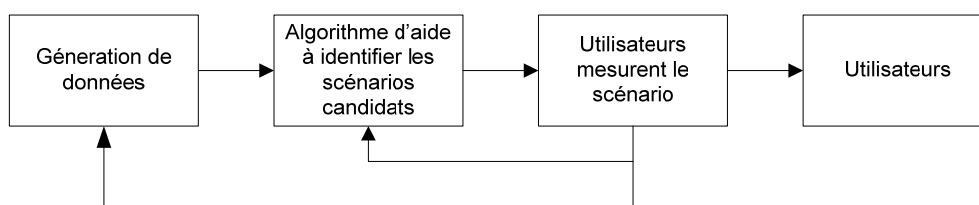


Figure 1.12 Méthode participative par scénario, adapté Bryant et Lempert (2010)

Viera et al. (2009) proposent une méthodologie (voir Figure 1.13) pour permettre de comparer les robustesses des scénarios et ainsi, de concevoir une chaîne logistique la plus robuste possible :

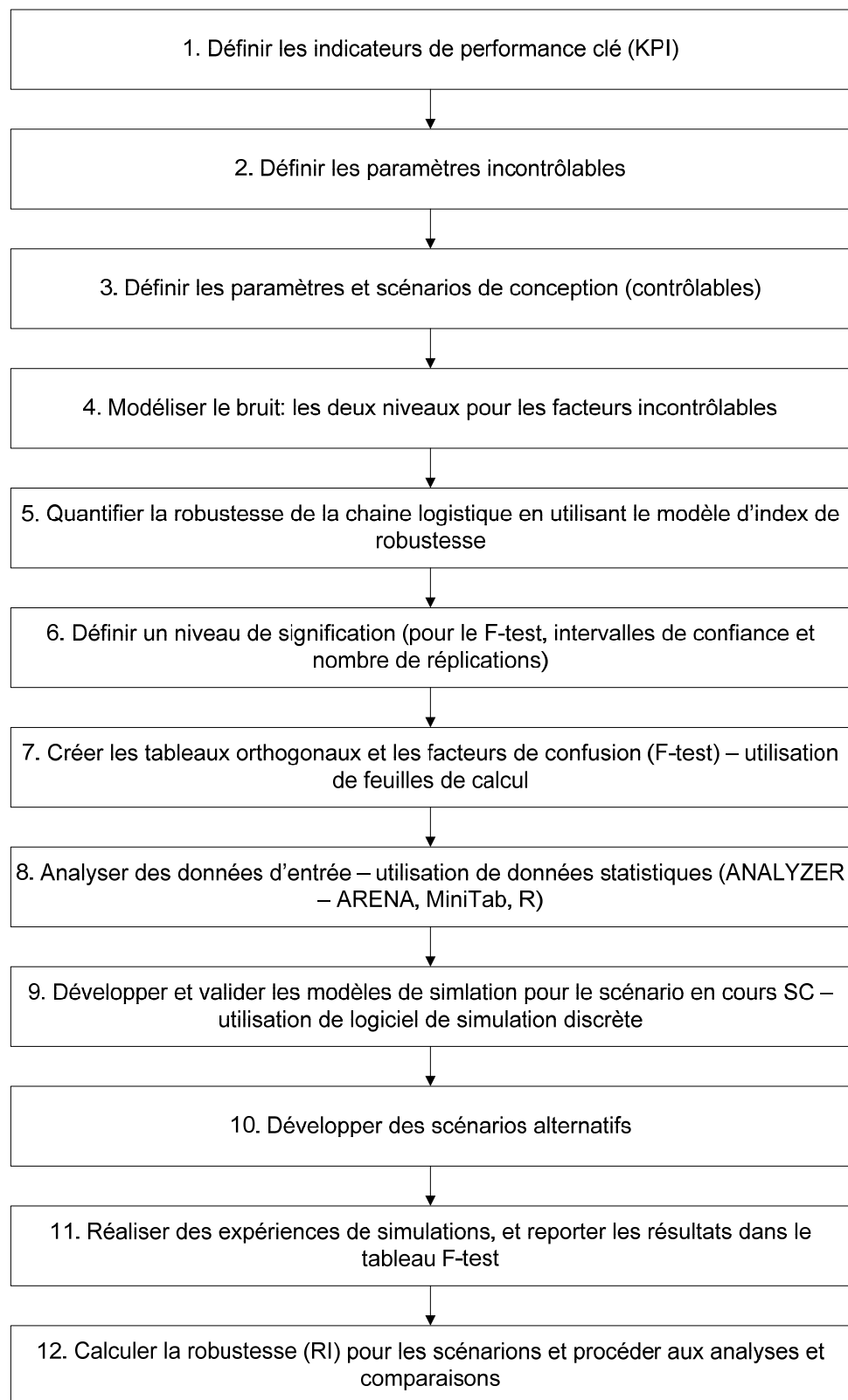


Figure 1.13 Méthode d'évaluation de la robustesse, adapté de Vieira et al. (2009)

Lors de l'apparition de situations d'urgence, les concepts étudiés ci-dessus sont des objectifs à atteindre pour les gestionnaires. Les approches de ces concepts sont primordiales pour l'optimisation des réponses de l'organisation en termes d'efficacité et d'efficience. Les définitions que nous retenons pour la suite de ce mémoire sont celles présentées dans le Tableau 1.2.

Concept	Définition retenue
Agilité	L'agilité est la capacité d'une organisation à réagir rapidement à une perturbation imprévue menant à une situation d'urgence
Résilience	La résilience est la capacité d'une organisation à revenir à l'état original après une perturbation, ou à en trouver un plus désirable
Robustesse	La robustesse est la capacité d'une organisation à maintenir son efficacité lors de perturbations, par la minimisation des résultats indésirables.

Tableau 1.2 Définitions des concepts d'agilité, de résilience et de robustesse

1.4 Modes de gestion et aide à la décision

Les situations d'urgence sont des situations indésirables pour toute organisation, car elles posent le problème aux gestionnaires de prendre une décision très rapidement, sans pour autant avoir toutes les données nécessaires disponibles. Ainsi, différentes méthodes de gestion et d'aide à la décision sont présentées dans cette partie.

1.4.1 Méthodes d'aide à la décision

Ana et Bauwens (2007) présentent une revue des outils d'aide à la décision dans la gestion des actifs d'égouts. Trois types d'outils sont déterminés et leur application est expliquée à la

Figure 1.14 :

- les outils d'analyse de la performance;
- les outils d'analyse de performance et décision;

- les outils de gestion totale des actifs d'égouts.

Ces outils assurent que les systèmes de gestion d'actifs d'égouts en exploitation, maintenance et réhabilitation vont gagner de l'importance à cause du vieillissement du système existant, des changements des normes de régulation, des demandes de transparence vis-à-vis des prises de décision et de la volonté d'interface avec les clients et le climat. Cependant, tous les outils n'ont pas les mêmes fonctionnalités et capacités. Ce sont des outils souvent trop rigides et complexes qui ont besoin de quantités de données très difficiles à se procurer, moyennant un coût hors de prix, d'où le fait que seuls les plus grands services publics possèdent ces outils complexes (Stone et al., 2002). Un appel pour de futures recherches est lancé par Ana et Bauwens (2007) pour créer une version nécessitant seulement des données disponibles et facilement récupérables.

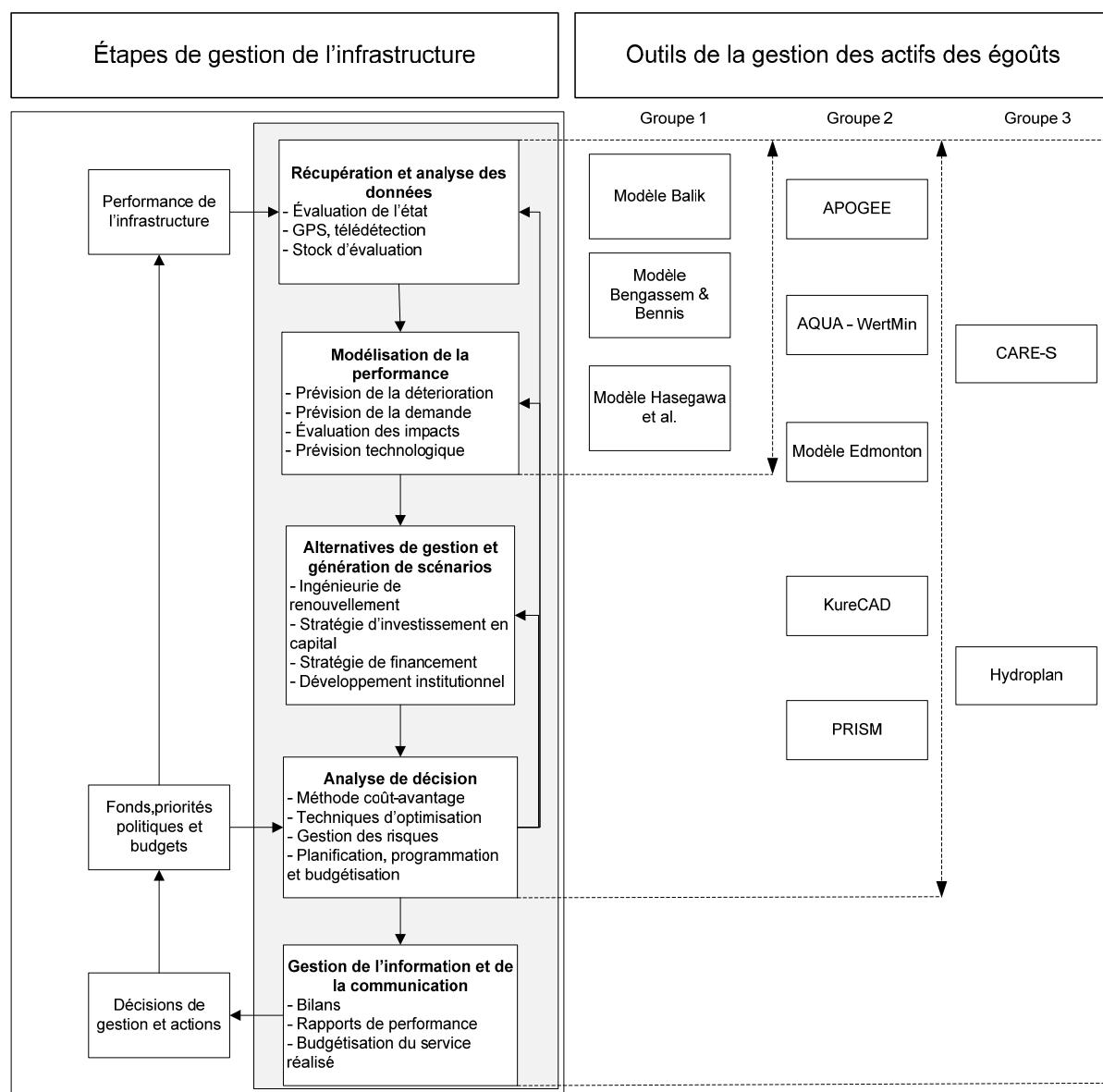


Figure 1.14 Système d'infrastructure générique de gestion d'actifs avec les outils de gestion d'actifs correspondants, adapté de Ana et Bauwens (2007)

Tandis que le modèle présenté par et Bauwens (2007) concerne la gestion des actifs en général, Bicik et al. (2008) proposent une méthodologie d'aide à la décision basée sur les risques, permettant de soutenir l'exploitation des systèmes de distribution d'eau dans des conditions de panne. Grâce à un large processus d'évaluation des risques, ils fournissent aux opérateurs la possibilité de visualiser et d'analyser les risques de façon explicite et en temps quasi réel, dans le but de les aider à prioriser de façon plus efficace les actions et interventions à entreprendre (Voir Figure 1.15).

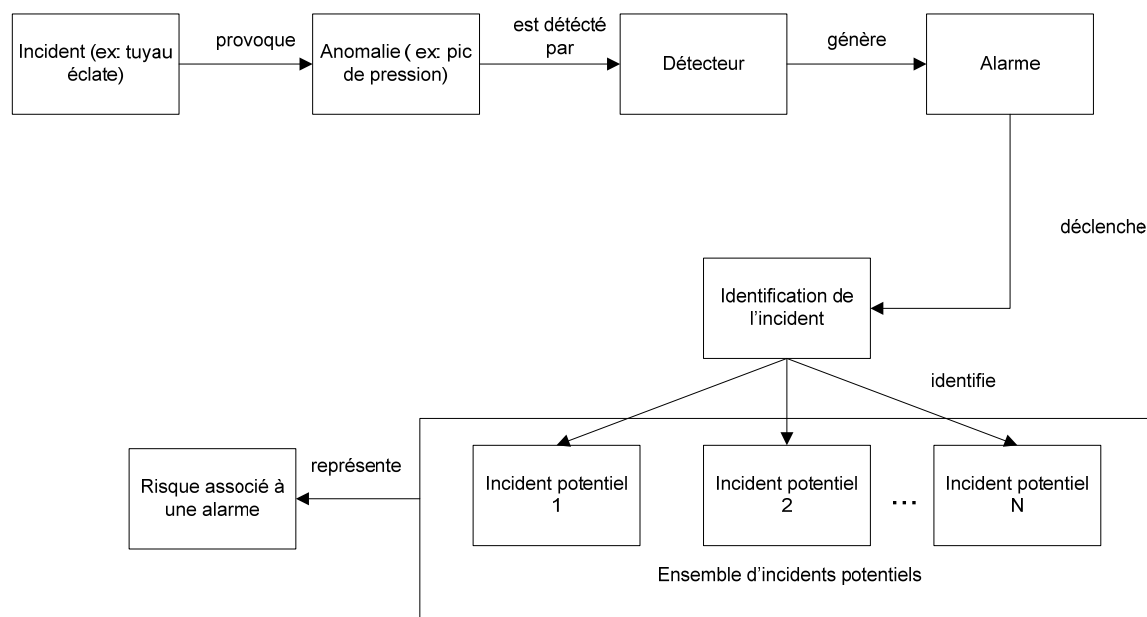


Figure 1.15 Estimation des risques imposés par une anomalie, adapté de Bicik et al. (2008)

1.4.2 Retour d'expérience

Le retour d'expérience est défini par l'Institut des Risques Majeurs français (IRMa) comme « un élément de progrès indispensable à toute organisation » qui doit être effectué systématiquement après un événement, et permettant le partage et l'apprentissage auprès des différents acteurs de l'entreprise. Par l'analyse de ces événements, le retour d'expérience permet ainsi de connaître et d'apprendre sur les situations déjà rencontrées, et de mieux cerner les causes et les mécanismes qui conduisent à des situations d'innovation ou de défaillance du système. C'est un outil d'apprentissage utilisé pour tirer des leçons du passé et comprendre, après apparition de l'évènement, la cause et la nature des écarts observés entre le cadre méthodologique et la gestion effective de ce même évènement (IRMa, 2010).

Moynihan (2008) appuie cette définition en assurant que le retour d'expérience est l'identification et l'intégration des pratiques et comportements dans le but de répondre aux situations d'urgence. C'est un moyen de mieux gérer l'incertitude, car elle demande une nouvelle compréhension des causes, conséquences et solutions de la gestion d'un événement non prévu, donnant au gestionnaire l'expérience et la confiance nécessaires à la gestion d'évènements imprévus. Cependant, alors que l'utilisation des modes opératoires issus de retour d'expérience

est très utile lors de l'apparition d'évènements similaires, ces modes peuvent s'avérer inappropriés si quelques-unes des conditions clés ne sont pas les mêmes, et causer une autre crise au lieu de la résoudre. Ainsi, le retour d'expérience participe à l'amélioration continue de l'entreprise et permet l'évolution post-événement des modes opératoires.

1.4.3 Planification de la continuité des opérations

La gestion de la continuité de la planification décrit les méthodes qui, pendant une situation d'urgence, permettent aux opérations essentielles de continuer (Waters, 2007). C'est un système permettant de minimiser les effets que peuvent causer les événements imprévus sur la capacité de satisfaction du client d'une entreprise (Zsidisin et al., 2005). Le but premier de cette gestion est, comme son nom l'indique, de planifier les opérations nécessaires au maintien de l'activité minimale et au retour à la normale d'une entreprise, et ce, tout en étant réactif suite à une perturbation. Hiles (2007) la définit comme « Un système de gestion qui permet à une organisation d'améliorer sa sécurité et sa résilience et d'être sûre qu'elle peut répondre immédiatement et efficacement à un incident majeur ».

1.4.4 Re-planification

Face à la réalité d'un environnement volatile et incertain, les gestionnaires se doivent de gérer au mieux les planifications pour que les objectifs de l'entreprise soient atteints le plus efficacement possible.

La planification réactive proprement dite est le fait de réorganiser une planification déjà créée pour s'adapter aux conditions de réalisation du travail préalablement planifié, conditions qui sont les contraintes, les événements imprévus ou autres facteurs extérieurs. La planification réactive est beaucoup étudiée dans la littérature et est surtout axée sur les entreprises de biens plutôt que de services. Le concept qui sort le plus souvent est le ré-ordonnancement : il permet la modélisation des tâches avec leur date de début et fin, tout en leur affectant les ressources et contraintes associées, dans le but d'optimiser une planification existante, souvent en les utilisant en tant que bloc opérationnel. En effet, comme le remarquent Adhita et al. (2007), la « gestion des perturbations » en tant que concept a suscité l'attention dans des domaines différents, mais peu nombreux, tels que la planification des vols et du personnel de vol pour les compagnies aériennes, la planification de la production et la planification des centrales de dosage. Ainsi, la

contribution de Adhita et al. (2007) a été de réaliser une planification réactive des opérations de raffinage à l'aide d'une méthode heuristique, pour proposer une planification en peu de temps en prenant en compte, suite à la perturbation, la modification des données qui permettaient la planification initiale. La gestion des perturbations transforme la planification initiale en blocs d'opérations pour ensuite les modifier et donner une nouvelle planification réaliste à l'aide des données de la situation en cours.

Cependant, la recherche s'est focalisée sur les problèmes d'optimisation des planifications statiques, dans un but de minimisation des temps et coûts d'exécution (Aytug et al., 2005; Ouelhadj & Petrovic, 2009). Or, dans un environnement réel, la planification est susceptible d'être modifiée à cause de contraintes et d'événements imprévus en lieu et temps de la planification existante. Le processus doit être réactif plutôt que statique, où l'acquisition d'informations en temps réel oblige à réviser et reconsidérer les planifications préétablies (Ouelhadj & Petrovic, 2009). Ainsi, Ouelhadj & Petrovic, (2009) décrivent les différentes méthodes de planification dynamique et les modèles mathématiques permettant de réaliser cette re-planification robuste et dynamique. Parmi ces méthodes, il y a les règles de répartition, les heuristiques, les métaheuristiques, les techniques d'intelligence artificielle et les systèmes multi-agent, qui permettent la robustesse de la planification en application (Ouelhadj & Petrovic, 2009). En effet, les événements incertains sont des phénomènes complexes à gérer, car on ne connaît pas leurs caractéristiques telles que la durée de la perturbation, ou même leur importance et l'impact qu'ils auront sur la planification préétablie, faisant de l'incertitude un élément clé de la planification réactive, mais trop souvent oublié (Aytug et al., 2005).

La re-planification permet d'ordonnancer les tâches en tenant compte des perturbations dans le but de minimiser les temps et les coûts. Il faut savoir que ces méthodes existent, mais elles ne sont pas traitées dans ce mémoire. Hammer et Champy (1990) affirment que l'optimisation des tâches prises individuellement peut se traduire par des décisions peu optimales, car si une faille intervient sur la chaîne de tâches, elle peut affecter les activités en amont et en aval.

1.4.5 Gestion des processus métiers

Il existe un moyen plus axé sur la visibilité qui permet à une organisation d'être d'autant plus réactive : la gestion des processus métiers. Elle est une évolution des méthodes de

management telles que la Total Quality Management (TQM) et la refonte des processus (Hill et al., 2006). Alors que la TQM permet la réorganisation à long terme de l'entreprise à travers l'amélioration continue, la refonte des processus est le remaniement rapide et radical des processus d'entreprise, dans le but d'optimiser la productivité et l'enchaînement des processus (Manganelli & Klein, 1994), mais surtout d'améliorer rapidement et spectaculairement (Hammer, 1990) les capacités phares de l'entreprise, telles que les coûts, les services, la qualité et la rapidité (Lei & Bin, 2007).

Pour mieux comprendre ce concept, la définition d'un processus est nécessaire. La réingénierie des processus (BPR) a été créée au début des années 90, mais la définition des processus d'entreprise est, depuis, restée la même : c'est pour Davenport (1990), un des fondateurs du BPR, un ensemble de tâches en corrélation logique qui permettent d'atteindre l'objectif défini par l'entreprise.

Comme dit précédemment, la gestion des processus d'entreprise est l'évolution des deux modes de gestion que sont la TQM et le BPR qui, seuls, ne permettent pas une réorganisation efficace de l'entreprise : la TQM à cause de l'aspect progressif et à long terme (Paul Puah & Nelson Tang, 2000) face aux marchés volatils d'aujourd'hui, et le BPR à cause de son caractère radical, de forte ambition, qui néglige l'aspect d'amélioration continue (Khan, 2000) et peut ainsi fortement créer des risques pour l'entreprise face à ses propres attentes ou objectifs (Crowe et al., 2002; He et al., 2009). De par sa lourdeur, la réingénierie des processus ne peut pas être utilisée à chaque fois qu'une faille est découverte dans un processus. Les deux méthodes peuvent se compléter l'une et l'autre pour former une refonte plus incrémentale. C'est de cette étude entre TQM et BPR qu'est venue l'idée de la gestion des processus métiers (Business Process Management, BPM) qui permet d'accomplir des changements plus ou moins importants en minimisant les perturbations, et qui mène à une approche orientée vers des objectifs d'amélioration à court terme et des objectifs d'organisation à longs termes (Paul Puah & Nelson Tang, 2000). Van der Aalst (2003), important chercheur dans le domaine de la BPM, la définit comme « la mise en évidence des processus en utilisant des méthodes, techniques et logiciels pour concevoir, promulguer, contrôler et analyser les processus opérationnels impliquant hommes, organisations, applications, documents et autres sources d'information ».

Ko et al. (2009) présentent la BPM comme un moyen d'augmenter la rentabilité et de pérenniser les petites et grandes compagnies face à des facteurs issus de la globalisation tels que : l'augmentation de la fréquence des commandes de marchandise, le besoin d'un transfert d'information rapide, des prises de décisions rapides, le besoin de s'adapter aux changements de la demande, les concurrents internationaux de plus en plus nombreux, et les demandes de temps de cycle plus courts. Rudden (2007) voit dans la mise en place du BPM des objectifs plus précis que sont : l'efficacité, l'efficacéité et l'agilité, objectifs qui, selon les types de processus touchés, sont atteints dans des proportions et des cycles différents. Ces objectifs se caractérisent comme suit :

- l'amélioration de l'efficacité par la suppression des problèmes de gaspillage dans les processus, à savoir les travaux manuels inutiles ou la mauvaise collaboration entre les départements de l'entreprise;
- l'efficacité par la régulation des processus, la prise en charge des exceptions et la meilleure prise de décision;
- l'agilité avec le changement des procédés clés de l'entreprise qui permettent l'adaptation rapide au marché ou de prendre en compte les incertitudes.

Cependant, pour une entreprise, atteindre ces objectifs d'une manière efficace et efficiente est possible seulement si le personnel de l'entreprise et les autres ressources, telles que les systèmes d'information, collaborent, ce qui est facilité par le BPM (Weske, 2007). Ces systèmes d'information jouent un rôle primordial dans la gestion des processus métiers (Al-Mashari, 2006). Ils sont essentiels pour obtenir l'agilité recherchée. Ainsi, les Architectures Orientées Service (SOA) sont nécessaires pour une bonne interopérabilité entre les systèmes d'information et les différents changements à effectuer au sein de la BPM, à travers une suite logicielle (BPMS).

Pour pouvoir effectuer une refonte plus incrémentale des processus, comme discuté précédemment, la BPM possède son propre cycle de vie. Les modèles de ce cycle de vie dans la littérature sont nombreux (Ko et al., 2009; Netjes et al., 2006; van der Aalst et al., 2003). Cependant, beaucoup de processus métiers changent alors même qu'ils sont dans leur phase d'exécution, de par leur dynamisme (Rajabi & Lee, 2010), ce qui amène à définir le cycle de vie tel que présenté à la Figure 1.16.

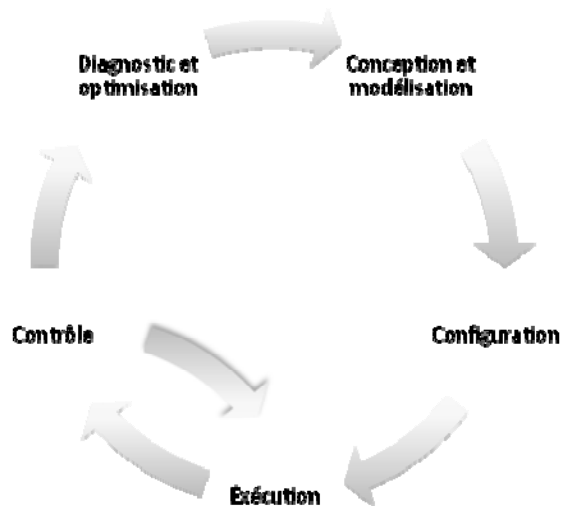


Figure 1.16 Cycle de vie du BPM, adapté de (Netjes et al., 2006; van der Aalst et al., 2003)

Ce cycle s'explique comme suit (Netjes et al., 2006) :

1. *Conception et modélisation*, analyse de l'entreprise, de ses objectifs et de son organisation, qui permet de recenser tous les processus existants. Si le processus existe déjà et est utilisé, cette phase permet de créer une alternative en corrigeant les faiblesses qui causent sa refonte;
2. *Configuration*, mise en œuvre du modèle ou système (informatiquement) correspondant à la réalité des processus l'entreprise;
3. *Exécution*, intégration du modèle au moteur de la gestion par processus, indépendamment du système d'information de l'entreprise;
4. *Contrôle*, étape permettant la supervision des performances processus, à travers des tableaux de bord;
5. *Diagnostic*, c'est l'analyse de l'état des processus, leur pilotage et optimisation, en utilisant des tableaux de bord indiquant les performances des processus dans un but de proposer des actions qui pourraient les améliorer.

La relation dynamique entre l'exécution et le contrôle permet la mise en application au niveau du système informatique : c'est la phase opérationnelle pendant laquelle on met en œuvre le modèle BPM.

La gestion des processus métiers englobe la gestion des flux d'information (Workflow management, WfM) qui est « la capacité à soutenir un processus opérationnel basé sur le modèle d'un processus explicite » (Netjes et al., 2006). Van der Aalst (2003) présente la différence entre ces deux modèles à partir du cycle de vie de la BPM, car le WfM ne présente pas la phase de diagnostic, comme le montre la Figure 1.17. Le WfM est un modèle de base du BPM, qui permet aux gestionnaires d'imposer un standard facilement modélisable, efficace et qui offre une traçabilité à chaque étape du processus. En effet, cette préparation est très importante pour le succès des réponses aux événements, et ce mode de fonctionnement permet d'être très efficace pour des activités qui doivent à la fois être conduites et surveillées (Rose et al., 2008).

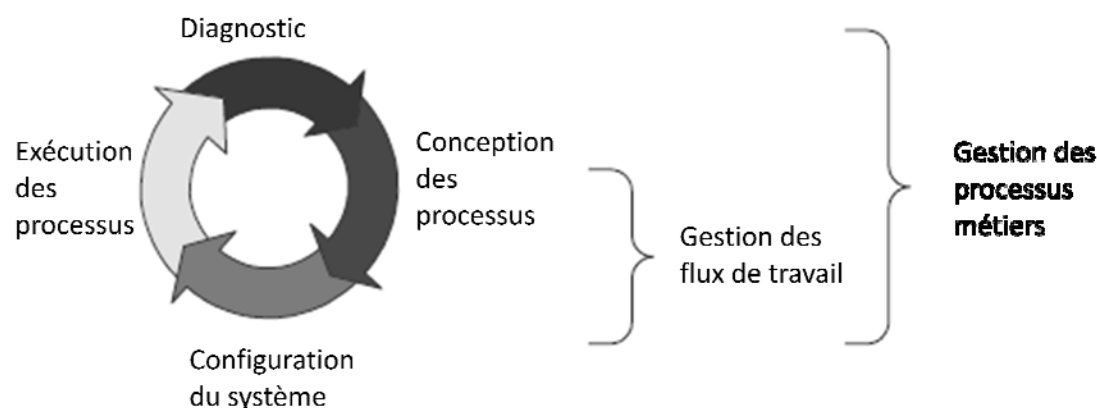


Figure 1.17 Comparaison des cycles de BPM et de WfM, adapté de Van der Aalst (2003)

Le cycle de vie des processus permet à la fois d'obtenir agilité et robustesse : ainsi par itération dans ce cycle de vie, les processus sont de plus en plus agiles, car ils se reconfigurent par l'expérience. De plus, cette agilité est obtenue à l'aide des outils de gestion visuels, tel que le WfM, qui permettent de minimiser les temps de réponse et de prise de décision, et alors d'appliquer directement les solutions adéquates. De plus, le retour d'expérience vu précédemment participe activement à l'amélioration des processus. En effet, en accumulant et en

documentant l'expérience, cela permet d'intégrer les modifications à apporter ou les nouveaux processus aux processus déjà en place et d'obtenir alors une organisation réactive et robuste.

Dans ce cycle de vie du BPM, l'étape la plus importante est la modélisation des processus (Rajabi & Lee, 2009; van der Aalst et al., 2003). Elle permet de fournir les spécifications très précises des processus sans avoir à les mettre en œuvre (Lu & Sadiq, 2007). Elle doit fournir une modélisation de qualité et joue un rôle déterminant sur la suite des étapes du cycle de vie.

Lu et Sadiq,(2007) et Rajabi et Lee (2009) recensent deux types de formalismes prédominants pour la modélisation des processus : celui basé sur les règles et celui basé sur les graphiques, et Lu et Sadiq,(2007) présentent les langages utilisés pour chacun de ces formalismes. Ces formalismes sont présentés à la Figure 1.18 :

Pour les règles	Pour les graphiques
<ul style="list-style-type: none"> • Event Driven Process Chain (EPC), • ConDec, • PLMflow, • ADEPT system • Intégration récente de l'aspect flou 	<ul style="list-style-type: none"> • UML 2.0 Activity Diagram (AD), • BPDM, • Business Process Modeling Notation (BPMN), • OO Methodology, • Unified Modeling Language (UML), • Petri Nets (PN)

Figure 1.18 Type de formalisme pour la modélisation des processus, adapté de Lu et Sadiq(2007) et de Rajabi et Lee (2009)

Malgré son aspect visuel, le langage EPC se situe dans la catégorie des règles, car ses éléments de base sont, selon Rajabi et Peck (2009), des fonctions de modélisation des activités d'un processus, et les événements sont créés par des fonctions de traitements ou par des acteurs en dehors du modèle.

Lu et Sadiq (2007) comparent ces deux formalismes et leurs langages à l'aide de cinq indicateurs que sont : l'intuitivité, la flexibilité, l'adaptabilité, le dynamisme et la complexité. De par son aspect visuel, la méthode des graphiques possède la caractéristique d'être intuitive et explicite, et est compréhensible et utilisable par un public large, même sans connaissances

techniques (Gotz et al., 2009; Rajabi & Lee, 2009), tandis que la seconde méthode, basée sur les règles, requiert une compréhension non négligeable des propositions de logique et des syntaxes des expressions logiques, ce qui mène les entreprises à préférer la méthode graphique et à la définir comme standard des processus (Rajabi & Lee, 2009).

Ko et al. (2009) estiment qu'il n'est pas facile de regrouper ces modèles, car ils concernent des phases du cycle de vie différent. Ainsi, ils définissent quatre groupes clairs et indépendants, ainsi qu'un diagramme de flux menant à la distinction des modèles en question. Les quatre groupes sont :

- les normes graphiques;
- les normes d'exécution;
- les normes d'échange;
- les normes de diagnostic.

Pour chaque groupe, Ko et al. (2009) définissent les modèles associés, leurs capacités, forces et faiblesses et les comparent entre eux.

Le BPM est une approche centrée processus qui utilise les méthodes de processus associées aux technologies de l'information, dont l'objectif est l'amélioration des performances et de l'efficacité des opérations. C'est en effet grâce à cette utilisation des processus que les activités d'exploitation sont effectuées au mieux pour atteindre les objectifs fixés par l'entreprise.

Au niveau de l'implémentation de la BPM, différentes approches existent : les suites logicielles permettant la mise en place de la BPM appelés BPMS (Business Process Management System). Rohloff (2009) présente l'évaluation de la maturité des activités liées à la BPM comme essentielle à sa mise en œuvre. Il présente également un modèle d'implémentation efficace du BPM en entreprise (voir Figure 1.19).

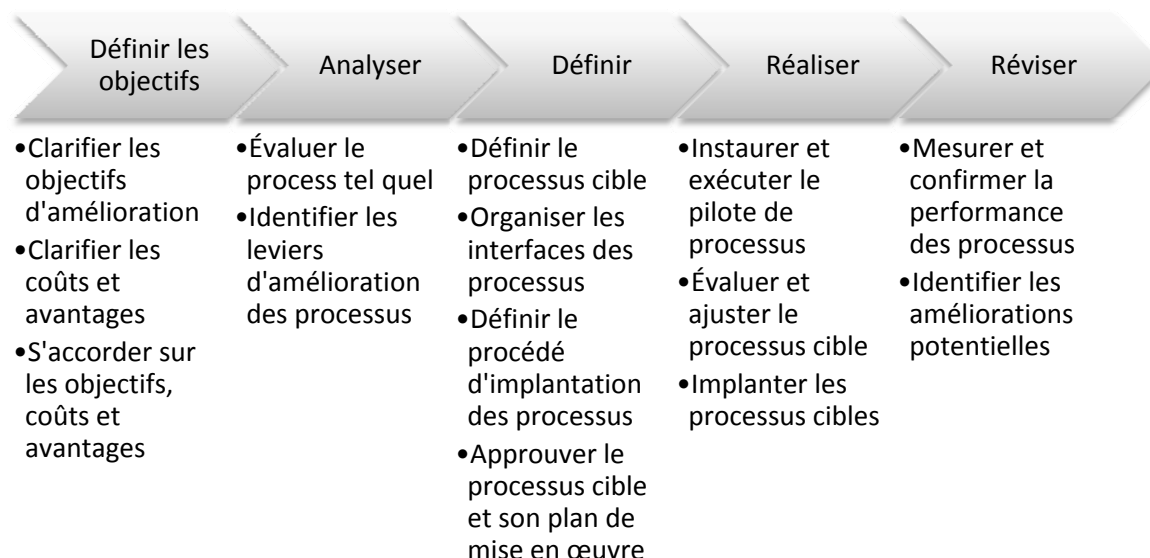


Figure 1.19 Modèle d'implantation du BPM, adapté de Rohloff (2009)

L'objectif de la gestion des processus métiers est l'amélioration continue par l'utilisation de processus standard. Or, cette gestion des processus nécessite l'évaluation des processus proposés afin de les mettre en application, ainsi que de leur contrôle pendant l'exécution pour les mesurer et alors proposer des alternatives plus efficaces. Ainsi, il existe des outils permettant leur évaluation.

Dans cette optique, le « Business Activity Monitoring » (BAM) est un outil qui a été créé par le groupe Gartner dans le but de fournir un accès en temps réel aux indicateurs de performance critiques des entreprises pour améliorer la rapidité et l'efficacité opérationnelle de l'entreprise (McCoy, 2002). Cet outil permet, à travers les données enregistrées par le système d'information, de diagnostiquer les processus opérationnels (van der Aalst et al., 2003). Plus précisément, le BAM offre une visibilité en temps réel dans l'exécution des processus (Costello & Molloy).

Han et al. (2010) proposent un système de conception de BAM, intégré au modèle de mesure de performance basé sur les processus (PPMM). Les phases de conception de ce système sont les suivantes : (i) définir les objets de surveillance basés sur le PPMM, (ii) concevoir les tableaux de bord conceptuels, (iii) définir les événements à surveiller, (iv) définir les flux de données, (v) définir les règles de présentation.

Grâce au BPMS, les entreprises peuvent enregistrer les données concernant leurs processus et recueillir une quantité de données très importante. Ainsi est venue l'idée de développer et d'adapter les pratiques de fouille de données pour créer la fouille des processus (process mining) d'entreprise. Cette méthode permet, avec les enregistrements des données, de reconstituer les processus en vigueur, et ainsi, pendant la phase de diagnostic et de contrôle, de veiller à ce que les processus se déroulent correctement. Les algorithmes utilisés sont principalement des heuristiques, mais il y a un développement grandissant des algorithmes génétiques et des technologies à réseau de neurones. Cependant, les problèmes liés aux données concernant la fouille des processus sont nombreux. Les deux problèmes les plus fréquents sont le bruit et le bouclage (Tiwari et al., 2008).

Le tableau de bord équilibré est un système de pilotage. Il a pour but de montrer que les principales perspectives que sont les perspectives financières, les perspectives clients, les perspectives internes et l'apprentissage et croissance, sont interconnectées dans l'organisation et doivent être considérées dans son ensemble. Ainsi, la gestion des processus interne joue un rôle majeur dans l'évaluation de la performance de l'organisation. Cependant, ces tableaux de bord ont été modifiés suite à une critique vis-à-vis du fait qu'ils ne peuvent pas vraiment s'appliquer dans les services publics pour des causes de perspectives financières. Le modèle présenté à la Figure 1.20 a été modifié par Moullin (2002). Les clients sont remplacés par les usagers, les perspectives internes sont remplacées par les perspectives d'exploitation d'excellence, et les performances financières, par la bonne gestion des fonds.

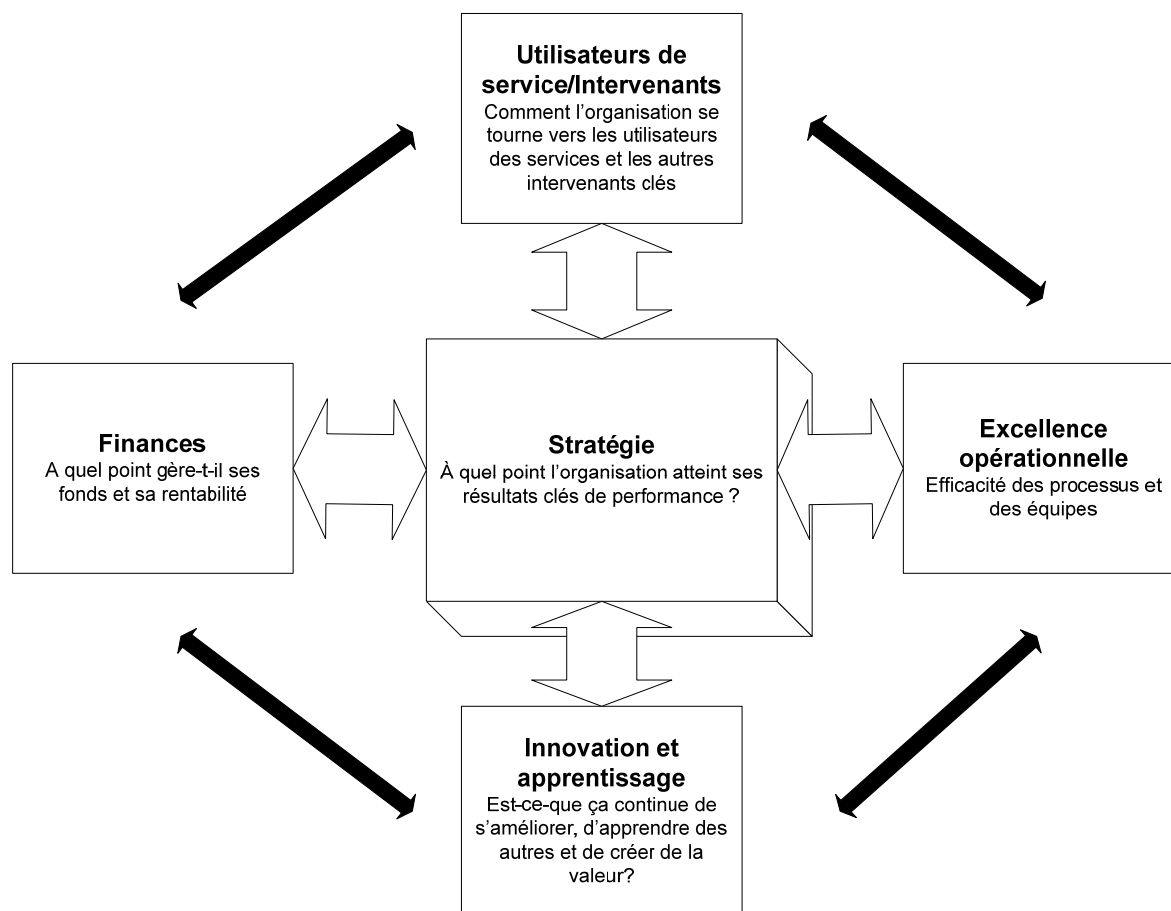


Figure 1.20 Tableau de bord du secteur public, adapté de Moullin (2004)

Ce tableau de bord du secteur public permet de s'assurer que la performance est évaluée sur tous les aspects du service public.

1.5 Indicateurs de performance

1.5.1 Dans les services publics

Comme l'a montré la première partie de ce mémoire, l'attente des citoyens envers les services publics oblige ces derniers à être toujours plus performants. Ainsi pour fournir cette qualité de service, il faut tout d'abord être capable de mesurer la performance du service, sans forcément passer par des indicateurs financiers.

Il existe pour cela des indicateurs de performance, permettant aux gestionnaires de situer leur service par rapport à une certaine normalité, une réglementation ou un objectif de performance préalablement défini, et de prendre les décisions nécessaires face aux éléments qui influencent cette performance. Si la solution adoptée n'est pas efficace, il se peut qu'il faille revoir les causes principales de la perturbation et les moyens d'y remédier. Ces indicateurs de performance sont également utilisés dans un objectif de comparaison avec d'autres entreprises du même domaine afin de se situer par rapport à elles et d'apprendre de leur expérience sur les méthodes optimisant la performance pour les différentes situations rencontrées (Crotty, 2003). Cependant, lorsque les organisations publiques essayent de développer et de s'appuyer sur des indicateurs de performance, elles font face à de multiples obstacles qui peuvent aller à l'encontre des objectifs (Nicholson-Crotty et al., 2006).

Moullin (2004) présente plusieurs cadres conceptuels pour évaluer la performance d'un groupe de travail ou d'une organisation publique : le modèle d'excellence, l'évaluation de performance conceptuelle NHS, le tableau de bord équilibré, le tableau de bord du service public et le Prisme de performance. Il présente également huit caractéristiques nécessaires à une mesure de la performance efficace.

Alegre (2006), dans son étude définit six catégories d'indicateurs de performance parmi lesquels les domaines concernés par ces indicateurs sont nombreux : les ressources en eau, le personnel, le physique, l'exploitation, la qualité du service et les indicateurs économiques et financiers. Parmi ces 6 catégories, 5 possèdent des sous catégories et sont présentées à la Figure 1.21:

Personnel	Physique	Exploitation	Qualité du service	Économique et financier
<ul style="list-style-type: none"> •Personnel total •Personnel par fonction principale •Personnel des services techniques par activité •Qualification du personnel •Formation du personnel •Santé et sécurité du personnel •Heures supplémentaires 	<ul style="list-style-type: none"> •Traitement •Stockage •Pompage •Transmission et distribution •Compteurs •Automatisation et contrôle 	<ul style="list-style-type: none"> •Contrôle et maintenance des actifs physiques •Étalonnage des instruments •Contrôle des équipements électriques et de transmission du signal •Disponibilité des véhicules •Réhabilitation du réseau, des vannes et des connections de service •Réhabilitation des pompes •Pertes d'exploitation en eau •Défaillance •Comptage de l'eau •Surveillance de la qualité de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> •Couverture de service •Robinets et fontaines publics •Pression et continuité en alimentation •Qualité de l'eau fournie •Connexion au service et installation et réparation de compteurs •Plaintes des usagers 	<ul style="list-style-type: none"> •Revenus •Coûts •Coûts d'exploitation par type de coûts •Coûts d'exploitation par fonction principale du fournisseur •Coûts d'exploitation par activité de fonction technique •Coût du capital •Investissements •Charges d'eau moyenne •Efficacité •Influence •Liquidité •Profitabilité •Perte économique d'eau

Figure 1.21 Catégories d'indices de performance pour le service d'eau potable, adapté de Alegre (2006)

Dans la même optique, Matos et al. (2003) proposent de nombreux indicateurs pour les eaux usées, classés en 6 catégories qui sont les mêmes que précédemment pour l'eau potable, avec cependant les indicateurs environnementaux en lieu et place des indicateurs des ressources d'eau. Le "National Water and Wastewater Benchmarking Initiative" présente également de nombreux indicateurs de performance dans le domaine des eaux, eaux usées et eaux pluviales (National Water and Wastewater Benchmarking Initiative, 2009).

L'« American Water Works Association » permet à ses membres de participer à une analyse comparative ayant comme but l'amélioration de la qualité. Ce programme nommé « Qualserve », permet aux services publics d'eau potable et d'eau usée d'évaluer ou encore de comparer leur performance et leurs écarts, à partir de 22 indicateurs de performance

recommandés et majeurs, dans un but d'amélioration continue. Ils sont classés en cinq catégories et sont présentés à la Figure 1.22 (Crotty, 2003; Miner, 2008) :

Développement organisationnel	Relations client	Exploitation de l'entreprise	Exploitation de l'eau	Exploitation égouts
<ul style="list-style-type: none"> • Indice des meilleures pratiques organisationnelles • Santé des employés et le taux de gravité-sécurité • Heures de formation par employés • Comptes client par employé 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaintes client • Perturbation du service d'eau • Coût résidentiel des services d'eau/d'égouts • Coût du service client par compte • Précision de la facturation 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratio d'endettement • Taux de renouvellement du système • Rendement de l'actif 	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de conformité d'eau potable • Pertes du système de distribution d'eau • Intégrité du système de distribution d'eau • Ratio des coûts d'exploitation et maintenance • Ratio de maintenance planifiée 	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de débordement des égouts • Intégrité du système de collection • Taux d'efficacité du traitement des eaux usées • Ratio des coûts d'exploitation et maintenance • Ratio de maintenance planifiée

Figure 1.22 Classement des types d'indicateurs, adapté de Crotty (2003) et Miner (2008)

Seules les relations clients qui sont à la base de la représentation d'un service de qualité pour les utilisateurs. Les différents indicateurs d'exploitation sont étudiés dans cette partie, ce qui représente la performance du côté entreprise. Ainsi au niveau des relations client :

- **Plainte des clients** : cet indicateur mesure le taux de plaintes reçues par le service public, en séparant les plaintes concernant le service client et celles concernant le service public de base, exprimé en nombre de plaintes pour 1000 comptes clients

Taux de plainte au service à la clientèle

$$= \frac{1000 \times \text{plaintes concernant le service à la clientèle}}{\text{Nombre de comptes clients actifs}}$$

Taux de plainte à la qualité technique

$$= \frac{1000 \times \text{plaintes concernant la qualité technique}}{\text{Nombre de comptes clients actifs}}$$

Le service à la clientèle concerne le facteur relationnel, tel que l'apparence personnelle, la courtoisie, la serviabilité, le professionnalisme, la réactivité, mais aussi les services de soutien à la clientèle, avec les facturations, l'établissement des taux, la communication...

Les plaintes sur la qualité technique sont pour leur part directement liées au service de base du service public, et concerne la qualité de l'eau, le goût, l'odeur, l'apparence et la pression, les refoulements et les débordements des égouts, la perturbation du service d'eau ou des égouts, la perturbation du trafic et l'entretien des installations.

Les clients actifs sont ceux dont les comptes ont été actifs pendant la période de référence.

- Perturbation du service d'eau : cet indicateur de performance mesure le nombre de pannes d'eau subies par les clients. À partir de cet indicateur, six indicateurs identiques sont définis, mais pour des conditions différentes : pannes de service prévues et imprévues, et durée de la perturbation pour chacune des pannes : moins de 4h, de 4h à 12h, plus de 12h. Il est exprimé en nombre de clients subissant des perturbations pour mille comptes clients par an.

$$\text{Taux de perturbation} = \frac{1000 \times \text{nombre de clients qui ont rencontré une perturbation}}{\text{Nombre de comptes clients actifs}}$$

Les perturbations du service des eaux correspondent à l'ensemble des conditions dans les installations ou dans le système de distribution sous le contrôle du service public, provoquant la perte du service d'eau chez le client ou une forte diminution de la pression. Les exceptions concernent : les plaintes de basse pression non liées à un état du système nécessitant une réparation, les réparations des tuyauteries du client à sa charge, les coupures d'eau pour facture non payée.

Les perturbations planifiées sont celles qui ont été notifiées auprès des clients concernés.

Les perturbations non planifiées sont celles qui sont subies lors de situation d'urgence ou celles prévues, mais non notifiées auprès du client.

- Coût résidentiel des services d'eau/d'égouts : ces indicateurs permettent aux services publics de comparer le coût d'habitation de l'eau et des eaux usées à partir d'une quantité définie d'utilisation de l'eau et de la facture d'habitation moyenne pour ces services. Il n'y a pas de formule pour ces indicateurs qui sont les montants des factures résidentielles des eaux et eaux usées.

- Coût du service client par compte : cet indicateur mesure la quantité de ressource qu'un service public met en œuvre pour le service client.

$$\text{Coût du service client par compte} = \frac{\text{Total des coûts du service client}}{\text{Nombre de comptes clients actifs}}$$

Les coûts du service client sont les frais directs (salaires, avantages des employés, contrats d'exploitation) et les coûts indirects.

- Précision de la facturation : cet indicateur mesure l'efficacité de facturation des services d'eau et d'eau usée. Il est davantage axé sur les comparaisons entre services publics que sur les clients.

Précision de la facturation

$$= \frac{10000 \times \text{Nombre d'ajustements de facturation suite à une erreur au cours de la période de référence}}{\text{Nombre de factures générées au cours de la période de référence}}$$

Au niveau de l'exploitation de l'entreprise :

- Ratio d'endettement : permet de quantifier l'endettement du service public.

$$\text{Ratio d'endettement} = \frac{\text{Total des passifs}}{\text{Total des actifs}}$$

- Taux de renouvellement du système : permet de mesurer le taux pour lequel le service public répond à ses attentes individuelles en matière de renouvellement ou de remplacement des infrastructures.

Taux de renouvellement du système (%)

$$= \frac{100 \times \text{fonds réservés ou dépensés dans des } \frac{\text{renouvellements}}{\text{remplacements}} \text{ de classe d'actifs}}{\text{Dépenses proportionnelles annuelles requises pour } \frac{\text{renouveler}}{\text{remplacer}} \text{ cette classe d'actifs}}$$

- Rendement de l'actif : mesure l'efficacité financière du service public.

$$\text{Rendement de l'actif} = \frac{\text{Revenu net}}{\text{Total des actifs}}$$

Au niveau de l'exploitation d'eau potable :

- Taux de conformité d'eau potable : mesure le pourcentage de temps pour chaque année où le service public des eaux répond à toutes les normes liées à la qualité de l'eau.

Taux de conformité d'eau potable (%)

$$= \frac{100 \times \text{Nombre de jours en conformité totale}}{365 \text{ jours}}$$

- Pertes du système de distribution d'eau : mesure le pourcentage d'eau produite qui n'arrive pas aux consommateurs et ne peut pas être pris en compte pour un usage autorisé (borne incendie, fontaine...).

Pertes du système de distribution d'eau(%)

$$= \frac{100 \times (\text{Volume d'eau distribué} - \text{Volume d'eau facturé aux clients})}{\text{Volume d'eau distribué}}$$

- Intégrité du système de distribution d'eau : mesure l'état du système de distribution d'eau.

Taux de fréquence

$$= \frac{100 \times (\text{Nombre total de fuites} + \text{Nombre total de ruptures})}{\text{Longueur totale des tuyaux de distribution (miles)}}$$

- Ratio des coûts d'exploitation et maintenance : mesure les coûts des services publics liés à l'exploitation et la maintenance, en se séparant de l'aspect traitement des eaux.

Coûts d'exploitation et maintenance par compte

$$= \frac{\text{Total des coûts d'exploitation et maintenance (moins dépréciation)}}{\text{Nombre total des comptes clients actifs}}$$

Coûts d'exploitation et maintenance par million de gallons transformés

$$= \frac{\text{Total des coûts d'exploitation et maintenance (moins dépréciation)}}{\text{Volume transformé pendant la période de référence}}$$

Coûts directs de traitement par million de gallons

$$= \frac{\text{Total des coûts directs d'exploitation et maintenance pour le traitement des eaux et/ou eaux usées}}{\text{Nombre total des comptes clients actifs}}$$

- Ratio de maintenance planifiée : permet de comparer les investissements des services publics dans la maintenance planifiée et leur efficacité (prédictive et préventive).

Ratio de la maintenance planifiée en pourcent (heures)

$$= \frac{100 \times \text{Heures de maintenance planifiée}}{\text{Heures de maintenance planifiée} + \text{corrective}}$$

Ratio de la maintenance planifiée en pourcent (coûts)

$$= \frac{100 \times \text{Coûts de maintenance planifiée}}{\text{Coûts de maintenance planifiée} + \text{corrective}}$$

Au niveau de l'exploitation des eaux usées :

- Taux de débordement des égouts : mesure l'état du système des canalisations et l'efficacité des opérations de maintenance de routine.

Taux de débordement des égouts

$$= \frac{100 \times \text{Nombre total de débordements d'égouts pendant la période de référence}}{\text{Longueur totale de tuyau du système de collection des eaux usées (miles)}}$$

- Intégrité du système de collection : mesure l'état des canalisations.

Taux de pannes

$$= \frac{100 \times \text{Nombre total de défaillance des canalisations pendant l'année}}{\text{Longueur totale des tuyaux de canalisation pour les eaux usées (miles)}}$$

- Taux d'efficacité du traitement des eaux usées : mesure la conformité d'un service public avec les normes de qualité des effluents en vigueur à chacune de ses installations d'eaux usées. C'est le pourcentage de conformité par année des installations d'eaux usées par rapport aux normes en applicables.

Taux d'efficacité du traitement des eaux usées

$$= \frac{100 \times (365 - \text{Nombre total de jours de non conformité aux standards})}{365}$$

- Ratio des coûts d'exploitation et maintenance : c'est le même que pour les eaux.
- Ratio de maintenance planifiée : c'est le même que pour les eaux.

Bien qu'adaptés au service d'eau et d'assainissement, la majorité des indicateurs proviennent du secteur public en général, car ils ne concernent que la satisfaction des clients face à un service fourni et les performances d'un service de manière générale. Les indicateurs proposés sont en effet basés sur la perception du service par les usagers, sur l'efficacité de la gestion du réseau et sur la fiabilité de ce réseau, dans le but de comparer l'état du système par rapport aux pairs, et de prendre des décisions par rapport aux seuils qui sont considérés acceptables ou non. En revanche, ces indicateurs ne permettent pas d'évaluer la capacité à fournir un service face aux incertitudes et aléas que peuvent rencontrer les gestionnaires. Ainsi, un rapport de Ewan Associates Ltd/Mott McDonald Ltd (2001), commandité par l'Office des services de distribution d'eau (OFWAT), présente des indicateurs de performance sur la capacité de fournir le service aux clients, tout en préservant l'environnement. Pour cela, ils utilisent une approche défaillance-conséquence : les défaillances concernant l'état des actifs, et les conséquences, les impacts sur le service client. Quatre niveaux d'indicateurs sont proposés :

- Niveau 1 – Présentation des données de base : ce sont les données de base qui reflètent l'état des actifs ou l'impact sur les usagers ou sur l'environnement;
- Niveau 2 – Analyse multi composants : ces indicateurs nécessitent la combinaison ou l'analyse de deux ou plusieurs types de données de base;
- Niveau 3 – Indicateurs de risques : ces indicateurs développent davantage les indicateurs de niveau 2 en intégrant le concept de risque, par exemple en combinant l'état des actifs et le service aux usagers. Un exemple serait l'indicateur suivant : [probabilité qu'un égout s'effondre] x [nombre de propriétés susceptibles d'être inondées];
- Niveau 4 – Effets locaux et analyse détaillée : ces indicateurs sont ceux qui ont été développés par les entreprises de l'eau et des égouts pour des questions de gestion interne, et ne sont pas fournis dans le rapport à l'OFWAT. Ils permettent une meilleure compréhension des effets locaux en plus d'expliquer les variations dans les performances ou coûts d'exploitations liés aux actifs individuels.

Le développement d'indicateurs pertinents peut également faire face à la difficulté d'obtenir les données nécessaires à une bonne évaluation. Ainsi, Le Gauffre (2007) présente une

méthodologie pour développer des indicateurs et critères de décision pour la gestion des réseaux d'assainissement, plus particulièrement au niveau de la réhabilitation du réseau d'eau usée. Cette méthodologie a en effet pour but l'évaluation de l'état de santé du patrimoine, ceci à l'aide de sources d'informations complémentaires pouvant être fournies par les activités d'exploitation et de maintenance, ou par l'auto surveillance : les résultats des inspections visuelles ou des auscultations de conduites, les données obtenues par auto surveillance du réseau, les données relatives à la vulnérabilité des environnements... C'est une approche multicritère de la réhabilitation des réseaux d'eaux usées plutôt qu'une approche économique.

Ces indicateurs de dysfonctionnement permettent de mettre en évidence les priorités d'inspections et de réhabilitation des infrastructures. La méthodologie proposée se base sur trois étapes majeures: (i) mettre en place d'une typologie pour les défauts, dysfonctionnements et impacts (ii) établir les indicateurs pour ces défauts, dysfonctionnements et impacts (iii) combiner les indicateurs de dysfonction et d'impact pour former les critères de décision.

L'établissement de ces indicateurs se déroule comme suit et est présenté à la Figure 1.23 : on définit tout d'abord les indicateurs de base à partir de modèle de vieillissement (E'), des données sur les facteurs de dysfonction (DF_D), d'observation de l'état ou de la dysfonction (E_D). Pour fournir une estimation du dysfonctionnement, on définit ensuite les indicateurs intermédiaires à partir de l'estimation issue du modèle de vieillissement (E'), ou de l'état observé du segment de la canalisation étudiée (E_D), que l'on combine avec les données sur les facteurs de dysfonction (DF_D). Cela permet d'obtenir l'estimation du dysfonctionnement à partir des risques (D/E') ou de l'observation (D/E_D). Finalement, les critères de réhabilitation sont obtenus à partir de deux indicateurs composites que sont les indicateurs précédents combinés aux dysfonctionnements observés au système de collecte et au tronçon d'égout (D_{obs}).

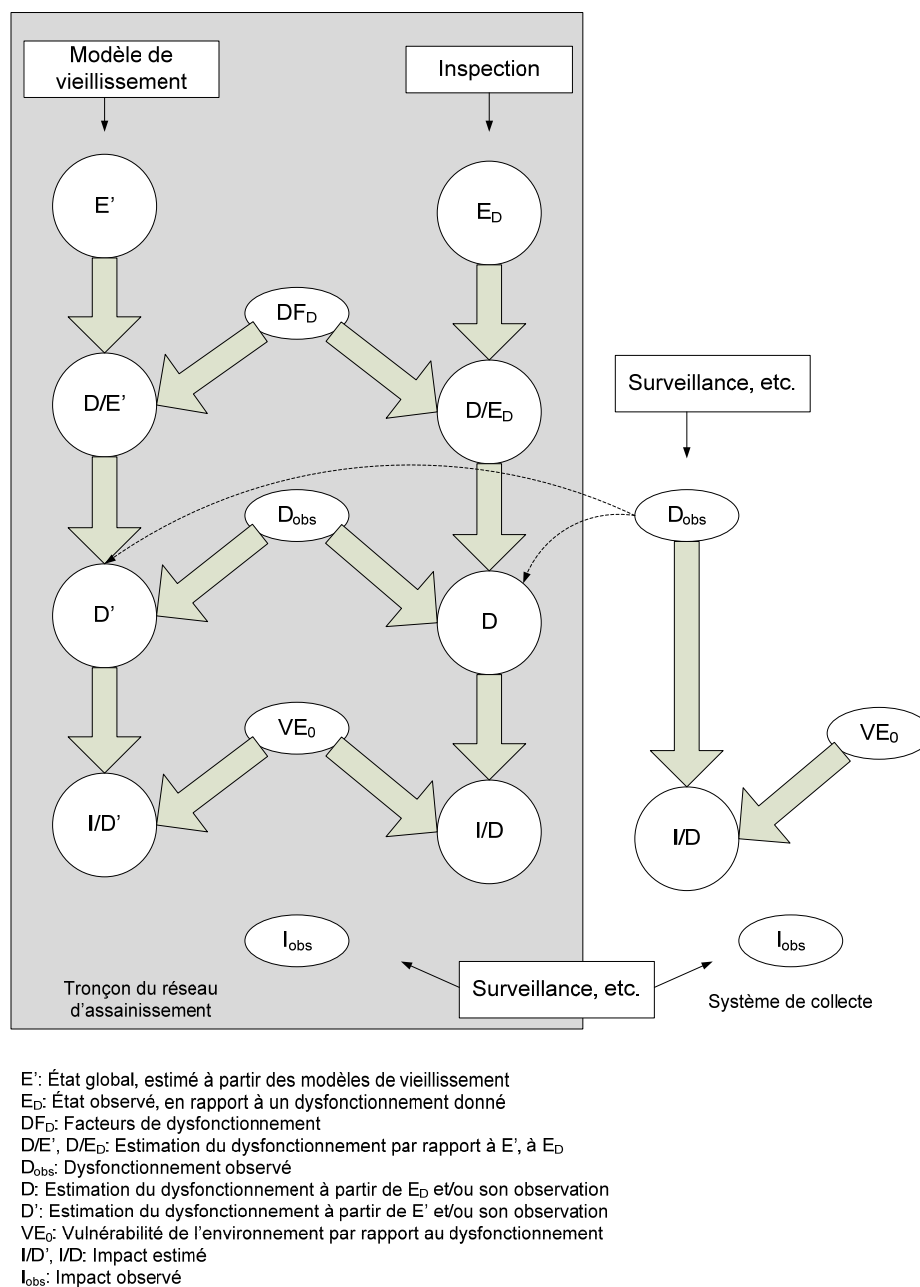


Figure 1.23 Relations entre les types d'indicateurs, adapté de Le Gauffre, 2007

Cette étude montre des indicateurs de dysfonctionnement plutôt que des indicateurs de performance, mais ils permettent d'obtenir une évaluation et une hiérarchisation des actifs.

1.5.2 Choix et implantation du système d'indicateurs de performance

Tandis que des efforts importants sont réalisés par les services publics pour l'élaboration d'indicateurs de performance, l'efficacité de ces mesures de performance varie parfois de façon considérable (Hyland et al., 2009). Ainsi, l'Effective Utility Management (UEM) (qui réunit 6 des grandes associations américaines de l'eau) détermine dix attributs qui décrivent les objectifs sur lesquels doivent se concentrer les services publics d'eau potable et usées et ce qu'ils tentent d'atteindre, car ce sont ces attributs qui sont responsables d'un service public efficace (United States. Environmental Protection, 2008) :

- qualité du produit;
- développement du personnel et du leadership;
- viabilité économique et financière;
- durabilité des collectivités;
- compréhension et soutien des parties prenantes;
- satisfaction de la clientèle;
- optimisation de l'exploitation;
- résilience opérationnelle;
- stabilité de l'infrastructure;
- suffisance des ressources en eau.

Alegre (2006) explique que malgré la grande quantité d'indicateurs qu'il propose à travers ces classes et sous-classes, c'est au gestionnaire de cibler ses besoins, car il n'y a pas de formule toute faite, chaque service est différent avec des besoins qui lui sont propres et des objectifs différents. Elle définit un véritable système d'indicateurs de performance comme étant une entité plus large, faisant le lien entre les objectifs, les stratégies, les facteurs de succès critiques et les indicateurs eux-mêmes. Ce système de mesure de performance est présenté à la Figure 1.24.



Figure 1.24 Système de mesure de performance, adapté de Alegre (2006)

Enfin pour valider les indicateurs du système de mesure de performance, Alegre (2006) propose cinq étapes pour effectuer une sélection appropriée des indicateurs de performance et de leur contexte. Ces étapes sont les suivantes et suivent le processus de la Figure 1.25 :

- présélection des indicateurs de performance considérés importants pour l'évaluation (et pertinents par rapport aux objectifs, stratégies et facteurs critiques de succès);
- sélection des indicateurs de performance et des informations de contexte réel à utiliser dans l'évaluation initiale;
- développement d'indicateurs et de contexte différent si nécessaire. Vérification de la cohérence;
- test pilote des indicateurs de performance initialement sélectionnés;
- sélection finale des indicateurs de performance jugés importants et utiles pour l'évaluation.

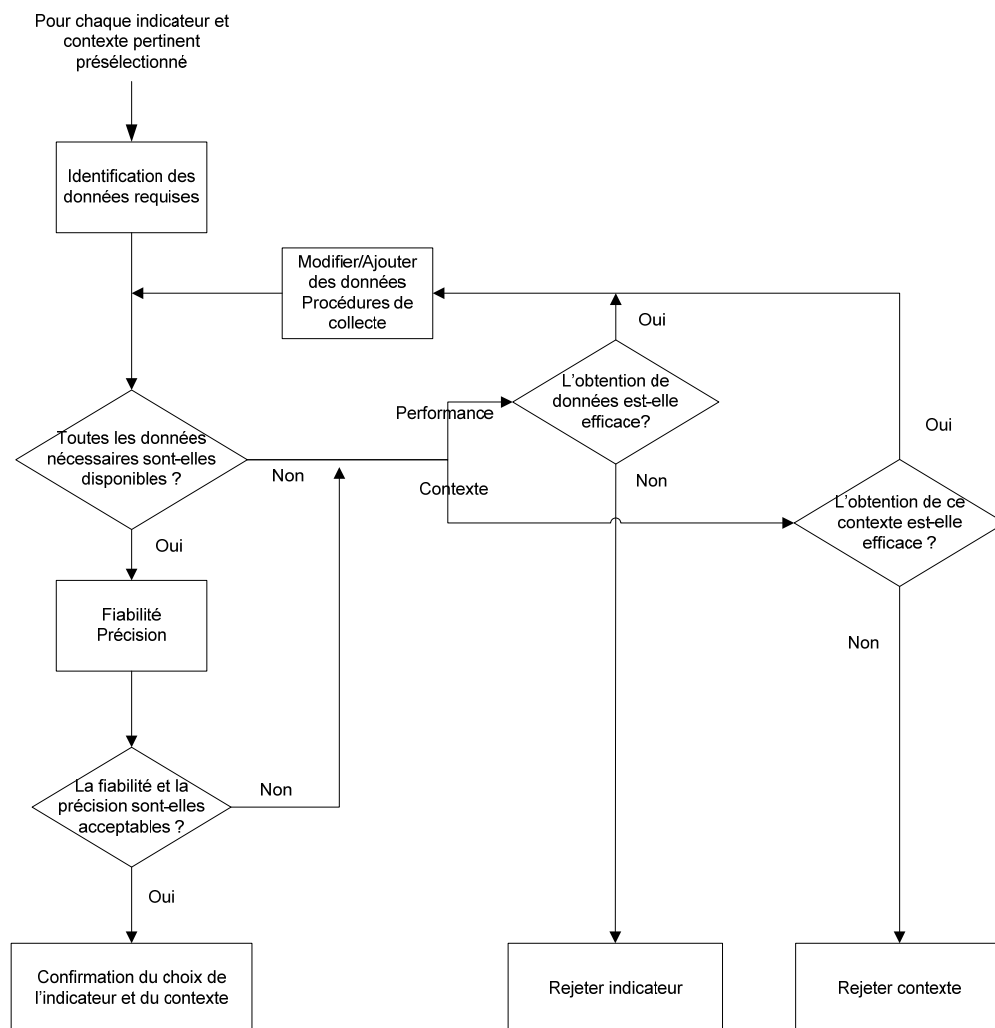


Figure 1.25 Procédure de sélection des indicateurs et contexte, adapté de Alegre (2006)

CHAPITRE 2 MODÉLISATION DU PROCESSUS

Comme le montre le cycle de vie du BPM présenté dans la revue de littérature, la première étape d'un travail de gestion des processus métiers et la plus importante, selon Rajabi et Lee (2009) et van der Aalst (2003), est l'étape d'analyse de l'entreprise, de ses objectifs et de son organisation, permettant de recenser tous les processus existants. Cette étape constitue la première partie de ce mémoire. Ainsi, les services publics de Boucherville sont présentés, de même que l'outil utilisé aux fins de modélisation des processus. Puis, la démarche de collecte de données auprès de ces services publics permettant la réalisation de la cartographie est expliquée.

2.1 Assainissement des eaux dans les services publics de Boucherville

Boucherville fait partie de l'agglomération de la ville de Longueuil. Avec aujourd'hui plus de 40 000 habitants, elle a connu une croissance démographique de plus de 10% ces dix dernières années, ce qui implique une demande croissante en eau et en assainissement. L'assainissement des eaux est une partie d'autant plus importante que l'eau initialement puisée dans le fleuve Saint-Laurent y est rejetée après avoir été traitée, car elle est « usée » quotidiennement par la population (douches, toilettes, lessives, etc.), les commerces, l'industrie, les bâtiments administratifs, ou encore par l'intermédiaire d'autres édifices. Cela montre que les services publics de distribution et d'assainissement des eaux ont une responsabilité vis-à-vis des citoyens, de l'environnement et de l'économie locale.

Les services publics doivent prendre en compte cette augmentation de la population pour fournir à tous un niveau de service de qualité, et ils sont dans l'obligation de répondre aux normes imposées sur l'assainissement des eaux, ce qui représente un véritable défi. Ainsi depuis quelques années, pour la gestion de l'exploitation et de la maintenance des infrastructures, la Ville de Boucherville a fait appel à un partenariat public/privé au niveau opérationnel de la gestion du patrimoine d'assainissement des eaux. Des contrats d'entretien de 6 ans sont proposés à travers des appels d'offres publics, d'où un partenaire privé qui n'est pas forcément le même et qui doit s'adapter. Ce partenariat a permis de réduire considérablement les dépenses de la Ville pour la maintenance de ses infrastructures locales et régionales, donc pour le maintien de la qualité de service aux citoyens.

Au niveau des infrastructures, deux types de stations se trouvent dans la zone d'activité des services publics de Boucherville : les stations locales sont celles qui dépendent de Boucherville, et les régionales, situées sur le fleuve, dépendent du gouvernement, mais sont exploitées et maintenues par Boucherville. Le Centre d'Épuration Rive Sud (CERS) dépend de la ville de Longueuil. Le poste de pompage Bachand est le poste de tête de Boucherville, il est le seul poste de Boucherville à refouler vers le CERS. D'autres postes, dits d'interception ou de rehaussement, permettent l'acheminement des eaux usées vers le CERS, en passant par le poste Bachand ou par Longueuil. Ils récupèrent les eaux usées des autres postes en réseau.

Chaque poste possède deux fonctions, qui sont :

- le pompage sanitaire vers l'intercepteur ou le CERS;
- le pompage des eaux de captage vers le fleuve, si son niveau est trop haut pour permettre l'écoulement gravitaire.

De plus, les postes de pompage (d'interception) possèdent un trop-plein, permettant l'écoulement gravitaire si le niveau du fleuve est assez bas, ou bien par pompage grâce aux pompes de captage. Si l'écoulement est effectué dans le fleuve, un clapet anti-retour empêche à l'eau du fleuve de revenir dans le poste.

2.2 Présentation de l'outil utilisé pour la modélisation

Comme l'ont souligné Rajabi et Lee (2009) et van der Aalst (2003), la modélisation des processus est l'étape la plus importante du cycle de vie. Elle correspond à l'étude du fonctionnement réel de l'entreprise afin de le transposer sous forme de processus. La littérature a montré que deux formalismes existent dans la modélisation de processus, ce sont les modélisations graphiques et par règles. Les méthodes graphiques sont les plus intuitives, explicites et elles sont compréhensibles et utilisables par un large public. Elles permettent de mieux faire comprendre le fonctionnement de l'entreprise aux acteurs et de mieux appliquer la cartographie réalisée à la réalité.

Cette méthode graphique permet aux utilisateurs de comprendre rapidement le fonctionnement du service public et les actions à entreprendre en ayant une vue globale du déroulement des opérations, et ainsi d'être réactifs face aux événements recensés dans la modélisation lors de son utilisation. De plus, dans un milieu où le partenaire privé est incertain,

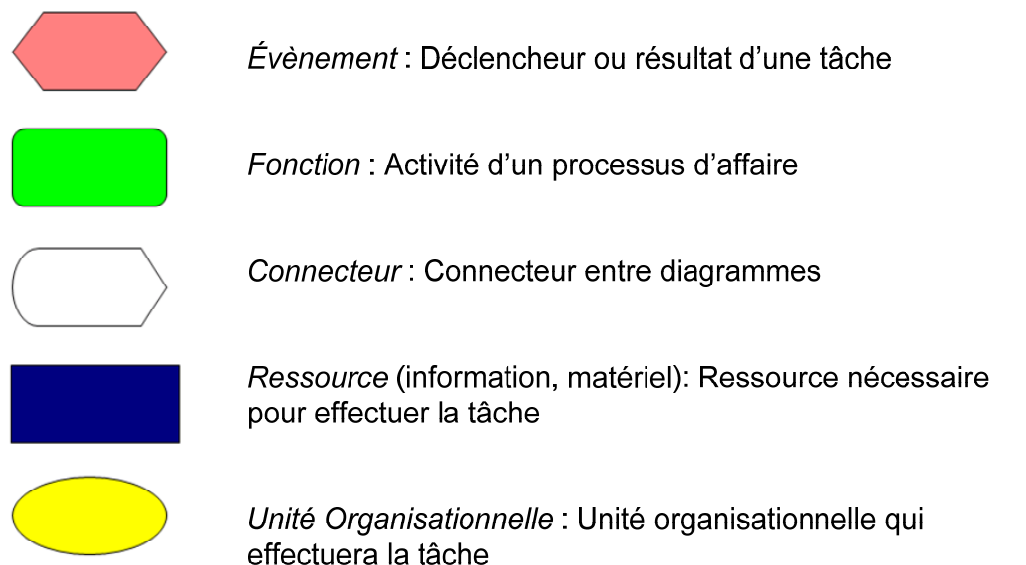
car issu d'un appel d'offres public pour la ville de Boucherville, la cartographie des processus par cette modélisation doit permettre au nouveau partenaire de reprendre le déroulement des activités sans ou avec une minime période d'adaptation. Ainsi, la méthode graphique est la solution idéale pour une utilisation par des personnes ou collaborateurs qui n'ont pas de connaissance précise sur les processus et qui peuvent se l'approprier facilement.

Cependant, la cartographie des processus dans son utilisation sous-entend une automatisation des activités, d'où l'importance de sa compréhension, mais surtout de sa modélisation, pour bien refléter les activités de l'entreprise et ne pas créer de déviation involontaire et néfaste face aux objectifs à atteindre. Cette automatisation des activités de l'entreprise à travers les processus permet à l'utilisateur d'effectuer les tâches nécessaires au bon déroulement de l'activité cartographiée à la suite d'un évènement clair et bien déterminé, cela dans le but d'atteindre un objectif précis. Cela apporte au service public une rapidité d'exécution, que nous avons définie sous le terme d'agilité, et ainsi, dans notre cas où ce sont les situations d'urgence qui sont cartographiées, un rétablissement rapide de la situation d'urgence vers une situation normale, ce qui correspond à la résilience.

Il n'existe pas de standardisation en ce qui concerne la modélisation des processus, comme le montre la multitude des modèles évoqués dans la revue de littérature. Aussi une modélisation qui correspond à notre cadre recherche est la méthode de chaîne de processus événementielle (Event-driven Process Chain, EPC). Cette méthode, créée en 1992 par Keller, Nüttgens & Scheer en collaboration avec SAP (Scheer et al., 2005), est vite devenue un standard et est utilisée dans des suites largement connues: SAP R/3 Business Workflow, MS Visio, ARIS, ASAP (Intellicorp : LiveModel / Business Explorer) ...(WMP van der Aalst, 1999). Elle a comme caractéristique d'être claire et facilement compréhensible et la gestion des situations d'urgence provenant directement d'évènements non prévus, cette modélisation semble s'adapter parfaitement.

La Figure 2.1 définit les éléments constitutifs de cette modélisation. La modélisation EPC est une succession de fonctions et d'évènements permettant la représentation des flux du service public étudié, ici au niveau opérationnel. Les évènements sont passifs, ils représentent l'état du système à l'entrée et à la sortie de la fonction. Ils permettent d'activer une fonction qui engendrera elle-même un évènement. Les fonctions sont en effet des tâches à effectuer qui

permettent d'avoir de la valeur ajoutée et qui ont en sortie un état différent de celui d'entrée. Elles sont donc définies par les événements qui la déclenchent et par ceux qui en résultent, mais aussi par les ressources utilisées et l'unité organisationnelle. Ces unités organisationnelles sont celles qui effectuent les tâches, tandis que les ressources sont les informations ou matériels nécessaires à sa réalisation. Les flux représentent les relations entre ces constituants, et les opérateurs logiques sont les chemins par lesquels le flux se dirige.



Liens entre les événements et les fonctions

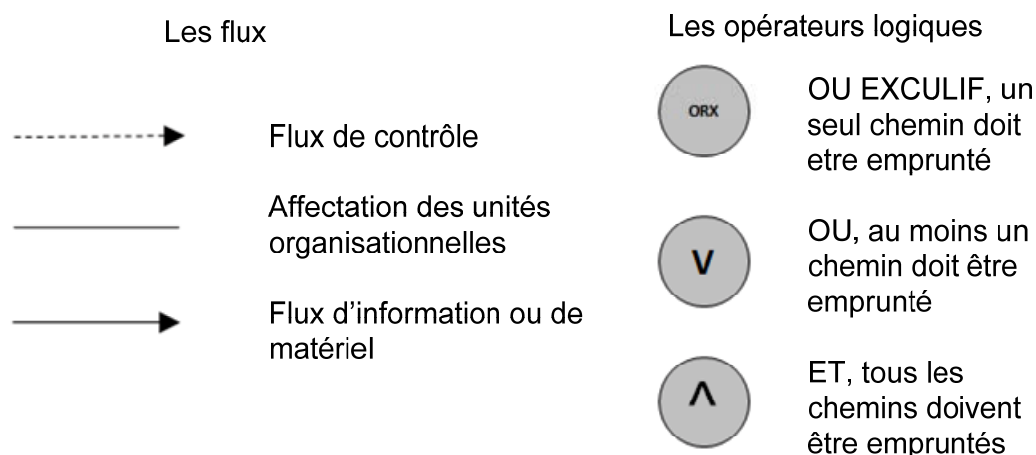


Figure 2.1 Éléments de l'EPC

2.3 Collecte de données auprès des services publics de Boucherville

La collecte de données s'est effectuée à partir d'entrevues à la direction des travaux publics de Boucherville, où des discussions orientées sur les opérations lors de situations d'urgence ont été menées et des documents concernant ces mêmes situations ont été récupérés, ce qui a permis d'avoir les données nécessaires à la réalisation de notre projet.

Une première rencontre s'est déroulée en présence de M. Trépanier, professeur à Polytechnique Montréal et directeur de recherche pour ce projet, et M. Corbin, contremaître hygiène du milieu à la direction des travaux publics de Boucherville, afin de présenter notre projet sur les situations d'urgence. Il a été dit au cours de cette réunion qu'un comité a été créé il y a environ 2 ans pour ces situations d'urgence, et qu'il a fourni un cartable de personnes à contacter, mais que les procédures n'ont pas été documentées, hormis celles au niveau de l'eau potable, car cela traite de la santé publique. Aussi les égouts ont été décrits comme plus critiques, car les réservoirs des aqueducs peuvent être autonomes dans le cas de pannes majeures par exemple, et que les égouts font face à des pointes de demande. Au niveau logistique pendant les situations d'urgence rencontrées, le service peut se déplacer pour aller chercher le matériel manquant. Si les pièces sont critiques, la Ville a des ententes inter municipales et peut aller chercher rapidement des pièces, à Longueuil par exemple où le stock est plus important.

La première réunion concernant la collecte de données s'est ensuite déroulée le 19 janvier 2010, en présence de M. Corbin, contremaître hygiène du milieu à la direction des travaux publics de Boucherville. Elle a consisté en une discussion orientée sur les stations de pompage et leur vulnérabilité face aux risques qu'elles peuvent rencontrer. Ces postes de pompage sont les infrastructures comprenant les pompes de refoulement ou de relèvement qui acheminent les eaux usées vers un site de traitement. Cette première rencontre a ainsi permis de faire un premier point sur les situations normales et d'urgence dans ces stations de pompage. En effet, les stations de pompage peuvent faire face à des situations de « trop-plein », c'est-à-dire que le niveau d'eau monte trop haut (niveau critique) dans le réservoir et qu'il est ainsi déversé dans les égouts ou dans les eaux pluviales. Dans les stations régionales (celles qui dépendent du gouvernement et qui se trouvent le long du fleuve), l'eau est évacuée à deux niveaux : avec la pompe pour l'évacuation normale et avec clapet pour l'eau qui monte trop haut, mais alors, on ne sait pas le nombre de m³ qui est évacué. Les stations de pompage locales n'ont pas forcément de « trop-

plein », et les eaux usées risquent d'être déversées dans le fleuve directement. Ce sont ces situations de débordements qui sont à éviter pour les services publics. Le déroulement d'une opération de maintenance sur un événement non prévu a été discuté, de sa détection à sa résolution, ce qui a permis de réaliser une première cartographie des situations non prévues, mais courantes.

La réunion suivante a eu lieu le 29 mars 2010, en présence de M. Corbin, contremaître hygiène du milieu à la direction des travaux publics de Boucherville, et M. Marcoux, chargé de projets à la direction du génie de la ville de Boucherville. Lors de cette réunion, il a été discuté du partenariat public/privé pour la maintenance des infrastructures, plus précisément des opérations effectuées par le partenaire privé lors de situations normales et d'urgence. Suite à la première modélisation des processus, M. Marcoux a tout de suite visualisé l'enchaînement des actions et a remarqué qu'il manquait le contrôle de la Ville sur les actions réalisées par le partenaire privé, ainsi que la demande des coûts impliqués dans la réparation du partenaire privé aux Travaux Publics de Boucherville. Cette réunion a permis de compléter la cartographie des événements courants, mais imprévus, qui sera en partie utilisée pour la gestion des situations d'urgence, mais également de récupérer des documents, tels qu'un extrait de rapport annuel ou des modes d'opération de l'assainissement des eaux, pour la création de cartographie des processus dans différentes situations d'urgence pouvant être rencontrées par les services publics, à savoir :

- fermeture de l'usine d'épuration;
- bris ou arrêt technique du poste Bachand;
- bris ou arrêt dans un poste de rehaussement;
- panne d'électricité locale ou générale;
- averses importantes;
- divers.

Le 13 avril 2010, une réunion en présence de M. Marcoux, chargé de projets à la direction du génie de la ville de Boucherville a eu lieu. Bien que référent, M. Corbin n'a pas pu être présent, car il se trouvait alors sur le terrain pour une situation d'urgence. La vérification du processus et des sous-processus avec la documentation et les informations relevées lors des discussions a été le fil directeur de cette réunion. Une fois encore le caractère visuel de la

cartographie a permis de se mettre tout de suite « en situation », et la mise en parallèle des processus créés face à la réalité a permis à M. Marcoux d'apporter des modifications pour s'approcher plus encore de cette réalité. Cependant, M. Marcoux n'agissant pas au niveau opérationnel, il ne connaît pas précisément toutes les opérations de retour à la normale. Ainsi, des informations complémentaires ont été apportées pour une modification du processus et des sous-processus, en attendant d'avoir l'avis de M. Corbin lors de la prochaine rencontre.

La dernière réunion de ce projet à Boucherville s'est déroulée le 26 mai 2010, en présence de M. Corbin, contremaître hygiène du milieu à la direction des travaux publics de Boucherville, et M. Marcoux, chargé de projets à la direction du génie de la ville de Boucherville. Elle a consisté en la vérification complète du processus et des sous-processus les uns après les autres, après les modifications apportées à la suite de la rencontre avec M. Marcoux. En revisitant les processus, la réalité semble bien modélisée malgré l'ajout de modifications mineures, ce qui a permis la validation des processus.

En plus de ces entrevues, des échanges par courriel ont été réalisés pour l'envoi de documents ou de validation du travail effectué.

Un problème rencontré dans l'étape de modélisation des processus est que les situations recensées n'ont pas été rencontrées par les interlocuteurs car des sécurités existent, par exemple au niveau des stations de pompage, les pompes fonctionnent à deux, ce qui permet à l'entreprise responsable du réseau d'arriver et de remplacer la pompe défectueuse sans que cela ait d'impact sur le service fourni. La cartographie représente pour les situations qui n'ont pas été rencontrées les opérations *a priori*, tandis que celles qui sont efficaces dans l'analyse des processus sont les opérations *a posteriori*, c'est-à-dire ce qui se passe réellement sur le terrain. Cela apporte une légère déviation quant aux résultats attendus dans le sens où les opérations *a priori* peuvent ne pas être facilement applicables bien que nécessaires.

À l'aide des données collectées, la cartographie des processus des services publics de Boucherville en situation d'urgence, appliquée à l'assainissement des eaux, est effectuée et étudiée dans le troisième chapitre de ce mémoire. Cependant, il faut garder à l'esprit que cette cartographie n'est pas une fin en soi et qu'il faut pouvoir piloter les processus si on veut atteindre les objectifs fixés.

CHAPITRE 3 ANALYSE DU PROCESSUS RÉALISÉ

Le choix de la modélisation étant effectué et les données collectées, une première cartographie des processus de la gestion des situations imprévues est présentée Annexe 1, mais rencontrées plus fréquemment, a été effectuée lors des premières rencontres et a permis de fournir les bases de la construction du processus général et de ses sous-processus. Cette analyse a permis entre autres de créer les sous-processus de demande des coûts présenté dans l'Annexe 2, de contrôle par la Ville dans l'Annexe 3, et de maintenance corrective dans l'Annexe 4 qui font partie eux-mêmes du processus général ou des sous-processus.

3.1 Explication des processus réalisés

La première cartographie réalisée ne correspond pas à la gestion des situations d'urgence proprement dite, mais plutôt à la gestion quotidienne des pannes rencontrées. Six situations dites d'urgence ont été déterminées afin de répondre à notre problématique. Le processus général réalisé est présenté à la Figure 3.1.

Tout d'abord, trois événements peuvent être à l'origine du passage de la gestion normale du réseau à une gestion de situation d'urgence. Il peut s'agir d'une détection automatique qui permet au système d'effectuer une première autorégulation en attente de l'intervention de l'entreprise responsable du réseau. Ce passage en situation d'urgence peut également provenir d'appels ou d'alarmes reçus à l'entreprise responsable du réseau, ou encore d'appels à la ville de Boucherville, pouvant provenir des citoyens directement. Cependant, contrairement au premier cas, les appels sont effectués lorsque des anomalies sont remarquées. Ainsi il peut se passer une certaine durée entre l'apparition d'un problème et sa détection. Suite à cet élément déclencheur, la première action entreprise est l'intervention de l'entreprise responsable du réseau sur les lieux de l'incident pour évaluer la situation, ce qui constitue un premier sous-processus présenté dans l'Annexe 5. De ce déplacement résulte une évaluation de la situation (fonction 2.6-1). Si la situation est mineure, un simple appel aux services publics est effectué (fonction 2.6-2). Si la situation est majeure, il faut en plus se référer au guide des situations d'urgence qui propose un répertoire de personnes à contacter dans de telles situations (fonction 2.6-4). En parallèle un avis est envoyé à la direction générale des travaux publics (fonction 2.6-5).

Lors des entrevues, six cas ont été recensés pour la gestion des situations d'urgence. Ces six cas sont les suivants :

- fermeture de l'usine d'épuration (Annexe 6);
- bris ou arrêt technique du poste Bachand (Annexe 7);
- bris ou arrêt dans un poste de rehaussement (Annexe 8);
- panne d'électricité locale ou générale (Annexe 9);
- averses importantes (Annexe 10);
- divers (Annexe 4).

Ces six cas correspondent à six sous-processus distincts et se situent juste après l'intervention sur place de l'entreprise responsable du réseau (voir Annexe 5), car le type de situation d'urgence a alors été déterminé. Dans le cas de l'autorégulation du système par une première réaction automatique (la mise automatique en mode captage, fonction 2.3-1), cette intervention fait partie du sous-processus, c'est pourquoi elle n'apparaît pas sur le processus général.

Une fois toutes les actions de rétablissement du service effectuées, la chaîne de retour d'information est modélisée. Ainsi, une première branche avec l'opérateur logique « ET » permet de systématiser le retour d'expérience (2-5) après les différentes situations d'urgence, ainsi que d'informer la ville de la situation (2-2). L'entreprise responsable du réseau doit alors créer (2-4) et émettre les rapports d'évènement à la Ville (2-6) et, si des débordements dans les eaux sont survenus, ils doivent émettre un rapport de débordement au Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (2-3). Cette condition est modélisée par l'opérateur logique « ET » et en mettant une condition sur l'évènement.

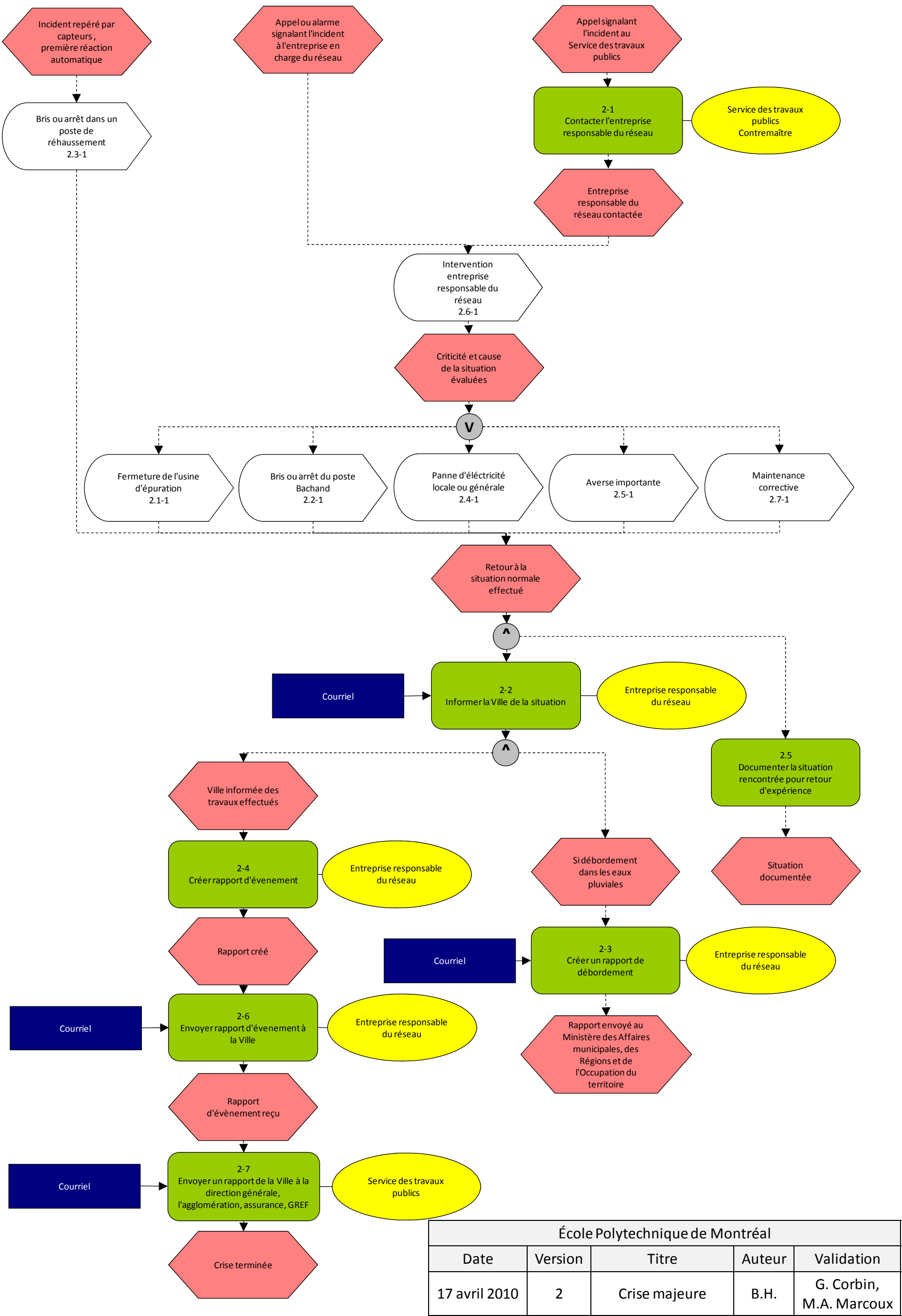


Figure 3.1 Processus général de la gestion des situations d'urgence

3.1.1 Fermeture de l'usine d'épuration

Dans le cas de la fermeture de l'usine d'épuration présentée dans l'Annexe 6, le poste Bachand, qui est le seul à refouler vers le CERS, est immédiatement mis en mode captage par télémétrie (fonction 2.1-1), depuis l'usine d'épuration du CERS elle-même, permettant ainsi le déversement des eaux usées dans le fleuve. Ensuite, selon la durée de l'arrêt de l'usine d'épuration, et dans le but d'éviter la concentration de déchets au poste Bachand, le service des travaux publics gère la situation en attendant la remise en marche de l'usine (2.1-4), ou place en mode captage tous les postes de rehaussement (fonction 2.1-3), ce qui provoque le déversement des eaux usées dans le fleuve. La remise en fonctionnement normal des postes de rehaussement (fonction 2.1-6) suit la remise en marche de l'usine d'épuration (2.1-5).

3.1.2 Bris ou arrêt du poste Bachand

Lors d'un bris ou arrêt du poste Bachand présenté dans l'Annexe 7, un avis est émis par le service des travaux à l'usine d'épuration et l'évaluation du temps d'arrêt, selon le rapport d'intervention de l'entreprise responsable du réseau, est réalisée (2.2-1). La mise en mode captage des postes de rehaussement est effectuée selon la durée d'arrêt (2.2-2), comme pour le cas de fermeture de l'usine d'épuration, et parallèlement la maintenance corrective est réalisée sur le poste défaillant (voir Annexe 10). Une fois le poste Bachand remis en marche (2.2-5), les postes de rehaussement sont remis en mode de fonctionnement normal (2.2-6), comme précédemment.

3.1.3 Bris ou arrêt dans un poste de rehaussement

Un bris ou arrêt dans un poste de rehaussement présenté dans l'Annexe 8 engendre la mise automatique des pompes en mode captage (2.3-1). L'intervention de l'entreprise responsable du réseau suit cet événement (voir Annexe 10), et, selon l'analyse sur la durée d'intervention (2.3-2), le mode captage est maintenu ou arrêté (2.3-5) pendant que la maintenance corrective est réalisée (Annexe 5). Lors d'une telle situation, la Ville met à disposition un camion dit « récurer » permettant le pompage d'urgence de la station (2.3-3), en évacuant les eaux usées dans une bouche d'égout proche. Cette solution permet de mener ces eaux vers un autre poste de rehaussement en marche. Une fois les réparations effectuées, la remise en mode de

fonctionnement normal des postes de rehaussement est effectuée et le personnel et matériel sont démobilisés (2.3-4 et 2.3-6).

3.1.4 Panne d'électricité locale ou générale

Une panne d'électricité locale ou générale, présentée dans l'Annexe 9, voit d'abord l'évaluation du stock de pompes et génératrices disponibles (2.4-1), dans le but d'avoir le matériel suffisant lors de l'intervention. Le processus de vérification est présenté dans la suite de cette partie. Une fois cette évaluation effectuée, la priorisation des postes est réalisée (2.4-3), processus qui est également décrit plus loin. Les postes sont ainsi gérés les uns après les autres par le service des travaux publics avec un degré de priorité. Les postes possédant une génératrice de secours, bien qu'indépendants face à la situation rencontrée, doivent tout de même faire l'objet d'une vérification du niveau d'essence dans la génératrice (2.4-8). Une fois l'électricité de retour, on débranche les pompes et génératrices (2.4-14), puis l'entreprise responsable du réseau effectue la tournée complète des installations (2.4-15), au cas où certains postes aient subi des dommages pendant la panne ou la remise en route, nécessitant une action de maintenance corrective.

3.1.5 Averses importantes

Les averses importantes, présentées dans l'Annexe 10, proposent le même déroulement que le cas précédent, mais la mise en marche automatique des pompes de captage lors de la montée des eaux dans le réseau diffère (2.5-4), et nul besoin d'une vérification de l'essence disponible dans la génératrice de secours.

3.1.6 Cas divers

Le cas des accidents divers, qui est également celui de la maintenance corrective, est présenté dans l'Annexe 4. La maintenance corrective est effectuée par l'entreprise responsable du réseau, cependant, après l'évaluation des causes de la situation d'urgence (2.7-1), trois cas se distinguent :

- l'entreprise responsable du réseau peut réparer;
- besoin de l'intervention d'un sous-traitant;
- la Ville doit intervenir.

Dans les cas où l'entreprise privée ou le sous-traitant répare le bris, une demande de validation des coûts doit d'abord être effectuée auprès de la Ville, présentée dans l'Annexe 2, et une branche parallèle avec un opérateur logique « ET » permet de modéliser le contrôle de la Ville sur les actions entreprises par ces intervenants, correspondant à un sous-processus, présenté dans Annexe 3. Dans le cas de l'intervention de la Ville, le matériel utilisé est automatiquement recommandé (2.7-9). La reprise du fonctionnement normal est effectuée après la réparation par l'entreprise responsable du réseau ou du service des travaux publics (2.7-5, 2.7-10), ou encore après que le sous-traitant se soit déplacé et ait réparé (2.7-3). Cette tape de réparation est suivie du retour d'information vers la Ville (2.7-4).

Dans les différents cas présentés ci-dessus, on peut différencier deux types de gestion dans les sous-processus :

- la gestion selon la durée d'intervention;
- la gestion selon le type d'installation touchée.

3.1.7 Gestion selon la durée d'intervention

La gestion par durée d'intervention se présente dans les trois premiers sous-processus, et est modélisée par l'intermédiaire d'un opérateur logique qu'est le « OU EXCLUSIF ». Ainsi selon l'évaluation de la situation (2.1-8, 2.2-1 et 2.3-2), on passe par l'un ou l'autre des chemins où la gestion opérationnelle est différente. Dans le cas où la situation d'urgence évaluée comme courte se complique et que la durée d'intervention devient suffisamment grande pour changer de mode opératoire, un autre opérateur logique « OU EXCLUSIF » permet le passage de la situation courte à la situation longue plus critique, comme le montre la Figure 3.2.

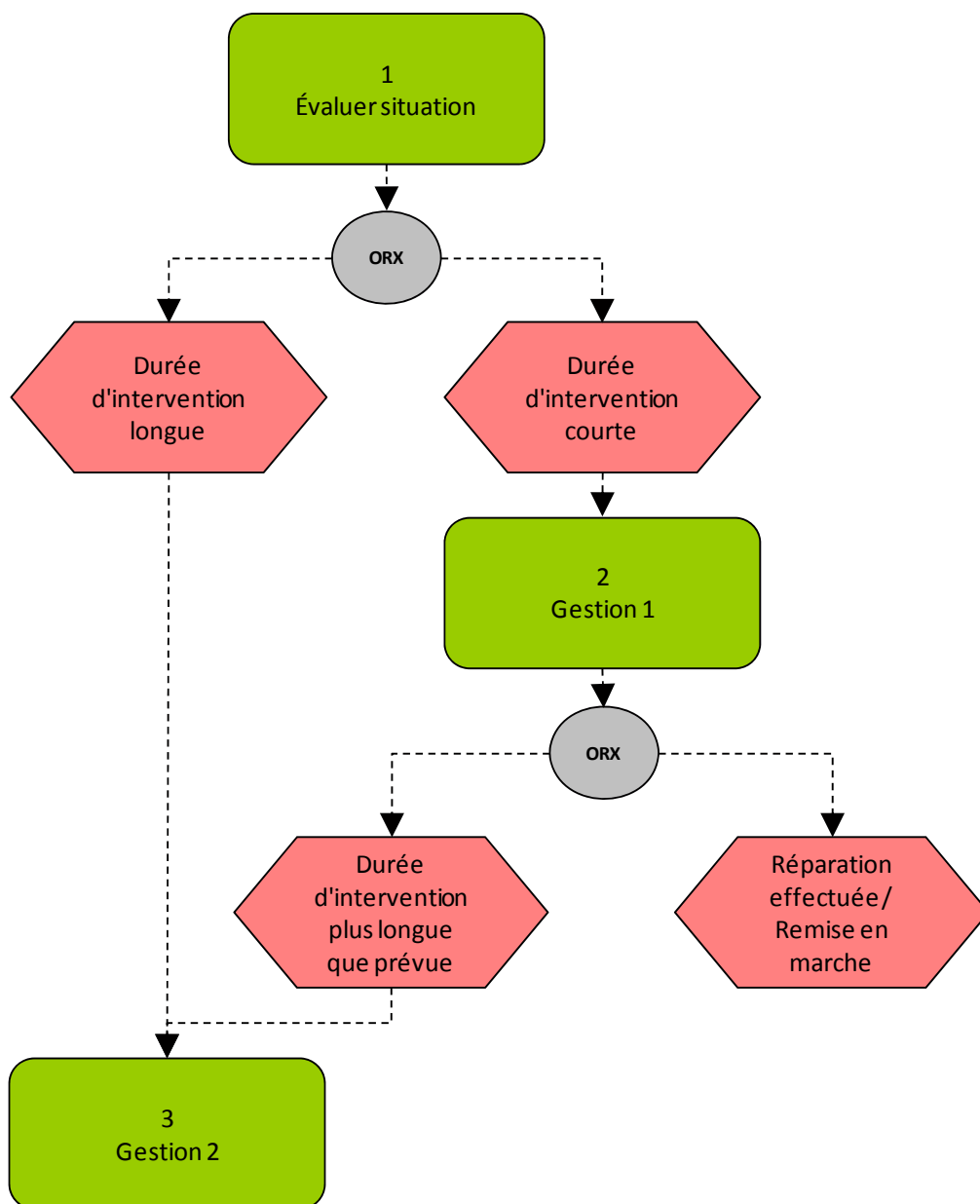


Figure 3.2 Gestion par durée d'intervention

3.1.8 Gestion selon le type d'infrastructure

La gestion selon le type d'installation touchée correspond à une priorisation des interventions sur les postes ne possédant pas de clapet. Ces interventions nécessitent l'utilisation de pompes ou de génératrices. Ainsi, les processus comprennent une évaluation du nombre de pompes et génératrices disponibles pour l'intervention (2.4-1 et 2.5-1), et dans le cas où ce

nombre n'est pas suffisant, une demande est faite à l'agglomération ou aux sous-traitants qui en possèdent (2.4-2 et 2.5-2). Cette vérification du stock disponible est présentée à la Figure 3.3.

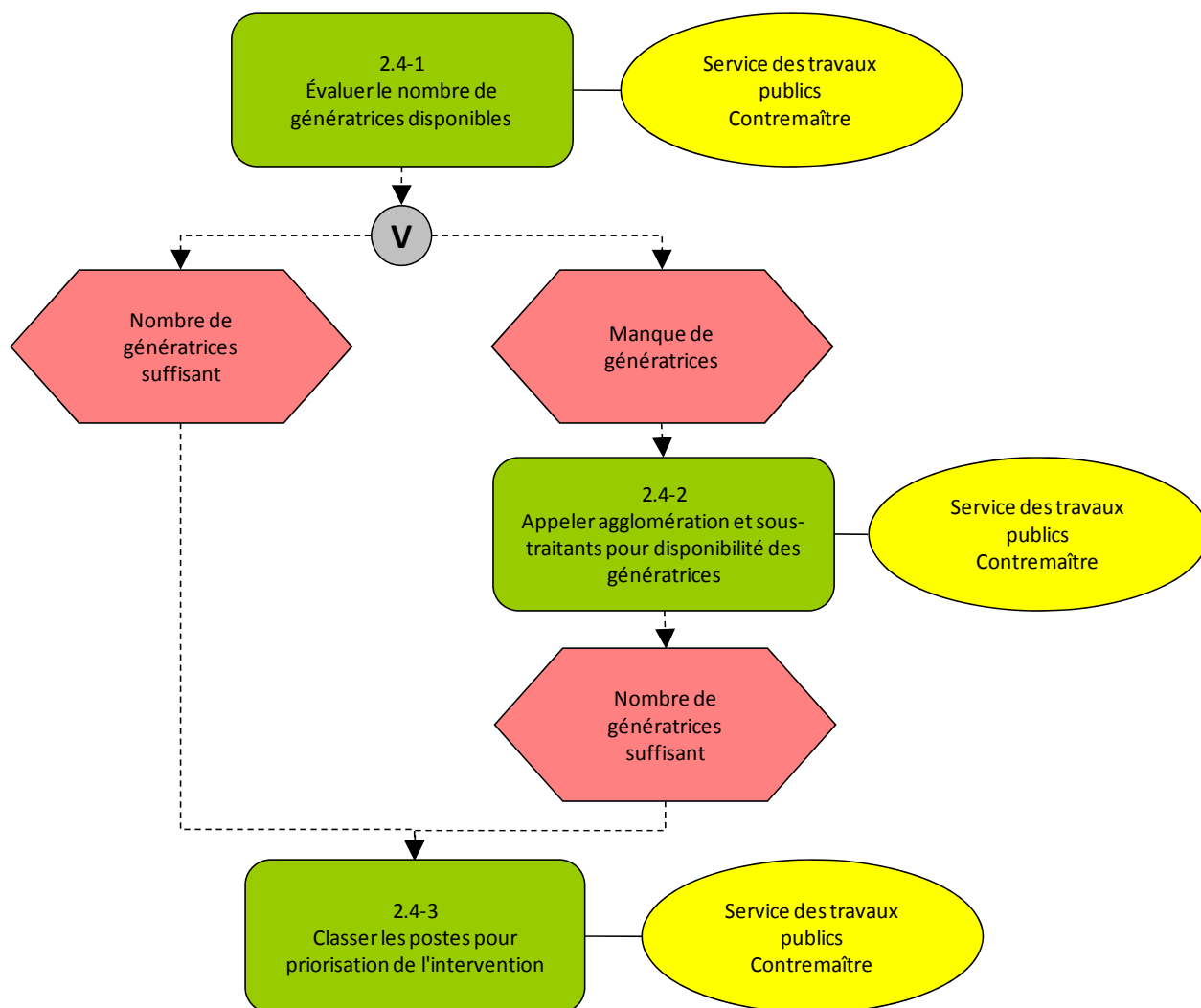


Figure 3.3 Évaluation du stock disponible

La suite de cette évaluation du stock disponible est la classification des postes pour prioriser les interventions (2.4-3 et 2.5-3). En effet, les postes qui ne possèdent pas de « trop-plein » sont susceptibles de déverser les eaux usées au milieu des habitations. Les postes possédant ce « trop-plein » permettent quant à eux à l'eau qui atteint le seuil de débordement de se déverser dans les eaux pluviales, mais alors on ne peut pas calculer le volume évacué. C'est pourquoi il est prioritaire de gérer ces postes sans « trop plein », puis ensuite seulement gérer les postes qui en possèdent un. Cette priorisation est modélisée par une séparation de ces postes avec l'opérateur logique « ET », et d'une attente que les postes sans « trop-pleins » soient gérés avant

de s'occuper des autres. Cette attente est montrée à la Figure 3.4. Les postes avec « trop-plein » sont ensuite divisés en deux catégories, ceux qui ont besoin d'une génératrice (ou pompe) permanente et ceux qui ont besoin d'une mobile. La permanente permet d'évacuer constamment l'eau dans les postes où le débit est important, la mobile permet aux employés de faire des tournées des postes et de les vider les uns à la suite des autres, car il n'y a pas de risque de débordement.

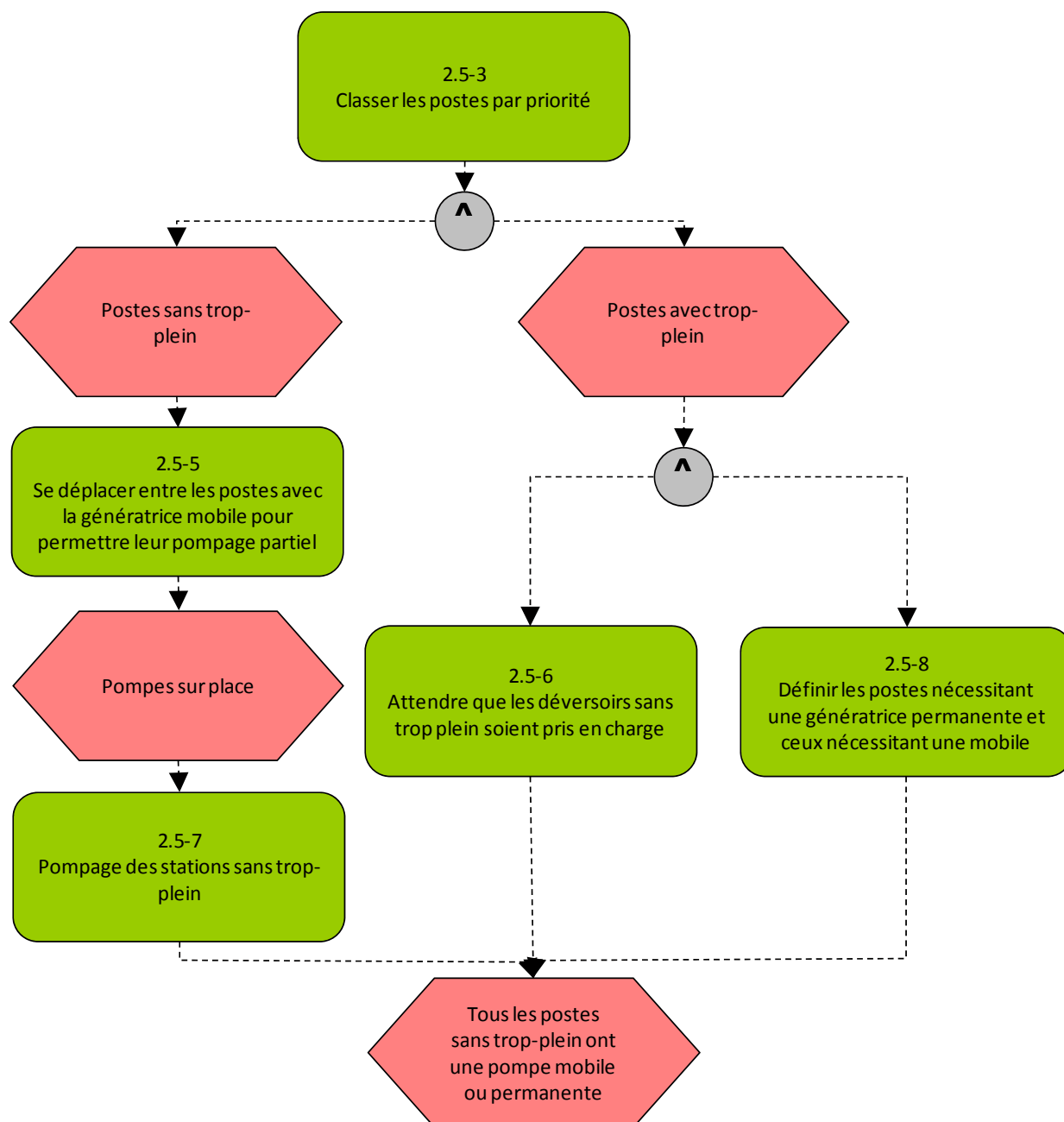


Figure 3.4 Priorisation des postes

Dans ces cas de gestion par priorisation, l'évènement initial ne constitue pas un bris ou un arrêt, mais une panne ou des averses importantes. Il est nécessaire, après leur gestion respective d'effectuer une tournée des postes (2.4-15 et 2.5-9), pour vérifier si aucun bris n'est apparu pendant ces situations d'urgence. Dans le cas de bris observé, la maintenance corrective est effectuée par l'entreprise responsable du réseau. Cette tournée des postes est présentée à la Figure 3.5.

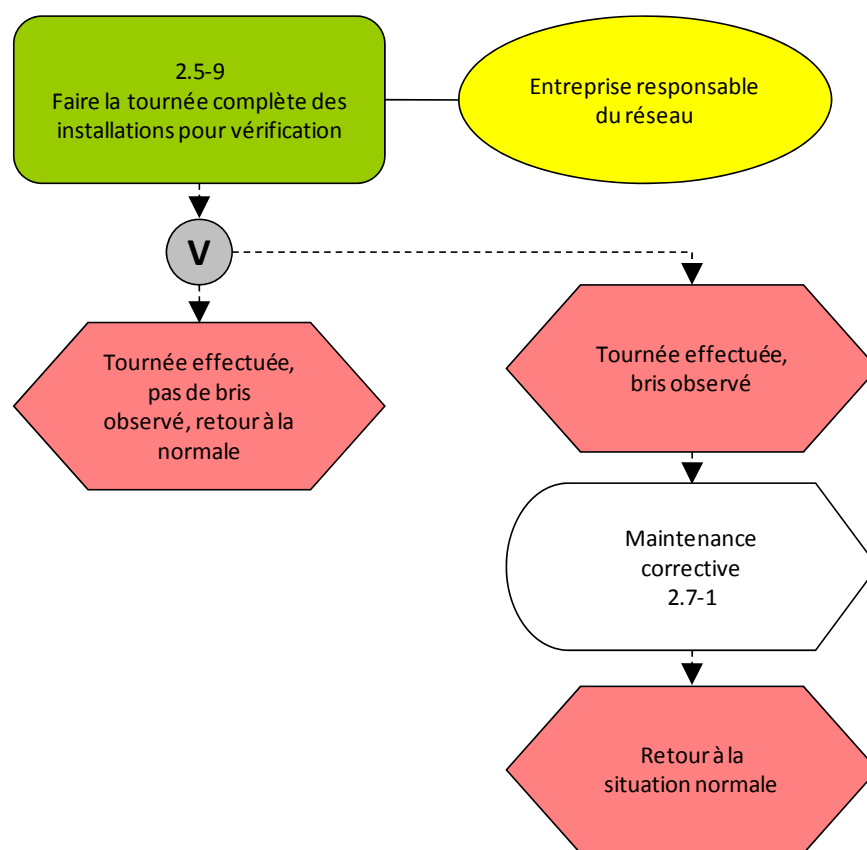


Figure 3.5 Tournée des postes après le retour à la situation normale pour vérification

3.2 Analyse critique basée sur la littérature

La cartographie des processus étant désormais réalisée, l'analyse critique du processus et de ses sous-processus doit être effectuée afin de pouvoir déterminer la criticité des éléments le constituant. Chaque sous-processus de cette cartographie représente les situations d'urgence que rencontrent les services publics de la ville de Boucherville. En effet, la ville de Boucherville subit des événements non planifiés et imprévus, et met en place les moyens humains et matériels afin

de pouvoir retourner à la situation normale. Ces perturbations mènent donc à un mode de fonctionnement perturbé des services publics, qui implique la gestion de ces perturbations à l'échelle de la Ville, et donc la gestion des situations d'urgence comme nous les avons définies dans la revue de littérature. Ces définitions des perturbations et situations d'urgence correspondent totalement à celles présentées en revue de littérature.

Dans un premier temps, un tableau comparatif, présenté au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, est créé pour analyser les processus et sous-processus indépendamment. Cela a pour but de déterminer les éléments sensibles aux différents concepts définis en revue de littérature, et de définir un axe d'étude pour trouver les éléments qui sont plus critiques et pour lesquels une proposition d'indicateurs de performance est présentée dans le chapitre suivant.

Chaque processus et sous-processus représente globalement la planification de la continuité opérationnelle, car les opérations de maintenance corrective menant au rétablissement du fonctionnement normal sont réalisées à travers chaque processus.

Les concepts d'agilité, de résilience et de robustesse peuvent être évalués dans tous les processus et sous-processus. Ils sont définis à travers les moyens de communication, de l'alarme qui contribue à l'agilité, aux acteurs nombreux ou à l'appel des citoyens pour prévenir que les impacts d'une panne sont survenus, diminuant les différents niveaux des trois concepts.

Dans le processus principal, la vulnérabilité des infrastructures est représentée grâce aux sous-processus définissant les différentes situations d'urgence rencontrées. La gestion des risques est réalisée avec la cartographie réalisée, qui est un outil d'aide à la décision, en représentant les différents scénarios et le retour d'expérience mis en place. Cette gestion s'inscrit également dans la gestion des risques proposée par Wybo (2004). L'agilité, la résilience et la robustesse sont neutres à cause des moyens de communication : l'alarme contribue directement à l'agilité des processus alors que l'appel des citoyens empêche une réaction rapide.

	Processus principal	Fermeture usine épuration	Bris ou Arrêt poste Bachand	Bris ou arrêt poste rehauss.	Panne électricité locale/générale	Averses importantes	Panne diverses
Vulnérabilité	+				+	+	
Gestion des risques	+						
Agilité	+	-	-	+	-	+	-
Résilience	o	-	-	-	-	-	-
Robustesse	o	+	+	+	+	+	-
Aide à la décision	+	+	+	+	+	+	+
Retour d'expérience	++						
Planification des opérations	+	+	+	+	+	+	+

++ Effets très positifs

+ Effets positifs

o Les effets s'annulent

- Effets négatifs

Tableau 3.1 Évaluation des processus vis-à-vis des concepts de la revue de littérature

Ce tableau permet de voir que les sous-processus sont différents les uns des autres et ne possèdent pas les mêmes caractéristiques. Cela est compréhensible dans le sens où les actions effectuées pour le retour à la situation normale diffèrent selon les cas rencontrés. L'analyse

quantitative de ce tableau est réalisée dans la partie 4.2 de ce mémoire. Cette première étude selon les processus permet cependant d'identifier les composants qui ont un impact sur les aspects de la gestion des situations d'urgence. Ainsi, quatre éléments ont été identifiés :

- la cartographie réalisée;
- les acteurs;
- les communications;
- les infrastructures.

3.2.1 Cartographie

La cartographie réalisée est la modélisation des processus effectifs de l'entreprise à l'aide d'une méthode graphique, qui, comme présentée en revue de littérature, a pour caractéristique d'être intuitive et explicite, et est compréhensible et utilisable par un public large, même sans connaissances techniques (Gotz et al., 2009; Rajabi & Lee, 2009). Ainsi, la cartographie permet aux services publics de Boucherville de visualiser directement toutes les étapes nécessaires au rétablissement face à une situation d'urgence. En effet, chaque sous-processus représente une situation d'urgence et montre sans ambiguïté l'ensemble des actions à entreprendre par les différents intervenants. Cette cartographie permet ainsi d'être un véritable outil à la fois d'aide à la décision et de pilotage. C'est en cela que la cartographie a un impact important d'une part sur la résilience, car les étapes sont présentées sans ambiguïté, permettant un retour rapide à la situation normale, et d'autre part sur la robustesse, car elle recense les actions permettant de gérer au mieux la situation et donc de minimiser les impacts ressentis sur les citoyens. En automatisant les actions à entreprendre depuis l'évènement déclencheur jusqu'au retour à la normale, la cartographie permet une réaction rapide face à un évènement imprévu, ce qui connote également un niveau d'agilité important.

La cartographie réalisée propose donc l'identification des risques associés aux infrastructures ainsi que les scénarios mis en place afin de permettre un retour à la situation normale optimal lors de l'intervention. Ces scénarios sont les sous-processus correspondant aux différentes situations rencontrées lors des situations d'urgence. De plus, le retour d'expérience est réalisé à Boucherville de façon informelle. Cette façon de gérer l'information n'est pas efficace, car un nombre limité de personnes prend note de la manière dont la situation d'urgence a été

gérée, et les autres n'ont pas accès à cette aide précieuse qui pourrait leur être grandement utile s'ils rencontrent un même évènement. Désormais grâce à la cartographie des processus, le retour d'expérience est créé de façon systématique à la fin de chaque situation d'urgence. Ainsi, en documentant les situations rencontrées, on peut mieux cerner les causes et mécanismes qui peuvent conduire à des améliorations ou des défaillances du système, comme le souligne l'IRMa (2010), ce qui permet alors de corriger le déroulement des opérations dans le but d'atteindre la robustesse, l'agilité et la résilience qui font du service public un service très efficace dans sa gestion des situations d'urgence.

L'exploitation des services publics de la ville de Boucherville observée n'a pas de véritable gestion des risques dans la définition de Auld et al. (2006). En effet, le cycle de vie qui définit la gestion des risques est ici démembré : les étapes sont prises les unes séparément des autres et on favorise l'intervention et le rétablissement plutôt que la prévention et la préparation. Malgré ce constat, le présent projet consiste en grande partie en l'étape de préparation de ce cycle, afin de permettre l'efficacité des interventions. La cartographie des processus devient ainsi un outil de la gestion des risques. Ainsi, avec la mise en place d'un retour d'expérience systématique plutôt qu'informel, notre projet s'adapte parfaitement au modèle de gestion des risques de Wybo (2004) : l'anticipation correspond à l'identification des perturbations et la mise en place de la cartographie des processus, la vigilance par le fait que Boucherville anticipe les perturbations (envoyer des équipes vider le réseau quand des forts orages sont prévus pour faire descendre le niveau et mieux recevoir l'eau, se préparer au dysfonctionnement d'un poste après avoir remarqué sa tombée en charge...), la gestion des urgences par l'intervention présentée dans la cartographie et enfin le retour d'expérience qui permet de documenter les cas jamais rencontrés et de réitérer le cycle.

La cartographie réalisée fait partie de la planification de la continuité des opérations, car elle automatise les tâches à entreprendre pour effectuer le retour à la situation normale. Elle rejoint donc totalement la définition de Hiles (2007) pour lequel cette gestion de la continuité de la planification est un système de gestion permettant l'amélioration de la sécurité et de la résilience pour répondre immédiatement et efficacement à un incident majeur.

3.2.2 Acteurs (intervention, tps)

À travers son partenariat public/privé basé sur un appel d'offres public, la ville de Boucherville a transféré la maintenance de ses infrastructures à son partenaire privé, ce qui implique une diminution des risques et des moyens de la Ville pour se focaliser sur les compétences essentielles (MacGillivray et al., 2006) que sont la qualité du service fourni et la satisfaction client. Boucherville garde cependant le contrôle sur les actions de son partenaire privé lorsque des coûts supplémentaires sont impliqués ou que la maintenance est effectuée par l'entreprise responsable du réseau, car cela va dans l'optique des mêmes compétences essentielles. La gestion des risques est effectuée par le partenaire, qui effectue des tournées des postes deux fois par semaine pour faire des vérifications visuelles et afin d'être vigilant face à l'apparition d'évènement sur le réseau. Certains de ces évènements sont connus grâce au retour d'expérience, qui permet d'être vigilant à des indices de situations diverses, par exemple la montée du niveau d'eau dans le réseau lorsque de grosses averses sont prévues. Ainsi en suivant les étapes d'anticipation, de vigilance, de réponse aux situations d'urgence et de retour d'expérience, l'entreprise responsable du réseau effectue la gestion des risques comme le définit Wybo (2004).

En se focalisant sur les compétences essentielles et en laissant le partenaire privé gérer exclusivement le réseau d'eaux usées, les services publics assurent l'agilité des processus vis-à-vis des situations d'urgence dans le réseau. En effet, le partenaire est celui qui intervient sur les lieux dans les premiers instants. En cas de besoin de pompe ou de génératrice, la Ville peut faire appel à l'agglomération ou à des sous-traitants. De même lors d'une panne générale, l'entreprise responsable du réseau doit vérifier le bon fonctionnement des postes, mais en cas de manque de personnel, la Ville peut leur en mettre à disposition. Ainsi, la collaboration avec les fournisseurs pour obtenir du matériel ou des ressources supplémentaires rapidement offre une certaine sécurité, favorisant alors la robustesse et la résilience.

Cependant, la totalité des opérations de maintenance n'est pas déléguée dans le PPP, ce qui oblige l'entreprise responsable du réseau de se déplacer sur les lieux de l'incident dans le but d'évaluer la situation dans un premier temps, et suite à cette évaluation d'intervenir ou de faire appel à Boucherville ou à un sous-traitant. Lorsque l'intervention nécessite les moyens de la Ville ou du sous-traitant, ces derniers doivent à leur tour se déplacer sur les lieux de l'incident, ce qui

augmente le temps d'intervention. L'évaluation de la situation représente également une augmentation du temps d'intervention, car elle conditionne les étapes de retour à la situation normale qui ne sont pas exactement les mêmes selon la situation, mais aucune action n'est effectuée pendant cette période. Ainsi, on assiste à une certaine lenteur des processus de décision due à l'augmentation du nombre d'intervenants, ce qui a des conséquences négatives sur la robustesse et la résilience.

3.2.3 Communications

Le système de prévention par alarme permet à l'entreprise responsable du réseau d'être au courant d'une défaillance dès son apparition, et ainsi de réagir rapidement en se déplaçant immédiatement sur les lieux de l'incident. Ainsi, l'alarme contribue directement à l'agilité du processus, car la situation d'urgence est prise en charge dès l'apparition de la défaillance même. Cela offre également une certaine sécurité aux citoyens, car les opérations de retour à l'état normal sont alors réalisées rapidement. Ainsi, malgré la situation d'urgence, les effets indésirables peuvent ne pas être ressentis, ou peu, par les citoyens, et le service peut maintenir son efficacité, ce qui donne un niveau de robustesse important comme le montre la définition retenue dans la revue de littérature. Il en va de même de la résilience, car les opérations menées plus tôt provoquent un retour à la normale plus rapide.

À l'inverse, le fait d'être prévenu par l'appel d'un citoyen connote le fait que ce dernier a déjà été touché par les effets indésirables de la perturbation. L'évènement perturbateur n'est pas pris en charge tout de suite après son apparition et ses conséquences se sont étendues jusqu'à se faire remarquer par un citoyen, qui par son appel déclenche la situation d'urgence. Cela signifie que ce mode d'alerte ne permet pas au processus d'être agile ou robuste. La résilience est également touchée de façon négative par ce mode d'alerte qui augmente considérablement la durée entre l'apparition discrète de l'évènement et le rétablissement du fonctionnement normal.

L'augmentation du nombre d'intervenants vue précédemment implique également l'augmentation du nombre de communications et de correspondants pour une même situation d'urgence. Ainsi, l'entreprise responsable du réseau ne peut pas effectuer d'opérations impliquant des coûts sans l'accord de Boucherville, cela provoque une durée de non-action pendant laquelle la demande pour les coûts auprès du contremaître des services public s'est effectuée. En considérant que la reprise normale du fonctionnement des services publics est effective lorsque

tous les rapports ont été effectués, l'augmentation des intervenants implique une multiplication des rapports et de leur transmission, ce qui augmente la durée pendant laquelle le fonctionnement normal n'est pas rétabli, bien que cela se passe dans les bureaux et non sur le terrain où la crise a été gérée. Ces communications sont en général succinctes, mais elles représentent un frein à la résilience et à la robustesse, car les actions nécessaires au rétablissement de la situation ne sont pas entreprises directement.

3.2.4 Infrastructures

Les perturbations considérées dans cette étude sont d'ordre différent. En effet, les bris ou blocages des pompes des stations de rehaussement sont plus courants que les autres perturbations et représentent des variations moins importantes du mode de fonctionnement habituel pour l'entreprise responsable du réseau qui effectue des tournées d'observations visuelles des installations deux fois par semaine. Cela représente un aléa tandis que les autres perturbations rencontrées ont une plus faible probabilité d'occurrence, mais un impact important, représenté par le débordement, qui se rapproche alors plus des dangers selon les définitions de Klibi et al. (2010). Ces dangers sont dans notre cas issus de dysfonctionnements ou de météos sévères, ce qui recoupe deux des trois catégories présentées par Grigg (2000), la troisième correspondant aux menaces de l'homme n'est pas représentée bien que le vandalisme puisse également être à l'origine d'un dysfonctionnement du matériel en service. Les perturbations que présente Le Gauffre (2007) ne semblent pas être adaptées à notre étude, qui se limite à deux de ses douze propositions : les débordements et déversements anormaux. Ainsi, le cadre d'étude générale de Grigg (2000) semble plus coller à notre étude, axée sur les infrastructures, que celui de Le Gauffre qui est trop précis.

La mise automatique des postes de rehaussement en mode captage lors des bris ou arrêt au niveau de ces mêmes postes offre une agilité importante, car cette première réaction permet de canaliser la situation en attendant l'arrivée des équipes de maintenance. Ainsi en évitant un éventuel impact sur les citoyens ou l'environnement, ce basculement automatique offre une bonne robustesse dans la gestion des situations d'urgence.

Au niveau de ces infrastructures, les postes ne possédant pas de « trop-plein » sont beaucoup moins prédisposés face à l'augmentation rapide des eaux dans le réseau que les postes avec « trop-plein ». Ainsi, la vulnérabilité de ces postes est élevée selon la définition de Ezell

(2007) présentée en revue de littérature. Cette vulnérabilité est prise en compte par la priorisation des opérations de rétablissement du service lors des opérations de rétablissement du service dans les situations d'urgence concernant l'ensemble du réseau. Cette priorisation permet de prendre en charge les postes critiques, car un débordement au niveau de ces postes peut causer des dommages et des nuisances aux citoyens environnants. Les postes avec « trop-plein » permettent quant à eux l'évacuation des eaux usées dans les eaux pluviales, mais on ne peut pas mesurer le volume d'eau évacué.

Les infrastructures disposent ainsi de sécurités, les postes de rehaussement possèdent tous deux pompes au cas où l'une tomberait en panne, les réservoirs permettent de faire tampon et les clapets permettent l'évacuation de l'eau dans les eaux pluviales lors d'une montée importante de son niveau dans le réseau. Cela permet d'atténuer en partie voire complètement les effets indésirables causés par une situation d'urgence, ce qui offre un niveau de robustesse important. En effet, l'absence de tels dispositifs ne permettrait pas de canaliser les perturbations en attendant que les actions de rétablissement soient entreprises, et les citoyens ressentiraient les effets indésirables peu après l'apparition de l'évènement perturbateur. De plus, en étant prédisposé face aux évènements perturbateurs, les infrastructures connotent un niveau de vulnérabilité moindre.

Les phases d'attente sont parfois dépendantes d'autres infrastructures qui ne sont pas sous la responsabilité de la ville de Boucherville. Ainsi, l'arrêt de la station d'épuration engendre une situation d'urgence et la gestion du réseau doit s'effectuer en attendant sa remise en route. Cet évènement extérieur conditionne la suite des actions à entreprendre et sa durée reporte d'autant plus le moment où le mode de fonctionnement normal sera rétabli. En effet, cette gestion représente un temps passif plutôt qu'actif, car le passage en mode captage des pompes est réalisé et le personnel doit surveiller que tout se passe bien pendant cette période. Ainsi, les équipes intervenant sur les lieux de la situation ne peuvent rien faire pour optimiser le retour à l'état normal, mais seulement contrôler que rien ne se passe pendant la durée de la perturbation. Ce contrôle permet au système d'être robuste, tandis que l'attente de la remise en marche de l'infrastructure externe s'oppose à sa résilience.

La tournée des postes effectuée par l'entreprise responsable du réseau à la fin du sous-processus d'averses importantes ou de celui de panne d'électricité s'inscrit dans l'optique de

vigilance vue précédemment dans la gestion des risques et permet d’être très réactif s’il y a un problème sur les infrastructures, offrant alors un niveau de robustesse supplémentaire.

Le Tableau 3.2 résume l’analyse effectuée ci-dessus.

	Processus	Acteurs	Communications	Infrastructure
Perturbation	-			+
Vulnérabilité	-	+	+	-
Gestion des risques	++	+		
Agilité	++	+	+	+
Résilience	++	+	-	-
Robustesse	++	+	-	++
Aide à la décision	+			
Retour d’expérience	++	+	+	
Planification des opérations	+			

Tableau 3.2 Évaluation des axes d’étude vis-à-vis des concepts de la revue de littérature

3.3 Identification des processus critiques

Cette analyse montre que différents points faibles sont mis en avant, mais elle ne permet pas de distinguer un élément distinct critique sur l’ensemble des axes étudiés. Aussi, certaines

composantes sont redondantes dans les différentes faiblesses recensées et peuvent être identifiées vis-à-vis des concepts étudiés en revue de littérature. Cependant, seuls les concepts de réactivité lors des interventions offrent des éléments de comparaison sur les différents plans étudiés. Nous allons ainsi mettre en avant les éléments à surveiller vis-à-vis des concepts étudiés en revue de littérature, c'est-à-dire ceux qui apportent un aspect négatif quant à la réalisation des différents aspects de la réactivité, mais aussi de la vulnérabilité qui est importante en tant que prévention pour les situations d'urgence.

Au niveau de la vulnérabilité, les éléments à surveiller correspondent à la fréquence des pannes, et dans une ampleur moins grande de l'importance des pannes. En effet, une fréquence importante de pannes au niveau d'une infrastructure précise implique l'augmentation de la vulnérabilité, car le système est plus exposé aux risques que si la fréquence était moindre.

En ce qui concerne l'agilité, l'élément qui ressort de l'analyse précédente est le temps de détection de la panne, car c'est la première réaction qui détermine l'ensemble de la gestion des situations d'urgence. Ainsi, une détection automatique, dans le cas de l'alarme, permet une gestion rapide et efficace des situations d'urgence grâce à la cartographie réalisée, tandis qu'une détection non immédiate, par l'intermédiaire de citoyens, empêche les services publics d'agir avant que les perturbations se fassent ressentir par les citoyens et empêche la continuité de service.

La résilience représente la capacité d'une organisation à revenir à l'état initial. Or les temps perdus lors d'attente à cause d'autres infrastructures ou d'avis provenant d'acteurs différents représentent un frein à ce retour à la normale. Ainsi, l'élément à surveiller pour rendre compte de la résilience est le temps d'intervention de la gestion des situations d'urgence.

La robustesse, quant à elle, permet d'amortir les impacts sur les citoyens d'une situation d'urgence en cours, en permettant aux services des travaux publics d'intervenir sans que la continuité de service soit perturbée. Les sécurités provenant des infrastructures favorisent cette robustesse, mais l'augmentation des temps d'attente, tout comme la communication lors de détection d'événements déclencheurs, peuvent aller à l'encontre de la robustesse. Les éléments à surveiller pour ce concept sont donc les temps de détection et d'intervention.

Ainsi, ces éléments à surveiller sont présentés dans le Tableau 3.3, qui rappelle aussi les définitions associées des concepts concernés.

Concept	Définition retenue	Éléments à surveiller dans les processus de gestion des situations d'urgence
Vulnérabilité	La vulnérabilité est la prédisposition d'une infrastructure face à un scénario de menace, le scénario correspondant au lien entre la vulnérabilité et le risque	Fréquence/importance des pannes
Agilité	L'agilité est la capacité d'une organisation à réagir rapidement à une perturbation imprévue menant à une situation d'urgence	Temps de détection de la panne
Résilience	La résilience est la capacité d'une organisation à revenir à l'état original après une perturbation, ou à en trouver un plus désirable	Temps d'intervention
Robustesse	La robustesse est la capacité d'une organisation à maintenir son efficacité lors de perturbations, par la minimisation des résultats indésirables.	Durée des opérations ou attente

Tableau 3.3 Éléments à surveiller dans la gestion des situations d'urgence

CHAPITRE 4 PROPOSITION D'INDICATEURS DE PERFORMANCE

Comme vus précédemment, les services publics de distribution et d'assainissement des eaux ont une responsabilité vis-à-vis des citoyens, de l'environnement et de l'économie locale. Or dans un milieu où les citoyens attendent toujours plus des services publics, ces derniers doivent donc être de plus en plus performants afin d'assurer un service optimum. De plus, le recours aux partenariats privés, recherchés dans un but d'augmentation de l'efficacité du service public, afin que ces services puissent se concentrer sur les compétences qui sont alors jugées essentielles, implique un besoin de mesurer les performances.

Les indicateurs de performance permettent ainsi à la collectivité de communiquer avec les usagers avec plus de transparence, afin de leur faire connaître les enjeux tout en clarifiant le service. Ils permettent également de provoquer des améliorations en repérant les écarts à la normale et en mettant en avant les bonnes actions entreprises. Plus généralement, ils permettent à la collectivité de piloter au mieux la gestion de son réseau. Ce pilotage de la gestion par les indicateurs de performance traduit les objectifs à atteindre par les services publics.

Ainsi, les éléments qui ont été déterminés comme étant à surveiller dans le chapitre 3 doivent faire l'objet d'une mesure, afin de pouvoir vérifier si les objectifs que se sont fixés les services publics sont atteints. Crotty (2003) et Minner (2008) ont présenté 22 indicateurs de performance recommandés et majeurs, dans un but d'amélioration continue, indicateurs qui touchent à la fois au service client, aux opérations, aux choix de l'entreprise. Or, ce chapitre consiste en la proposition d'indicateurs de performance vis-à-vis des processus des situations d'urgence. Nous nous penchons donc plus particulièrement sur les indicateurs permettant de mesurer ces processus.

4.1 Choix des indicateurs et définition

Alegre présente à la Figure 1.24 l'élaboration d'indicateurs de performance comme le lien entre les objectifs de l'entreprise, les stratégies, les facteurs de succès critique et les indicateurs de performance. Aussi comme le montre la pyramide hiérarchique des risques présentés par McGillivray, les services publics sont représentés par trois niveaux qui régissent leur fonctionnement : ce sont les niveaux stratégiques, tactiques et opérationnels. L'évaluation du

fonctionnement des services publics au sein de ces trois niveaux doit pouvoir être effectuée afin de cerner leur efficacité globale. Cela a pour effet de fournir les indicateurs de performance à la fois au niveau de l'exploitation pour améliorer les opérations de maintenance, au niveau tactique afin de piloter l'exploitation, et au niveau stratégique afin d'évaluer la réalisation des objectifs.

Nous proposons ainsi des indicateurs s'agrégeant dans cette échelle, ce qui permet d'évaluer le fonctionnement du service public à tous les niveaux pour les processus concernant les situations d'urgence, afin que chaque acteur, quel que soit son niveau hiérarchique, puisse évaluer la situation vis-à-vis de son niveau de décision. Trois indicateurs de performance au niveau opérationnel sont proposés, deux au niveau tactique et un au niveau stratégique. Les indicateurs de niveau opérationnel sont utilisés par l'exploitation des services publics, les tactiques par la direction générale des services publics de Boucherville, et les stratégiques par le conseil général de la Ville.

L'objectif principal des services publics est de fournir une continuité de service aux citoyens. Ainsi les indicateurs financiers ne sont pas adaptés à notre étude, qui est axée sur les processus des situations d'urgence et leur mise à l'épreuve.

4.1.1 Indicateurs opérationnels

Au niveau opérationnel, nous avons vu dans le chapitre trois que les éléments à surveiller lors de situations d'urgence étaient les temps de détection de la panne, les temps d'intervention et les fréquences des pannes. Aussi, afin de pouvoir mieux mesurer les impacts de ces éléments sur la gestion des situations d'urgence, nous proposons les indicateurs de performance suivant :

- les taux de panne et nombre de panne par station : permettent de mesurer l'état des canalisations et des stations de pompage, et de mettre en avant l'intégrité du système de collection. Pour faire la différence entre les canalisations et les stations de pompage, on sépare cet indicateur en deux distincts qui sont :

Taux de panne des canalisations

$$= \frac{100 \times \text{Nombre total de défaillance des canalisations pendant l'année}}{\text{Longueur totale des tuyaux de canalisation pour les eaux usées (km)}}$$

Nombre moyen de pannes par stations de pompage

$$= \frac{\text{Nombre de débordements pendant l'année}}{\text{Nombre de stations de pompage}}$$

Ces taux et ratio permettent d'être plus vigilant face à une situation d'urgence en connaissant les fréquences moyennes par an. Cela permet également de pointer du doigt les infrastructures qui sont plus vulnérables face aux situations d'urgence, et ainsi de s'inscrire dans l'optique de vigilance de la gestion des risques de Wybo (2004). On obtient ces données à partir des rapports annuels de l'entreprise responsable du réseau, qui a effectué les interventions, ainsi qu'à partir des données de la Ville sur les infrastructures;

- la comparaison des moyennes sur une période donnée du nombre d'accidents détectés par alarme et ceux détectés par une personne physique est également un indicateur pertinent. En effet, un incident détecté par l'appel d'un citoyen est synonyme d'un évènement dont l'impact se fait déjà ressentir sur les citoyens, et de ce fait va à l'encontre des concepts d'agilité et de robustesse dont les services publics ont besoin pour être efficaces. Ainsi par le suivi de cet indicateur de performance, le nombre de situations d'urgence qui auraient pu être évitées si un moyen automatique de détection était mis en place peut être évalué. Cela mène s'il y a lieu à chercher des solutions pour améliorer considérablement le temps de réaction entre l'évènement perturbateur et sa détection. C'est l'entreprise responsable du réseau qui doit mesurer les nombres d'appels, car ils reçoivent tous les appels de citoyens soit directement ou par l'intermédiaire des services publics de Boucherville, ainsi que les alarmes. Si possible cette mesure doit se faire de façon automatique pour plus de fiabilité, par exemple en créant un rapport automatique lorsqu'une alarme est reçue, puis de comparer le nombre de rapport au nombre total d'interventions réalisées;
- le temps moyen de réparation (MTTR) : propose la comparaison des durées d'intervention, calculé pour des évènements de même nature. Cette comparaison permet de situer la performance opérationnelle des services publics ou de l'entreprise responsable du réseau. Il est calculé à partir du temps d'arrêt total, qui

comprend les temps actifs et passifs de maintenance, c'est-à-dire les durées des opérations additionnées à celle des déplacements ou de détection... Le nombre d'arrêts est obtenu dans les rapports annuels de l'entreprise responsable du réseau. Ainsi, en mesurant les temps moyens de réparation, on peut comparer directement les interventions concernant le même incident, et identifier les processus qui ont causé les écarts plus ou moins importants entre les interventions. Cela permet également d'avoir une mesure du niveau de résilience des services publics.

$$MTTR = \frac{\text{Temps d'arrêt total}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

4.1.2 Indicateurs tactiques

Au niveau tactique, on souhaite mesurer les résultats/impacts des opérations de maintenance des situations d'urgence, pour mettre en avant l'amélioration continue de leur gestion. Ainsi, les indicateurs que nous proposons sont les suivants :

- le taux de débordement des égouts dans les locaux des usagers. Il est exprimé en nombre de débordements par millier d'utilisateurs. Cet indicateur s'inscrit dans la mesure de la continuité de service, il permet de mesurer le nombre d'évènements dont les impacts sont subis par les habitants et l'environnement. Les perturbations du service d'assainissement des eaux correspondent à l'ensemble des conditions dans les installations ou dans le système d'assainissement sous le contrôle du service public, soit ici l'incapacité des infrastructures à rejeter ces eaux usées dans le réseau face à la charge du réseau, provoquant le débordement des égouts dans les locaux des usagers. Les exceptions étant faites pour les débordements causés par une tierce personne, cliente ou non du service, par exemple lors d'obstruction ou de non-respect des règles d'utilisation du service. Il est mesuré à l'aide du nombre de plaintes écrites déposées pour demander une indemnisation, en précisant la date, la nature et la cause du sinistre (présumée).

Taux de débordement des égouts

$$= \frac{1000 \times \text{Nombre total de débordement ou d'inondation dans les locaux des usagers}}{\text{Nombre de comptes client actifs}}$$

- le ratio des situations d'urgence, exprimé en pourcents (heures). Cet indicateur permet, en quantifiant ces opérations de maintenance non planifiées, de mettre en avant l'importance de la gestion des situations d'urgence et d'évaluer la pérennité et l'efficacité des infrastructures. Ainsi, ce ratio peut permettre de déterminer si des opérations de réhabilitation ou de renouvellement au niveau des infrastructures sont nécessaires. Ces données sont mesurées par l'entreprise responsable du réseau et disponibles dans les rapports d'intervention.

Ratio des situations d'urgence en pourcent (heures)

$$= \frac{100 \times \text{Heures de maintenance lors des situations d'urgence}}{\text{Heures de maintenance planifiée + corrective}}$$

4.1.3 Indicateur stratégique

Au niveau stratégique, les objectifs généraux sont d'assurer la pérennité du patrimoine et la continuité du service. Ainsi, les élus doivent pouvoir suivre les investissements dédiés à l'augmentation de la fiabilité du réseau. Ces investissements permettent à la fois de maintenir la pérennité et d'améliorer l'efficacité des installations dans le but d'optimiser la continuité de service. C'est le taux de renouvellement du système, exprimé en pourcents, qui permet de mesurer le taux pour lequel le service public répond à ses objectifs en matière de renouvellement ou remplacement des infrastructures. Les données nécessaires à la réalisation de cet indicateur se trouvent dans les rapports publics issus du conseil général de la Ville, qui gère administrativement et financièrement les investissements réalisés dans le renouvellement des classes d'actifs du réseau d'assainissement. Les dépenses réalisées dans le cadre du renouvellement sont disponibles grâce aux factures à la direction générale des travaux publics.

Taux de renouvellement du système (%)

$$= \frac{100 \times \text{fonds réservés ou dépensés dans des} \frac{\text{renouvellements}}{\text{remplacements}} \text{de classe d'actifs}}{\text{Dépenses proportionnelles annuelles requises pour} \frac{\text{renouveler}}{\text{remplacer}} \text{cette classe d'actifs}}$$

Ces indicateurs définissent le fonctionnement des services publics selon les axes analysés. Cependant, il nous faut maintenant mesurer les processus en eux-mêmes.

4.2 Indicateurs de performance des processus

Reprenons le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** afin d'analyser les processus tout en gardant en objectifs les concepts de réactivité des situations d'urgence, et de proposer des indicateurs de performance pour mesurer leur efficacité ou criticité. En effet, chaque processus et sous-processus est ponctué d'actions plus ou moins nombreuses, d'attentes relatives à ces actions ou à d'autres éléments externes, d'évaluations... Ainsi en quantifiant ces éléments, nous pouvons comparer les processus entre eux et les évaluer.

Pour chaque situation rencontrée, le déroulement des actions et événements est présenté dans le processus général (voir Figure 3.1) et chaque cas rencontré commence par l'intervention de l'entreprise responsable du réseau. Cette intervention a été mise sous forme de sous-processus, afin de ne pas la répéter dans tous les cas, et compose la première (sauf si on a un automatisme de la réaction) composante de chaque cas. Comme cette intervention concerne chaque sous-processus, elle ne permet pas une comparaison entre eux, nous la considérons donc comme étant une partie du processus principal, même si elle n'y apparaît pas pour le cas de bris ou d'arrêt d'un poste de rehaussement.

4.2.1 Réactions automatiques

Les réactions automatiques recensées dans les processus ne permettent pas un retour à la situation normale rapide, mais proposent une première réaction autonome capable de temporiser les effets indésirables en attendant l'arrivée de l'entreprise responsable du réseau pour son intervention. Cette temporisation permet d'éviter les impacts sur la population et de fournir une robustesse certaine au processus de gestion des situations d'urgence. On peut ainsi étudier par processus les réactions automatiques ou non pour donner une idée de l'état de résilience des processus.

Ainsi, on peut retrouver ces réactions automatiques dans le processus général avec les alarmes (voir Figure 3.1), dans le processus de bris ou d'arrêt d'un poste de rehaussement (voir Annexe 8, 2.3-1) et dans le processus d'averses importantes (voir Annexe 10, 2.5-4). Les alarmes du processus principal permettent, comme nous l'avons montré au paragraphe 3.2.3, de

contribuer fortement à l'agilité des processus en signalant une perturbation dès son apparition et en permettant une intervention immédiate. Cependant, les modes de détection des situations d'urgence peuvent aussi passer par l'appel des citoyens, et donc l'impact est déjà ressenti par ces derniers, d'où un niveau moins élevé d'agilité, résilience et robustesse. La deuxième réaction automatique recensée est la mise en captage automatique des pompes lors d'un bris ou arrêt d'un poste de rehaussement (2.3-1), afin d'éviter la montée des eaux dans le poste par l'évacuation dans le fleuve. Dans le cas où la pompe du poste est concernée par un bris, la pompe de sécurité est celle qui est mise en mode captage. Dans le cas des averses importantes, la mise automatique des pompes en mode captage est également réalisée (2.5-4), mais pour une cause différente. En effet, c'est uniquement grâce à un certain seuil du niveau d'eau que les pompes se mettent automatiquement en mode captage. Cela ne se produit donc pas forcément au début de l'évènement, mais contribue à la robustesse du processus comme dit précédemment, en permettant d'éviter les débordements lors de la montée rapide du niveau des eaux.

Les temps induits par les déplacements sont des temps de non-action, et les réactions automatiques permettent de transformer ces temps passifs en temps actifs. Les processus ne possédant pas de réactions automatiques sont plus vulnérables et la robustesse n'implique alors que l'efficacité des opérations de gestion des situations d'urgence. Cependant dans les cas ne possédant pas de réaction automatique (voir Annexe 6), c'est le personnel de l'entreprise responsable du réseau qui se déplace sur place pour évaluer la situation et qui envoie un avis aux services publics de Boucherville afin de donner les informations sur les causes et la durée hypothétique de l'arrêt. Ainsi, le niveau d'agilité et de robustesse est non nul, mais pas aussi rapide qu'une réaction automatique.

Ainsi, on peut évaluer quantitativement le niveau de réactivité des processus due à ces réactions automatiques, en instaurant une notation, de 1 à 5, représentant la robustesse et l'agilité induite par les réactions automatiques. L'échelle de notation est définie comme le montre le Tableau 4.1 :

	Définition de l'échelle
1	Le processus ne possède pas d'action automatique
2	Pas de réaction auto, mais gestion immédiate sans déplacement
3	Réaction automatique, mais pas dans tous les cas (déclenchement par alarme et par appel des citoyens)
4	Réaction automatique, mais réponse différée par rapport à l'évènement
5	Le processus possède une réaction automatique, et la réponse est immédiate

Tableau 4.1 Définition de l'échelle de notation de la réactivité

Les processus ne possédant pas d'action automatique ne peuvent pas être réactifs. Cependant, des actions immédiates sont parfois réalisées, par exemple la mise en mode captage du poste Bachand par le personnel de l'usine d'épuration. En effet, le poste Bachand et l'usine d'épuration sont reliés et l'usine d'épuration possède une sécurité qui est une commande à distance pour mettre en mode captage les postes qui lui sont reliés. Ainsi, dès que l'arrêt de l'usine est identifié, l'usine d'épuration avise l'entreprise responsable du réseau et fait basculer le poste Bachand en mode captage. Le niveau suivant est la réaction automatique, mais couplée avec une réaction qui ne l'est pas. En jouant sur les deux tableaux, la réactivité est améliorée, mais la partie non automatisée limite l'agilité du processus. C'est le cas des alarmes et des appels des citoyens dans le processus principal. Une réponse automatique, qui n'est pas déclenchée directement par l'évènement perturbateur, mais par un seuil lors de la montée des eaux, participe à la réactivité du système, mais s'inscrit plus dans la robustesse que dans l'agilité. C'est le cas de la mise en mode captage automatique des pompes lors de la montée du niveau des eaux pendant des averses importantes. Enfin, la note 5 est attribuée au processus dont la réaction automatique est immédiate. C'est le cas lors de la mise en mode captage des pompes pour un bris ou arrêt dans un poste de rehaussement.

4.2.2 Attentes et déplacements

Dans les différents processus, des phases d'attente au niveau des tâches sans valeur ajoutée pour la réparation se font ressentir. Elles correspondent à l'attente de la remise en marche de l'infrastructure concernée ou d'une infrastructure extérieure, de déplacements ou encore de l'attente que certaines infrastructures soient prises en charge avant d'agir sur les autres.

Ainsi, les différents déplacements sont des temps passifs au niveau des opérations de retour à la situation normale. Or, selon les processus et sous-processus, on n'observe pas les mêmes caractéristiques des déplacements, que ce soit en nombre, en type (aller-retour ou tournée des postes) ou au niveau des acteurs qui les effectuent.

On peut donc voir que, dans le processus principal, les trajets ne se font que lors de l'intervention de l'entreprise responsable du réseau sur place pour aller évaluer la situation.

Les sous-processus de fermeture de l'usine d'épuration (voir Annexe 6) et de bris ou arrêt du poste Bachand (voir Annexe 7), implique le déplacement des services des travaux publics seulement (2.1-3, 2.1-6, 2.2-2, ou 2.2-6), mais ce déplacement consiste en une tournée des postes pour les mettre en mode captage si le temps d'arrêt de l'infrastructure arrêtée est long (2.1-3, 2.2-2), ou pour effectuer les opérations de vérifications visuelles du niveau d'eau des différents postes et n'agir que sur ceux dont le niveau monte anormalement (2.1-4, 2.2-3). De plus, la tournée des postes doit se faire pendant toute la durée de la perturbation. En effet, ces tournées ne dépendent que de la durée pour laquelle l'usine d'épuration ou le poste Bachand sont arrêtés. La remise des postes en fonctionnement normal doit s'effectuer après la fin de ces arrêts et implique une dernière tournée des postes (2.1-6, 2.2-6)

Dans les cas de pannes et d'averses (voir Annexes 9 et 10), les trajets sont effectués par les services des travaux publics de Boucherville, selon la priorisation des postes (2.4-4, 2.4-10, 2.4-12, 2.4-13, 2.4-14) et par l'entreprise du réseau pour la tournée finale des postes, pour voir si les postes n'ont pas été affectés par la situation d'urgence (2.4-15, 2.5-9). Les trajets des services publics consistent en la tournée des postes, afin d'amener les pompes et génératrices nécessaires pour vider les postes : d'abord les postes qui n'ont pas de trop-plein pour le déversement puis ensuite ceux qui en ont un. On a ainsi un temps d'attente passif qui est l'attente que les postes sans trop-plein soient gérés (2.4-6, 2.5-6). En effet, cette attente montre que certains postes doivent être gérés en premier, mais n'a pas d'impact sur le temps d'intervention. Cette

priorisation ne permet pas l'optimisation des trajets lors de la tournée, car les postes sans clapets ne sont pas côte à côte. De plus, la tournée est réalisée jusqu'à ce que le courant soit revenu pour la situation de panne (2.4-12, 2.4-13), ou que l'eau soit descendue dans le réseau dans le cas des averses (2.5-12, 2.5-13), ce qui montre encore une fois la dépendance vis-à-vis des événements extérieurs. Ces deux cas sont pourtant moins probables que les précédents, car la fiabilité du réseau d'électricité est en constante amélioration et le réseau est vidé par anticipation lorsque des averses importantes sont prévues.

Les cas de bris ou d'arrêt dans un poste de rehaussement et des situations d'urgence diverses (voir Annexes 4 et 8) concernent principalement l'entreprise responsable du réseau, qui est donc déjà sur place. Cependant en ce qui concerne les postes de rehaussement, la ville de Boucherville amène un camion récurer (2.3-3) pour effectuer le pompage d'urgence pendant la maintenance corrective réalisée par l'entreprise responsable du réseau. Ce déplacement se fait en temps passif, car l'entreprise responsable du réseau est déjà sur les lieux pour la réparation. La maintenance corrective reprenant le processus de situations d'urgence diverses, il peut comporter d'autres déplacements.

Le nombre de déplacements afin de gérer les situations d'urgence est ainsi critique, tout comme le niveau de dépendance du processus vis-à-vis des infrastructures touchées ou des événements extérieurs. Nous nous basons donc sur le nombre, le type de déplacement et l'attente, pour proposer les indicateurs suivant :

- le niveau d'attente, en instaurant une notation sur une échelle de 1 à 4 expliqué Tableau 4.2 ;
- le nombre de déplacements dans le processus/sous-processus concerné ;
- le nombre de tournées des postes dans le processus/sous-processus concerné.

	Définition de l'échelle
1	Pas d'attente
2	L'attente dépend de déplacements
3	L'attente dépend de la réparation
4	L'attente dépend de l'extérieur, aucun pouvoir dessus

Tableau 4.2 Définition de l'échelle du niveau d'attente

Dans ce tableau, pour le premier cas, il n'y a pas d'attente dans le processus. Ensuite, les déplacements impliquent un temps d'attente relativement court si on se place à l'échelle de la ville (< 20 min). Une attente peut également dépendre d'une réparation lorsque le processus de la maintenance corrective est en cours. Enfin, le niveau d'attente maximal est celui pour lequel on n'a aucun pouvoir, car il vient de l'extérieur. C'est le cas pour l'usine d'épuration (2.1-4, 2.1-5)

4.2.3 Phases d'évaluation

Les phases d'évaluations sont nécessaires à la bonne gestion des situations d'urgence, à la fois par la recherche des causes de l'incident, de la prise de décision face aux solutions à entreprendre pour effectuer un retour à la normale efficient, ou encore par l'évaluation des stocks disponibles pour gérer la situation.

Ces phases d'évaluations diffèrent selon les processus. Ainsi dans le processus principal, elle consiste tout d'abord en l'évaluation de la gravité de la situation une fois que l'entreprise responsable du réseau se trouve sur place (2.6-1). Cette évaluation est une observation visuelle principalement, permettant de déterminer la cause de la situation d'urgence et, si elle est connue ou selon la gravité à priori, de déterminer l'ampleur de la situation. Il s'en suit une prise de décision (2.6-6) qui implique un plan d'action sur les opérations à venir, une évaluation des besoins et des coûts, si nécessaire, des temps d'arrêt. Elle est donc plus longue à réaliser et débouche sur un rapport.

L'évaluation du temps d'arrêt de l'usine d'épuration, du poste Bachand par les services des travaux publics dépend de l'avis ou du rapport envoyé par l'entreprise responsable du réseau

lors de sa première intervention, concernant les causes de l'arrêt et sa durée présumée. L'évaluation est donc déjà réalisée par l'entreprise responsable du réseau, mais c'est à l'acteur de déterminer quelle est la branche du processus à prendre selon la durée d'arrêt présumée. Cette prise de décision doit être une comparaison avec un seuil au-dessus duquel il est nécessaire d'effectuer la tournée des postes pour les mettre en mode captage et est relativement rapide.

L'évaluation des stocks disponibles dans les cas de pannes et d'averses se fait rapidement, car les stocks sont connus du contremaître. La classification des postes selon la priorité d'intervention dépend tout d'abord des postes touchés par la situation d'urgence. Les averses générales concernent tous les postes, mais les pannes locales peuvent ne toucher que certains des postes. Les postes et leurs caractéristiques étant connus des contremaîtres, la priorisation en elle-même prend peu de temps, mais il faut d'abord savoir quels sont les postes concernés, ce qui dépend toujours de la première évaluation de l'entreprise responsable du réseau (2.6-1). La définition des postes nécessitant les pompes et génératrices mobiles se passe en temps discret, car elle se passe pendant que les postes prioritaires sont gérés. Sa durée n'est pas plus longue que la gestion des postes sans trop-plein. Donc, elle n'a pas d'impact sur le déroulement du processus.

Les prises de décisions réalisées dans le processus bris ou arrêt d'un poste de rehaussement (Annexe 8) et divers (Annexe 4) correspondent à l'analyse des besoins réalisée pendant l'intervention de l'entreprise responsable du réseau. Ainsi, les causes du problème étant connues, la prise de décision est relativement rapide.

Au niveau des différentes phases d'évaluation et de prises de décision, chacune se ramène à l'évaluation initiale de l'entreprise responsable du réseau lors de son intervention qui est donc la plus critique au niveau du temps de réalisation et de l'importance par rapport aux sous-processus qui en découlent. Les sous-processus de panne et d'averses contiennent en plus des évaluations qui leur sont propres pour prioriser les postes (2.4-7, 2.5-8), donc sont un peu plus critiques que celles qui se basent uniquement sur l'évaluation initiale.

On peut ainsi évaluer la criticité relative des évaluations selon les processus, en émettant une note sur une échelle de 1 à 5 présentée Tableau 4.3.

	Définition de l'échelle
1	Pas d'évaluation
2	Évaluation selon un existant (rapport/avis/état des stocks)
3	Évaluation de tous les postes selon priorité (déjà connue)
4	Évaluation des seuls postes concernés selon priorité (tri à faire)
5	Évaluation totale de la situation et des causes

Tableau 4.3 Définition de l'échelle du niveau d'évaluation

Dans ce tableau, les processus concernés par la note 1 ne possèdent pas d'évaluation au sein de leurs tâches. La note 2 est attribuée à une évaluation succincte, car basée sur des données existantes et disponibles immédiatement au moment de sa réalisation. Le troisième niveau correspond à la priorisation des postes, or ceux-ci possèdent toujours les mêmes caractéristiques et sont donc connus des contremaîtres, ce qui permet d'évaluer rapidement les postes à prioriser. La note 4 est sensiblement la même que précédemment, à l'exception faite que les postes touchés ne sont pas les mêmes et qu'il faut alors trier les postes touchés avant de donner la priorisation d'intervention. Enfin, la note 5 est attribuée à une évaluation des causes et conséquences d'une situation sans aucun élément, c'est principalement l'évaluation initiale par l'entreprise responsable du réseau qui est concernée par cette note.

4.2.4 Communications

Nous avons vu dans les axes d'étude du chapitre 3 que les communications et le nombre d'acteurs étaient un frein aux différents concepts de la réactivité. En effet, la multiplication des acteurs implique une augmentation des communications pour transmettre l'information concernant la situation d'urgence et donc une augmentation du temps de non-action dans le processus de gestion des situations d'urgence. L'augmentation des déplacements des différents acteurs pour gérer une même situation va également dans ce sens. Alors que beaucoup de communications dans les sous-processus sont prises en compte rapidement, comme les avis envoyés entre les acteurs (voir Annexe 6, Annexe 7 : 2.2-1), ou la prise de connaissance des listes

de postes prioritaires (2.4-9, 2.5-9), et permettant l'enchaînement des actions, d'autres sont plus lentes à être réalisées. Ainsi, la phase d'évaluation des stocks mène, si besoin est, à la demande de matériel à l'agglomération de Longueuil (2.4-2, 2.5-2). Ce processus de demande est plus long, car il implique à la fois la demande, le fait que la ville de Longueuil rencontre peut-être une situation similaire et que le matériel n'est pas forcément disponible, et le déplacement du matériel nécessaire sur place. Le processus principal (voir Figure 3.1) recense quant à lui de nombreuses communications, car il est le lien entre les différents acteurs et fait apparaître la chaîne de communication : les appels pour annoncer un événement déclencheur (2-1), les informations de la situation par courriel (2-2), les rapports à envoyer (2-6, 2-7), etc. Le sous-processus des situations d'urgence diverses multiplie également les communications, car il permet le choix des acteurs qui interviennent selon le cas rencontré, ainsi un sous-traitant convoqué implique l'appel à ce sous-traitant (2.7-2), puis le retour d'information du sous-traitant vers l'entreprise responsable du réseau (2.7-4).

Le nombre de communications et le nombre d'acteurs jouent donc un rôle sur la réactivité opérationnelle lors des situations d'urgence. Pour rendre compte des impacts de ces multiples communications et acteurs, on peut compter le nombre de communications par processus, ainsi que le nombre d'acteurs par processus.

4.2.5 Processus

La cartographie des processus définit le fonctionnement d'une entreprise à travers des étapes. Il semble logique que plus il y a d'étapes, plus la durée du processus est longue. Aussi, l'agilité et la résilience sont caractérisées, respectivement, par la capacité à réagir rapidement à une perturbation imprévue menant à une situation d'urgence, et la capacité à revenir à l'état original après une perturbation. Les cartographies sont donc également définies par le nombre de tâches que comporte chaque processus et sous processus, qui peut alors représenter un indicateur pertinent de cette réactivité. En outre, plus on a de sous-processus dans un processus donné, plus il y a de tâches à réaliser dans ce processus. Ainsi, en comptant le nombre de niveaux donné dans un processus, on peut évaluer la multiplication des tâches, et donc la diminution de l'agilité et de la robustesse des processus.

Le nombre de tâches parallèles (avec un « ET ») signifie que les actions se déroulent en même temps. Or, on a un nombre limité d'intervenants. Donc, s'il y a trop d'actions à effectuer

en même temps, on obtient une limite du modèle et des effets indésirables peuvent se faire ressentir à cause des actions non réalisées, ce qui connote une faible robustesse des processus. La mesure des branches parallèles maximum avec l'opérateur « ET » permet donc de donner une idée sur la robustesse des processus.

Les résultats sont regroupés Tableau 4.4 Indicateurs de performance des processus

:

	Proc. principal	Fermeture usine épuration	Bris ou Arrêt poste Bachand	Bris ou arrêt poste rehaus.	Panne électricité locale/ générale	Averses imp.	Pannes diverses
Niveau de réactivité	3	2	1	5	1	4	1
Niveau d'attente	1	4	3	3	2	2	1
Nombre de déplacements	1	0	0	2	3	2	2
Nombre de tournées	0	2	2	0	3	3	0
Niveau évaluation	5	2	2	2	3	4	1
Nombre d' intervenants	2	2	1	2	3	3	3
Nombre de tâches par processus	14	7	7	9	16	16	13
Nombre de comm.	5	1	1	0	2	2	3
Nombre de niveaux	2 à 3	0	2	2	2	2	1
Branches parallèles	3	0	2	2	3	3	2

Tableau 4.4 Indicateurs de performance des processus

Les éléments qui ressortent critiques de cette analyse sont l'évaluation de la situation d'urgence réalisée en premiers lieux, le niveau d'attente face à la fermeture de l'usine d'épuration, le niveau de réactivité faible des sous processus bris ou arrêt du poste Bachand/panne locale ou globale/divers, ainsi que le grand nombre de tâches que comprennent les sous-processus pannes locales et averses.

4.3 Test et validation

Les indicateurs de performance étant désormais proposés, il s'agit maintenant d'effectuer les tests qui mèneront à leur validation. Aussi, nous allons utiliser la procédure de sélection des indicateurs et contextes de Alègre, reprise de la revue de littérature et présentée à la

Figure 4.1 .

Pour la première étape de sélection des indicateurs, l'identification des données requises a déjà été effectuée dans la section précédente, car chaque indicateur est défini par ces données.

La seconde étape consiste en l'évaluation de la disponibilité des données. Pour les indicateurs de niveau opérationnel, ces données sont constituées principalement d'observations, à savoir le nombre d'arrêts, les temps mesurés, etc., que l'on retrouve dans les rapports d'intervention. Seules les données concernant les taux de pannes, plus particulièrement au niveau des infrastructures, ne sont pas issues d'observations, mais de documentations appartenant à la Ville, donc également disponible pour l'élaboration de ces indicateurs. Il en va de même pour les indicateurs de niveau tactique, seul le nombre de clients actifs n'est pas observable, mais est accessible à partir des données de la Ville. Le taux de renouvellement présenté pour les indicateurs stratégiques est le seul indicateur qui demande des données provenant de la direction générale et des élus, mais une fois encore, ces données sont bien accessibles.

La fiabilité et la précision d'un indicateur sont essentielles et constitue la dernière étape du processus de sélection des indicateurs de performance. Aussi la mesure des données nécessaires aux indicateurs de performance doit être précise et sûre. La totalité des données provient de rapports d'interventions, de données de la Ville, ou du nombre de demandes d'indemnisation, en ce qui concerne le nombre d'habitants touchés par les débordements d'égout. Les indicateurs de performance proposés permettent une évaluation précise et pertinente des modes de fonctionnement opérationnel relié aux concepts de réactivité et de vulnérabilité

présentée en revue de littérature, des résultats des opérations de maintenance en situation d'urgence et des suivis des objectifs au niveau stratégique.

Ainsi, nos indicateurs au niveau de l'entreprise répondent au processus de sélection des indicateurs de performance de Alegre, ce qui permet de valider leur utilisation. Pour les indicateurs concernant les processus, le contexte ainsi que les données sont propres aux processus. En ce qui concerne leur fiabilité, ces indicateurs sont issus de mesure directe sur la cartographie et d'une évaluation rapide à partir de concepts simples.

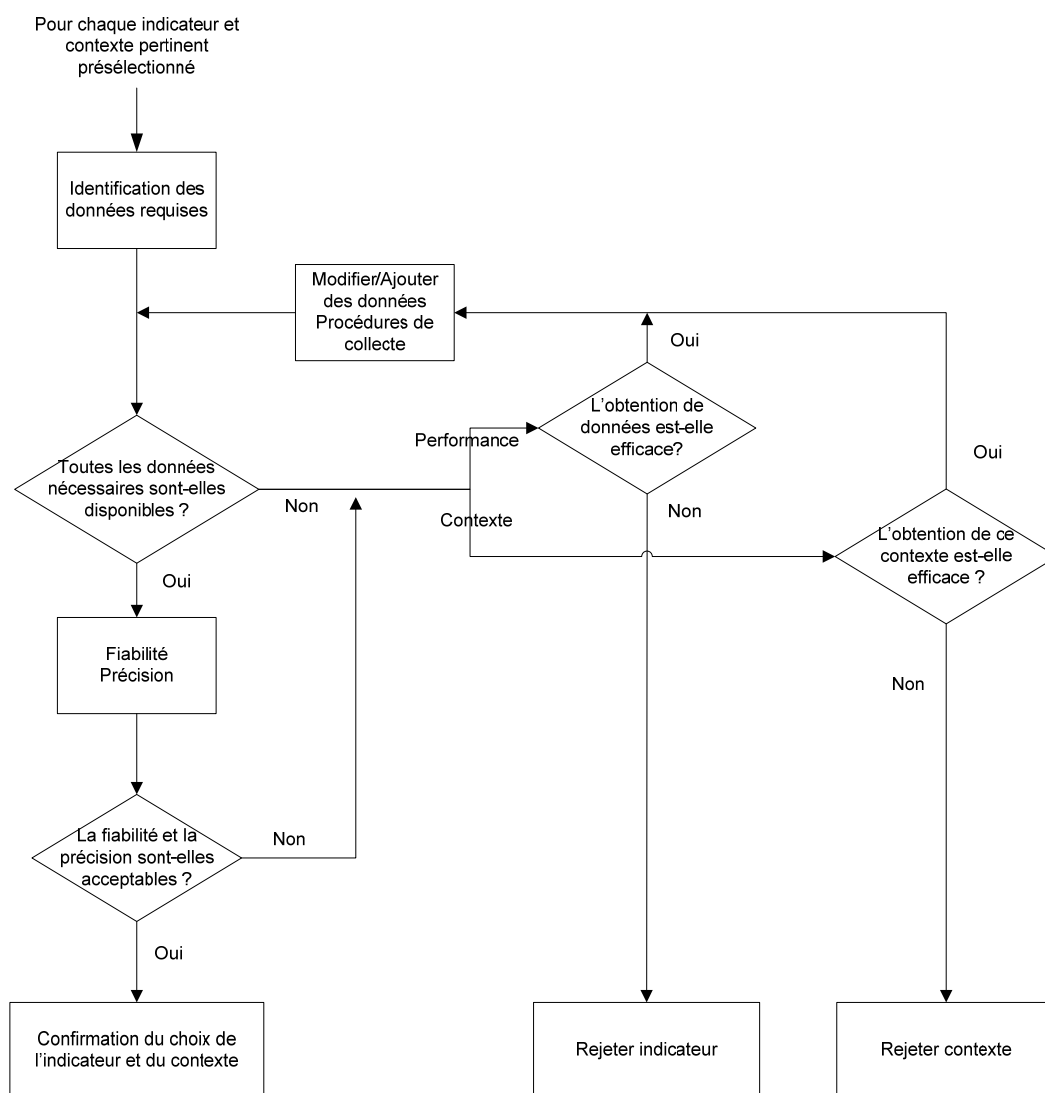


Figure 4.1 Procédure de sélection des indicateurs et contexte, adapté de Alegre (2006)

CONCLUSION

Cette étude consiste tout d'abord en la présentation des situations d'urgence, qui sont les perturbations mineures gérées à l'échelle de la Ville, car la problématique à laquelle nous souhaitons répondre concerne la gestion de ces situations d'urgence dans les services publics d'assainissement des eaux. En effet, les citoyens ont un droit d'accès aux services de la Ville, qui se doivent de fournir une continuité de service à tout moment. Ainsi, ce mémoire présente une étude de cas sur la planification réactive de la logistique des situations d'urgence à la ville de Boucherville.

La cartographie des processus a été réalisée à partir d'informations obtenues lors de plusieurs rencontres semi-dirigées avec le personnel de la Ville. Cette cartographie est la représentation graphique des différents événements et fonctions qui décrivent le déroulement des opérations de retour à la situation normale des services publics lors de situations d'urgence.

Nous nous sommes appuyés sur les concepts étudiés dans la revue de littérature afin d'analyser les processus cartographiés de la ville de Boucherville concernant la gestion des situations d'urgence et d'identifier les procédés ayant un impact sur la gestion des situations d'urgence. Afin de se situer au niveau de la réactivité et l'efficacité de la gestion des situations d'urgence, les éléments ayant un impact négatif sur les concepts d'agilité, de résilience, de robustesse et de vulnérabilité ont été identifiés. Ainsi, les fréquences des pannes, les temps de détection et d'intervention ont été identifiés comme étant les éléments à surveiller et à mesurer, et font l'objet de la proposition d'indicateurs de performance.

Une limite à ce projet est que les situations d'urgence proprement dites ont été cartographiées alors qu'elles n'ont pas été rencontrées par les acteurs de la Ville. Elles ne représentent pas réellement la réalité des opérations de rétablissement, mais une proposition quant à son bon déroulement. L'analyse de cette cartographie peut donc présenter des écarts par rapport à la réalité, notamment par rapport aux éléments identifiés comme ayant un impact sur la gestion des situations d'urgence, mais nous avons fait en sorte que les actions cartographiées soient celles qui doivent être mises en œuvre lors de la rencontre de ces situations. Malgré ce

constat, les indicateurs de performance se rapprochent grandement de la réalité, car ils concernent les grandes lignes de la gestion des situations d'urgence.

Cependant, la cartographie des processus n'est pas une fin en soi, et elle doit mener à l'amélioration des processus. Nous recommandons à la ville de Boucherville d'utiliser la cartographie réalisée, et de procéder à son amélioration à travers le cycle de vie de la gestion des risques vu en revue de littérature. Ce cycle propose d'effectuer la gestion des situations d'urgence, puis de réaliser le retour d'expérience afin de mettre en avant les éléments qui ont favorisé un rétablissement efficace, et, à l'inverse, ceux qui ont empêché au processus d'être efficace. Ainsi, le retour d'expérience et les indicateurs de performance servent de base pour améliorer les scénarios de réponse aux situations d'urgence qui ont été identifiés et cartographiés suite aux rencontres avec le personnel des services publics de la ville de Boucherville, en se focalisant sur les éléments montrés critiques par ces indicateurs de performance. Pour faire face au fait que certaines situations d'urgence n'ont jamais été rencontrées, une mise à l'épreuve de la cartographie lors de simulations à l'échelle de la Ville permettrait de tester la robustesse des processus selon les situations cartographiées. Ces situations sont les suivantes :

- fermeture de l'usine d'épuration;
- bris ou arrêt technique du poste Bachand;
- bris ou arrêt dans un poste de rehaussement;
- panne d'électricité locale ou générale;
- averses importantes ;
- divers.

Les difficultés rencontrées pour la mise en place de telles expérimentations sont la disponibilité des différents acteurs, ainsi que les moyens et ressources utilisés pour effectuer la simulation. Ainsi, une fois ces éléments réunis, cela permet plus particulièrement de tester la robustesse et l'efficacité de la chaîne de communication pendant les opérations de retour à la normale, plutôt que l'efficacité de la réalisation des opérations elles-mêmes.

Les contributions de ce mémoire sont la proposition d'indicateurs de performance et la cartographie des processus des services publics d'assainissement des eaux de Boucherville en

situation d'urgence, permettant un véritable pilotage par les processus. En effet, nous avons proposé deux sortes d'indicateurs de performance, les indicateurs hiérarchisés et s'agrégeant, permettant de mesurer les performances des services publics dans un contexte de situations d'urgence, ainsi que des indicateurs de performance des processus, afin de pouvoir évaluer quantitativement l'efficacité et la pertinence des dits processus. Parmi les indicateurs proposés, le taux de pannes, pour être vigilant face à des événements imprévus, ou encore la comparaison sur une période donnée du nombre d'accidents détectés par alarme et ceux détectés par une personne physique, pour évaluer le nombre de situations d'urgence qui aurait pu être évitées avec un moyen de détection approprié. Au niveau tactique, le taux de débordement des égouts permet de rendre compte de l'efficacité des opérations de retour à la normale lors de situations d'urgence. Les indicateurs de performance des processus proposés ont permis de déterminer des points critiques que sont la première évaluation de l'entreprise responsable du réseau, dont dépendent toutes les autres évaluations, ainsi que la dépendance aux infrastructures, la longueur des sous-processus de pannes et averses, etc.

La réalisation de ce projet permet d'accroître la réactivité et l'efficacité des opérations de retour à la normale effectuées lors de situations d'urgence dans les services publics d'assainissement de la ville de Boucherville. Ainsi, en proposant une cartographie explicite et des indicateurs qui mesurent les aspects des situations d'urgence à travers les services publics et les processus, ce projet permet un pilotage de la gestion des situations d'urgence par les processus.

Les perspectives d'avenir sont nombreuses, tant au niveau de la ville que de la recherche: pour la ville, l'amélioration des processus existants par l'application de la cartographie actuelle et des indicateurs de performance, réduction du nombre d'étapes des processus critiques, application de la méthodologie à d'autres secteurs publics, évaluation des améliorations possibles au niveau des éléments à surveiller et des éléments critiques identifiés, etc.; pour la recherche, des possibilités de prise en compte des perturbations par des modèles de statiques et/ou dynamiques, ou encore une immersion au sein des services publics, qui permettrait d'analyser au jour le jour les situations rencontrées et de cibler les modes de fonctionnement des opérations de retour à la normale. Cependant, les situations d'urgences ne sont pas rencontrées couramment, donc une telle solution n'est ni optimale, ni viable pour les services publics, dont le personnel est fortement occupé.

BIBLIOGRAPHIE

- Adam, V. (2006). *Hochwasser-Katastrophenmanagement : Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Adhitya, A., Srinivasan, R., & Karimi, I. (2007). Heuristic rescheduling of crude oil operations to manage abnormal supply chain events. *AIChE Journal*, 53(2), 397-422.
- Agardy, F., & Ray, A. (2001). Emergency planning for water utility management (M 19). *Denver: Americam Water Works Association*.
- Al-Mashari, M. (2006). Innovation through Information Technology (IT) enabled Business Process Management (BPM): a review of key issues. *International Journal of Innovation and Learning*, 3(4), 403-415.
- Alberts, D., & Hayes, R. (2003). Power to the Edge. *US DOD Command and Control Research Center Publications*.
- Alegre, H. (2006). *Performance indicators for water supply services*: Intl Water Assn.
- Ana Jr, E., & Bauwens, W. (2007). *SEWER NETWORK ASSET MANAGEMENT DECISION-SUPPORT TOOLS: A Review*. Paper presented at the International Symposium on New Directions in Urban Water Management.
- Arboleda, C., Abraham, D., Richard, J., & Lubitz, R. (2009). Vulnerability Assessment of Health Care Facilities during Disaster Events. *Journal of Infrastructure Systems*, 15, 149.
- Audette-Chapdelaine, M. (2009). Les partenariats public-privé dans le secteur des services d'eau. *Revue française d'administration publique*(2), 233-248.
- Auld, H., MacIver, D., Klaassen, J., Comer, N., & Tugwood, B. (2006). *Planning for Atmospheric Hazards and Disaster Management under Changing Climate Conditions*.
- Aytug, H., Lawley, M., McKay, K., Mohan, S., & Uzsoy, R. (2005). Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions. *European Journal of Operational Research*, 161(1), 86-110.
- Barnshaw, J., Letukas, L., & Quarantelli, E. L. (2008). The Characteristics of Catastrophes and Their Social Evolution: An Exploratory Analysis of Implications for Crisis Policies and Emergency Management Procedures.
- BEI. (2004). Le rôle de la BEI dans les Partenariats Public-Privé (PPP). <http://www.bei.org/projects/publications/the-eibs-role-in-public-private-partnerships-ppps.htm?lang=fr> Retrieved 2 mars 2010
- Benz, M., & Stenchi, M. (2001). La gestion des risques dans le secteur public. *La Vie Economique*.
- Bicik, J., Makropoulos, C., Joksimović, D., Kapelan, Z., Morley, M. S., & Savić, D. A. (2008). *CONCEPTUAL RISK-BASED DECISION SUPPORT METHODOLOGY FOR IMPROVED NEAR REAL-TIME RESPONSE TO WDS FAILURES*. Paper presented at the

- Proceedings of the 10th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference WDSA2008, Kruger National Park, South Africa.
- Blanchard, W. (2008). *Definitions, Background, and Differences Between Disasters and Catastrophes* Emmitsburg, Maryland: Emergency Management Institute.
- Bryant, B. P., & Lempert, R. J. (2010). Thinking inside the box: A participatory, computer-assisted approach to scenario discovery. [doi: DOI: 10.1016/j.techfore.2009.08.002]. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(1), 34-49.
- Bundschuh, M., Klabjan, D., & Thurston, D. (2003). Modeling robust and reliable supply chains. *Optimization Online e-print*.
- Chong, E., Huet, F., Saussier, S., & Steiner, F. (2006). Public-private partnerships and prices: evidence from water distribution in France. *Review of Industrial Organization*, 29(1), 149-169.
- Christopher, M. (1998). *Logistics and supply chain management*: Financial Times, Prentice Hall.
- Christopher, M. (2005). Logistics and Supply Chain Management: Creating Value Adding Networks. *Financial times/Prentice hall*, 10–25.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004a). Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1-13.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004b). The five principles of supply chain resilience. *Logistics Europe*, 12(1), 16-21.
- Collin, J., & Lorenzin, D. (2006). Plan for supply chain agility at Nokia. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36, 418-430.
- Costello, C., & Molloy, O. Building a Process Performance Model for Business Activity Monitoring. *Information Systems Development*, 237-248.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2010). CSCMP Supply Chain Management Definitions. Retrieved 21 novembre 2009
- Cova, T. (2005). GIS in emergency management. *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications* (Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ and Rhind DW (eds)), 2, 845.
- Crotty, P. (2003). *Selection and definition of performance indicators for water and wastewater utilities*: American Water Works Association.
- Crowe, T., Fong, P., Bauman, T., & Zayas-Castro, J. (2002). Quantitative risk level estimation of business process reengineering efforts. *Business Process Management Journal*, 8(5), 490-511.
- Davenport, T., & Short, J. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*.
- De Neufville, R. (2004). Uncertainty management for systems planning and design. *Engineering system Monograph, MITesd*.
- Ewan Associates Ltd / Mott MacDonald Ltd. (2001). Development of Enhanced Serviceability Indicators For Sewerage Assets

http://www.ofwat.gov.uk/publications/commissioned/rpt_com_ewansewerageassests.pdf
Retrieved 14 mai 2010

- Ezell, B. (2007). Infrastructure vulnerability assessment model (I-VAM). *Risk Analysis*, 27(3), 571-583.
- Ezell, B., Farr, J., & Wiese, I. (2000). Infrastructure risk analysis of municipal water distribution system. *Journal of Infrastructure Systems*, 6, 118.
- Gaonkar, R., & Viswanadham, N. (2007). Analytical framework for the management of risk in supply chains. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 4(2), 265-273.
- Gooden, S., Jones, D., Martin, K. J., & Boyd, M. (2009). Social Equity in Local Emergency Management Planning. *State & local government review*, 41(1), 1-12.
- Gotz, M., Roser, S., Lautenbacher, F., & Bauer, B. (2009, 1-4 Sept. 2009). *Token analysis of graph-oriented process models*. Paper presented at the Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, 2009. EDOCW 2009. 13th.
- Grigg, N. (2000). Risk management in water utilities.
- Grigg, N. (2003). Water utility security: Multiple hazards and multiple barriers. *Journal of Infrastructure Systems*, 9, 81.
- Groves, D. G., & Lempert, R. J. (2007). A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. [doi: DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.11.006]. *Global Environmental Change*, 17(1), 73-85.
- Hamel, P. J., Inrs-Urbanisation, c. e. s. G. d. r. s. l. i. m., & Fédération canadienne des, m. (2007). *Les partenariats public-privé (PPP) et les municipalités : au-delà des principes, un bref survol des pratiques*. Montréal: Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Urbanisation, culture et société.
- Hammer, M. (1990). Reengineering work: don't automate, obliterate. *Harvard business review*, 68(4), 104-112.
- Han, K. H., Choi, S. H., Lee, G., & Kang, J. G. (2010). Business activity monitoring system design framework integrated with process-based performance measurement model. *WSEAS Trans. Inf. Sci. Appl. WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 7(3), 443-452.
- He, Y., Jiang, L., & Li, B. (2009). *Business process re-engineering risk assessment Based on a new improved FAHP*.
- Hiles, A. (2007). *The definitive handbook of business continuity management*. Wiley.
- Hill, J., Sinur, J., & Melenovsky, D. (2006). Gartner's positions on Business Process Management, 2006. *Gartner Web Site*.
- Hyland, P., Ferrer, M., Santa, R., & Bretherton, P. (2009). Performance measurement and feedback in a public sector program.
- IRMa. (2010). Comment être toujours opérationnel : formation, information, exercices, retour d'expérience. <http://www.bouches-du->

rhone.pref.gouv.fr/risques/doc/guide/guide_7_etre_operationnel.pdf Retrieved 10 mai 2010

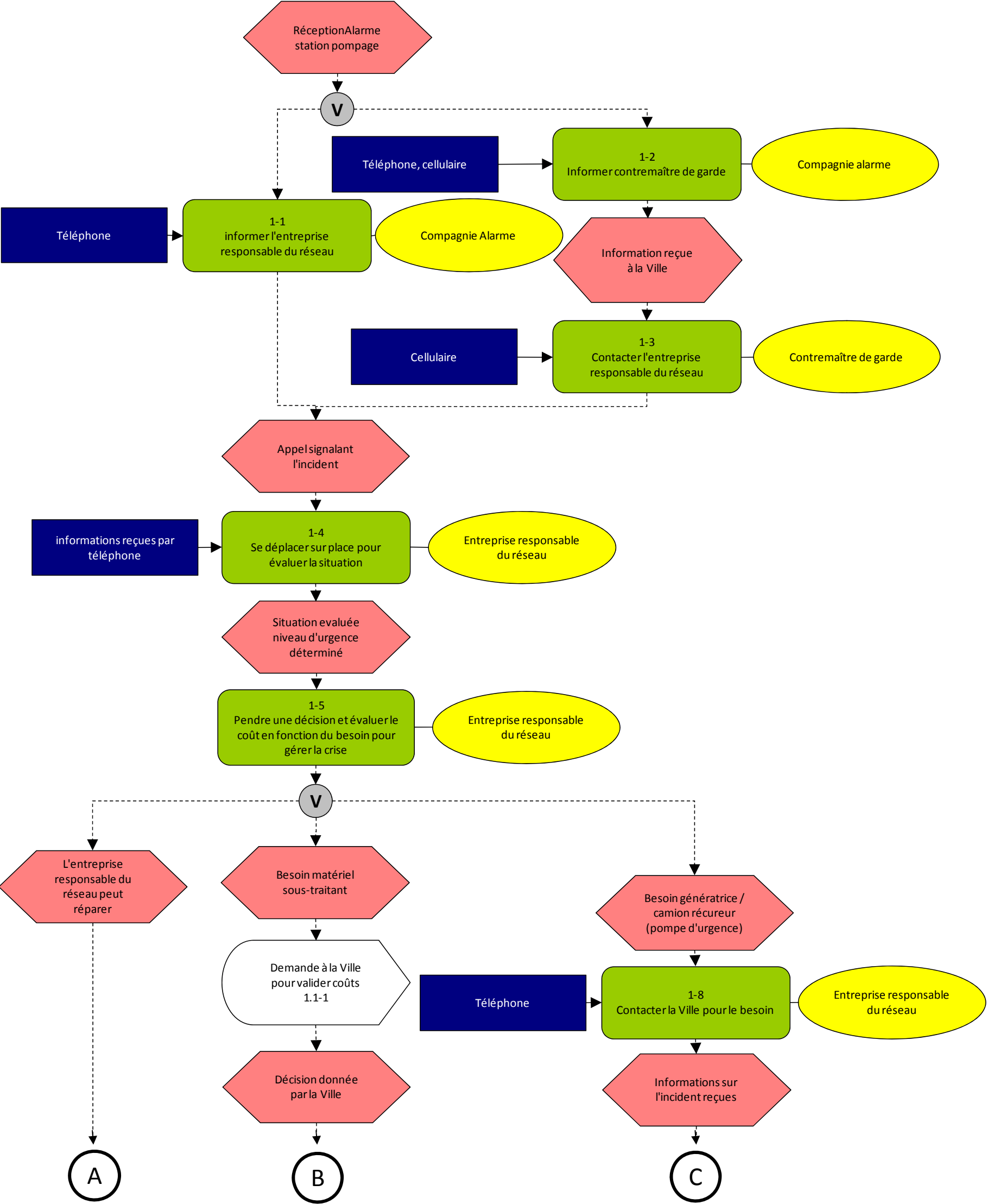
- Jin, X.-H., & Doloi, H. (2008). Interpreting risk allocation mechanism in public-private partnership projects: An empirical study in a transaction cost economics perspective. *Construction Management and Economics*, 26(Compendex), 707-721.
- Khan, M. (2000). Business process reengineering of an air cargo handling process. *International journal of production economics*, 63(1), 99-108.
- Kibli, W., Martel, A., & Guitouni, A. (2010). The Design of Robust Value- Creating Supply Chain Networks : A critical review. *European Journal of Operational Research*, 203(2).
- Ko, R. K. L., Lee, S. S. G., & Lee, E. W. (2009). Business process management (BPM) standards: a survey. *Business Process Management Journal*, 15(5), 744-791.
- Larousse, P. (2010). *Petit Larousse illustre : nouveau dictionnaire encyclopedique / publie sous la direction de Claude Auge; 5,800 gravures, 130 tableaux, 120 cartes*. Paris :: Librairie Larousse.
- Le Gauffre, P., Joannis, C., Vasconcelos, E., Breysse, D., Gibello, C., & Desmulliez, J. (2007). Performance indicators and multicriteria decision support for sewer asset management. *Journal of Infrastructure Systems*, 13, 105.
- Lee, H. (2004). The triple-A supply chain. *Harvard business review*, 82(10), 102-113.
- Lei, C., & Bin, L. (2007). *A Workflow Model Supporting Dynamic BPR*.
- Lempert, R. J., Sanstad, A. H., & Schlesinger, M. E. (2006). Multiple equilibria in a stochastic implementation of DICE with abrupt climate change. [doi: DOI: 10.1016/j.eneco.2006.05.013]. *Energy Economics*, 28(5-6), 677-689.
- Lu, R., & Sadiq, S. (2007). *A survey of comparative business process modeling approaches*.
- MacGillivray, B., Hamilton, P., Strutt, J., & Pollard, S. (2006). Risk Analysis Strategies in the Water Utility Sector: An Inventory of Applications for Better and More Credible Decision Making. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 36(2), 85-139.
- Madni, A. M., & Jackson, S. (2009). Towards a Conceptual Framework for Resilience Engineering. *Systems Journal, IEEE*, 3(2), 181-191.
- Manganelli, R., & Klein, M. (1994). *The reengineering handbook*: Amacom.
- Matos, M. A. (2007). Decision under risk as a multicriteria problem. *European Journal of Operational Research*, 181(3), 1516-1529.
- Matos, R., Cardoso, A., Duarte, P., Ashley, R., & Molinari, A. (2003). *Performance indicators for wastewater services*: Intl Water Assn.
- Mayer, V. (2003). *Operatives Krisenmanagement : Grundlagen, Methoden und Werkzeuge des ganzheitlichen Risk Management*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- McCoy, D. (2002). Business activity monitoring: Calm before the storm. *Gartner Research Note LE-15-9727*.

- Miner, G. (2008). Benchmarking Performance Indicators for Water and Wastewater Utilities: 2007 Annual Survey Data and Analyses Report. *American Water Works Association Journal*, 100(5).
- Mo, Y., & Harrison, T. (2005). A conceptual framework for robust supply chain design under demand uncertainty. *Supply chain optimization*, 243-263.
- Moullin, M. (2002). *Delivering excellence in health and social care: Quality, excellence, and performance measurement*: Open University Press.
- Moullin, M. (2004). Evaluating a health service taskforce. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 17(5), 248-257.
- Moynihan, D. (2008). Learning under uncertainty: Networks in crisis management. *Public Administration Review*, 68(2), 350-365.
- National Water and Wastewater Benchmarking Initiative. (2009). *2009 NWWBI Public Report*.
- Netjes, M., Reijers, H., & van der Aalst, W. (2006). FileNet's BPM life-cycle support. *BPM Center Report BPM-06-07*, *BPMcenter.org*.
- Nicholson-Crotty, S., Theobald, N., & Nicholson-Crotty, J. (2006). Disparate measures: Public managers and performance-measurement strategies. *Public Administration Review*, 66(1), 101-113.
- Ouelhadj, D., & Petrovic, S. (2009). A survey of dynamic scheduling in manufacturing systems. *Journal of Scheduling*, 12(4), 417-431.
- Parmelee, M. (2002). Trend Beat--Trends in Outsourcing for Water Utilities. *Journal American Water Works Association*, 94(9), 54-56.
- Paul Puah, K. Y., & Nelson Tang, K. H. (2000, 2000). *Business process management, a consolidation of BPR and TQM*. Paper presented at the Management of Innovation and Technology, 2000. ICMIT 2000. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on.
- Politique fédérale en matière de gestion des urgences. (2010). <http://www.securitepublique.gc.ca/prg/em/fpem-fra.aspx> Retrieved 20 03 2010
- Quiggin, J. (2006). Public Private Partnerships: Options for Improved Risk Allocation. *The University of New South Wales Law Journal*, 29, 289-293.
- Rajabi, B., & Lee, S. (2009). Change Management in Business Process Modeling Based on Object Oriented Petri Net. *International Journal of Business, Economics, Finance and Management Sciences*.
- Rajabi, B., & Lee, S. (2010). Modeling and Analysis of Change Management in Dynamic Business Process. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 2(1).
- Rajabi, B. A., & Sai Peck, L. (2009, 3-5 April 2009). *Change Management in Business Process Modeling Survey*. Paper presented at the Information Management and Engineering, 2009. ICIME '09. International Conference on.
- Rice, J., & Caniato, F. (2003). Building a secure and resilient supply network. *Supply Chain Management Review*, 7(5), 22-33.

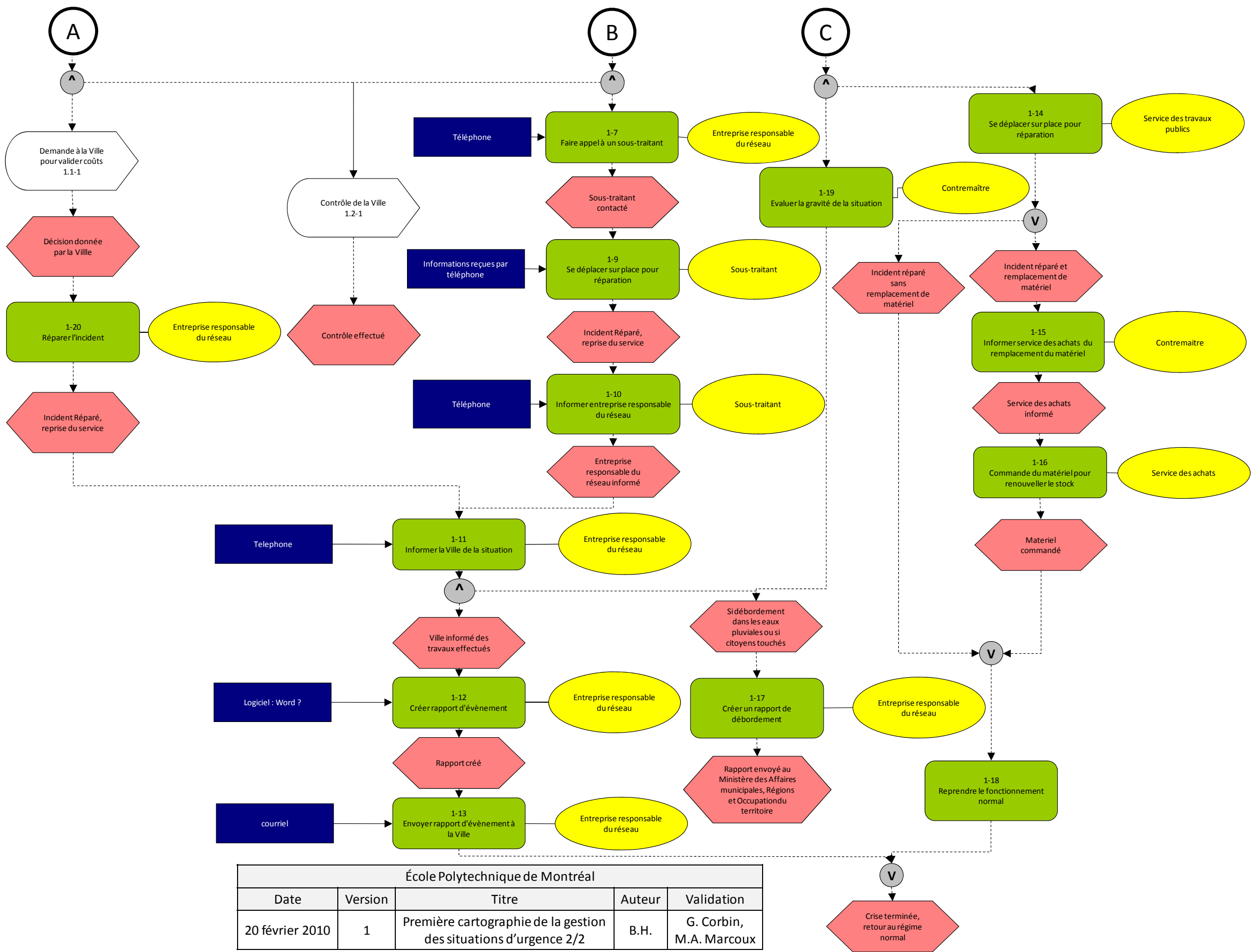
- Rich, G. W., & Vastis, E. (2010). *EUM concepts and case study: The central Arkansas water experience*. Paper presented at the NC AWWA-WEA Workshop, Asheville, NC.
- Rohloff, M. (2009). *An approach to assess the implementation of business process management in enterprises*. Paper presented at the 17th European Conference on Information Systems.
- Rose, T., Peinel, G., & Arsenova, E. (2008, 22 - 24 October 2008). *Process management support for emergency management procedures*. Paper presented at the eChallenges e-2008 Conference, Stockholm, Sweden.
- Rudden, J. (2007). Making the Case for BPM-A Benefits Checklist. *Online Posting January*, 01-07.
- Saenz de Ugarte, B. (2009). *Aide à la prise de décision en temps réel dans un contexte de production adaptative*. Unpublished Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal.
- Scheer, A., Thomas, O., & Adam, O. (2005). Process modeling using event-driven process chains. *Process-aware information systems: bridging people and software through process technology*, 119–145.
- Schenker-Wicki, A., Inauen, M., & Olivares, M. (2010). Unmastered risks: From crisis to catastrophe. An economic and management insight. *J. Bus. Res. Journal of Business Research*, 63(4), 337-346.
- Sheffi, Y. (2005). *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage*. MIT press book.
- Sheffi, Y., & Rice, J. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41.
- Staudinger, T., England, E., & Bleckmann, C. (2006). Comparative analysis of water vulnerability assessment methodologies. *Journal of Infrastructure Systems*, 12, 96.
- Stevens, G. C. (1989). Integrating the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 3.
- Stone, S., Dzuray, E., Meisegeier, D., Dahlborg, A., Erickson, M., & Tafuri, A. (2002). Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems. *Logistics Management Institute for WSWRD, NRMRL, US EPA. EPA/600/R-02/029*.
- Svensson, G. (2000). A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30(9/10), 731-749.
- Thong, J., Yap, C., & Seah, K. (2000). Business process reengineering in the public sector: the case of the Housing Development Board in Singapore. *Journal of Management Information Systems*, 17(1), 245-270.
- Tiwari, A., Turner, C. J., & Majeed, B. (2008). A review of business process mining: state-of-the-art and future trends. *Business Process Management Journal*, 14(1), 5-22.
- Tolone, W. (2000). Virtual situation rooms: connecting people across enterprises for supply-chain agility. *Computer Aided Design*, 32(2), 109-118.

- United States. Environmental Protection, A. (2008). Effective utility management a primer for water and wastewater utilities. from <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS108649>
- van der Aalst, W. (1999). Formalization and verification of event-driven process chains. *Information and Software technology*, 41(10), 639-650.
- van der Aalst, W., ter Hofstede, A., & Weske, M. (2003). Business process management: A survey. *Business Process Management*, 1019-1019.
- Vieira, G. E., & Lemos, R. (2009, 22-24 July 2009). *Understanding supply chain robustness*. Paper presented at the Service Operations, Logistics and Informatics, 2009. SOLI '09. IEEE/INFORMS International Conference on.
- Wang, W., & Dai, D. (2009). *Risk allocation mechanism for public-private partnership (PPP) projects*. Paper presented at the International Conference on Management and Service Science, MASS 2009, September 20, 2009 - September 22, 2009, Wuhan, China.
- Waters, D. (2007). *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*: Kogan Page; illustrated edition edition (Nov 28 2007).
- Weske, M. (2007). *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*: Springer-Verlag New York Inc.
- Wybo, J. (2004). Le rôle du retour d'expérience dans la maîtrise des risques et des crises. *Qualitique*, 158, 27-30.
- Zsidisin, G., Melnyk, S., & Ragatz, G. (2005). An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management. *International Journal of Production Research*, 43(16), 3401-3420.

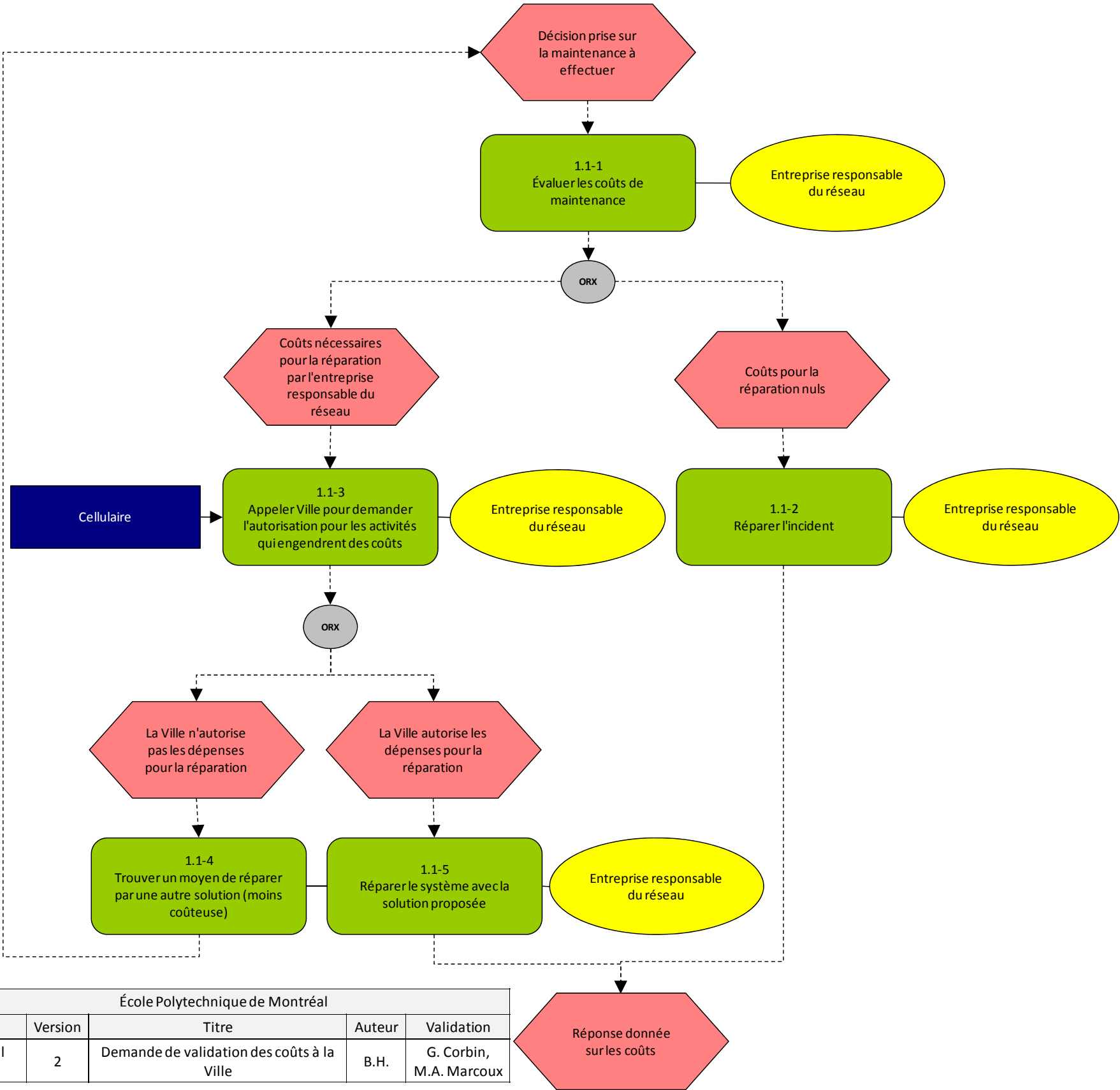
ANNEXE 1 – Première cartographie de la gestion des situations d’urgence



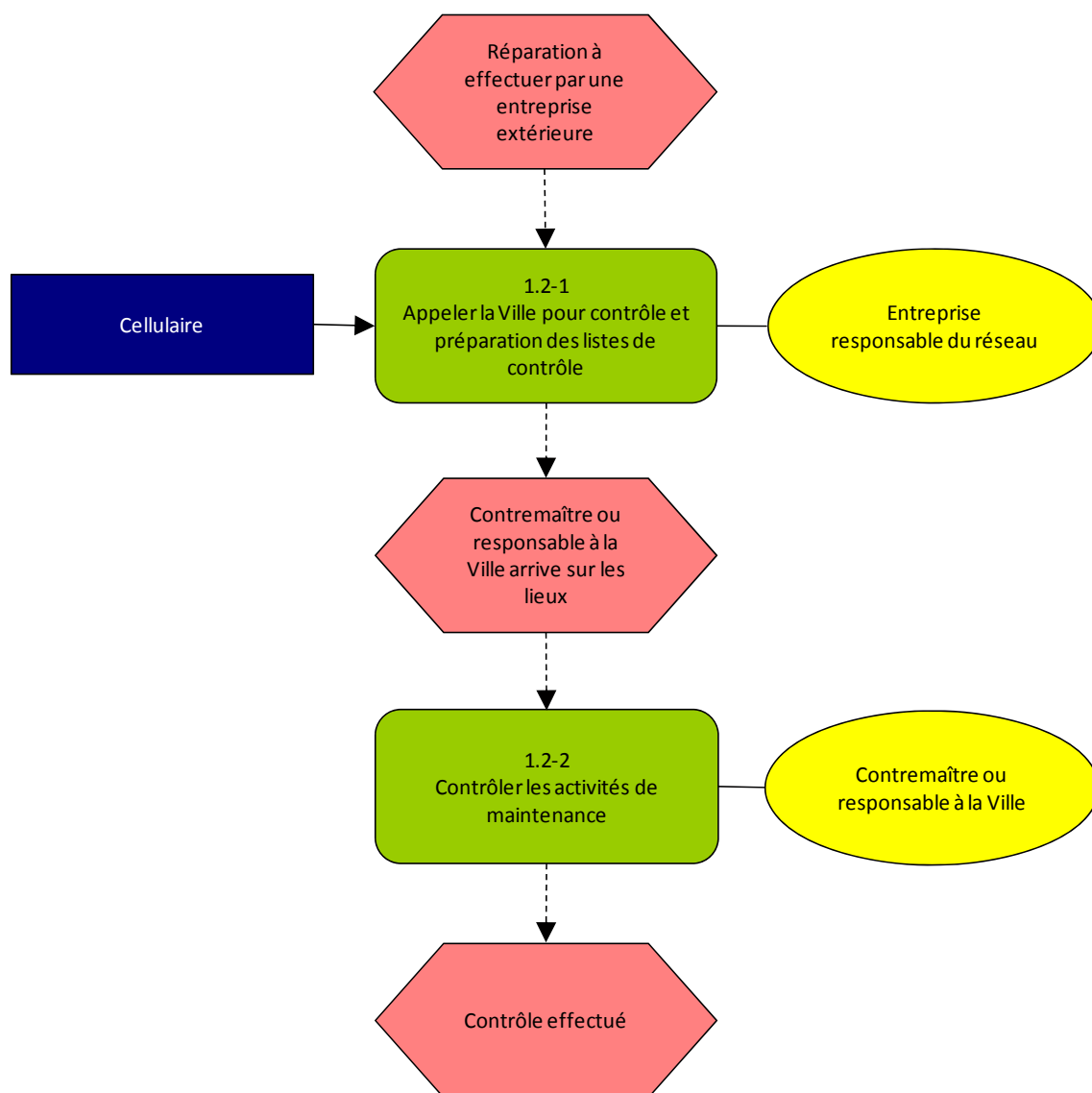
École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
20 février 2010	1	Première cartographie de la gestion des situations d’urgence 1/2	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux



ANNEXE 2 – Sous-processus : Demande de validation des coûts à la Ville

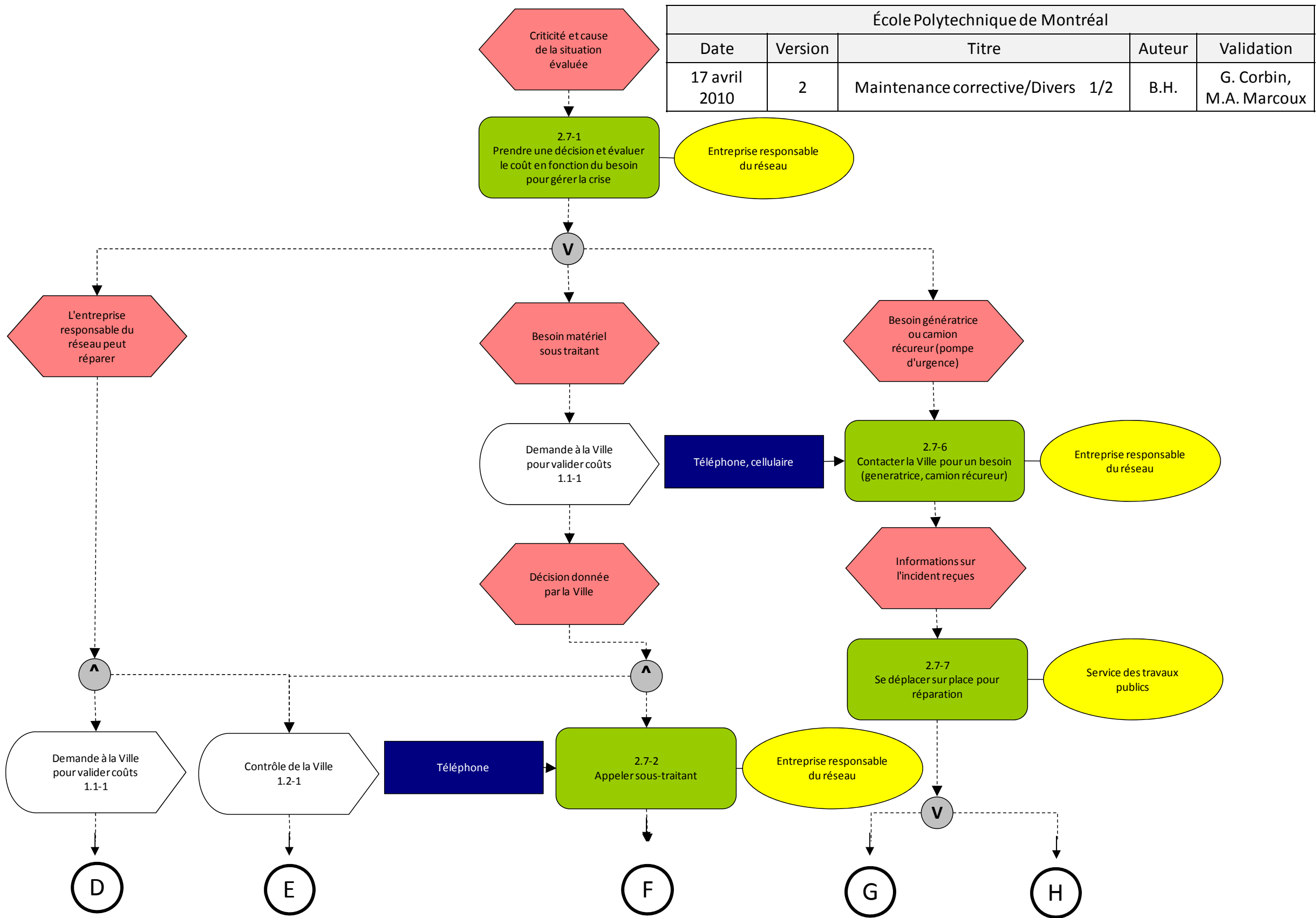


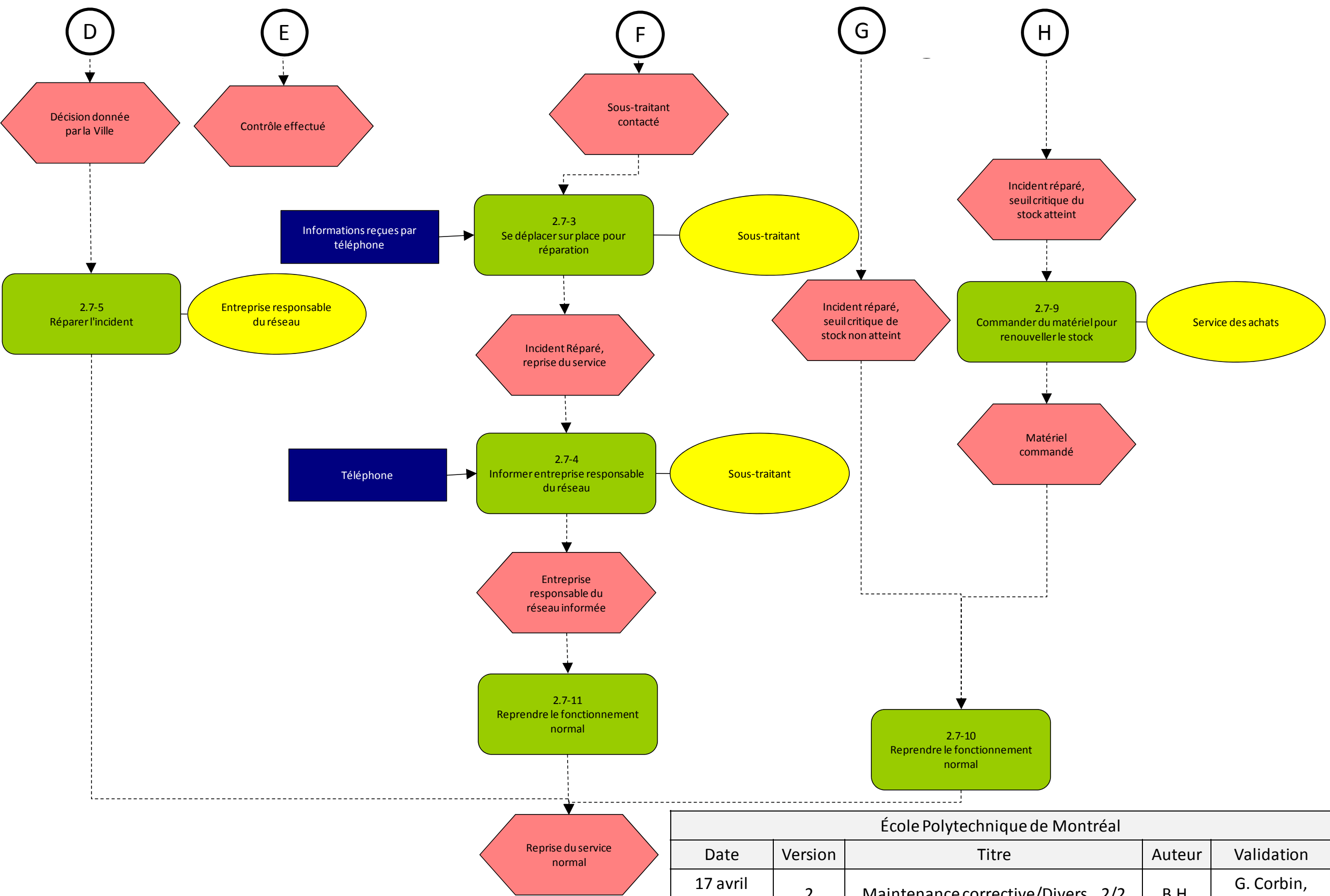
ANNEXE 3 – Sous-processus : Contrôle de la Ville



École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
17 avril 2010	2	Contrôle de la Ville	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

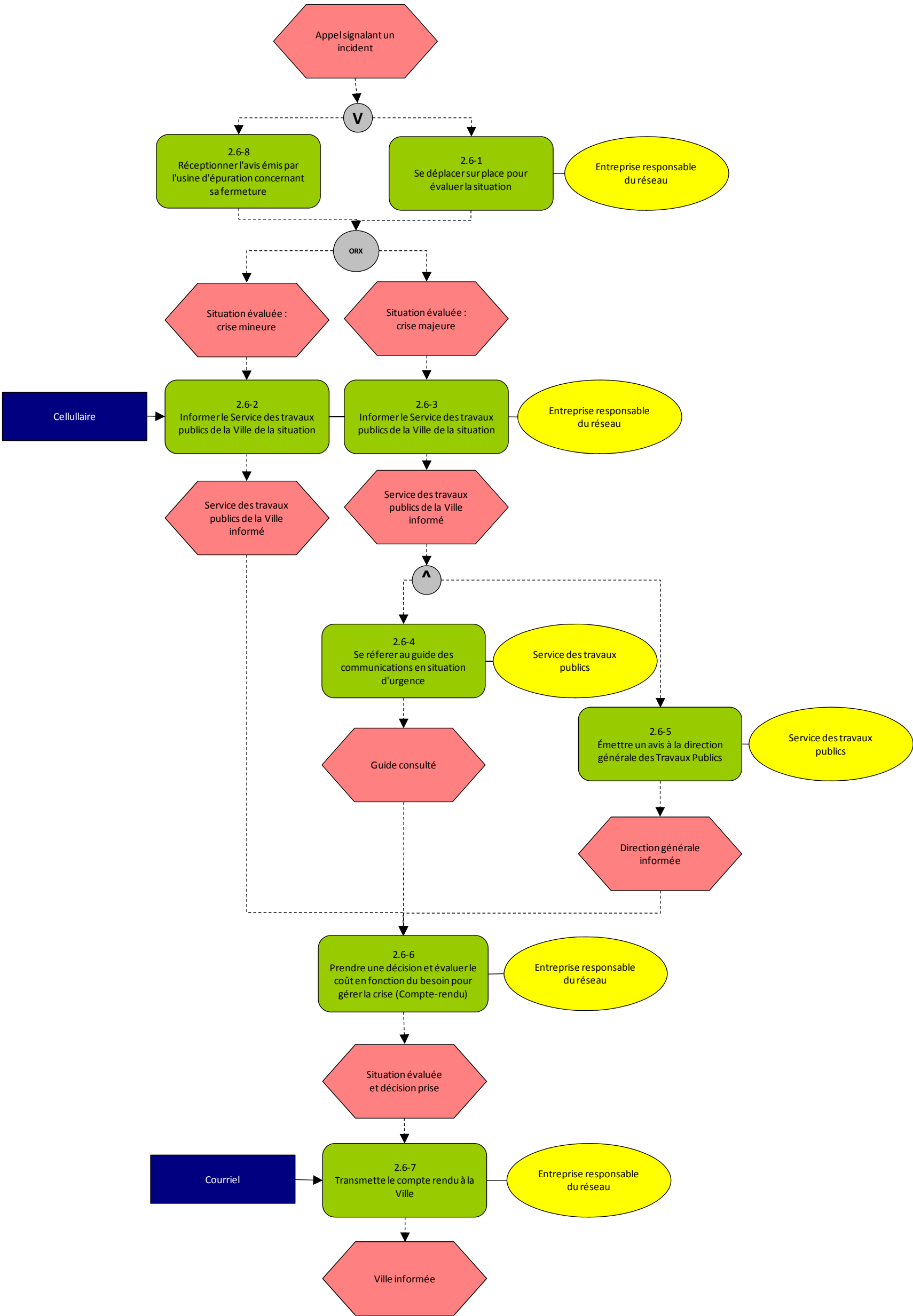
ANNEXE 4 – Sous-processus : Maintenance corrective/Divers





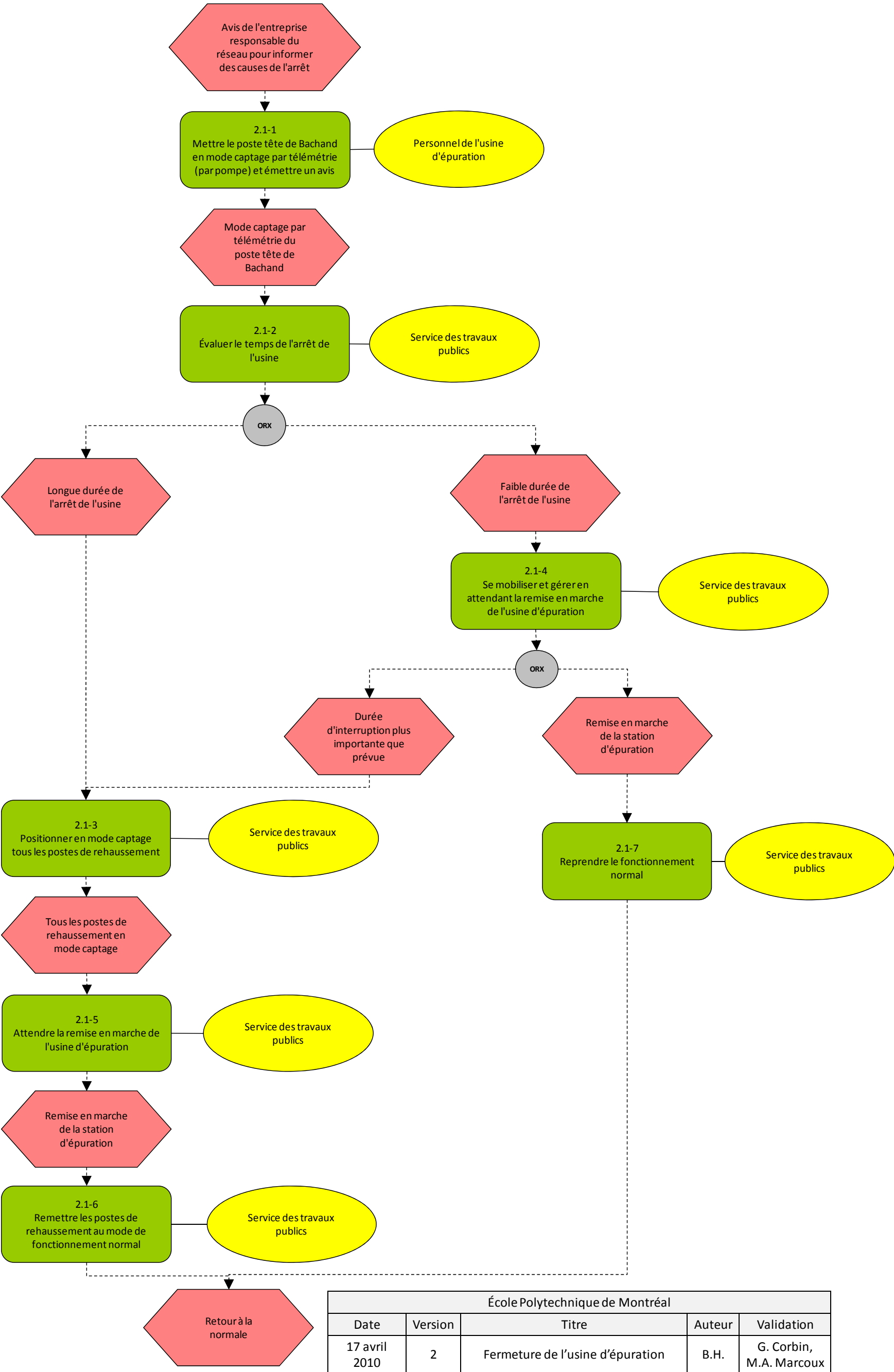
École Polytechnique de Montréal					
Date	Version	Titre		Auteur	Validation
17 avril 2010	2	Maintenance corrective/Divers 2/2		B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

ANNEXE 5 – Sous-processus : Intervention entreprise responsable du réseau



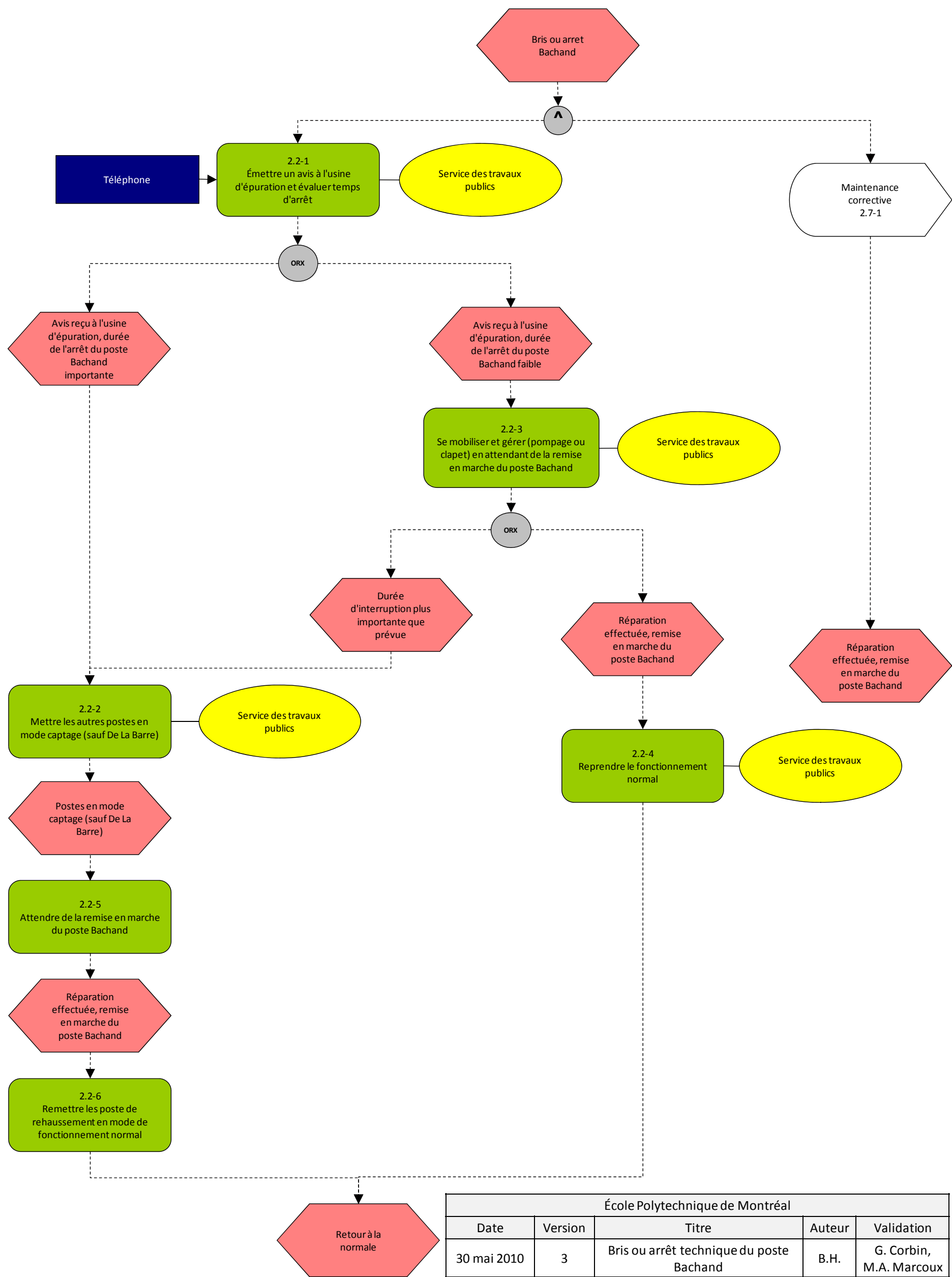
École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
17 avril 2010	2	Intervention entreprise responsable du réseau	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

ANNEXE 6 – Sous-processus : Fermeture de l’usine d’épuration



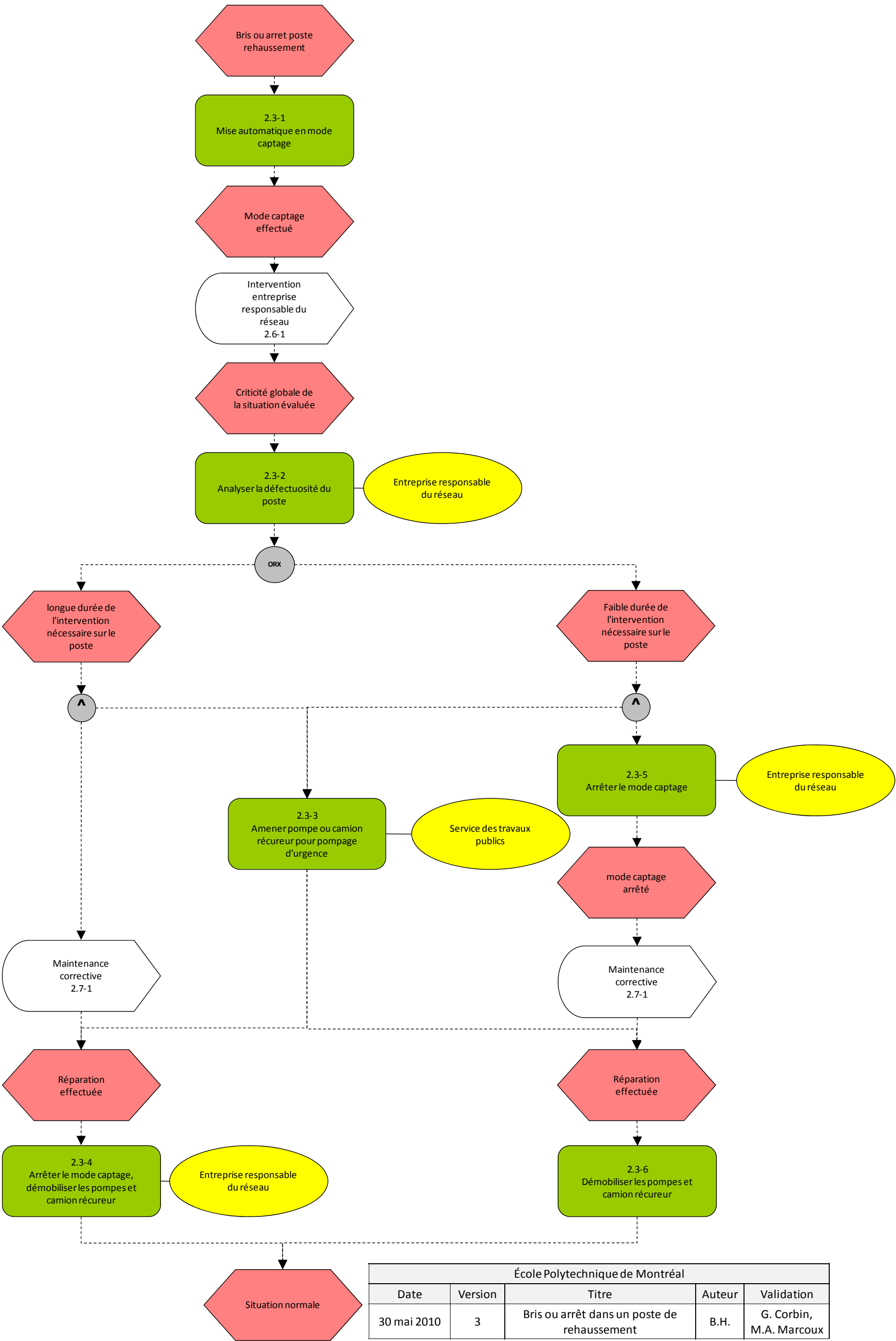
École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
17 avril 2010	2	Fermeture de l’usine d’épuration	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

ANNEXE 7 – Sous-processus : Bris ou arrêt technique du poste Bachand



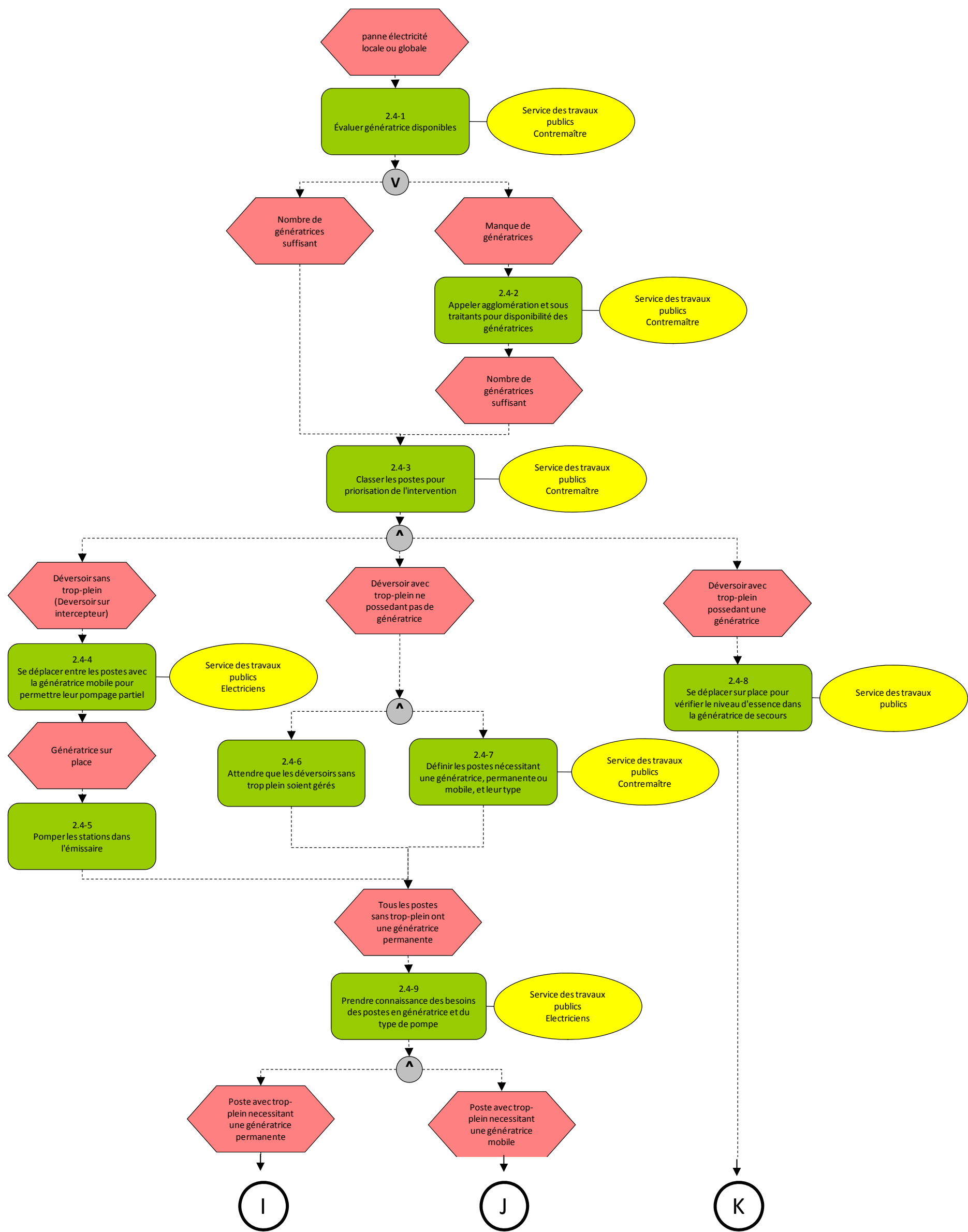
École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
30 mai 2010	3	Bris ou arrêt technique du poste Bachand	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

ANNEXE 8 – Sous-processus : Bris ou arrêt dans un poste de rehaussement

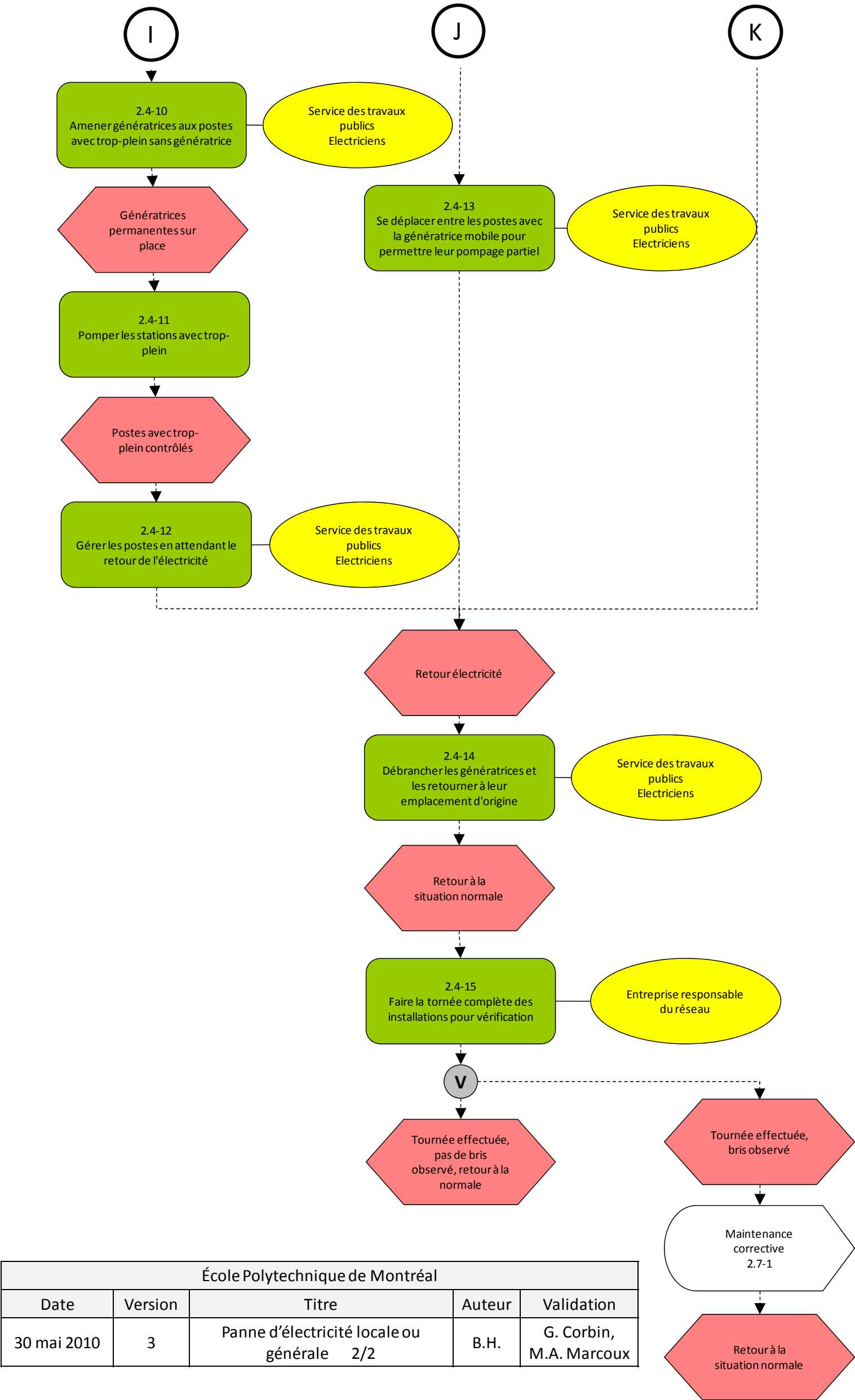


École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
30 mai 2010	3	Bris ou arrêt dans un poste de rehaussement	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux

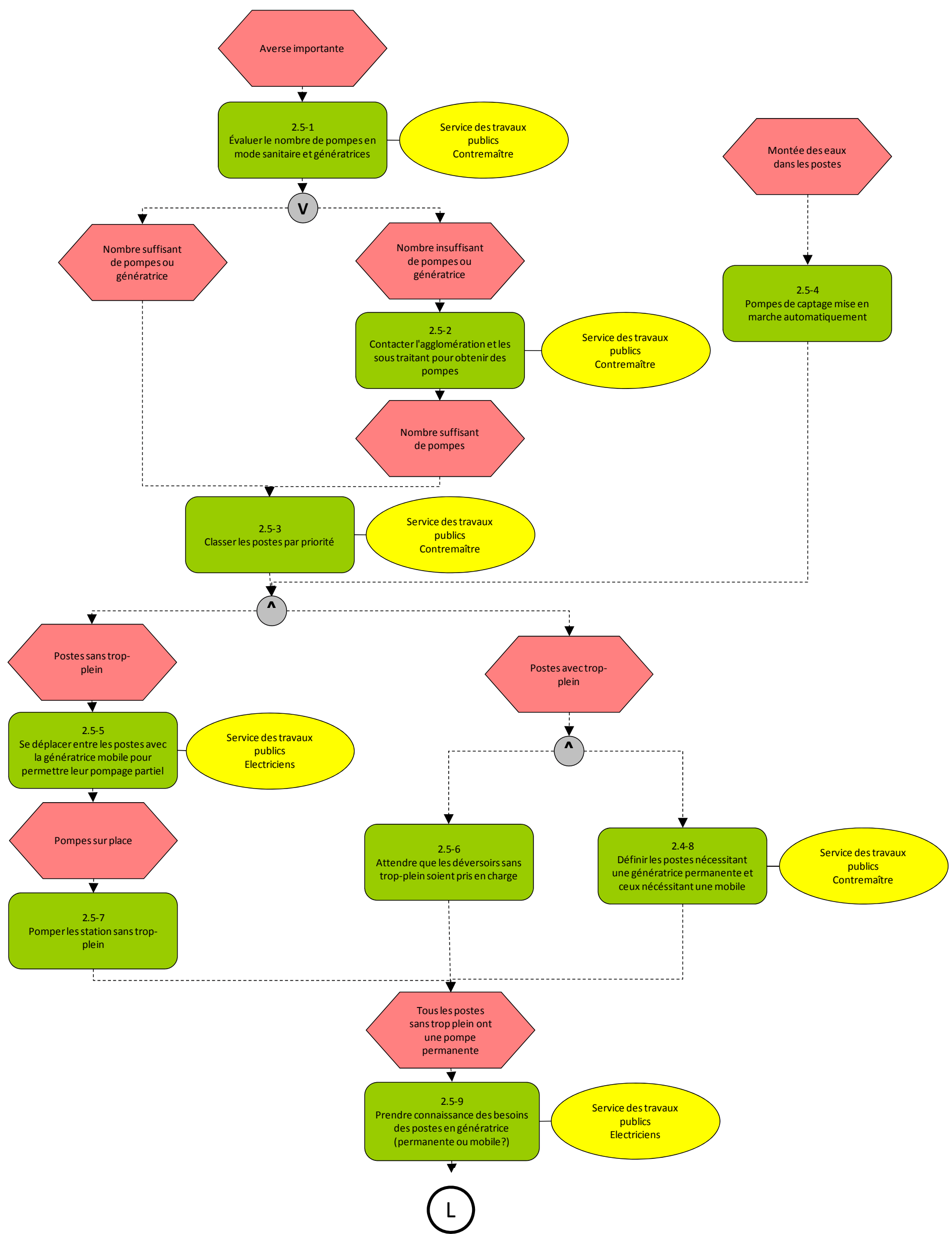
ANNEXE 9 – Sous-processus : Panne d’électricité locale ou générale



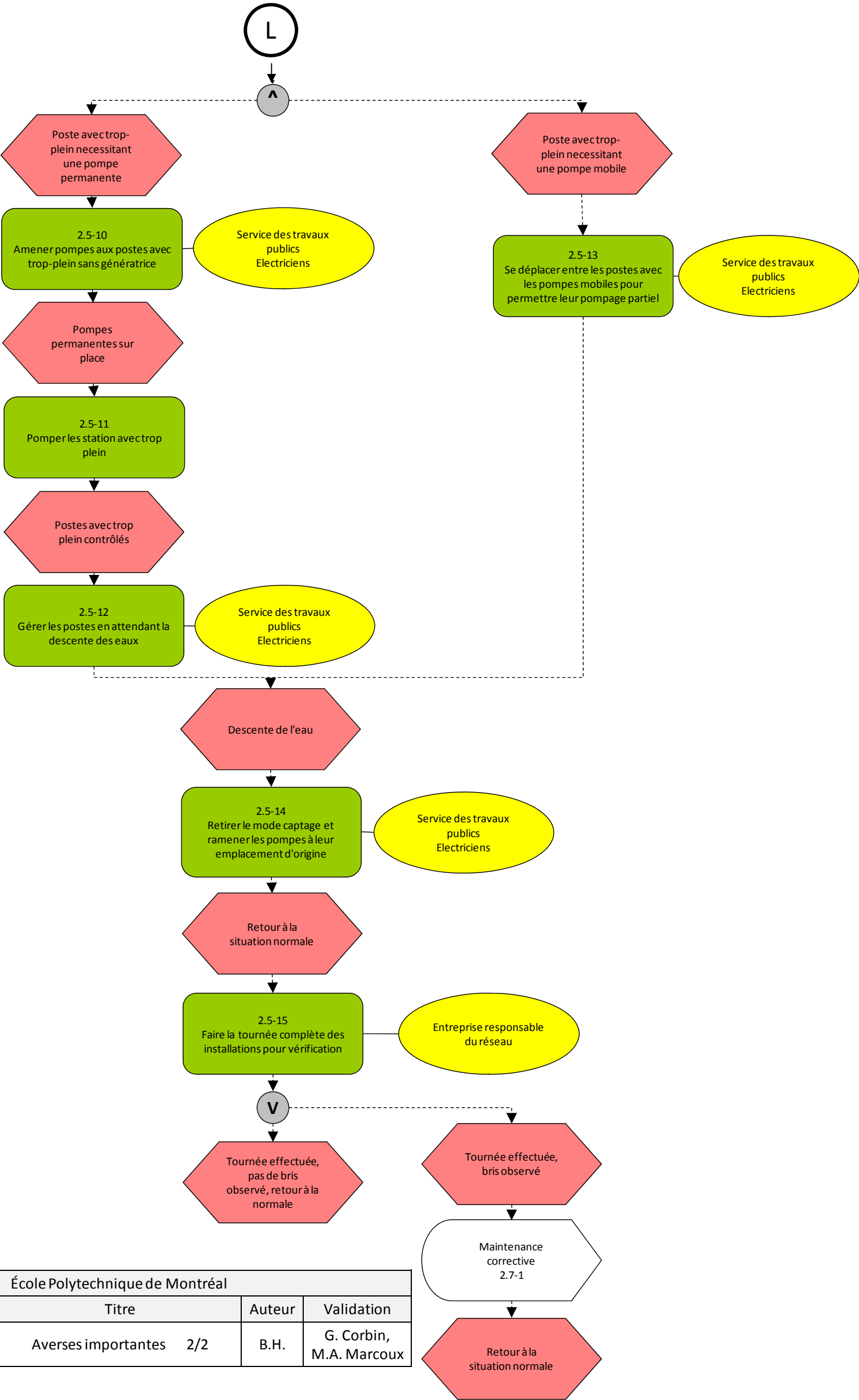
École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre	Auteur	Validation
30 mai 2010	3	Panne d’électricité locale ou générale 1/2	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux



ANNEXE 10 – Sous-processus : Averses importantes



École Polytechnique de Montréal				
Date	Version	Titre		Validation
30 mai 2010	3	Averses importantes	1/2	G. Corbin, M.A. Marcoux



École Polytechnique de Montréal					
Date	Version	Titre		Auteur	Validation
30 mai 2010	3	Averses importantes	2/2	B.H.	G. Corbin, M.A. Marcoux