

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

BENOÎT HUMBERT, MARTIN TRÉPANIÉ, DIANE RIOPEL, NATHALIE PERRIER

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET GÉNIE INDUSTRIEL, ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL
C.P. 6079, Succursale Centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3A7
{benoit.humbert, martin.trepanier, diane.riopel, nathalie.perrier}@polymtl.ca

Résumé - Les services publics des eaux d'une ville jouent un rôle primordial auprès des citoyens. Ils offrent l'accès à la distribution de l'eau pour tous ainsi que son assainissement. Toutefois, les perturbations rencontrées dans le réseau d'eau peuvent mener à des situations d'urgence qui doivent être gérées rapidement et efficacement. Cet article présente une étude de cas réalisée aux services publics d'assainissement des eaux d'une ville partenaire. L'étude consiste en l'élaboration d'une méthodologie à partir d'une cartographie des processus et d'indicateurs de performance afin de piloter la gestion des situations d'urgence. Les indicateurs de performance proposés sont développés selon un processus de sélection présenté dans la littérature.

Abstract - A town's water utilities play a key role for its inhabitants. They provide water and sewer services. However, disruptions in the water supply and wastewater network can lead to emergency situations that have to be quickly and efficiently managed. This paper presents a case study based on wastewater utilities in a partner-city. A methodology that guides emergency management is developed from a mapping process and performance indicators. The performance proposed indicators are developed according to a procedure described in the literature.

Mots clés - assainissement des eaux, services publics, interventions d'urgence, processus décisionnels.

Keywords - water sanitation, utilities, emergency response, decision-making processes.

1 INTRODUCTION

Les services publics doivent assurer la distribution de l'eau et son assainissement et maintenir un niveau de fonctionnement permettant la continuité des activités planifiées pour répondre à la demande. Toutefois, les urgences peuvent empêcher les services publics d'offrir ce service clé qui doit pourtant être maintenu en tout temps, même en situation d'urgence.

Cet article traite la planification réactive des opérations de retour à la normale lors de situations d'urgence de perturbations mineures dans les services publics locaux d'assainissement des eaux. La section 2 décrit l'étude de cas réalisée aux services publics d'assainissement des eaux d'une ville localisée au Québec. La section 3 contient une revue de la littérature des situations d'urgence et leur gestion dans les services publics de distribution d'eau potable et d'assainissement. Une méthodologie pour piloter la gestion des situations d'urgence est proposée à la section 4. La section 5 couvre l'analyse des processus modélisés à la section 4. La section 6 présente les indicateurs développés pour évaluer la performance de la ville dans les réponses aux situations d'urgence. La section 7 présente des avenues de recherche.

2 PROBLEMATIQUE

2.1 Définition

Dans cet article, nous nous intéressons aux situations imprévues de type "urgence" à l'échelle d'une ville. Plus précisément, nous étudions la situation de crise comme un précurseur au désastre, tel que décrit par Schenker-Wicki et al. (2010) à la section 3.1.4. Une étude de cas est réalisée aux services publics d'assainissement des eaux d'une ville située au Québec.

2.2 Les services publics de la ville

La ville partenaire a connu une croissance démographique de plus de 10% ces dix dernières années. En plus de prendre en

compte cette augmentation pour fournir aux citoyens un niveau de service de qualité, les services publics de la ville doivent répondre aux normes imposées sur l'assainissement des eaux.

Au niveau des infrastructures, deux types de stations se trouvent dans la zone d'activité des services publics de la ville : les stations locales et régionales. Les stations locales dépendent de la ville, alors que les stations régionales, situées sur le fleuve, dépendent du gouvernement mais sont exploitées et maintenues par la ville. Le Centre d'Épuration (CERS) dépend de la ville voisine. Le poste de pompage X est le poste de tête de la ville. Ce poste est le seul 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 X ou par la ville voisine. Ils récupèrent les eaux usées des autres postes en réseau. Chaque poste possède deux fonctions :

- 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.
- Les postes de pompage (d'interception) possèdent un trop-plein qui permet 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 l'eau du fleuve de revenir vers le poste.

3 REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de littérature couvre les travaux reliés à la gestion globale des situations d'urgence (Figure 1). Dès la détection d'une urgence, les services publics interviennent, ce qui implique, d'une part, une certaine réactivité définie à partir de l'agilité, la robustesse et la résilience, et, d'autre part, la réalisation des opérations de retour à la situation normale. Ces interventions sont réalisées à l'aide du retour d'expérience ou de la gestion des processus métiers. Ces méthodes voient leur performance mesurée à travers les indicateurs de performance, tant au niveau des services publics que des processus.

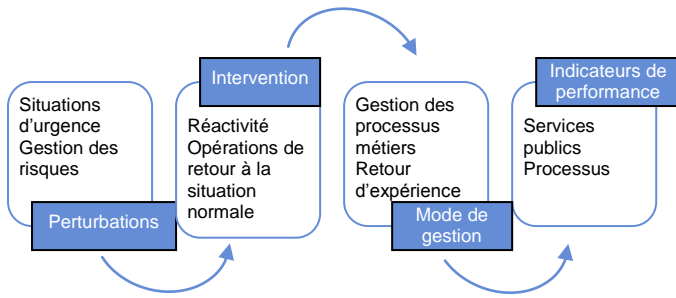


Figure 1. Gestion globale des situations d'urgence

La prochaine section couvre l'étude et la gestion des situations d'urgence dans la chaîne logistique et son adaptation dans les services publics des eaux.

3.1 Perturbations et situations d'urgence

3.1.1 Chaîne logistique

La chaîne logistique englobe la planification et la gestion des activités impliquées dans la sélection des fournisseurs et l'approvisionnement, la conversion et les activités de gestion de la logistique. Elle inclut également la coordination et la collaboration avec les partenaires intermédiaires (fournisseurs, intermédiaires, fournisseurs de logistique de tierce partie, clients). La gestion de la chaîne logistique intègre l'offre et la gestion de la demande au sein et entre les entreprises (CSCMP, 2010). La chaîne logistique évolue rapidement, mettant continuellement sous pression les gestionnaires qui tentent de trouver la meilleure façon d'organiser la logistique (Waters, 2007). Une cause importante de cette pression est étudiée dans cet article : la gestion des situations d'urgence.

3.1.2 Perturbations

Une perturbation est un événement non planifié et imprévu qui fait basculer le mode de fonctionnement usuel de l'entreprise vers un mode perturbé. Les moyens humains et matériels sont alors mis en place pour retourner à la situation normale. Svensson (2000), Madni et Jackson (2009) et Gaonkar et Viswanadham (2007) se concentrent sur le caractère imprédictible des perturbations. Matos (2007) et Klibi et al. (2010) proposent de modéliser les incertitudes pour anticiper les situations d'urgence ou se préparer pour y faire face efficacement. Klibi et al. (2010) recensent les modèles mathématiques non déterministes en fonction de trois types d'incertitude (Tableau 1) :

- 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.

Tableau 1. Modèles mathématiques, Klibi et al. (2010)

Types d'incertitudes	Modèles mathématiques associés
Aléas	<ul style="list-style-type: none"> • Approche scénario et analyse de sensibilité de Monte Carlo • Approche par programmation stochastique proactive • Transformation des modèles déterministes en programmes stochastiques à deux étapes • Programmation stochastique multi étape
Danger	Modèle de catastrophe
Incertain profonde	Approche scénario et optimisation robuste

Dans le domaine de la viabilité des opérations des services des eaux, Grigg (2000, 2003) regroupe les risques que peuvent rencontrer les installations en trois catégories (Tableau 2). Ces risques peuvent affecter la qualité de l'eau, la continuité du

service de distribution ainsi que sa fiabilité. Sur le plan opérationnel, Le Gauffre et al. (2007) identifient les principales perturbations reliées au réseau d'assainissement : infiltration, exfiltration, inondation, déversement anormal, diminution de la capacité hydraulique, ensablement, bouchage, déstabilisation du complexe sol-conduite, attaque chimique, dégradation par intrusion de racines, dégradation par abrasion et risque d'effondrement. Ces perturbations peuvent apparaître n'importe où dans le réseau, d'où leur caractère incertain.

Tableau 2. Origines des risques, Grigg (2000, 2003)

Catastrophes naturelles	Menaces de l'homme	Accidents ou événements inattendus
<ul style="list-style-type: none"> - Inondation et dégât des eaux - Sécheresse - Tremblement de terre - Vent - Glissement de terrain, sédimentation - Météo sévère - Feu - Contamination de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Attaque (terrorisme ou vandalisme) - Défaillance - Effet indésirable du public sur l'exploitation - Non respect des règlements 	<ul style="list-style-type: none"> - Rupture de barrage - Dysfonctionnement des installations - Contamination de l'eau

3.1.3 Vulnérabilité

La vulnérabilité est la prédisposition d'une infrastructure face à un scénario de menace (Ezell, 2007). L'association américaine des ouvrages hydrauliques (American Water Work Association) présente les étapes nécessaires à l'évaluation de la vulnérabilité (Agardy et 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; Ezell et al., 2000; Ezell, 2007). Ces modèles vont du système complexe automatisé au simple questionnaire pour effectuer l'évaluation.

3.1.4 Situations d'urgence

Une situation d'urgence est une perturbation du fonctionnement normal de l'organisation qui l'empêche d'atteindre ses objectifs, nécessitant ainsi des actions immédiates pour minimiser la rupture des biens ou services fournis. Schenker-Wicki et al. (2010) différencient risque, crise et catastrophe (Figure 2).

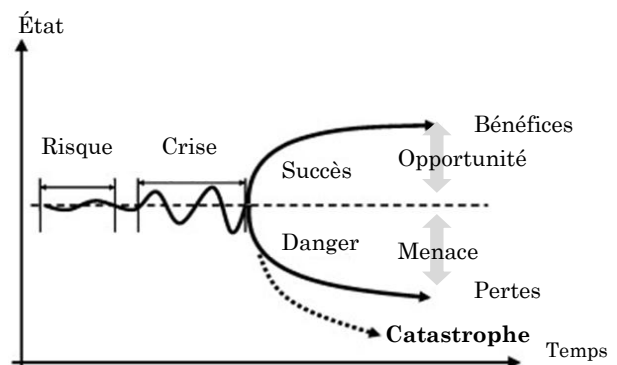


Figure 2. Ambivalence d'une crise, adapté de Adam (2006)

Les auteurs soulignent que, dans des situations normales, les risques sont continus, statiques ou cycliques. La crise peut alors être vue comme une situation non désirable avec une forte augmentation du risque pouvant dégénérer vers la catastrophe et menacer la population. Blanchard (2008)

propose un continuum du degré de sévérité des situations d'urgence (Figure 3).

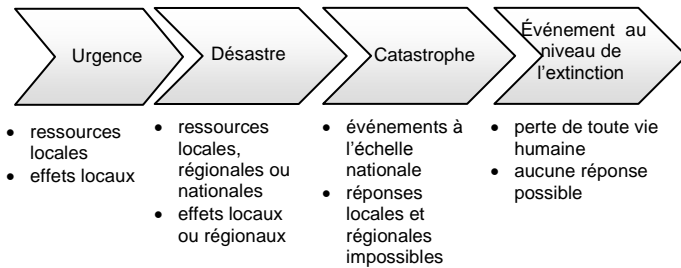


Figure 3. Continuum de la sévérité des situations d'urgence, adapté de Blanchard (2008)

Les étapes de ce continuum sont définies par l'ampleur de la situation et par les ressources utilisées. Précisons que l'impact peut être international, voire mondial, notamment dans les cas de nuages radioactifs. Dans cet article, nous étudions les situations d'urgence dues à des perturbations mineures, dont la gestion est effectuée à l'échelle du service public d'une ville.

3.2 Gestion des risques

Le but de la gestion des risques est de faire en sorte qu'ils ne créent pas d'impact sur le fonctionnement de l'organisation. MacGillivray et al. (2006) présentent trois niveaux de gestion des risques dans le domaine des services publics d'eau potable : stratégique, tactique et opérationnel (Figure 4).

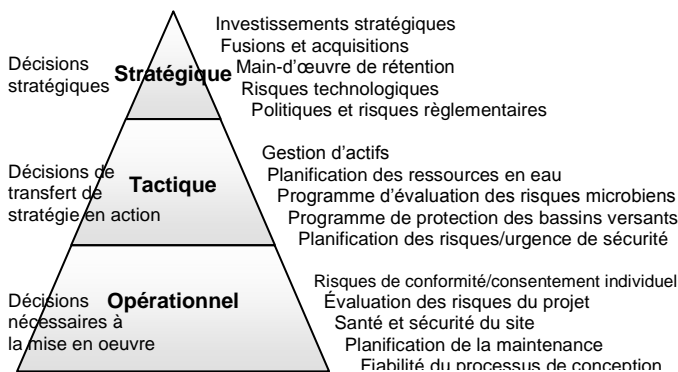


Figure 4. Hiérarchie des risques, MacGillivray et al. (2006)

3.2.1 Gestion des risques et gestion des situations d'urgence
Selon Waters (2007), la gestion des risques permet d'identifier les risques, les analyser et y répondre. Wybo (2004) intègre le retour d'expérience dans le cycle de vie de la gestion des risques. Ce cycle est basé sur les étapes suivantes :

1. *anticipation* : identification des risques et mise en place de scénarios sur les événements appréhendés;
2. *vigilance* : reconnaissance des éléments pouvant engendrer un événement appréhendé à la phase 1;
3. *gestion des urgences* : intervention de l'entreprise face à l'événement en utilisant ses ressources;
4. *retour d'expérience* : documentation de la gestion de l'événement pour la mettre à l'épreuve à la phase 1.

3.2.2 Gestion des risques dans le secteur public

Des services publics ont recours à des partenariats publics/privés (PPP) afin d'être plus efficaces et plus efficaces, pour réduire les coûts et déléguer la gestion des risques et la performance des installations (Chong et al., 2006). Dans cette optique, Wang et Dai (2009) proposent un mécanisme formel permettant la distribution des risques et des responsabilités entre les secteurs publics et privés.

3.3 Réactivité

La réactivité d'une entité, face à un événement extérieur ou interne imprévu, peut se définir à l'aide de trois concepts : l'agilité, la résilience et la robustesse.

3.3.1 Agilité

L'agilité comprend six attributs (Alberts et Hayes, 2003) :

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

Cette définition de l'agilité s'adapte facilement au contexte industriel (Saenz de Ugarte, 2009).

3.3.2 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, la capacité pour un système à revenir à l'état original après une perturbation ou à en trouver un plus désirable est appelée résilience (Christopher et Peck, 2004). Sheffi et Rice (2005) définissent la résilience comme la capacité à rebondir après une perturbation. Ils établissent, en huit étapes, un profil de réponse à une perturbation (Figure 5).

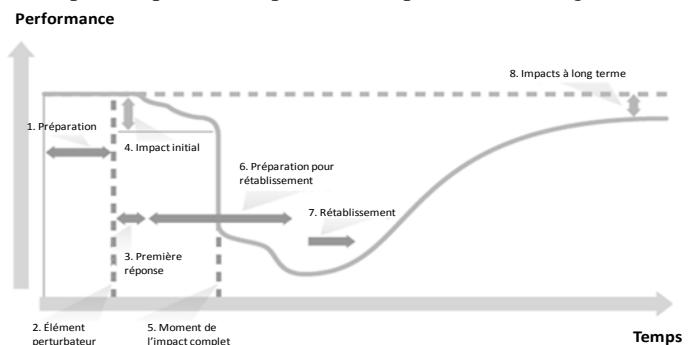


Figure 5. Étapes de la résilience, adapté de Sheffi et Rice (2005)

3.3.3 Robustesse

La robustesse est la capacité d'une organisation à amortir les impacts des défaillances rencontrées sur la performance du système. Ces défaillances comprennent les pannes, les événements incertains ou d'autres facteurs internes ou externes à l'entreprise. Dans le contexte de la chaîne logistique, la robustesse des décisions est définie comme 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 et Harrison, 2005 ; Sheffi, 2005) de façon à minimiser les résultats indésirables (Vieira et Lemos, 2009).

3.4 Modes de gestion et aide à la décision

En situation d'urgence, les gestionnaires doivent prendre des décisions rapidement sans nécessairement détenir toutes les données nécessaires. Dans cette section, différentes méthodes de gestion et d'aide à la décision sont présentées.

3.4.1 Méthodes d'aide à la décision

Ana et Bauwens (2007) présentent une revue des outils d'aide à la décision pour la gestion des actifs d'égouts. Trois types d'outils sont identifiés : 1) outils d'analyse de la performance ; 2) outils d'analyse de performance et décision ; 3) outils de gestion totale des actifs d'égouts. Bicik et al. (2008) proposent une méthodologie d'aide à la décision, basée sur les risques, qui permet de soutenir l'exploitation des systèmes de distribution d'eau dans des conditions de panne. Grâce à un processus d'évaluation des risques, la méthode permet aux opérateurs de visualiser et d'analyser les risques en temps quasi réel afin de prioriser plus efficacement les actions et interventions à entreprendre.

3.4.2 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 qui permet le partage et l'apprentissage auprès des différents acteurs de l'entreprise. Par l'analyse des événements, le retour d'expérience permet d'apprendre sur les situations déjà rencontrées et de mieux cerner les causes et les mécanismes conduisant à des situations d'innovation ou de défaillance du système (IRMa, 2010).

3.4.3 Re-planification

Dans un environnement réel, la planification est susceptible d'être modifiée à cause de contraintes et d'événements imprévus. Le processus doit être réactif, plutôt que statique, par l'acquisition d'informations en temps réel obligeant à réviser et reconsidérer les planifications déjà établies. Ouelhadj et Petrovic (2009) décrivent les différentes méthodes de planification dynamique et les modèles mathématiques pour réaliser cette re-planification robuste et dynamique. Ces méthodes comprennent les règles de répartition, les heuristiques, les métaheuristiques, les techniques d'intelligence artificielle et les systèmes multiagents.

3.4.4 Gestion des processus métiers

La gestion des processus métiers (Business Process Management, BPM) correspond à l'évolution de deux modes de gestion (Hill et al., 2006) : la gestion de la qualité totale (Total Quality Management, TQM) et la réingénierie des processus (Business Process Reengineering, BPR). Afin d'effectuer une refonte plus incrémentale de ces deux modes de gestion, le BPM possède son propre cycle de vie (Netjes et al., 2006) :

1. *Conception et modélisation* : analyse de l'entreprise, ses objectifs et son organisation pour recenser ses processus;
 2. *Configuration* : mise en oeuvre du modèle ou système (informatiquement) correspondant à la réalité des processus de l'entreprise;
 3. *Exécution* : intégration du modèle au moteur de la gestion par processus, indépendamment du système d'information de l'entreprise;
 4. *Contrôle* : supervision des performances processus à travers des tableaux de bord;
 5. *Diagnostic* : analyse de l'état des processus, leur pilotage et optimisation à l'aide de tableaux de bord indiquant les performances des processus pour proposer des améliorations.
- 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 le modèle BPM est mis en oeuvre.

3.5 Indicateurs de performance

3.5.1 Dans les services publics

Les indicateurs de performance permettent aux gestionnaires de positionner leur service par rapport à une certaine normalité, réglementation ou objectif de performance préalablement défini et de prendre des décisions concernant les éléments qui influencent cette performance. Plusieurs auteurs ont adapté des indicateurs pour le service d'eau et d'assainissement (Alegre, 2006 ; Matos et al., 2003 ; Crotty, 2003 ; Miner, 2008). Toutefois, la majorité des indicateurs ne concernent que la satisfaction des clients face à un service et les performances d'un service de manière générale. Les indicateurs proposés ne permettent pas d'évaluer la capacité à fournir un service lorsque des incertitudes et aléas surviennent. Ewan Associates Ltd/Mott McDonald Ltd (2001) présente des indicateurs de performance sur la capacité de fournir le service aux clients tout en préservant l'environnement. Pour cela, une approche défaillance-conséquence est utilisée, les défaillances concernant l'état des actifs, et les conséquences, les impacts sur le service client. De plus, Le Gauffre et al. (2007) présentent une méthodologie pour développer des indicateurs et critères de décision pour la gestion des réseaux d'assainissement et la réhabilitation de réseaux d'eaux usées.

3.5.2 Choix et implantation du système d'indicateurs de performance

Alegre (2006) propose cinq étapes pour effectuer une sélection appropriée des indicateurs de performance et de leur contexte :

1. présélection des indicateurs de performance considérés importants pour l'évaluation (et pertinents par rapport aux objectifs, stratégies et facteurs critiques de succès);
2. sélection des indicateurs de performance et des informations de contexte réel pour l'évaluation initiale;
3. développement d'indicateurs et de contexte différents, si nécessaire; vérification de la cohérence;
4. test pilote des indicateurs de performance initialement sélectionnés;
5. sélection finale des indicateurs de performance jugés importants et utiles pour l'évaluation.

4 MÉTHODOLOGIE

Dans cette section, une méthodologie pour piloter la gestion des situations d'urgence est proposée. La méthodologie proposée comprend quatre étapes et fut appliquée à l'assainissement des eaux de la ville partenaire :

1. *collecte des données* (section 4.1);
2. *cartographie des processus* (section 4.2);
3. *analyse des processus* (section 5);
4. *développement d'indicateurs de performance* (section 6).

4.1 Collecte des données

Les données ont été recueillies à partir d'entrevues avec la direction des travaux publics.

4.2 Cartographie des processus

La modélisation des processus correspond à l'étude du fonctionnement réel de l'entreprise afin de le transposer sous forme de processus. La cartographie des processus permet une rapidité d'exécution des tâches nécessaires au bon déroulement de l'activité cartographiée à la suite d'un événement déterminé (agilité) et un rétablissement rapide de la situation d'urgence vers une situation normale (résilience). Dans cet article, la méthode "chaîne de processus événementiels" (Event-driven Process Chain, EPC) est utilisée comme outil de modélisation des processus. Cette méthode graphique est construite sur la

base de quatre éléments (actions, ressources, acteurs, ordre de réalisation des actions) qui soutiennent spécifiquement le but de ce projet. La Figure 6 définit les éléments de cette modélisation. La modélisation EPC est une succession de fonctions et d'évènements représentant des flux au niveau opérationnel du service public. Les évènements 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. Chaque fonction correspond à une tâche à effectuer qui est définie non seulement par les évènements qui la déclenchent et par ceux qui en résultent, mais aussi par les ressources utilisées pour sa réalisation et l'unité organisationnelle qui effectue la tâche. Les flux représentent les relations entre ces constituants et les opérateurs logiques sont les chemins par lesquels le flux se dirige.

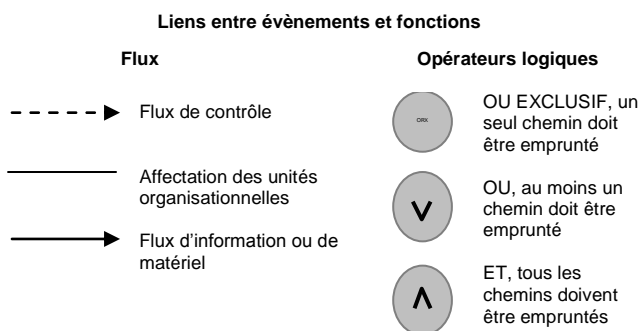
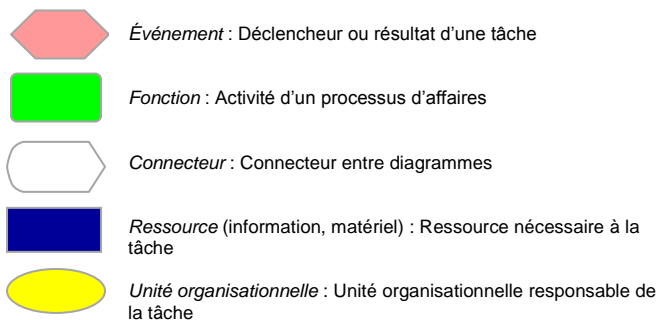


Figure 6. Éléments de l'EPC

5 ANALYSE DES PROCESSUS

5.1 Processus réalisés

Le processus général réalisé pour la gestion des situations d'urgence à la ville est présenté à la Figure 7. Trois évènements peuvent être à l'origine du passage de la gestion normale du réseau à une gestion de situation d'urgence :

- une détection automatique, engendrant une première autorégulation du système en attente de l'intervention de l'entreprise responsable du réseau;
- un appel (ou alarme) reçu à l'entreprise responsable;
- un appel à la ville, pouvant provenir des citoyens.

Dans le troisième cas, les appels sont effectués lorsque des anomalies apparaissent. Ainsi, il peut se passer un certain temps entre l'apparition d'un problème et sa détection. Suite à l'évènement déclencheur, la première action entreprise est l'intervention de l'entreprise responsable sur les lieux de l'incident pour évaluer la situation, ce qui constitue un premier sous-processus (2-6-1). Le processus principal pilote six sous-processus distincts correspondant à six situations d'urgence :

1. fermeture de l'usine d'épuration;
2. bris ou arrêt technique du poste X;
3. bris ou arrêt dans un poste de rehaussement;
4. panne d'électricité locale ou générale;

5. averse importante;
6. panne diverse.

Une fois toutes les actions de rétablissement du service effectuées, la chaîne de retour d'information est modélisée. Une première branche avec l'opérateur logique « ET » permet de systématiser le retour d'expérience (2-5) après les différentes situations d'urgence et 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). Dans le cas où un débordement dans les eaux est survenu, un rapport de débordement doit être émis 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.

La gestion des trois premières situations d'urgence s'effectue à partir de l'évaluation de la durée d'arrêt de l'infrastructure concernée. On mettra ainsi en mode captage tous les postes du réseau d'eau usée si la durée d'arrêt est longue afin d'éviter les débordements. Les cas de panne d'électricité locale ou générale et les cas d'averses importantes sont gérés à partir de priorisation des postes touchés selon qu'ils possèdent un trop-plein ou non. Le dernier cas correspond à la maintenance corrective de certains processus et aux cas divers.

5.2 Analyse critique

L'analyse critique du processus et des sous-processus permet de déterminer la criticité des éléments qui les composent. Dans un premier temps, un tableau comparatif (Tableau 3) est créé pour analyser les processus et sous-processus vis-à-vis des concepts de la revue de littérature.

Tableau 3. Évaluation des processus

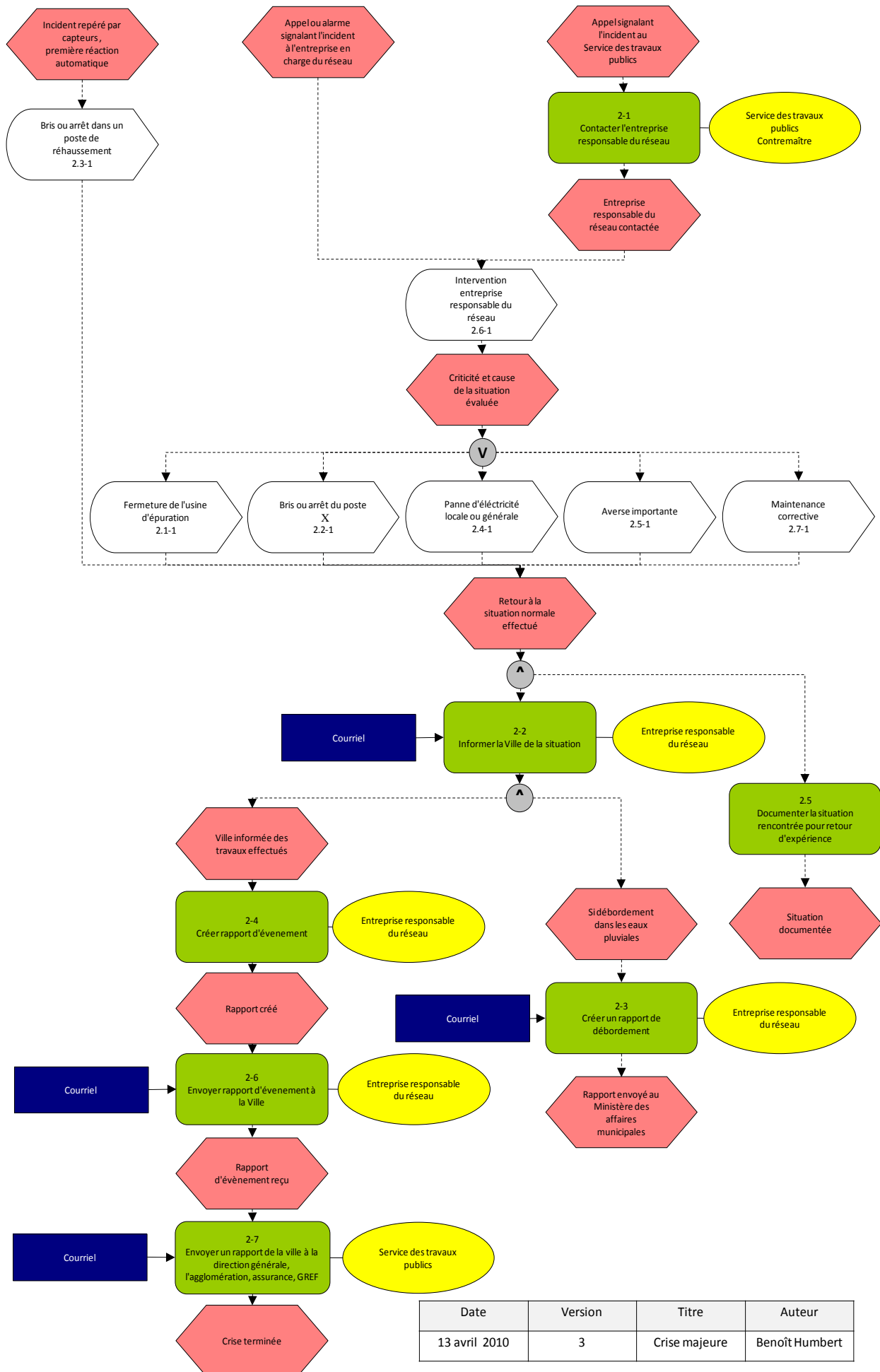
	Processus principal	Fermeture usine épuration	Bris ou arrêt poste X	Bris ou arrêt poste rehaussement	Panne électricité	Averse importante	Panne diverse
Vulnérabilité	+				+	+	
Gestion des risques	+						
Agilité	+	-	-	+	-	+	-
Résilience	0	-	-	-	-	-	-
Robustesse	0	+	+	+	+	+	-
Aide à la décision	+	+	+	+	+	+	+
Retour d'expérience	++						
Planification des opérations	+	+	+	+	+	+	+

++ Effets très positifs 0 Les effets s'annulent
+ Effets positifs - Effets négatifs

Cette étude permet d'identifier les éléments qui ont un impact sur les aspects de la gestion des situations d'urgence : la cartographie réalisée (processus), les acteurs (PPP), les communications (e.g., alarme) et les infrastructures (postes). Le tableau 4 présente une synthèse de l'évaluation de ces quatre axes d'étude vis-à-vis des principaux concepts reliés à la réactivité et l'efficacité de la gestion des urgences.

Tableau 4. Évaluation des axes d'étude

	Processus	Acteurs	Communications	Infrastructures
Vulnérabilité	-	+	+	-
Agilité	++	+	+	+
Résilience	++	+	-	-
Robustesse	++	+	-	++



Date	Version	Titre	Auteur
13 avril 2010	3	Crise majeure	Benoît Humbert

Figure 7. Processus général des situations d'urgence – Direction des travaux publics de la ville partenaire

5.3 Identification des processus critiques

Les éléments ayant un impact négatif sur les concepts de vulnérabilité, d'agilité, de résilience et de robustesse sont identifiés au tableau 5. Ces éléments critiques à surveiller dans la gestion des situations d'urgence font l'objet de la proposition d'indicateurs de performance à la section suivante.

Tableau 5. Éléments à surveiller dans la gestion des situations d'urgence

Concept	Définition	Élément à surveiller
Vulnérabilité	Prédisposition d'une infrastructure face à un scénario de menace	Fréquence/importance des pannes
Agilité	Capacité à réagir rapidement suite à une perturbation	Temps de détection de la panne
Résilience	Capacité à revenir à l'état original après une perturbation	Temps d'intervention
Robustesse	Capacité à amortir les impacts d'une perturbation sur les citoyens	Durée des opérations ou attente

6 INDICATEURS DE PERFORMANCE

6.1 Choix des indicateurs

L'évaluation du fonctionnement des services publics doit être effectuée pour les trois niveaux de la pyramide hiérarchique des risques (Figure 4) afin d'évaluer leur efficacité globale. Aussi, des indicateurs de performance sont développés pour chaque niveau. Au niveau opérationnel, les éléments à surveiller lors des urgences sont : les temps de détection de la panne, les temps d'intervention et les fréquences des pannes (section 5.3). Afin de mesurer les impacts de ces éléments sur la gestion des urgences, les indicateurs suivants sont proposés :

- le taux de panne et nombre de panne par station;
- la comparaison, sur une période donnée, des moyennes du nombre d'accidents détectés par alarme et ceux détectés par une personne;
- et le temps moyen de réparation.

Au niveau tactique, afin de mesurer les résultats/impacts des opérations de maintenance sur les situations d'urgence, les indicateurs suivants sont développés :

- le taux de débordement des égouts dans les locaux des usagers;
- le ratio des urgences, exprimé en pourcentage des heures.

Au niveau stratégique, les investissements permettent de maintenir la pérennité du patrimoine et d'améliorer l'efficacité des installations afin d'assurer la continuité du service. Le taux de renouvellement du système, exprimé en pourcentage, permet de mesurer le taux pour lequel le service public répond à ses objectifs en matière de renouvellement ou de remplacement des infrastructures.

6.2 Indicateurs de performance des processus

Des indicateurs de performance des processus sont également identifiés afin d'évaluer quantitativement l'efficacité et la pertinence des processus. Les indicateurs suivants sont étudiés :

- 1) les réactions automatiques pour l'évaluation de l'agilité;
- 2) les attentes et les déplacements pour évaluer les éléments dont dépendent les attentes rencontrées et 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) le processus en lui-même, avec sa structure, et son nombre de tâches qui déterminent une certaine agilité.

Une échelle de notation est définie afin de mesurer les indicateurs 1, 2 et 3. Le tableau 6 présente la notation utilisée pour évaluer quantitativement le niveau de réactivité des processus relié aux réactions automatiques.

Tableau 6. Échelle de notation de la réactivité

Définition de l'échelle	
1	Aucune réaction automatique
2	Pas de réaction automatique, mais gestion immédiate sans déplacement
3	Réaction automatique dans certains cas (déclenchement par alarme et par appel des citoyens)
4	Réaction automatique, mais réponse différée par rapport à l'événement
5	Réaction automatique et immédiate

6.3 Test

Les indicateurs proposés aux sections 6.1 et 6.2 répondent au processus de sélection des indicateurs de performance présenté à la section 2.5.2 (Alegre, 2006). En effet, pour les indicateurs stratégiques, tactiques et opérationnels, les données requises, identifiées à la section 6.1, sont disponibles à partir d'observations recueillies dans les rapports d'intervention de la ville (pour le nombre d'arrêts, les temps mesurés, etc.), de documents de la ville (pour les taux de pannes et le nombre de clients actifs) ou auprès de la direction générale et des élus (pour le taux de renouvellement). De plus, la mesure des données étant précise, les indicateurs de la section 6.1 permettent une évaluation pertinente des modes de fonctionnement opérationnel reliés aux concepts de réactivité et de vulnérabilité. Ils permettent également d'obtenir des résultats des opérations de maintenance en situation d'urgence et des suivis des objectifs au niveau stratégique. Pour les indicateurs des processus, le contexte et 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.

7 CONCLUSION

Cet article a présenté une étude de cas sur la planification réactive de la logistique des situations d'urgence dans les services publics d'assainissement des eaux. La méthodologie proposée comprend une cartographie des processus en situations d'urgence et des indicateurs mesurant les aspects de ces situations. La méthodologie s'applique également à d'autres domaines tels les télécommunications ou l'électricité. Les indicateurs sont développés selon un processus présenté dans la littérature. Enfin, plusieurs perspectives de recherche méritent d'être étudiées : la validation des indicateurs proposés, l'amélioration de la cartographie réalisée à travers le cycle de vie de la gestion des risques (Wybo, 2004), l'évaluation de la robustesse des processus par des simulations à l'échelle de la ville et la prise en compte des perturbations par le développement de modèles statiques et/ou dynamiques.

8 REMERCIEMENTS

Cet article a bénéficié du support financier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Les auteurs remercient le contremaître hygiène et le chargé de projets à la direction du génie de la ville partenaire, de leur collaboration.

9 RÉFÉRENCES

Adam, V., (2006) Hochwasser-Katastrophenmanagement : Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden. Deutscher

Universitäts-Verlag, Wiesbaden.

- Agardy, F., Ray, A., (2001) Emergency planning for water utility management (M 19), American Water Works Association: Denver.
- 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, International Water Association.
- 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.
- Bicik, J., Makropoulos, C., Joksimović, D., Kapelan, Z., Morley, M.S., Savić, D.A., (2008) Conceptual risk-based decision support methodology of improved near real-time response to WDS failures. *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, Emergency Management Institute: Emmitsburg, Maryland.
- 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), pp. 149-169.
- Christopher, M., Peck, H., (2004) Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*, 15(2), pp. 1-13.
- Council of Supply Chain Management Professionals, (2010) CSCMP Supply Chain Management Definitions, consulté le 21 novembre 2009.
- Crotty, P., (2003) Selection and definition of performance indicators for water and wastewater utilities, American Water Works Association.
- Ewan Associates Ltd / Mott MacDonald Ltd., (2001) Development of Enhanced Serviceability Indicators For Sewerage Assets.
http://www.ofwat.gov.uk/publications/commissioned/rpt_c_om_ewansewerageassests.pdf, consulté le 14 mai 2010.
- Ezell, B., (2007) Infrastructure vulnerability assessment model (I-VAM). *Risk Analysis*, 27(3), pp. 571-583.
- Ezell, B., Farr, J., Wiese, I., (2000) Infrastructure risk analysis of municipal water distribution system. *Journal of Infrastructure Systems*, 6, p. 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), pp. 265-273.
- Grigg, N., (2000) Risk management in water utilities.
- Grigg, N., (2003) Water utility security : Multiple hazards and multiple barriers. *Journal of Infrastructure Systems*, 9, p. 81.
- Hill, J., Sinur, J., & Melenovsky, D. (2006). Gartner's positions on Business Process Management, 2006. *Gartner Web Site*.
- IRMa., (2010) Comment être toujours opérationnel : formation, information, exercices, retour d'expérience. http://www.bouchesdurhone.pref.gouv.fr/risques/doc/guide/guide_7_etre_operationnel.pdf, consulté le 10 mai 2010.
- 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).
- Le Gauffre, P., Joannis, C., Vasconcelos, E., Breyse, D., Gibello, C., Desmulliez, J., (2007) Performance indicators and multicriteria decision support for sewer asset management. *Journal of Infrastructure Systems*, 13, p. 105.
- 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), pp. 85-139.
- Madni, A.M., Jackson, S., (2009) Towards a Conceptual Framework for Resilience Engineering. *Systems Journal*, IEEE, 3(2), pp. 181-191.
- Matos, M.A., (2007) Decision under risk as a multicriteria problem. *European Journal of Operational Research*, 181(3), pp. 1516-1529.
- Matos, R., Cardoso, A., Duarte, P., Ashley, R., Molinari, A., (2003) Performance indicators for wastewater services. International Water Association.
- 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*, pp. 243-263.
- Netjes, M., Reijers, H., van der Aalst, W., (2006) FileNet's BPM life-cycle support, BPM Center Report BPM-06-07, BPMcenter.org.
- Ouelhadj, D., Petrovic, S., (2009) A survey of dynamic scheduling in manufacturing systems. *Journal of Scheduling*, 12(4), pp. 417-431.
- Saenz de Ugarte, B., (2009) Aide à la prise de décision en temps réel dans un contexte de production adaptative. Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal.
- Schenker-Wicki, A., Inauen, M., Olivares, M., (2010) Unmastered risks : From crisis to catastrophe. An economic and management insight. *Journal of Business Research*, 63(4), pp. 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), p. 41.
- Staudinger, T., England, E., Bleckmann, C., (2006) Comparative analysis of water vulnerability assessment methodologies. *Journal of Infrastructure Systems*, 12, p. 96.
- 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), pp. 731-749.
- Vieira, G. E., Lemos, R., (2009). Understanding supply chain robustness. *International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, SOLI '09*, 22-24 juillet.
- Wang, W., Dai, D., (2009) Risk allocation mechanism for public-private partnership (PPP) projects. *International Conference on Management and Service Science, MASS*, Wuhan, China, 20-22 septembre.
- Waters, D., (2007) Supply Chain Risk Management : Vulnerability and Resilience in Logistics, Kogan.
- Wybo, J., (2004) Le rôle du retour d'expérience dans la maîtrise des risques et des crises. *Qualitique*, 158, pp. 27-30.