

Université de Montréal

**Le potentiel des technologies de l'information et des communications pour le
renforcement de la résilience organisationnelle lors des opérations d'évacuation
Étude de cas de la ville de New York**

par
Michaël Houle

Institut d'urbanisme
Faculté de l'aménagement

Mémoire présenté à la Faculté de l'aménagement
en vue de l'obtention du grade de maîtrise
en urbanisme

Avril, 2015

© Michaël Houle, 2015

Résumé

Lorsque les ouragans entrent en contact avec l'environnement bâti et naturel, les autorités publiques n'ont parfois d'autre choix que de déclarer l'évacuation obligatoire de la population située en zone à risque. En raison de l'imprévisibilité du déroulement d'une catastrophe et des comportements humains, les opérations d'évacuation sont confrontées à une incertitude significative. Les expériences passées ont montré que les technologies de l'information et des communications (TIC) ont le potentiel d'améliorer l'état de l'art en gestion des évacuations. Malgré cette reconnaissance, les recherches empiriques sur ce sujet sont à ce jour limitées. La présente étude de cas de la ville de New York explore comment l'intégration des TIC dans la planification opérationnelle des organisations ayant des responsabilités en matière de transport peut améliorer leurs réponses aux événements et influencer le succès global du système de gestion des catastrophes. L'analyse est basée sur les informations recueillies au moyen d'entretiens semi-dirigés avec les organisations de transport et de gestion des catastrophes de la ville de New York ainsi qu'avec des experts du milieu universitaire. Les résultats mettent en lumière le potentiel des TIC pour la prise de décision en interne. Même s'il est largement reconnu que les TIC sont des moyens efficaces d'échanger de l'information en interne et entre les organisations, ces usages sont confrontés à certaines contraintes technologique, organisationnelle, structurelle et systémique. Cette observation a permis d'identifier les contraintes vécues dans les pratiques usuelles de gestion des systèmes urbains.

Mots-clés : technologies de l'information et des communications, gestion des catastrophes, transport, résilience organisationnelle, ville de New York

Abstract

When the interaction of hurricane with the natural and the built environment occurs, exposed communities often have only one option: to evacuate. Because of the complexity under disaster condition as well as human behaviour, evacuation processes are always confronted to significant uncertainty. Previous experiences have shown that information and communications technologies (ICTs) have the potential to improve the state of the art in evacuation management. Despite this recognition, there is limited empirical research on this topic to date. This research examines how the integration of ICTs into operational planning of New York City organizations with transportation-related responsibilities during hurricane evacuation can improve their response to weather events and can influence the overall success of the emergency system. The analysis is based on information collected through semi-structured interviews with city transportation agencies and departments, emergency response organizations, and experts over a nine-week field research. The results show that ICTs has the potential to improve in-house decision-making capacity. This is partly due to the potential of ICTs to provide organizations with the ability to collect real-time data and to keep an accurate understanding of the rapidly changing disaster environment. Even though it is widely recognized that ICTs are a promising mean for achieving efficient in-house and cross-agency information sharing, these uses face certain technological, organizational, structural and systemic limits. This observation lead to a better understanding of the constraints that may be experienced in the management of urban systems on a daily basis.

Keywords : Information and communications technologies, emergency management, transportation, organisational resilience, New York City

Table des matières

1. Introduction	
Changements climatiques, catastrophes et transport	2
Ouragans et transport – États-Unis	3
Système de gestion des catastrophes - États-Unis	7
Catastrophes et information	9
Technologies de l’information et des communications, et évacuation	10
Questions et objectifs de recherche	14
Spécifications relatives aux TIC	16
Pourquoi cette recherche?	17
Mise en contexte : ville de New York	19
Changements climatiques, exposition et vulnérabilité	19
Système de transport, ville de New York	22
Les transports et l’ouragan Sandy	25
Organisation de la dissertation	27
2. Fondement conceptuel	
Vulnérabilité et résilience	29
Infrastructures critiques et interdépendances	29
Vulnérabilité	32
Vulnérabilité et réduction des risques de catastrophes	33
Résilience en milieu urbain	36
La gestion des catastrophes dans la pratique	39
La gestion des catastrophes : une discipline	40
Études des organisations	42
Résilience organisationnelle	42
Technology-in-practice	44
Coordination et réseau	47
3. Cadre méthodologique	
Angle d’approche	50
Stratégie de recherche	50
Méthode de recherche	51
Collecte de données	51
Questionnaire	52
Sujet de sécurité nationale et collecte de données	53

Échantillon	53
Anonymisation des données	56
Outils additionnels de collecte de données	57
Choix du site d'étude	57
Limites de l'étude	58
4. Résultats et discussion	
Analyse de contenu et approche théorique	60
Préanalyse	60
Exploitation du matériel	61
Traitement des résultats et interprétation	63
Coordination intraorganisationnel et TIC	63
Accès et collecte de données	63
Partage de l'information en interne	67
Coordination interorganisationnelle et TIC	69
Vers une image opérationnelle commune	69
Le pouvoir de la coopération : entre technologies et relations humaines	72
Coordination avec le public	76
Externalisation ouverte	76
La diffusion de l'information	78
Analyse des résultats et discussion	81
Utilisation des TIC en interne et résilience organisationnelle	81
Utilisation interorganisationnelle des TIC et résilience organisationnelle	82
Stratégie de réduction des risques à long-terme	88
L'influence des pratiques usuelles sur les pratiques exceptionnelles	89
TIC en interne : des pratiques exceptionnelles vers les pratiques usuelles	90
TIC et réseau : des pratiques exceptionnelles vers les pratiques usuelles	92
5. Conclusion	96
Bibliographie	98
Annexe	105

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Facteurs communs et spécifiques en gestion des évacuations	6
Tableau 1.2: Conséquences de l'augmentation du niveau de la mer, des inondations côtières et des tempêtes sur les infrastructures, par secteur	22
Tableau 1.3: Chronologie des événements Sandy	26

Liste des figures

Figure 1.1: Facteurs de risque observés dans le cadre de ce mémoire	14
Figure 2.1: Interdépendance des infrastructures critiques	29
Figure 2.2: Adaptation aux changements climatiques et RRC	34
Figure 2.3: Facteurs de vulnérabilité	35
Figure 2.4: City Resilience Index	38
Figure 2.5: Facteurs humains influençant l'intention d'utilisation des TIC	46
Figure 4.1: Technologies de l'information et des communications et résilience organisationnelle en interne et au sein d'un réseau	85
Figure 4.2: Analogies entre une molécule et un réseau, et un atome et une organisation	87

Liste des cartes

Carte 1.1: Zones inondables, NYC, 2020-2100	20
Carte 1.2: Ponts et tunnels, NYC	24

Liste des sigles et acronymes

ARC :	Greater New York - American Red Cross
CRI:	City Resilience Index
ESF:	Emergency Support Functions
FDNY:	Fire Department, City of New York
FEMA:	Federal Emergency Management Agency
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
MTA:	Metropolitain Transportation Authority
NPCC:	New York City Panel on Climate Change
NYC :	ville de New York
NYC DOT:	New York City Department of Transportation
NYC OEM:	New York City Office of Emergency Management
NYS :	État de New York
NYSDOT:	New York State Department of Transportation
NYS PSC:	New York State Public Service Commission
PANYNJ:	Port Authority of New York & New Jersey
RRC:	Réduction des risques de catastrophes
STI :	Systèmes de transport intelligents
STIC:	Statewide Transportation Information and Coordination Center
TIC:	Technologies de l'information et des communications

Dédicace

À tous ceux et celles qui ont connu la souffrance qu'apporte une catastrophe naturelle.

Remerciements

Merci au Center for Urban Science and Progress (New York University) et au Center for Climate Systems Research, Earth Institute (Columbia University) pour m’ avoir accueilli en tant que chercheur invité durant mon séjour à New York. Merci particulièrement à Cynthia Rosenzweig, Somayya Ali Ibrahim et Masoud Ghandehari. Merci au Conseil de recherches en sciences humaines, à la Faculté des études supérieures et postdoctorales et à la Faculté de l’aménagement pour leur soutien financier. Merci à tous les experts et à toutes les organisations participantes pour le partage de connaissance. Merci à Isabelle Thomas (Institut d’urbanisme de l’Université de Montréal) pour m’ avoir soutenu dans ce projet. Merci à Benoit, Laurie et Stéphanie pour leur support inestimable.

1. Introduction

« In times of crisis, although information is a crucial element for planning emergency and providing life-assistance to the victims, communication networks and associated technologies are real lifelines » (Roche *et al.*, 2013).

Changements climatiques, catastrophes et transport

Selon le National Climate Assessment, l'intensité, la fréquence et la durée des ouragans de l'océan *Atlantique Nord*, ainsi que la fréquence des ouragans de catégories 4 et 5 ont augmenté depuis 1980. Il est attendu que l'augmentation de l'intensité des tempêtes et le taux de précipitations liées à ces ouragans s'accroissent à mesure que le climat se réchauffe (Hayhoe *et al.*, 2014). Les principaux phénomènes associés aux ouragans sont les ondes de tempête, les précipitations extrêmes, les vents violents et les vagues générées par la force de ces derniers. De plus, en raison du réchauffement climatique, les tempêtes côtières et les ondes de tempête se déplacent sur un niveau moyen de la mer de plus en plus élevé : « Sea level rise interacts with coastal storms to cause increased flood heights and expanded floodplains » (New York City Panel on Climate Change [NPCC], 2015). Dès qu'il y a interaction entre ces phénomènes et l'environnement naturel et bâti, de plus amples dégâts sont causés notamment par les inondations et l'érosion, ainsi que par les débris transportés par les vents et l'eau (Wolshon *et al.*, 2005). Le nombre d'infrastructures urbaines et la population à risque en zones côtières augmentent conséquemment (Tang *et al.*, 2014). En 2010, le United States Department of Defense a publié le rapport intitulé *Quadrennial Defense Review*. Pour la première fois de leur histoire, les États-Unis reconnaissent que les changements climatiques façonneront de manière importante l'environnement de la sécurité future (Hayhoe *et al.*, 2014).

Ouragans et transport – États-Unis

L'ouragan de Galveston (Texas) de 1900 figure parmi les catastrophes naturelles de l'histoire des États-Unis ayant été les plus dévastatrices sur le plan humain, emportant avec lui plus de 8 000 vies (Wolshon *et al.*, 2005). Ce bilan a soulevé non seulement la nécessité d'améliorer les systèmes d'alerte cyclonique et le système de gestion des catastrophes, mais aussi l'importance de procéder à l'évacuation des individus en territoires exposés (Wolshon *et al.*, 2001). En 1998 et 1999, les ouragans Georges et Floyd¹ ont provoqué les évacuations les plus massives de l'histoire des États-Unis, causant ainsi des embouteillages d'une ampleur sans précédent (Urbina *et al.*, 2003). La congestion routière et la conséquente diminution de la vitesse de circulation – critique en temps de crise – étaient dues notamment à la faible capacité des voies d'évacuation et à l'absence de technologies efficaces assurant le flux de données de trafic entre les organisations de transport, les gestionnaires des services d'urgence et la population en déplacement. L'absence de connaissances quantitatives et qualitatives relatives aux voies d'évacuation a diminué la capacité des acteurs participant à la gestion de la catastrophe à rediriger le trafic vers des routes alternatives dont le flux maximal n'était pas atteint. Les événements de 1998 et de 1999 ont démontré l'importance de l'implication d'acteurs traditionnellement périphériques à la gestion des urgences, particulièrement ceux des départements fédéral, étatiques et locaux des transports, afin d'assurer une meilleure planification et une coordination efficace des évacuations à l'échelle régionale et étatique (Wolshon *et al.*, 2001).

À la suite des attentats terroristes du 11 septembre 2001, une prise de conscience s'est effectuée au sein des instances gouvernementales américaines, indiquant que l'efficacité des systèmes de transport était inextricablement liée à la capacité d'un pays à gérer les situations d'urgence (p. ex. : évacuations de masse, maintien de la sécurité en temps de crise) (Zhang *et*

1. États affectés : Caroline du Nord, Caroline du Sud, Georgie, Floride, Louisiane (Urbina *et al.*, 2003).

al., 2011). Un sondage réalisé aux États-Unis en 2001 par le Louisiana State University Hurricane Center a fait état des pratiques en matière d'évacuation sous la perspective des transports, les évacuations relevant traditionnellement du domaine de la gestion des catastrophes. L'implication limitée des professionnels du domaine des transports dans les cas d'évacuation, une faible coordination interorganisationnelle en matière d'évacuation régionale et interétatique, ainsi qu'une utilisation non optimale, voire inadéquate, des infrastructures de transport disponibles durant les évacuations figurent au nombre des constats de ce rapport (Wolshon *et al.*, 2001).

Le 13 août 2004, l'ouragan Charley frappe la Floride, suivi des ouragans Frances, Ivan et Jeanne. Pour la première fois depuis 1886 aux États-Unis, un même État est frappé par quatre ouragans majeurs en moins de deux mois. Cette série d'ouragans a généré une réflexion quant à l'influence de l'interdépendance des infrastructures critiques de transport, des communications et de l'énergie (liste non exhaustive) sur la capacité des opérateurs de ces infrastructures à fournir un service continu à leurs clients (Bigger *et al.*, 2009). Surviennent ensuite les ouragans Katrina et Rita de 2005, en Louisiane. Selon Terry Sheehan (représentant des transports régionaux d'urgence pour le gouvernement des États-Unis) : « The general lesson learned [is that] all state transportation agencies must be involved from the very beginning [of the evacuation process] » (Sheehan, 2013). La gestion du trafic d'évacuation durant cette catastrophe à La Nouvelle-Orléans rappelle encore une fois l'importance de l'intégration régionale des organisations de transport. Le cas de La Nouvelle-Orléans a de plus démontré la négligence en matière de planification des évacuations des individus qui dépendent des transports en commun (Sheehan, 2013). L'ensemble des retours d'expérience depuis Galveston, en 1900, converge vers un même constat : **la contribution cruciale des systèmes de transport au moment de l'évacuation de la population en cas d'ouragans appelle à une plus grande inclusion des acteurs du domaine des transports, tant publics et privés, que locaux et étatiques, au sein du système de gestion des catastrophes.**

En 2008, la Federal Emergency Management Agency (FEMA) publie le *National Response Framework*, un guide pratique appliqué à l'échelle nationale pour la gestion des réponses à tous les types d'aléas et de situations d'urgence (FEMA 2008). Quatorze « *capabilities* », y compris le transport, sont citées dans ce guide afin de soutenir l'atteinte des objectifs du National Preparedness System, mandaté par la Presidential Policy Directive/PPD-8 : National Preparedness.

« This directive is aimed at strengthening the security and resilience of the United States through systematic preparation for the threats that pose the greatest risk to the security of the Nation, including acts of terrorism, cyber attacks, pandemics, and catastrophic natural disasters. Our national preparedness is the shared responsibility of all levels of government, the private and nonprofit sectors, and individual citizens...As such, while this directive is intended to galvanize action by the Federal Government, it is also aimed at facilitating an integrated, all-of-Nation, capabilities-based approach to preparedness. » (Department of Homeland Security, 2011)

Depuis la mise en place de cette directive, le transport d'évacuation est officiellement considéré comme un enjeu de sécurité nationale. Il est dorénavant attendu que les acteurs ayant des responsabilités en matière de transport soient collectivement en mesure d'assurer la présence de moyens de transport (infrastructures et services) afin d'accomplir les objectifs prioritaires d'intervention, y compris l'évacuation des personnes ainsi que la circulation du personnel d'intervention et du matériel nécessaires à la survie des individus en zones affectées (FEMA, 2008). Von Lubitz *et al.* (2008) ont répertorié les facteurs communs à la gestion de tous les types d'évacuation et ont identifié les facteurs spécifiques à l'évacuation dans un environnement de catastrophe (*voir le tableau 1.1*). Les acteurs impliqués dans la gestion des évacuations doivent donc être en mesure d'anticiper la catastrophes et gérer les facteurs communs, mais aussi d'innover de façon spontanée en réponse aux facteurs variables et imprévisibles (Guihou *et al.*, 2006; von Lubitz *et al.*, 2008).

MANAGEMENT CONSIDERATIONS	COMMON FACTORS	DISASTER SPECIFIC FACTORS
PUBLIC	Public to be informed of the danger and need for the evacuation	The nature of the critical event
	Public to be directed toward predetermined routes of evacuation	Geographical location of the event and the size/location of the affected population. The maximum percentage of the population reached by the evacuation alert
ROADS	Road infrastructure is known	The maximum size of the territory affected by the event, and the roads unavailable/ about to become unavailable due to the event
	Road availability, condition, and maximum throughput are known	Degradation due to specific disaster-related conditions
	Evacuation routes are predetermined in relation to the nature of the disaster, estimated number of evacuees, and the time available for the evacuation	Unpredictable degradation due to damage, traffic congestion, weather
MATERIEL	Materiel resources (ambulances, fire engines, trucks, air assets, supplies, etc) known	Degradation due to specific factors (damage, inaccessibility, road conditions, weather, etc.)
PERSONNEL	The number of personnel in all categories available for deployment is known	Possible reduction of availability depending on the nature of disaster, ability to reach deployment sites, etc.
	Personnel requirements for traffic control, barrier maintenance, and abandoned territory security patrol personnel known, and deployments sites predetermined accordingly to the disaster type and evacuation size	Possible reduction of availability depending on the nature of disaster, ability to reach deployment sites, etc.
TELECOMMUNICATIONS	Phone capacity, wireless capacity, Internet up-/downlink speeds, common comm. bandwidths and radio procedures known	Land line, comm. tower, (copper/fiberoptic) resilience to the disaster may be unknown. Atmospheric disturbances of radio/wireless communications at the time of the disaster
SHELTER/ HEALTHCARE RESOURCES	Location, capacity, and availability of short/long-term shelters/field medical facilities known and access routes determined	Need for ad-hoc field facilities (e.g., decontamination sites)
	Location and capacity of available local and down-stream healthcare resources/advanced treatment facilities, and triage/treatment/ evacuation plans made	Disaster-related absenteeism of personnel (e.g., bioterrorism-related events, deadly pandemics, and nosocomial disease spread), unavailability of facilities and transport (space/damage/contamination)

Tableau 1.1: Facteurs communs et spécifiques en gestion des évacuations (Source: von Lubitz *et al.*, 2008)

Système de gestion des catastrophes – États-Unis

Aux États-Unis, les systèmes de gestion des catastrophes sont organisés autour de quinze divisions opérationnelles, les Emergency Support Functions (ESF). Ces divisions opérationnelles, regroupée au sein d'un Emergency Operations Center, rassemblent différentes organisations dont les efforts se doivent d'être conjoints afin de soutenir les fonctionnalités de base (*capabilities*) du système. Parmi les ESF liées au maintien des fonctionnalités en matière de transport durant les ouragans figurent l'ESF n° 1 – Transport, l'ESF n° 3 – Travaux publics et ingénierie, l'ESF n° 4 – Incendies, l'ESF n° 6 – Soins de masse, assistance d'urgence, logements temporaires et services sociaux, l'ESF n° 7 – Logistique et l'ESF n° 8 – Santé publique et soins médicaux (FEMA, 2008). **La plupart des ESF précédemment énumérées participent à différents degrés au processus d'évacuation, notamment pour la gestion des voies d'évacuation et de déviations, l'utilisation des systèmes de transport en commun, la circulation et la distribution des secours, ou pour la restauration des infrastructures de transport endommagées** (Murray-Tuite et Wolshon, 2013).

L'ampleur de la catastrophe est le facteur déterminant quant au niveau du système d'urgence mobilisé pour la réponse afin d'assurer un retour à la normale.

« If the size of the disaster event is so large that the capabilities of local responders are overwhelmed and the costs of the damage inflicted exceeds the capacity of the local government, the mayor or county executive will turn to the governor and state government for assistance in responding to the event and in helping the community to recover. The governor will turn to the state's emergency management agency and possibly the state National Guard and other state resources to provide this assistance to the stricken community.

If the governor decides that, based on information generated by community and state officials, the size of the disaster event exceeds the state's capacity to respond, the governor will make a formal request to the president for a presidential major disaster declaration » (Haddow *et al.*, 2013).

La réalisation progressive des responsabilités et des activités devant être assumées par les acteurs ayant des responsabilités au moment des évacuations est accompagnée d'une complexification des interdépendances fonctionnelles entre ces derniers. « Because of their complex and multi-daceted nature, large-scale safety and security incidents typically require

the coordinated effort of multiple organisations, often collaborating in an occasional structure » (Treurniet *et al.*, 2010). L'organisation en réseau² est généralement considérée comme la structure la plus appropriée pour la coordination des opérations d'urgences (Hayes, 2007; Von Lubitz *et al.*, 2008; Kapucu *et al.*, 2010).

«Network-centric operations allow timely, unhindered sharing of data, information, and knowledge among applications, platforms, and users that is independent of time, technology, and user boundaries (von Lubitz and Wickramasinghe, 2006) leading to improved situational awareness and significant reduction of decision-making cycles» (Von Lubitz *et al.*,2008).

Dans ce contexte où le transport d'évacuation est un enjeu de sécurité nationale, l'ensemble des acteurs ayant des responsabilités en matière de transport lors des évacuations forme un réseau de sécurité. Un réseau de sécurité relie un ensemble diversifié d'acteurs étatiques et non étatiques afin de répondre à des problèmes de sécurité à l'échelle locale, régionale et nationale (Dupont, 2004). **Les dynamiques dominantes émergentes et la circulation de l'information au sein du réseau sont davantage influencées par les interdépendances fonctionnelles que par les structures hiérarchiques et juridictionnelles préexistantes** (Comfort *et al.*, 2006; Treurniet *et al.*, 2014).

² Concept abordé au chapitre 2

Catastrophes et information

« A common operating picture; that is the Holy grail; the thing emergency managers are charged with creating. And if you can create a common operating picture, you can synergistically enable all kind of effective actions on the ground. If every body understood where the affected areas were and what the needs were, people could self organize and address those needs in the absence of direct orders to do that. If I had all these stakeholders and NGOs, and governments and Red Cross all looking at the same disaster, we can all work that job and incorporate information in that common operating picture » (Entretien American Red Cross, 2014).

Un certain nombre d'études ont démontré que le partage de l'information facilite la coordination interorganisationnelle des opérations pendant la réponse aux catastrophes (p. ex. : Dawes *et al.*, 2004; Helsloot, 2005; Junglas et Ives, 2007; Pan *et al.*, 2005). Les ouragans sont caractérisés par une amplitude inattendue, une perturbation des infrastructures critiques (p. ex. : transport, énergie, communications) et, conséquemment, un désordre en matière de coordination des opérations et des communications au sein même du système de gestion des urgences (Kapucu *et al.*, 2006). En plus de l'imprévisibilité des conséquences de la catastrophe sur l'environnement bâti et naturel, l'incertitude relative aux comportements humains (p. ex. : moment de l'évacuation et parcours choisi) crée un écart entre l'information nécessaire à la prise de décision et l'information disponible au sein du réseau (Longstaff, 2005). Les systèmes de partage de l'information et de collecte de données doivent être préalablement intégrés avant la catastrophe au sein des organisations pour en assurer une utilisation optimale en temps de crise. L'échange d'information relative à la fermeture des voies de circulation, aux conditions routières et au ratio distance/temps des déplacements sur les routes d'évacuation, par exemple, devient crucial pour le bon déroulement des opérations d'évacuation (Urbina, 2003). **Une compréhension partagée de l'environnement d'intervention est souhaitée en gestion des catastrophes afin d'éviter un échec en matière de coordination des actions et de faciliter l'émergence d'un soutien mutuel pour la conduite des opérations individuelles** (Alberts, Huber *et al.*, 2010; Comfort *et al.*, 2004; Horan *et al.*, 2007)

« The need for coordination in disaster management is undisputed, with lack of coordination leading to a number of possible failures, for instance inappropriate allocations of first responder resources, counter-productive ordering of sequential relief processes, and delayed evacuations, which often result in crisis escalation and even higher numbers of casualties » (Bharosa *et al.*, 2010).

La présente recherche s'intéresse à la composante technologique du réseau, c'est-à-dire au rôle constitutif des technologies de l'information et des communications (TIC)³ sur le développement des mécanismes de coordination intraorganisationnelle et interorganisationnelle soutenant la réponse des divers acteurs en temps de crise. Très peu de données empiriques sont disponibles relativement aux facteurs entravant ou facilitant la collecte et le partage intraorganisationnel et interorganisationnel de l'information dans un contexte de gestion des catastrophes (p. ex. : évacuation) (Bharosa *et al.*, 2010). Ces données empiriques sont cruciales pour l'amélioration des pratiques actuelles et futures des organisations et des réseaux.

Technologies de l'information et des communications, et évacuation

Plusieurs des premiers efforts de gestion du trafic d'évacuation ont évolué à partir de l'analyse de situations d'urgence à la suite de l'accident à la centrale nucléaire de Three Mile Island en Pennsylvanie (1979) (Chiu *et al.*, 2007). Les outils de simulation ont par la suite continué d'évoluer en complexité durant les deux décennies suivantes en raison de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des ouragans en territoire américain.

« Most recently, and in parallel with enormous advances in the computational speed and power of computers, the history altering events of September 11, 2001 and Hurricanes Katrina and Rita in 2005 have led to a greatly increased level of interest and involvement in evacuation modeling from within the transportation research community » (Murray-Tuite *et al.*, 2013).

Grâce à la sophistication des modèles de simulation du trafic, il est maintenant possible de concevoir des stratégies d'évacuation et de réponse aux catastrophes (Yu *et al.*, 2014). Ces outils permettent d'évaluer divers scénarios d'évacuation sans toutefois pouvoir définir avec un grand niveau de précision ce que sera le scénario réel. Le caractère unique de chaque catastrophe – l'imprécision des prévisions climatiques et météorologiques, l'imprévisibilité de

³ Terme défini dans une section subséquente de ce chapitre

l'effet domino entre infrastructures critiques et la diversité des comportements humains (individuels et collectifs) – fait en sorte que les données empiriques sont rares et très peu utilisées par ces outils durant une crise. Les modèles utilisés pour les simulations d'évacuation exigent généralement des données origine-destination comme intrants. Par contre, et comme cela a été mentionné précédemment, les informations relatives à la destination sont généralement inconnues en temps de catastrophe. Comme le mentionne Chiu (2007), « from a no-notice emergency response standpoint, the evacuation destinations and associated routes should be the decisions to be solved and executed for, instead of being regarded as the model inputs ».

La prolifération des TIC en milieu urbain génère une reconfiguration des dimensions communicationnelles de l'environnement bâti et organisationnel, et produit un effet de levier pour la collecte de données en temps réel (Gumpert *et al.*, 1997; Vale, 1995). Les TIC ont le potentiel d'améliorer les pratiques de gestion des systèmes urbains (Conversation Masoud Ghandehari, 2014). C'est le cas, par exemple, de l'application des TIC aux systèmes de transport, soit les systèmes de transport intelligents (STI) (p. ex. : *advanced transportation management systems; advanced traveler information systems; advanced vehicle control systems; advanced public transportation systems*) (Zheng, 2011). En gestion des catastrophes, les services disponibles pour les utilisateurs de ces systèmes sont, notamment, la gestion du trafic (p. ex. : *HOV Lane Management*), des transports publics (p. ex. : *Transit Vehicle Tracking*), de l'information aux voyageurs (p. ex. : *Dynamic Route Guidance*), de la sécurité avancée (p. ex. : *Cooperative Vehicle Safety Systems*) et des réponses aux catastrophes (p. ex. : *Evacuation and Reentry Management*) (U.S. Department of Transportation, 2011). Des liens de communication relient les composantes des STI et sont utilisés pour transférer des données et des commandes entre les appareils sur le terrain et les centres de contrôle, ainsi que pour diffuser l'information aux voyageurs (Zhou *et al.*, 2011). Bien que leur potentiel pour les opérations usuelles soit connu, peu de données empiriques existent relativement à leur utilisation et leur utilité lors d'une catastrophe.

La capacité de gestion de l'information des acteurs responsables de l'organisation des évacuations se doit de coévoluer parallèlement avec les innovations dans le secteur des TIC pour en assurer une utilisation efficace pendant la gestion d'une catastrophe.

Comme l'ont souligné Imran et ses collaborateurs (2014), une gestion efficace de l'information consiste en la création, en un court laps de temps, de connaissances informatives. Si l'information n'est pas traitée à temps, les connaissances produites peuvent s'avérer inexactes ou obsolètes au moment où une prise de décision ou d'action a lieu. Cela peut conséquemment engendrer des coûts humains (vies), et matériels et financiers pour les organisations (Imran *et al.*, 2014; Whelan, 2012). « To identify valuable information, and to direct information to the right decision maker, messages need to be sorted into high-level, meaningful categories of information » (Imran *et al.*, 2014).

Les TIC ont le potentiel d'assurer que l'information pertinente soit livrée aux bonnes personnes, au bon moment (Bharosa *et al.*, 2010). Par exemple, WebEOC, un système de gestion de crise utilisé par la FEMA depuis 2012, a pour fonction de faciliter la création d'une conscience de la situation (*situation awareness*) en reliant différents types de données (p. ex. : base de données, rapports de situation) en provenance d'une multitude d'organisations (Entretien American Red Cross [ARC], 2014).

« As the capabilities of software and hardware evolve, so does the role of information and communication technology in disaster mitigation, preparation, response, and recovery » (Grolinger *et al.*, 2013).

Un sondage réalisé à l'échelle des États-Unis aux départements étatiques de gestion des urgences a permis d'évaluer l'incidence des TIC sur leur habileté à gérer les catastrophes. En effet, 58 % des répondants à ce sondage sont fortement en accord avec le fait que les TIC ont une incidence positive sur la capacité de leur organisation à répondre à une crise. Par ailleurs, 38 %, 33 % et 29 % des répondants sont fortement en accord avec le fait que les TIC ont une incidence positive sur la préparation, la reprise des activités et la mitigation. C'est donc en matière de réponse aux catastrophes que l'appui des TIC semble être le plus important. De plus, 38 % des répondants sont fortement en accord avec le fait que les TIC permettent d'aborder les défis relatifs à la coordination et la collaboration interorganisationnelles, d'aider à la prise de décision (29,2 %) et de faire preuve de flexibilité afin de s'ajuster aux besoins

rapidement changeants (29,2 %) (Reddick, 2011). Cette étude démontre que les TIC ont le potentiel de relever de grands défis relativement à la gestion des catastrophes et qu'elles possèdent un potentiel important pour de futurs avancements de l'état de l'art en matière de gestion des évacuations. Toutefois, l'échantillon (limité aux départements de gestion des urgences) et les technologies considérées (Internet, technologies sans fil, systèmes d'information géographique, télédétection, systèmes de soutien à la prise de décision, *hazard analysis and modelling*, systèmes d'alerte) font en sorte que l'étude est peu informative quant au potentiel que représentent les TIC pour la gestion des évacuations.

Questions et objectifs de recherche

La question de recherche principale est la suivante: « Quel est le potentiel des TIC pour le renforcement de la résilience organisationnelle des organisations ayant des responsabilités en matière de transport et de gestion des catastrophes lors des évacuations de la ville de New York? ». Cette étude de cas simple a été conduite à plusieurs échelles. Cela s'explique par le fait que les évacuations des individus situés sur le territoire de la NYC (Bronx, Brooklyn, Queens, Manhattan, Staten Island) requièrent l'implication d'organisations intervenant à l'échelle de la ville de New York (NYC), de la région métropolitaine de New York, et de l'État de New York (NYS) et du New Jersey (voire du Connecticut).

Le risque observé est ici associée à la propension ou prédisposition des organisations ayant des responsabilités en matière de transport au moment des opérations d'évacuation (de qui) à être affectées - sur le plan de la résilience organisationnelle - par les deux variables suivantes et leur interrelation (à quoi): la prédisposition de la population (de qui) à être affecté par un ouragan (à quoi), et d'autre part, la propension des infrastructures de transport (de quoi) à être affectés par un ouragan (à quoi) (*voir la figure 1.1*).

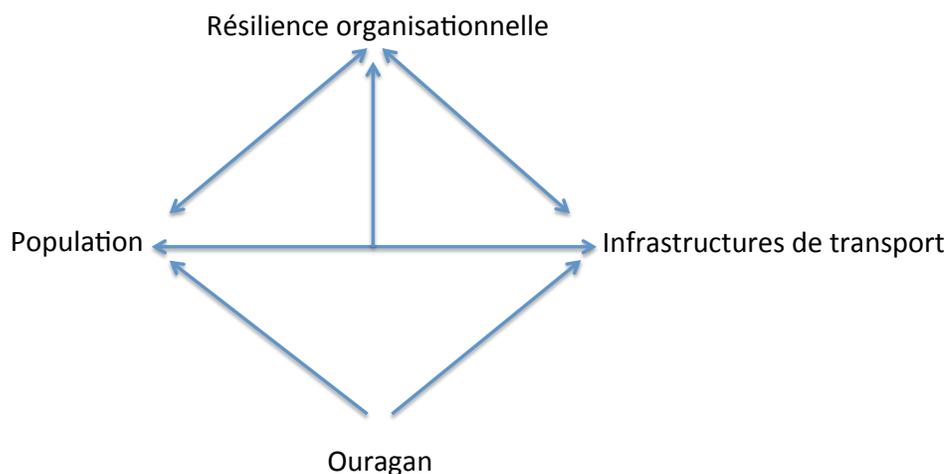


Figure 1.1: Facteurs de risque observés dans le cadre de ce mémoire

Les interdépendances fonctionnelles des organisations en temps de crise nécessitent que la question soit abordée à l'échelle micro (organisations) et macro (réseau). Cette recherche exploratoire vise à construire des articulations entre les apprentissages en matière d'évacuation et d'utilisation des TIC aux fins de résilience organisationnelle dans un contexte d'organisation en réseau.

Deux sous-questions ont guidé l'ensemble de la recherche et ont permis de répondre aux objectifs qui leur sont respectivement associés.

Question sous-jacente 1: Comment les TIC influencent-elles la capacité de prise de décision en interne en temps de crise?

- Objectif 1.1: Identifier comment les TIC sont utilisées en interne par les organisations afin de d'orienter leurs interventions sur le terrain.
- Objectif 1.2: Identifier le potentiel des TIC pour l'obtention d'une compréhension partagée de l'environnement d'intervention en interne.
- Objectif 1.3: Déterminer comment cette connaissance partagée de l'environnement d'intervention influence la capacité de coordination des opérations d'évacuation en interne.

Question sous-jacente 2: Comment les TIC influencent-elles la prise de décision collective à l'échelle du réseau?

- Objectif 2.1: Identifier le potentiel des TIC pour l'obtention d'une compréhension partagée de l'environnement d'intervention au sein du réseau.
- Objectif 2.2: Déterminer l'influence de la présence d'une compréhension partagée de l'environnement d'intervention au sein du réseau sur la coordination interorganisationnelle des opérations d'évacuation.

Toujours dans une perspective organisationnelle et technologique, une attention particulière est portée aux dimensions d'analyse de réseaux suivantes : design (p. ex. : développement dynamique ou structure statique), culture organisationnelle et du réseau, politiques (p. ex. : gouvernance) et relationnel (p. ex. : relations formelles ou informelles) (Treurniet *et al.*, 2014; Whelan, 2012).

Spécifications relatives aux TIC

Afin de respecter le caractère exploratoire de la recherche, une définition très globale de ce que sont les TIC a été adoptée. Cela se justifie par le fait que l'acquisition de l'information peut nécessiter des technologies différentes en fonction des besoins organisationnels. Il en va de même pour le partage de l'information; certaines organisations partagent des rapports situationnels alors que d'autres partagent un flux vidéo en direct. De plus, le réseau inclut des organisations dont les responsabilités et les pratiques usuelles sont différentes. La nature de leurs dépendances aux technologies dans un mode *business as usual*, par exemple la gestion des incidents ou la gestion de systèmes de contrôle, détermine les technologies intégrées au sein des organisations et, conséquemment, quelles sont les technologies utilisées de manière efficiente en présence de circonstances exceptionnelles⁴. Afin d'éviter d'exclure toutes les organisations dont l'expérience est pertinente pour rendre compte du potentiel des TIC dans le renforcement de la résilience organisationnelle, les TIC incluent les infrastructures mêmes, les technologies de l'information, les télécommunications et les dispositifs d'utilisateur final. Les définitions utilisées sont celles figurant dans un rapport du groupe AEA (2010); elles ont été reportées ci-dessous.

«ICT : Information and Communication Technologies. The entirety of the networks, systems and artefacts which enable the transmission, receipt, capture, storage and manipulation of voice and data traffic on and across electronic devices.

4. Il s'agit du sujet de discussion du chapitre 4.

- IT: Information Technology. Set of tools, processes, and methodologies (such as coding/programming, data communications, data conversion, storage and retrieval, systems analysis and design, systems control) and associated equipment (including computers and multimedia devices) employed to collect, process, and present information.
- Telecommunication: The assisted transmission of signals over a distance for the purpose of communication. The key telecommunications are broadband services, mobile voice and data services, fixed voice services and broadcast services. Telecommunications is included within the definition of ICT above for the purposes of this study.
- End-user device: These devices include computers –both portable and desktop, telephones, mobile telephones, PDA and other hand-held devices, SCADA control devices, GPS and transmitters/receivers.» (AEA group, 2010)

Contrairement à l'information, les données sont dépourvues de tout contexte et de signification (Whelan, 2012). Elles sont considérées comme de l'information lorsqu'elles sont contextualisées et guident les organisations pour les opérations devant être entreprises. Aux fins de simplification pour cette recherche, les données sont associées à la collecte et l'information au partage. De plus, seul le partage d'information assurant la cohésion des organisations en interne ou du réseau est considéré.

Pourquoi cette recherche?

L'angle pluridisciplinaire de cette recherche est d'intérêt pour les professionnels de la planification urbaine, de l'ingénierie et de la gestion des risques. Pour les planificateurs et gestionnaires des systèmes urbains, les TIC instaurent une nouvelle temporalité à laquelle ils doivent s'adapter. Elles leur permettent maintenant d'intervenir dans l'immédiat (p. ex. catastrophe) et de retirer des leçons pour le développement d'une vision de la planification qui soit durable sur une échelle temporelle plus grande. De plus, à mesure que les innovations technologiques surviennent, les professionnels de la planification urbaine peuvent exploiter de nouveaux outils leur permettant de faire leur place dans une intervention spatiale spontanée

qui, autrefois, relevait du rôle d'autres professionnels et experts. Dans la dernière décennie, la recherche empirique, aux côtés des avancées technologiques en matière d'analyse de données (informatique urbaine), a abordé le potentiel d'application de grosses données (*big data*) dans l'environnement urbain, les **villes intelligentes**. Comme mentionné par Rabari et ses collaborateurs (2013), « through analysis of data, unseen patterns will be revealed, producing knowledge, increasing operational efficiencies, creating value, and improving decision-making ». Elles offrent de nouvelles perspectives aux secteurs public et privé pour améliorer la planification, et de nouveaux actifs aux communautés pour un plus grand engagement. Bref, les TIC peuvent remédier à un large éventail de questions touchant la vie quotidienne des citoyens, l'efficacité des divers systèmes urbains et, conséquemment, la santé à long terme des villes.

Cette recherche informe l'ingénieur quant au rôle constitutif des pratiques organisationnelles sur la définition des propriétés, des fonctions, des utilisations et des résultats des TIC (Conversation Masoud Ghandehari, 2014). C'est uniquement en comprenant ces pratiques qu'il est possible d'optimiser le potentiel des TIC et des données à résolutions typologique, spatiale et temporelle élevées. Cette étude cherche à éclairer sur l'inadéquation entre les TIC développées et les besoins pratiques en matière de gestion des catastrophes. Pour les intervenants en gestion des catastrophes, les données empiriques de cette recherche renseignent sur le fonctionnement des organisations en interne et au sein du réseau, et ce, sous un angle pluridisciplinaire. Cette recherche fournit un aperçu du potentiel d'utilisation des TIC pour assurer la cohésion du système de gestion des catastrophes.

Mise en contexte : ville de New York

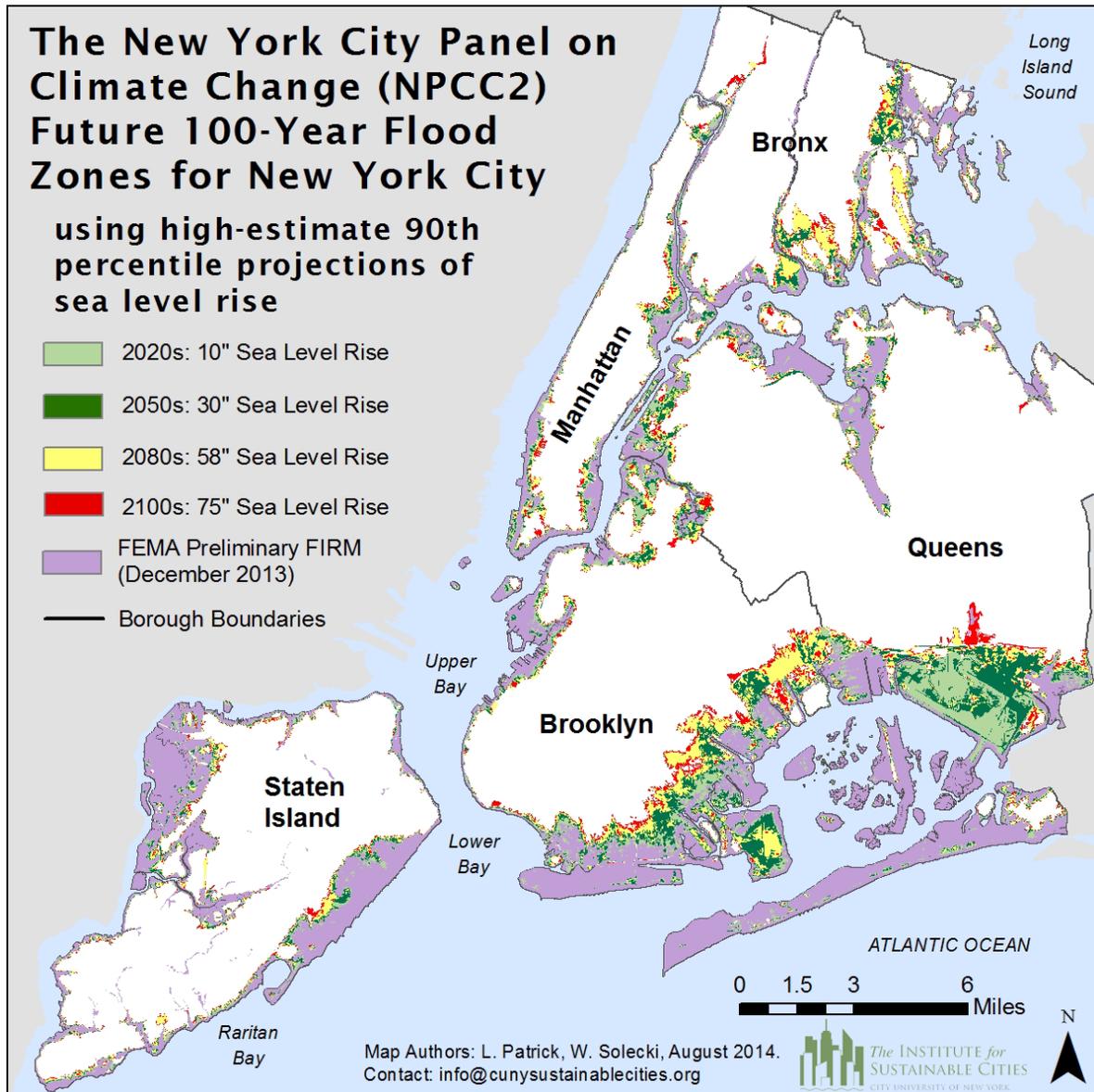
Changements climatiques, exposition et vulnérabilité

L'agglomération de NYC figure parmi les agglomérations portuaires – à l'échelle planétaire – dont la population (17^e) et les actifs (3^e) sont les plus exposés aux conditions climatiques extrêmes (Hanson *et al.*, 2011). En tenant compte des prévisions en matière de changements climatiques et des changements socioéconomiques, d'ici 2070, 2 931 000 citoyens et 2 147,35 G\$ US d'actifs seront menacés par les inondations côtières (Hanson *et al.*, 2011). Selon le plus récent rapport du NPCC, l'augmentation du niveau moyen de la mer (27,9 cm d'ici 2050, 78,7 cm d'ici 2080 et 147,3 cm d'ici 2100 sous le scénario du 90^e percentile) aura pour effet d'augmenter la superficie du territoire exposée aux inondations durant les grandes tempêtes (*voir la carte 1.1*) (Orton *et al.*, 2015; Patrick *et al.*, 2015; Rosenzweig *et al.*, 2011).

De 1900 à 2012, l'élévation du niveau de la mer (30,5 cm) a contribué à une augmentation de plus de 40 km² de la zone inondable des États de New York et du New Jersey. L'inondation de 80 000 propriétés résidentielles lors de l'ouragan Sandy de 2012 est attribuable, en plus d'autres facteurs tels que l'augmentation de la densité de la population et les choix en matière d'aménagement du territoire, à cette expansion de la zone inondable (Horton *et al.*, 2015).

De plus, l'augmentation du niveau de la mer, les inondations côtières et les tempêtes extrêmes contribuent à la dégradation des actifs physiques et influencent négativement la disponibilité et la fiabilité des services fournis par les infrastructures de communication, d'énergie et de transport (*voir le tableau 1.1*). Adams et ses collaborateurs souligne, dans un rapport sur les risques du secteur des télécommunications, l'ampleur des dégâts causés par l'ouragan Sandy:

« Several Verizon central offices in Lower Manhattan, Queens, and Long Island experienced flooding as a result of storm surge, which led to power failures and rendered the back-up power systems at these sites inoperable. According to federal regulators, Sandy knocked out about 25 percent of cell towers belonging to all carriers in a coastal area spread over parts of 10 states » (Adams *et al.*, 2014).



Carte 1.1 : Zones inondables, NYC, 2020-2100 (Source : NPCC, 2015)

Considérant que les opérations d'évacuation dépendent grandement de la fonctionnalité de ces infrastructures critiques, les changements climatiques auront des effets négatifs importants sur l'efficacité et l'efficacité du système de gestion des catastrophes. Bien qu'il existe des stratégies d'adaptation dures comme des barrages anti-tempête, il est attendu que – pour des raisons économiques, politiques et environnementales – les évacuations seront l'une des stratégies privilégiées dans les décennies à venir (Rosenzweig *et al.*, 2011).

« While current rates of sea level rise and associated coastal flooding in the New York City region appear to be manageable by stakeholders responsible for communications, energy, [and] transportation, [...] projections for sea level rise and associated flooding in the future [...] may be outside the range of current capacity because extreme events might cause flooding beyond today's planning and preparedness regimes » (Rosenzweig *et al.*, 2011).

Communications	Energy	Transportation
Higher average sea level		
<ul style="list-style-type: none"> • Increased salt water encroachment and damage to low-lying communications infrastructure not built to withstand saltwater exposure • Increased rates of coastal erosion and/or permanent inundation of low-lying areas, causing increased maintenance costs and shortened replacement cycles • Tower destruction or loss of function 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased rates of coastal erosion and/or permanent inundation of low-lying areas, threatening coastal power plants • Increased equipment damage from corrosive effects of salt water encroachment resulting in higher maintenance costs and shorter replacement cycles 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased salt water encroachment and damage to infrastructure not built to withstand saltwater exposure • Increased rates of coastal erosion and/or permanent inundation of low-lying areas, resulting in increased maintenance costs and shorter replacement cycles • Decreased clearance levels under bridges
More frequent and intense coastal flooding		
<ul style="list-style-type: none"> • Increased need for emergency management actions with high demand on communications infrastructure • Increased damage to communications equipment and infrastructure in low-lying areas 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased need for emergency management actions • Exacerbated flooding of low-lying power plants and equipment, as well as structural damage to infrastructure due to wave action • Increased use of energy to control floodwaters • Increased number and duration of local outages due to flooded and corroded equipment 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased need for emergency management actions • Exacerbated flooding of streets, subways, tunnel and bridge entrances, as well as structural damage to • Decreased levels of service from infrastructure due to wave action flooded roadways; increased hours of delay from congestion during street-flooding episodes • Increased energy use for pumping

Tableau 1.2: Conséquences de l'augmentation du niveau de la mer, des inondations côtières et des tempêtes sur les infrastructures, par secteur (Source: tiré de Rosenzweig *et al.*, 2011)

Système de transport, ville de New York

Le réseau de transport de NYS est constitué de plus de 181 856 km d'autoroute, 17 400 ponts, 5 633 km de réseau ferroviaire, 485 installations aéroportuaires, 12 centres portuaires majeurs et plus de 130 opérateurs de transport en commun servant quotidiennement environ 80 millions de passagers sur l'ensemble du territoire. La coordination du développement et de l'exploitation de ces infrastructures est assurée par le New York State Department of Transportation (NYSDOT), qui chapeaute un système de transport complexe dans lequel des entreprises publiques et privées possèdent ou opèrent des infrastructures routières, ferroviaires, portuaires et aéroportuaires.

Le New York City Department of Transportation (NYC DOT) a pour missions de :

- « • [Providing] safe, efficient, and environmentally responsible movement of pedestrians, goods, and vehicular traffic on the streets, highways, bridges, and waterways of the City's transportation network
- [Improving] traffic mobility and reduce congestion throughout the City;
- [Rehabilitating and maintaining] the City's infrastructure, including bridges, tunnels, streets, sidewalks, and highways » (NYC DOT, 2014).

NYC DOT exploite le Staten Island Ferry et les ponts⁵ sans péage entre quatre des cinq arrondissements de la ville (Brooklyn, Manhattan, Williamsburg et Queensboro), ainsi que la NYC Taxi & Limousine Commission.

La Metropolitan Transportation Authority (MTA) est la plus grande entreprise de gestion de transports publics desservant NYC et son agglomération. Elle est constituée de plusieurs agences, dont le MTA New York City Transit, le MTA Metro-North Railroad, le MTA Bridges and Tunnels et le MTA Staten Island Railway. Le New York City Transit exploite

⁵ Pour un aperçu de l'ensemble des ponts et des tunnels de la ville de New York, voir à la carte 1.2

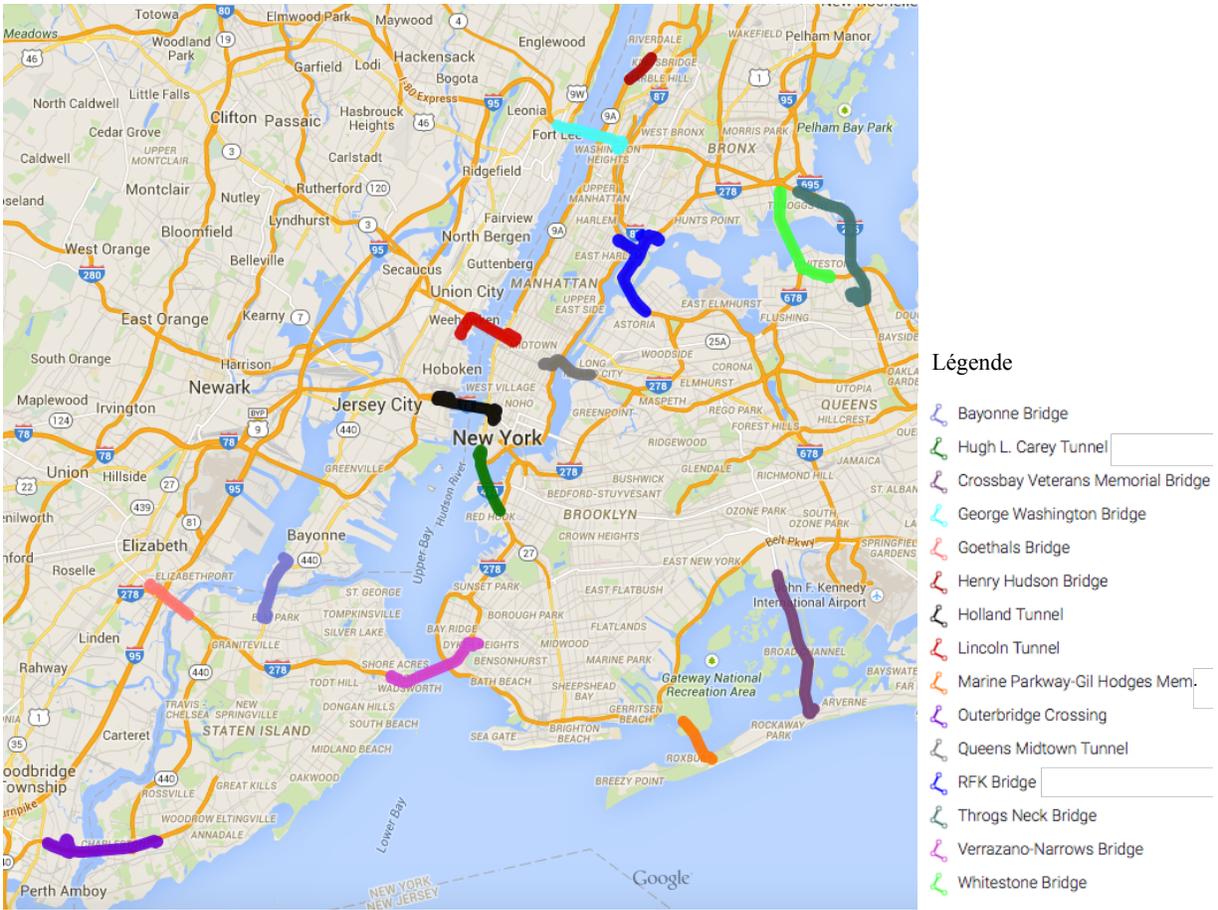
26 lignes de métro, 468 stations, 6 241 voitures, 4 538 autobus sillonnant 244 parcours ainsi que le Staten Island Railway (22 stations et 64 voitures). Le réseau de métro du New York City Transit s'étale sur plus de 367 km (dont 68 % sont sous terre) sur quatre des cinq arrondissements (Manhattan, Bronx, Queens et Brooklyn). Le MTA Metro-North Railroad est un service de train de banlieue possédant plus de 1 288 km de rails entre NYC et l'État du Connecticut. Le MTA Bridges and Tunnels possède deux tunnels et sept ponts à péage. Le MTA Staten Island Railway gère une ligne de métro qui traverse l'arrondissement de Staten Island du nord au sud (Jacob *et al.*, 2011).

La Port Authority of New York & New Jersey (PANYNJ) est, quant à elle, une entreprise publique assurant la connexion des transports terrestres entre les États de New York et du New Jersey à la hauteur de NYC. Elle opère aussi des aéroports intérieurs et internationaux ainsi que des ports.

« Port Authority operates one of the most complex sets of transportation services in the nation. The agency's airports, bridges, tunnels, bus terminals, its Port Authority Trans-Hudson (PATH) rail system, AirTrain services, and seaports help move people and cargo at a pace and on a scale that life in the New York-New Jersey region demands » (PANYNJ, 2008).

Ses principales infrastructures sont le PATH (train de banlieue), les ponts George Washington, de Bayonne, Goethals et Outerbridge Crossing, ainsi que les tunnels Lincoln et Holland.

D'autres entreprises font partie intégrante du réseau de transport. Par exemple, le New Jersey Transit transporte les usagers du New Jersey à Manhattan via des rails passant sous la rivière Hudson. Ces mêmes rails sont utilisés par Amtrak pour son service ferroviaire de passagers voyageant entre Washington DC, NYC et Boston (Jacob *et al.*, 2011).



Carte 1.2: Ponts et tunnels, NYC (Source: Google Map, 2015)

Les transports et l'ouragan Sandy

L'Administration de NYS a estimé la valeur totale des dommages à 32,8 G\$ US, dont 21,35 G\$ US sont attribuables aux dommages absorbés par NYC⁶. De ce 21,35 G\$ US, 29,6 % des coûts sont liés aux conséquences de l'ouragan sur les infrastructures de transport. L'ouragan Sandy de 2012 a été la catastrophe naturelle la plus dévastatrice de l'histoire de la région métropolitaine de la ville de New York (Aerts *et al.*, 2013a, 2013b). Il n'est pas nécessaire, dans le cadre de ce mémoire, de faire une revue des dommages enregistrés par chacune des organisations de transport de la ville de New York. Une chronologie des événements est par contre présentée dans l'objectif d'illustrer l'ampleur des perturbations en matière de transport pouvant survenir lors d'une catastrophe naturelle. Bien que cette recherche ne tourne pas autour de l'ouragan Sandy, il importe de comprendre le contexte duquel ont émergé les retours d'expérience des organisations participantes à cette recherche (*voir le tableau 1.3*).

6. Ce total ne comprend que les dommages directs. Une catastrophe naturelle affecte aussi l'économie régionale et entraîne des dommages indirects liés à la perte de production postcatastrophe, à la fois au sein de la zone affectée et à l'extérieur de celle-ci.

Date	Area	Event
Friday 10/26	Storm preparation	<ul style="list-style-type: none"> New York City Mayor Michael R. Bloomberg activates New York City's coastal storm plan and opens NYC Office of Emergency Management's situation room.
Sunday 10/28	Evacuation	<ul style="list-style-type: none"> Mayor Bloomberg orders mandatory evacuations for Zone A in New York City.
	Subways and buses	<ul style="list-style-type: none"> MTA orders the start of the subway system shutdown at 7 p.m., with all services stopped by 3 a.m. Subway cars moved to higher ground, away from vulnerable areas. Buses make final departures at 9 p.m. PATH suspends all services at midnight.
Monday 10/29	Deteriorating conditions	<ul style="list-style-type: none"> Hurricane Sandy makes landfall at 8 p.m. near Atlantic City, New Jersey. Rising storm surge at high tide in New York Harbor at 9 p.m. results in record flooding at the Battery (13 feet) and in low-lying coastal areas.
	Power	<ul style="list-style-type: none"> Con Edison substations flood, malfunction, and plunge much of Manhattan south of 39th Street into darkness. Strong wind gusts and downed trees knock out power to millions across the Tri-State area. Backup generators fail at NYU Langone Medical Center in Manhattan, requiring the evacuation of 200 hospital patients.
	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> Holland Tunnel and Battery Tunnel preemptively close at 2 p.m. due to vulnerability to flooding. Tappan Zee Bridge is closed at 4 p.m. due to worsening weather conditions. The FDR Drive closes at 6 p.m. from the Battery to 153th Street, and experiences major flooding due to storm surge. A partially collapsed crane at the top of a high-rise construction project in Midtown Manhattan forces the closure of nearby streets at 57th Street and 7th Avenue and evacuations of nearby buildings. Verrazano, Whitestone, Throgs Neck, Henry Hudson, George Washington, Brooklyn, Manhattan, Williamsburg, and Queensboro Bridges: closed to traffic at 7 p.m. as conditions deteriorate. Queens Midtown Tunnel closes at 8:45 p.m. due to flooding. It was not initially closed because it was expected to be able to withstand severe flooding. By end of October 29, Lincoln Tunnel is the only Manhattan entry point that remains open.
Tuesday 10/30	Subways	<ul style="list-style-type: none"> Floodwaters enter the subway system after 9 p.m. Storm surge floods the East River subway tunnels connecting Manhattan with Brooklyn and Queens. Floodwaters also enter PATH stations in Hoboken, Jersey City, and World Trade Center, subway tunnel between Manhattan and New Jersey also flooded.
	The day after	<ul style="list-style-type: none"> Much of New York City remains shut down.
Wednesday 10/31	Subways	<ul style="list-style-type: none"> Subways remain shut down indefinitely, and MTA Chairman Joe Louta remarks that the damage from Sandy is the most devastating the MTA has ever experienced. All seven East River subway tunnels were flooded. Major damage and flooding reported at South Ferry / Whitehall Street, Bowling Green, Broad Channel subway stations, and at the rail yards at 207th Street and 148th Street uptown.
	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> New York City's East River Bridges reopened at 11 a.m. Sections of major highways also re-open, but roadways that sustained significant flooding, such as the Battery, Holland, and Midtown Tunnels and the Battery Park underpass, remain shuttered.
Thursday 11/1	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> With no subways and commuter trains running, widespread traffic gridlock reported across New York City, especially in Midtown Manhattan and near major entry points and arteries such as the Lincoln Tunnel, the Brooklyn-Queens and Gowanus Expressways, the Long Island Expressway, and Queens Boulevard. The severe gridlock conditions prompt action by the State and City of New York. Governor Cuomo declares a transportation emergency, extending free MTA fares through November 2.
	Buses	<ul style="list-style-type: none"> MTA's New York City buses return to normal schedules with free fares. Significant crowding reported on buses, and passengers reported long wait times as buses were filled to capacity and skipped stops on occasion. Travel times were also exceptionally long due to heavy traffic gridlock on city streets and highways.
Friday 11/2	Subways	<ul style="list-style-type: none"> The city's subway system remained suspended.
	Gas	<ul style="list-style-type: none"> Traffic conditions in Manhattan improve, but worsen at major crossings, as checkpoints are established to enforce HOV3+ rule. Traffic backed up for miles in Brooklyn, Queens, and New Jersey; 4-hour backups reported at the Lincoln Tunnel.
Monday 11/5	Subways and commuter rail	<ul style="list-style-type: none"> The post-Sandy transportation crisis in the New York City region worsens as less than 40% of gas stations in the NYC metro area remain operational due to power and supply shortages.
	Gas	<ul style="list-style-type: none"> With major gasps in services into Manhattan, severe crowding is observed along functioning subway lines that enter and exit the Central Business District.
Tuesday 11/6	Subways	<ul style="list-style-type: none"> While MTA's transit network has been largely restored, NJ Transit continues to cope with major service gaps. Many vital rail lines in suburban New Jersey remain suspended, and alternate commuting options such as driving and PATH continue to be hampered by gas shortages and service suspensions. NJ Transit provides emergency bus and ferry services to Manhattan to mitigate severe crowding in its system as ridership swells under limited service.
	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> Limited PATH services are restored between New York and New Jersey, but only between Journal Square and Midtown. Services in Hoboken, Newark, and World Trade Center remain suspended.
Wednesday 11/7	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> The Holland Tunnel reopens to all vehicle traffic.
	Gas	<ul style="list-style-type: none"> Gas crisis in New York/New Jersey region continues.
Friday 11/9	Traffic	<ul style="list-style-type: none"> The Queens Midtown Tunnel reopens to all vehicular traffic.
	Subways	<ul style="list-style-type: none"> PATH train service resumes between Newark and the World Trade Center.
Monday 11/26	Subways	

Tableau 1.3: Chronologie des événements, Ouragan Sandy (Source: adaptation de Kaufman *et al.*, 2012)

Organisation de la dissertation

Le chapitre 2 présente le cadre conceptuel ayant servi à édifier les bases de cette recherche. Le chapitre 3, pour sa part, détaille la méthodologie utilisée. Les résultats de recherche et la discussion composent le chapitre 4. Finalement, le chapitre 5 conclut l'ensemble du mémoire.

2. Fondement conceptuel

Vulnérabilité et résilience

Infrastructures critiques et interdépendances

La présence d'interdépendances (physique, fonctionnelle, géographique) entre les systèmes humain, de transport et de gestion des catastrophes constitue un système de systèmes. La notion d'interdépendance, telle qu'utilisée en ingénierie pour les infrastructures critiques⁷, est employée ici pour représenter les dynamiques existantes entre ces systèmes. Une interdépendance est une relation bidirectionnelle entre plusieurs infrastructures au sein d'un système de systèmes au travers duquel l'état de chaque infrastructure influence ou est influencé par, ou corrélée à, l'état d'une autre infrastructure (Stapelberg, 2008). La représentation graphique de Stapelberg illustre les interdépendances entre, par exemple, le système de gestion des urgences (catastrophes) et les infrastructures critiques des secteurs des télécommunications, du transport et de l'énergie (voir la figure 2.1). Une défaillance au sein d'une infrastructure critique peut déclencher une chaîne de défaillances (effet domino) sur les autres infrastructures critiques et, conséquemment, intensifier les répercussions de ces dernières sur les infrastructures, la société et l'environnement (Robert *et al.*, 2008).

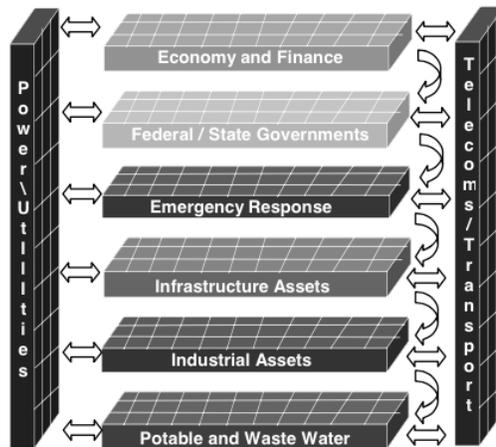


Figure 2.1: Interdépendance des infrastructures critiques (Source: Stapelberg, 2008)

7. Infrastructures essentielles au bon fonctionnement de nos sociétés.

Plusieurs approches de modélisation et de simulation (p. ex. : *empirical approaches*, *agent based approaches*, *system dynamics based approaches*, *economic theory based approaches*, *network based approaches*) ont été élaborées afin de rendre compte du phénomène (Ouyang, 2014). Dans la majorité des recherches en la matière, les considérations sociales restent extérieures aux dynamiques existantes entre les différents systèmes (Almklov *et al.*, 2012; Hokstad *et al.*, 2012; Zimmerman, 2001). Par exemple, les approches de modélisation et de simulation empiriques (*empirically-based risk analyses*) s'intéressent à l'effet d'une défaillance en cascade sur la capacité des différents systèmes à remplir leurs fonctions sociétales critiques (*societal critical functions*) et à contribuer au maintien de la sécurité sociétale (*societal safety*) (Hokstad *et al.*, 2012; Zimmerman, 2001). Almklov et ses collaborateurs (2012) définissent la sécurité sociétale comme ceci : « society's ability to maintain critical social functions, to protect the life and health of the citizens and to meet the citizens' basic requirements in a variety of stress situations ». Bien qu'il y ait des considérations sociales, le maintien des fonctions du système humain est une visée du système de systèmes, non pas une variable intervenante en son sein.

Certaines recherches intègrent davantage les variables humaines dans les représentations du système de systèmes (Barnes *et al.*, 2005; Guihou *et al.*, 2006; Robert *et al.*, 2008). Par exemple, Guihou et ses collaborateurs (2006) ont souligné de quelle façon la baisse de la main-d'œuvre (930 000 employés) suivant l'ouragan Katrina a eu des répercussions négatives sur la reprise des activités et sur la reconstruction. Dans cette recherche, comme dans celle de Robert et ses collaborateurs (2008) sur l'importance des ressources humaines pour le bon fonctionnement des infrastructures critiques, ce sont davantage les services fournis par le système humain que le système lui-même qui sont d'intérêt. Le système humain (population) est ici intégré dans le système de systèmes en raison de l'importance des perturbations pouvant être générées par ce dernier et ce, hors de toutes considérations de ses fonctions quant à l'opérationnalisation des systèmes, sur la capacité de résilience organisationnelle des organisations de transport et de gestion des catastrophes. Il n'est pas du ressort de cette recherche d'explorer l'effet domino engendré par une perturbation de leur résilience organisationnelle sur le système de systèmes.

Puisque le concept de défaillances en cascade en ingénierie réfère avant tout aux interdépendances fonctionnelles, son utilisation dans cette recherche serait erronée sur le plan conceptuel. La dynamique décrite entre les systèmes humain, de transport et de gestion des catastrophes est inextricablement liée au concept de vulnérabilité – la propension ou prédisposition d'une entité à être affectée par un risque quelconque. Pourtant, aucune recherche sur la vulnérabilité ne permet de représenter cette idée d'effet domino. Il est proposé, aux fins de cette recherche, d'utiliser l'expression perturbation systémique. Une perturbation systémique désigne une défaillance – autre que fonctionnelle – au sein d'un système, causant une déstabilisation d'un ou de plusieurs éléments d'un ou de plusieurs autres systèmes. Par exemple, la perturbation d'un mouvement massif de population sur le système de transport est un exemple de perturbation systémique causée par le système humain en temps de crise.

« We can be as prepared as humanely possible, but if the public is not, if the public isn't aware, if they don't receive [the message] and receive it in such a fashion that they take it seriously... our preparation isn't to be nearly as effective because they will still going to have to come through our facilities, through our bridges and tunnels... The surge of people, giving the amount and the time of the day: that can be just as compromising as a surge of water to us » (Entretien *j*).

Vulnérabilité

« The challenge lies in developing comprehensive mechanisms for endowing a system with necessary capabilities so as to cope with changing circumstances and recover quickly and efficiently from a shock event » (Bekera *et al.*, 2014).

La vulnérabilité est définie par l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) comme étant « the propensity or predisposition to be adversely affected ». Les recherches d'Alwang et ses collaborateurs (2001) ont démontré l'influence du champ disciplinaire sur la façon dont le risque, la réponse et les résultats sont traités.

« The focus of most disciplines is either on the risks (at one extreme) or the underlying conditions (or outcomes) at the other. Since each discipline has its own reasons for defining and measuring vulnerability, there is no reason to presume that concepts, measures and methods will be identical across the disciplines. Therefore, lessons learned in one area may not be suitable for all » (Alwang *et al.*, 2001).

Les constats résultant de leur recension des écrits publiés entre les années 1980 et 1990 démontrent, dans un premier temps, l'évolution de la réflexion relative au concept de la vulnérabilité. Les approches antécédentes de la vulnérabilité sont, par exemple, la vulnérabilité à la famine et à l'insécurité alimentaire (Sen, 1981; Swift, 1989; Watts et Bohle, 1993), la vulnérabilité aux aléas naturels (Burton *et al.*, 1978, 1993) et l'écologie humaine (Hewitt, 1983; O'Keefe *et al.*, 1976). Ces approches étaient fortement influencées par les positions épistémologiques de la recherche traditionnelle (Adger, 2006). Ce n'est que vers la fin du XX^e siècle que ces différentes approches, cloisonnées au sein de leur discipline, ont tranquillement laissé leur place à une vision de la vulnérabilité plus holistique, systémique (Alwang *et al.*, 2001). Selon Adger (2006), elles ont contribué à la réflexion sur la vulnérabilité dans le contexte de changement global, par exemple en démontrant la capacité d'adaptation des organisations devant les risques environnementaux.

Contrairement aux approches susmentionnées, la vulnérabilité aux changements climatiques et aux variabilités utilise un large éventail de méthodes et de traditions de recherche (Adger, 2006). Les approches contemporaines traitant de la vulnérabilité reconnaissent de plus en plus l'importance de l'interdisciplinarité et des dynamiques existantes entre les divers systèmes. L'approche de la vulnérabilité des systèmes socioécologiques compte parmi les approches

employées pour aborder la vulnérabilité aux changements climatiques et aux variabilités. Plutôt que de s'intéresser aux causes de la vulnérabilité aux aléas naturels, comme c'est le cas en écologie humaine, cette approche reconnaît que la vulnérabilité résulte d'une relation bidirectionnelle entre les systèmes humain et environnemental (Adger, 2006; Luers *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003). La supposition selon laquelle il ne peut se produire une catastrophe qu'avec l'exposition de l'environnement bâti ou humain à un aléa naturel, anthropique ou technologique fait consensus entre toutes ces approches (McEntire *et al.*, 2010; Mileti, 1999; Perry, 1998).

Vulnérabilité et réduction des risques de catastrophes

Au cours des dernières décennies, quatre domaines de recherche indépendants se sont engagés à réduire la vulnérabilité socioéconomique liée aux aléas naturels, soit la réduction des risques de catastrophes (RRC), l'adaptation aux changements climatiques, la gestion environnementale et la réduction de la pauvreté (Thomalla *et al.*, 2006). La représentation graphique de Thomalla et ses collaborateurs (2006), adaptée du cadre de la vulnérabilité de Turner et ses collaborateurs (2003), illustre la différence entre la RRC et l'adaptation aux changements climatiques (*voir la figure 2.2*). La principale distinction à faire entre ces deux domaines réside dans l'échelle temporelle des perturbations environnementales et climatiques, les changements climatiques étant associés à une évolution lente et les aléas naturels étant des événements spontanés et de plus grande intensité (Asian Disaster Reduction Center, 2005; Thomalla *et al.*, 2006). En raison du sujet même de cette recherche, soit la gestion des évacuations générés par une catastrophe naturelle, l'accent sera mis sur la RRC. Une révision des stratégies de réduction de la vulnérabilité est suggérée au sein de cette recherche afin de mieux saisir de quelle façon l'utilisation des TIC (*coping*) peut réduire les risques de catastrophes (*disaster risk reduction*) en contribuant à l'amélioration de la capacité des organismes à répondre aux événements (*ability to respond*).

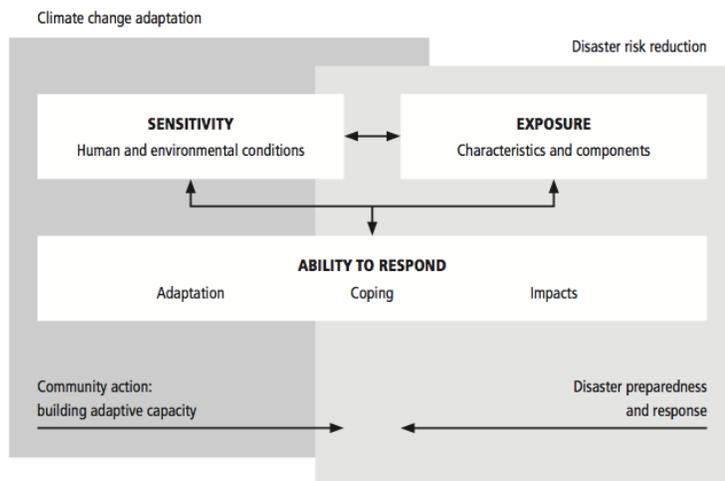


Figure 2.2: Adaptation aux changements climatiques et RRC (Source: Thomalla *et al.*, 2006)

Les recherches scientifiques et les actions des praticiens dans le domaine de la RRC ont été axées sur la réduction de l'exposition aux risques (Palliyaguru *et al.*, 2014). McEntire (2011) recommande un changement d'approche en matière de gestion des catastrophes, allant d'une approche axée sur l'exposition vers une approche holistique incluant à la fois cette variable et le concept de la vulnérabilité. L'approche de McEntire (2011), communément appelée *liabilities and capabilities*, est ici adoptée. Ce choix est justifié par le fait qu'elle est l'approche la plus couramment utilisée dans la littérature portant sur la RRC et qu'elle permet, dans le cadre de cette recherche, une transition de la théorie vers une application pratique.

Selon cette approche, le niveau de vulnérabilité est déterminé par deux composantes : « factors that determine proneness (*liabilities*) as well as other variables associated with limited capacity (*capabilities*) » (McEntire, 2011). Conséquemment, deux approches existent pour réduire la vulnérabilité : 1) la réduction des *liabilities* par l'élimination des facteurs contribuant à l'émergence d'une catastrophe; 2) le renforcement des capacités par la mise en place d'activités contribuant soit à l'atténuation des répercussions du danger, soit à l'augmentation de la capacité à y réagir efficacement (McEntire, 2011). Tel qu'illustré par la figure 2.4, les *liabilities* ont le potentiel d'influencer le risque (*risk*) et la prédisposition (*susceptibility*), et les capacités (*capabilities*) d'influencer la résistance et la résilience. Dans la littérature sur la

RRC, la réduction de la vulnérabilité inclut à la fois des méthodes dures (stratégies structurales et techniquement avancées) et douces (stratégies plus axées sur l'aspect social ou l'environnement naturel). Les méthodes douces incluent, par exemple, la préparation aux catastrophes et la gestion de l'information (Palliyaguru *et al.*, 2014). La stratégie adoptée dépendra de l'environnement (social ou physique) et des attributs environnementaux ciblés (*liabilities* ou *capabilities*).

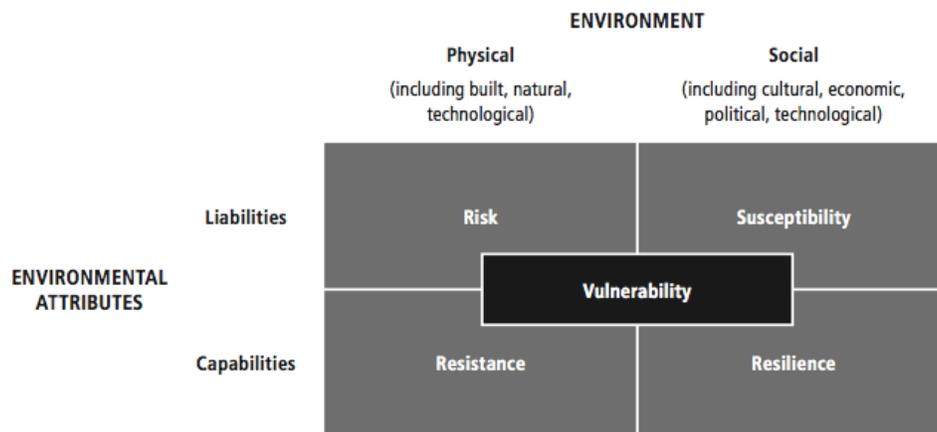


Figure 2.3: Facteurs de vulnérabilité (Source : Palliyaguru *et al.*, 2011)

Le potentiel d'utilisation des TIC (*capabilities*) par les organisations afin de réagir aux potentielles perturbations du système de transport en temps de crise vise la réduction de la vulnérabilité par l'amélioration des *capabilities* en matière de résilience organisationnelle. Le concept de la résilience organisationnelle est abordé dans une section ultérieure de la revue de littérature, la raison étant que le concept de résilience organisationnelle est davantage développé et maîtrisé dans la littérature sur les théories des organisations que dans celle sur la RRC. Une brève revue du concept de résilience, tel qu'il est abordé dans la littérature sur la vulnérabilité, contribue tout de même à illustrer comment les TIC contribuent au renforcement de la résilience à l'échelle urbaine.

Résilience en milieu urbain

À l'origine, le concept de résilience provient de l'écologie. Holling, dans un article intitulé *Resilience and stability of ecological systems* (1973), a défini la résilience comme étant la mesure de la « persistence of systems and of their ability to absorb change and disturbance and still maintain the same relationships between populations or state variables ». Davoudi (2013) distingue trois conceptualisations de la résilience, soit la résilience de l'ingénierie, la résilience écologique et la résilience socioécologique. La résilience de l'ingénierie réfère à l'habileté d'un système à retourner à l'état d'équilibre ou de stabilité initiale à la suite d'un stress (Holling, 1973). Cette conceptualisation est souvent utilisée dans la littérature sur l'étude des catastrophes (Davoudi, 2013). La résilience écologique considère qu'il existe plusieurs états d'équilibre et que les instabilités peuvent faire passer un système d'un état d'équilibre à un autre (Gunderson, 2000). « Although engineering resilience focuses on maintaining efficiency of function, ecological resilience focuses on maintaining existence of function » (Holling, 1996, p. 33). La résilience socioécologique, quant à elle, est définie comme étant la capacité du système à changer, à s'adapter ou à se transformer en réponse à un stress (Davoudi, 2013).

Pour définir quelle conceptualisation de la résilience emprunter afin de structurer la recherche, il est primordial de définir le niveau d'analyse. Les niveaux d'analyse les plus couramment observés sont les suivants : physique (Bodin *et al.*, 2004; Gordon, 1978), écologique (Holling, 1973; Klein *et al.*, 2003; Longstaff, 2005; Waller, 2001), sociétal (Adger, 2000; Bruneau *et al.*, 2003), urbain (Godschalk, 2003), communautaire (Brown *et al.*, 1996; Pfefferbaum *et al.*, 2005) et individuel (Butler *et al.*, 2007; Masten *et al.*, 1990). La présente revue de littérature permet de constater que les différents systèmes urbains (transport, économie, environnement, etc.) ne sont pas abordés indépendamment du système urbain dans sa globalité. La résilience urbaine est donc le niveau d'analyse de départ; elle appelle à l'utilisation du concept de résilience socioécologique afin de reconnaître la nature évolutive de l'environnement bâti devant les aléas naturels et la capacité des organisations à changer, à s'adapter ou à se transformer en réponse à un stress.

Les études de résilience urbaine sont fondées sur un large éventail de littératures pouvant grossièrement être divisées en quatre catégories : 1) la résilience écologique urbaine; 2) les risques urbains et la réduction des risques de catastrophes; 3) la résilience des économies urbaines et régionales; et 4) la promotion de la résilience dans la gouvernance et les organisations urbaines (Leichenko, 2011). Plutôt que de présenter chaque catégorie, ce mémoire propose d'introduire un cadre conceptuel de la résilience urbaine regroupant chacune d'entre elles. Le *City Resilience Framework* a été développé par la Fondation Rockefeller et ARUP, une entreprise de génie-conseil. Il intègre des perspectives qui ont été façonnées par l'expérience dans le monde de la pratique et par les recherches en matière de réduction des risques de catastrophes, de résilience des infrastructures, de changements climatiques, de sécurité nationale et de continuité des opérations (Rockefeller Foundation et ARUP, 2014).

Le City Resilience Index (CRI) a été élaboré afin d'évaluer le niveau de résilience des villes. Cet index comprend 4 catégories, 12 indicateurs, 54 sous-indicateurs et 150 variables (*voir la figure 2.5*). Les douze indicateurs constituent la base de la vision holistique de la résilience urbaine, à savoir le système immunitaire de la ville. « A weakness in one area may compromise the city's resilience overall, unless it is compensated for by strength elsewhere » (Rockefeller Foundation et ARUP, 2014).

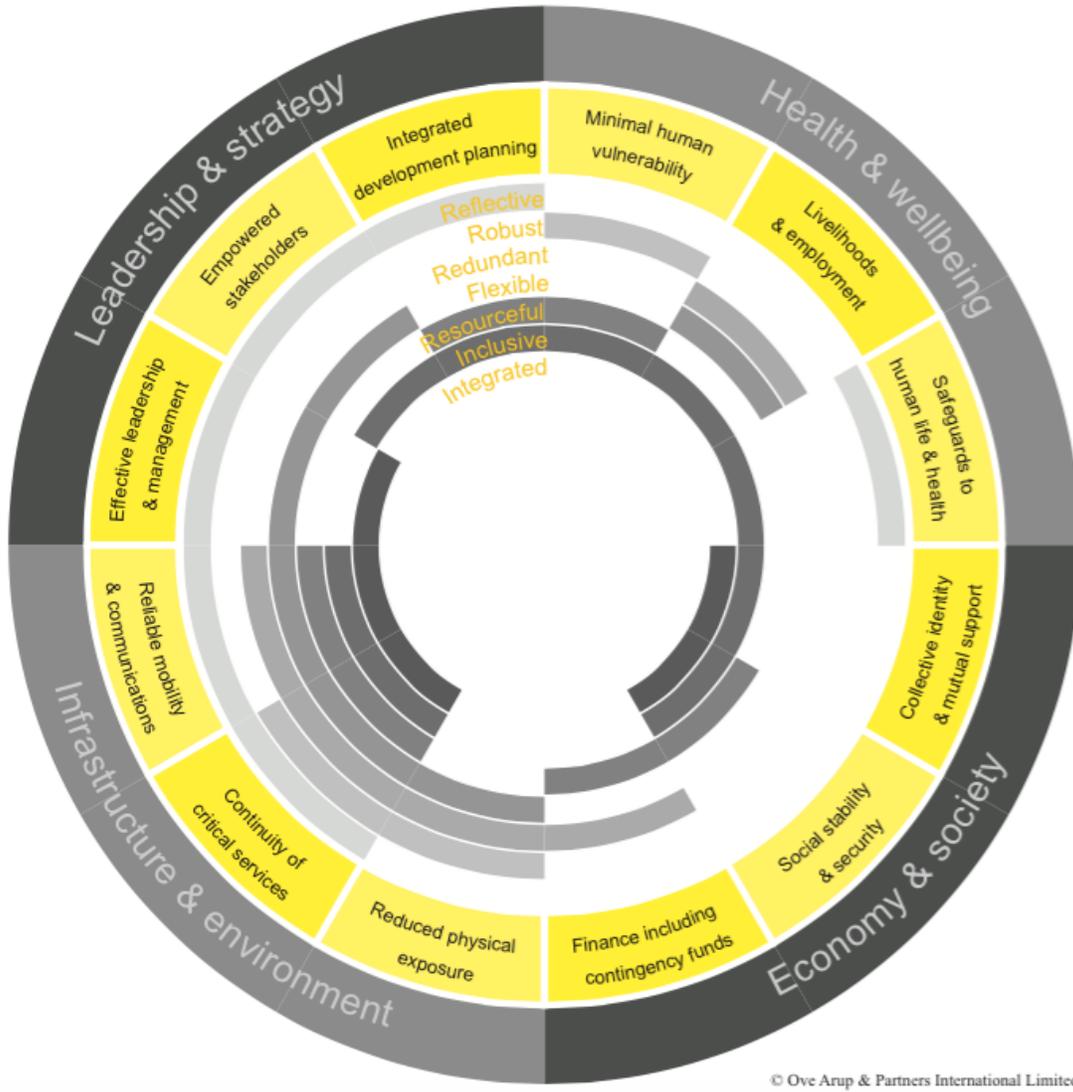


Figure 2.4: City Resilience Index (Source: Rockefeller Foundation et ARUP, 2014)

Le chercheur a passé en revue la définition des catégories, des indicateurs et des sous-indicateurs du CRI afin d'identifier la potentielle contribution des TIC en matière de résilience urbaine. Tel qu'identifié par la Rockefeller Foundation et ARUP (2014) les TIC auraient le potentiel de contribuer à la résilience de trois des quatre principales catégories.

1) Leadership et stratégie : les TIC ont le potentiel d'aider les parties prenantes à prendre les mesures et les actions appropriées en facilitant l'accès à l'information et à des connaissances actualisées (*empowered stakeholders*).

2) Infrastructures et environnement : les TIC ont le potentiel de contribuer au fonctionnement en continu des infrastructures critiques et à la fiabilité des communications (*continuity of critical infrastructure, reliable mobility & communications*).

3) Économie et société : en soutenant les opérations de gestion des urgences et des catastrophes, les TIC ont le potentiel d'assurer un climat de sécurité (*Social stability & security*).

La gestion des catastrophes dans la pratique

« The product of realized hazard risk is an emergency event, which is typically characterized as a situation exhibiting negative consequences that require the efforts of one or more of the emergency services (fire, police, EMS, public health, or others) to manage. When the response requirements of an emergency event exceed the capabilities of those established emergency services in one or more critical areas (e.g., shelter, fire suppression, mass care), the event is classified as a *disaster* » (Haddow *et al.*, 2013).

Bien qu'une différence marquée existe entre le fonctionnement d'un système de gestion des urgences lors d'une situation d'urgence et celui d'un système de gestion des catastrophes, en pratique, l'expression gestion des urgences est utilisée indifféremment du type de situation. L'expression gestion des catastrophes est employée ici en concordance avec la nomenclature présente au sein de la littérature sur la vulnérabilité et la résilience, et parce que l'utilisation de cette expression est perçue comme une fausse appellation.

En pratique, dans la littérature scientifique, le cycle de gestion des catastrophes est composé de quatre phases distinctes : 1) l'anticipation (*mitigation*); 2) la préparation (*preparedness*); 3) la réponse; et 4) la reprise des activités (*recovery*). Haddow et ses collaborateurs (2013), auteurs du principal ouvrage de référence pour la FEMA en matière de gestion des catastrophes, définissent les quatre phases de la façon suivante. L'anticipation inclut les moyens (actions soutenues) mis en place pour réduire ou éliminer les sources de danger ou les risques auxquels sont exposés les personnes et les biens matériels. Lorsque l'état d'urgence est décrété par les autorités gouvernementales, la seconde phase débute. La préparation vise à améliorer les capacités des organisations et des individus à répondre aux conséquences d'un événement une fois ce dernier survenu. C'est au cours de cette phase que, par exemple, les plans d'évacuation sont conçus et que des abris d'urgence sont prévus. Le passage de la phase de préparation à la phase de réponse est marqué par l'incidence de l'aléa. Cette phase inclut les actions immédiates prises pour sauver des vies, protéger les systèmes d'infrastructures et répondre aux besoins élémentaires de la population. Contrairement aux autres phases, le passage de la réponse à la reprise des activités est flou. Selon la gravité des répercussions, cette dernière phase commence après quelques heures, quelques jours, voire quelques mois. Le processus de reprise des activités est orienté vers les besoins les plus immédiats (à l'exclusion des besoins de la phase de réponse) afin de favoriser un retour à la normale (*business as usual*), et ce, tant pour la population que pour les organisations.

La gestion des catastrophes : une discipline

Il est important de distinguer ce qu'est une théorie de ce que peuvent être les théories pertinentes pour l'avancement de l'état de l'art des pratiques d'une discipline.

« Components of and exercising strategies have been developed for key community structures like emergency operations centers (EOC's). All of these "normative" theories are relevant to emergency management and provide emergency managers with important theoretical foundations. [Additionnaly] an abundance of perspectives, frameworks, and broad theoretical orientations that have aided researchers to frame their research questions, make linkages to aspects of their discipline, and provide important and useful insights about human behavior to emergency managers (Dynes *et al.*, 1987; Dynes et Drabek, 1994) » (Drabek, 2004).

Collectivement, les différentes recherches, l'état de l'art et les retours d'expérience en matière de gestion des catastrophes d'origine naturelle, technologique ou terroriste, offrent des avenues intéressantes pour le développement d'une théorie de la gestion des catastrophes. Pour ce qui est de cette recherche, la discipline de la gestion des catastrophes s'inscrit dans le cadre conceptuel de la vulnérabilité. Elle emprunte, de plus, une variété de théories liées aux organisations (p. ex. : résilience organisationnelle, *technology-in-practice*, gestion de l'information et des connaissances, coordination) afin de structurer la recherche autour de l'objet d'étude : les technologies de l'information et des communications.

Études des organisations

Résilience organisationnelle

Les études sur les organisations définissent la résilience organisationnelle comme étant la capacité de repenser les anciennes pratiques et d'en développer de nouvelles lorsqu'elles ne sont plus applicables (Mark *et al.*, 2009). La résilience organisationnelle contribue aux performances des organisations lors des pratiques usuelles et des pratiques en situation de crise (Mitroff, 2005). Dans un contexte de gestion des catastrophes, elle est la capacité d'une organisation à survivre, et même de prospérer en temps de crise (Seville *et al.*, 2008, p. 18). Dans le cadre de cette recherche, la capacité de survivre illustre l'aptitude des organisations à prendre des décisions assurant la continuité des opérations d'évacuation en interne et au sein du réseau lors de la réponse à une catastrophe.

Les organisations répondent de différentes manières, tant en interne qu'en externe, aux facteurs de perturbations: « they centralize internal controls (Pfeffer 1978), they learn (Carroll 1998; Weick *et al.*, 2005), they are creative (Kendra *et al.*, 2003), and they adapt (Vogus *et al.*, 2008) » (Lee *et al.*, 2012). Deux concepts issus des théories de l'administration publique et des théories de l'organisation examinent l'idée de l'adaptation au sein des systèmes interorganisationnels, soit les *complex adaptive systems* (Kauffman, 1993; Holland, 1995; Axelrod *et al.*, 2001) et le concept de *decision-making under conditions of uncertainty* (Weick *et al.*, 2005). Le premier concept n'est d'aucune utilité pour cette recherche sur le plan conceptuel puisqu'il réfère à des changements de pratiques exclusivement à l'interne. Le second concept est davantage utile puisqu'il considère le potentiel d'adaptation des organisations à des perturbations externes, tant en interne qu'entre elles. Le concept de *decision-making under conditions of uncertainty* introduit l'idée de la construction de sens (*sensemaking*) comme processus d'analyse de l'environnement afin d'acquérir l'information nécessaire pour définir le cours des actions dans un contexte de changement (Weick *et al.*, 2005).

Comfort et Kapucu (2006) ont défini quatre types de systèmes sociotechnologiques - systèmes créés par l'interaction entre les agents sociaux et technologique - selon des indicateurs techniques, organisationnels et culturels : les *nonadaptive systems*, les *emergent adaptive systems*, les *operative adaptive systems* et les *auto-adaptive systems* (Comfort *et al.*, 2006). Selon ces auteurs, les *auto-adaptive systems* sont les systèmes sociotechnologiques les plus performants en temps de catastrophe en raison de leur important niveau d'intégration des technologies (p. ex. le support à la recherche et l'acquisition d'information), de leur haute flexibilité organisationnelle (p. ex. politiques et procédures facilitant la mise en place d'actions à la fois au sein et entre les organisations) et de leur culture organisationnelle (p. ex. l'ouverture à de nouvelles informations et de nouvelles stratégies pour aborder les défis, la volonté d'adaptation) (Comfort *et al.*, 2006).

« To improve agency response in extreme events, [there is a need] to foster the emergence of an auto-adaptive system among the governmental agencies that seeks the best mode of action at each agency and jurisdictional level of operations, while simultaneously integrating these separate actions into a coherent strategy of action for the whole system. This requirement places an intensive load on shared knowledge, communications and feedback both within and among the agencies and jurisdictions » (Comfort *et al.*, 2006).

Lee *et al.* (2013) ont développé un modèle d'évaluation de la résilience incluant trois indicateurs de résilience parmi lesquels figure la capacité d'adaptation. La capacité d'adaptation est définie selon sept variables: 1) le travail en vase clos, 2) les communications et les relations, 3) la vision stratégique, 4) l'information et les connaissances, 5) le leadership, la gestion et la structure de gouvernance, 6) l'innovation et la créativité, et 7) la prise de décision réactive. La présente recherche explore le potentiel des TIC à influencer la prise de décision et, conséquemment, la résilience organisationnelle en interne et entre les organisations. La nature des TIC fait en sorte que cette recherche aborde indirectement deux autres variables: les communications et les relations, et l'information et les connaissances. Elle s'intègre dans le corpus de recherches traitant du potentiel des technologies à favoriser l'adaptation des systèmes interorganisationnels (Goodman *et al.*, 1990; Comfort 1993; Comfort *et al.*, 2006; Chewning *et al.*, 2012). Selon Comfort *et al.* (2004), la présence d'un système sociotechnologique favorise l'adaptation individuelle et collective.

« Information infrastructure would link organisations, individual policy makers, groups of clientele, and computers into a distinct socio-technical system that uses the flexibility of current information technology to support adaptive behaviour by individuals and organisations (Coakes, Willis and Clarke, 2002) » (Comfort *et al.*, 2004).

Afin de comprendre comment se développe un système sociotechnologique, il est nécessaire de prendre en considération un domaine de recherche traditionnellement distinct de la résilience organisationnelle, soit celui de la *technology-in-practice* (Chewning *et al.*, 2012). La littérature sur les organisations est davantage construite autour d'études de cas d'adoption des technologies et de leur utilisation en interne et entre les organisations (Orlikowski, 2007). Orlikowski soutient ceci: « organization literature reveals the absence of any considered treatment or theorizing of the material artifacts, bodies, arrangements, and infrastructures through which practices are performed » (2007).

Technology-in-practice

«Developing new ways of dealing with materiality in organizational research is critical if we are to understand contemporary forms of organizing that are increasingly constituted by multiple, emergent, shifting, and interdependent technologies» (Orlikowski 2007).

Dans la pratique, le discours dominant consiste à dire que les TIC sont des catalyseurs de transformation organisationnelle (Malone *et al.*, 2003). Selon Barad (2003), Latour (2005), Suchman (2007), et Orlikowski et ses collaborateurs (2008), la manière dont la matérialité est abordée dans la recherche sur les organisations pose un problème sur le plan conceptuel. La littérature sur les organisations est caractérisée par la présence d'une perspective technocentrique. Cette perspective perçoit l'adoption, la diffusion et l'utilisation des technologies comme étant séparée et distincte des autres phénomènes de nature organisationnelle (Orlikowski *et al.*, 2008). Par exemple, Huber (1990) a étudié l'effet unidirectionnel des communications assistées par ordinateur et des technologies d'aide à la décision sur la structure organisationnelle et la prise de décision. Zuboff (1988) est un autre auteur de cette vague. Pour celui-ci, les technologies sont instrumentales ; elles remplissent les fonctions pour lesquelles elles ont été configurées et fonctionnent dans le temps et l'espace de façon homogène. Ce problème conceptuel est souligné entre autre par Boudreau et ses collaborateurs

(2005):

« Although technologies are acknowledged to be the products of human action (and therefore the result of human agency), they become constraints on human agency once they are installed and left to operate » (Boudreau *et al.*, 2005).

D'autres auteurs, comme Markus (1994), Jones (1999), et Orlikowski et ses collaborateurs (2008), reconnaissent que l'opérationnalisation des technologies relève d'un processus itératifs entre l'infrastructure et l'utilisateur. Cette conception dynamique de la relation entre la matérialité et l'homme s'intègre à la perspective structurelle de laquelle s'inspire cette recherche. Comme mentionné par Orlikowski (2000):

« As users interact with a technology, they shape the technology structure that shapes their use. Technology structures are thus not external or independent of human agency; they are not “out there,” embodied in technologies simply waiting to be appropriated. Rather they are virtual, emerging from people’s repeated and situated interactions with the technologies at hand. These enacted structures of technology use, which I term **technologies-in-practice**, are the sets of rules and resources that are (re)constituted in people’s ongoing and situated engagement with particular technologies » (Orlikowski 2000).

En s'intéressant au potentiel des TIC pour la résilience organisationnelle, la présente recherche reconnaît que les fonctions prédéterminées des technologies sont influencées par l'utilisation qui en est faite, à la fois par le personnel des organisations en interne et entre les organisations. Lee *et al.* (2011) ont développé un modèle évaluant le poids relatif de plusieurs variables (p. ex. la pertinence de la technologie pour l'accomplissement des tâches, la satisfaction de l'utilisateur) sur l'intention d'utilisation des technologies dans un contexte de gestion des catastrophes (*voir la figure 2.5*).

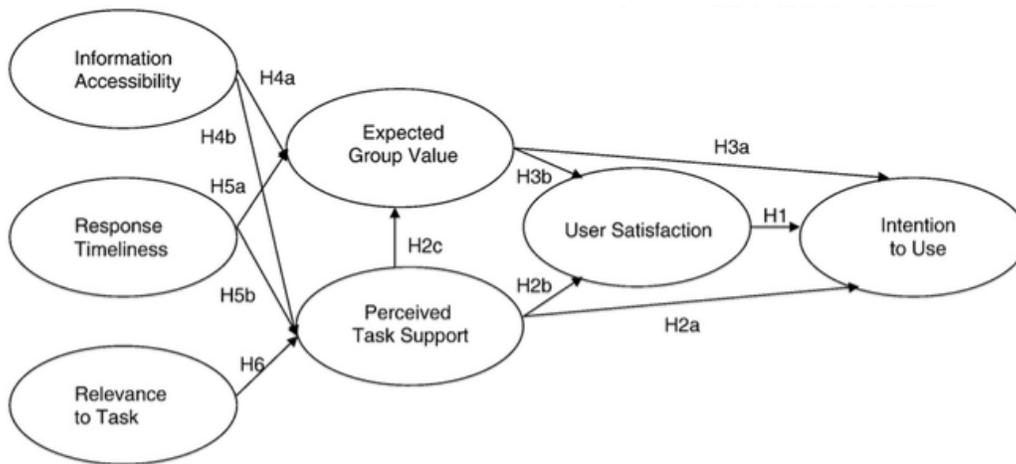


Fig. 2. A model of IS success for multi-agency disaster management.

Figure 2.5: Facteurs humains influençant l'intention d'utilisation des TIC

Les résultats de l'analyse ont révélé que la valeur attendue par le groupe (*expected group value*) est un facteur déterminant de l'intention d'utiliser (*intention to use*) une technologie dans le domaine de la gestion des catastrophes. Les résultats appellent à la reconnaissance des préoccupations des utilisateurs (*expected group value*) pour le développement d'un mécanisme de conception des technologies et d'incitation à l'utilisation. Dans l'absence de toutes considérations des utilisateurs, l'utilisation des TIC par une organisation risque de ne pas être optimale et ne pas soutenir la coordination interorganisationnelle en temps de crise (Lee et *al.*, 2011).

Coordination et réseau

« Advancements in management information technologies in the past half-decade are bringing to organizations forms and functions unanticipated even a few years ago. The revolution in personal communication and computation power is changing organizational roles and tasks and is offering increased effectiveness and productivity to organizational designers who choose to take advantage of technological innovations » (Foster *et al.*, 1984).

La littérature sur les théories de l'organisation examine les méthodes de coordination mise de l'avant pour gérer l'interdépendance des organisations. La présence d'interdépendance est le principal facteur de l'émergence d'un système collaboratif en interne et/ou entre les organisations (Ren *et al.*, 2008; Malone *et al.*, 1994). La coordination est définie comme étant « [the act of] managing interdependencies between activities performed to achieve a goal », « [the act of] integrating or linking together different parts of an organization to accomplish a collective set of tasks » ou encore « the synchronizing of system elements to forge a coherent, integrated whole » (Malone *et al.*, 1994; Van de Ven *et al.*, 1976; Roberts, 2011). La coordination est perçue comme un moyen (non pas une fin) de concevoir un système en mesure de supporter les opérations (Roberts, 2011).

« There is also a long history in organization theory of emphasizing the importance of interdependence in determining how organizations are structured [...]. This suggests that one useful way to extend the theory of coordination is to ask what kinds of interdependence between activities are possible and how different kinds of interdependence can be managed » (Malone *et al.*, 1990).

Les mécanismes de coordination mis en place par une organisation sont soit *organization-centric* ou *network-centric*. Le premier type de mécanismes est endogène à l'organisation (Roberts, 2011). « It groups coordination mechanisms into seven different categories: coordination through face-to-face relations, roles, structure, technology of work, design, shared understanding, and processes (planning, controlling, and information management) (Roberts, 2011). Les mécanismes de coordination *network-centric* sont quant à eux intégrés en interne et s'étendent au-delà des frontières d'une organisation. Recourir à ce type de mécanismes est crucial lorsqu'il y a interdépendance entre plusieurs organisations (Roberts, 2011). Ces mécanismes relient les acteurs sociaux dans un réseau complexe de relations à travers tous types de frontières (p. ex. organisationnelles, juridictionnelles) (Roberts, 2011).

Les types de réseaux émergeant de ces interdépendances et de ces relations (p. ex. entre les organisations publics et privés, la société civile) sont de différentes natures: *communication networks* (Monge et Contractor, 2001), *issue networks* (Baumgartner *et al.*, 1993; Hecl, 1978), *policy networks* (Marin *et al.*, 1991; Rhodes, 1997), *implementation networks* (Agranoff, 2007; Agranoff *et al.*, 2003; Milward *et al.*, 2006) (cités dans Roberts, 2011).

Cette recherche s'intéresse à l'utilisation des TIC comme mécanisme potentiel de coordination en interne et au sein d'un réseau dont les interdépendances relèvent d'un objectif commun de sécurité. Les organisations forment, dans ce contexte, un réseau de sécurité : « By “security network”, I mean a set of institutional, organizational, communal or individual agents or nodes (Shearing and Wood, 2000) that are interconnected in order to authorize and/or provide security to the benefit of internal or external stakeholders » (Dupont, 2004). Dupont (2004) distingue trois types de réseaux de sécurité: les réseaux locaux, institutionnels et internationaux (*without borders*). Les réseaux se distinguent les uns des autres par le type d'organisations impliquées et leur échelle d'intervention. Les réseaux de sécurité institutionnels sont constitués d'organisations (autre que communautaires) engagées dans un effort de rationalisation des ressources, et d'optimisation des performances, des opérations et des résultats (individuels et collectifs) (Dupont, 2004). Bien que la recherche de Dupont (2004) tourne autour de la question de la criminalité et du terrorisme, le concept de réseau de sécurité institutionnel est appliqué ici puisque le transport au moment des évacuations est considéré aux États-Unis comme un enjeu de sécurité.

Selon Whelan, les avantages de l'utilisation des TIC pour la cohésion d'un réseau de sécurité sont incontestables du fait qu'elles permettent l'échange d'information entre les organisations (2012). Cependant, elles doivent être analysées en relation avec les différentes dynamiques existantes au sein du réseau (Whelan, 2012). Ces dynamiques sont: la structure du réseau (p. ex. structure dynamique ou static), la culture du réseau (p. ex. tensions entre les cultures organisationnelles et la culture du réseau), les politiques (p. ex. la logique de contrôle et de gouvernance), et les relations (p. ex. la confiance, relations informelles ou formelles) (Whelan, 2012).

3. Cadre méthodologique

Angle d'approche

Bien que les idées philosophiques restent largement dissimulées dans la recherche, elles influencent encore la pratique de la recherche et se doivent d'être nommées (Creswell, 2008) afin d'édifier les bases méthodologiques. La conception de ce projet de recherche a été inspirée par l'approche pragmatique. Selon Powell (2001) :

« To a pragmatist, the mandate of science is not to find truth or reality, the existence of which are perpetually in dispute, but to facilitate human problem-solving. According to pragmatist philosopher John Dewey, science should overthrow the notion, which has ruled philosophy since the time of the Greeks, that the office of knowledge is to uncover the antecedently real, rather than, as is the case with our practical judgments, to gain the kind of understanding which is necessary to deal with problems as they arise ».

Cette approche de la connaissance découle des actions, des situations et des conséquences plutôt que des conditions antérieures, comme cela est stipulé par le positivisme (Creswell, 2008). L'expérience a démontré l'importance, dans le domaine de la gestion des catastrophes, de commencer par de vrais problèmes rencontrés par des praticiens (Schmitt *et al.*, 2007). Le chercheur valorise ici une manière de voir la recherche qui honore un style inductif, une mise en valeur de l'individualité des expériences et des pratiques, et l'importance de rendre compte de la complexité d'une situation, toutes des caractéristiques de la vision pragmatique.

Stratégie de recherche

Initialement, une méthode de recherche mixte, à savoir une stratégie intégrée concurrente (*concurrent embedded strategy*), a été adoptée dans le but de collecter simultanément des données qualitatives et quantitatives pour rendre compte du problème de recherche dans toute sa complexité en mettant en perspective différents types de données.

La méthode qualitative est justifiée par le fait que l'intérêt pour le phénomène étudié est émergent, et donc peu étudié, et qu'il n'a jamais été abordé auprès de l'échantillon sélectionné (Morse, 1991). En raison de certains facteurs qui seront sujets à discussion dans la section méthode de recherche, la collecte de données quantitatives a dû être abandonnée une fois rendu sur le terrain de recherche. La méthode quantitative, quant à elle, était convoitée afin

d'attribuer une valeur quantitative aux données qualitatives afin de les rendre accessibles à une analyse statistique.

Cette étude de cas simple (stratégie qualitative) a permis au chercheur d'explorer quel est le potentiel des TIC pour l'amélioration de la capacité de résilience organisationnelle des organisations participantes. Les instruments de collecte de données associés à une méthode qualitative ont satisfait le besoin exploratoire de cette recherche.

Méthode de recherche

Collecte de données

Treize entretiens semi-dirigés ont été conduits entre le 30 septembre 2014 et le 20 janvier 2015. Ce type d'entretien a été choisi afin d'éviter de s'éloigner des préoccupations de cette recherche (entretiens non dirigés) et d'imposer une liste de questions spécifiques pouvant limiter la transmission de connaissances nouvelles (entretiens dirigés) (Myers, 2013). Ces entretiens ont permis d'aborder les thèmes et les questions spécifiques déterminés à partir du cadre théorique, tout en restant ouverts aux éléments imprévus qui pourraient être apportés par les participants (Mongeau, 2008). Trois participants ont été interviewés sous la forme d'entretiens non dirigés. Ces participants sont des acteurs périphériques (experts du milieu universitaire) et le New York City Office of Emergency Management (NYC OEM). L'ensemble des entretiens a été conduit en personne, à l'exception de quatre entretiens qui ont été faits par l'intermédiaire de Skype. Les entretiens ont duré en moyenne une heure.

Les entretiens semi-dirigés ont été guidés par un questionnaire composé de 28 questions ouvertes. Trois facteurs ont influencé la sélection des questions posées à chaque participant :

- 1) Le type d'organisation et le département rencontré (p. ex. : division mitigation, division de la gestion des urgences et des catastrophes);
- 2) Le type de professionnels rencontrés (p. ex. : ingénieur, gestionnaire d'urgence);
- 3) L'orientation de la discussion. Une certaine latitude a été laissée aux participants quant à l'orientation de la discussion, le but étant de s'assurer que les priorités et les préoccupations de ces derniers relativement au sujet de recherche soient exprimées.

Questionnaire

Le chercheur s'est inspiré du sondage Social Media in the Emergency Management Field – 2012 Survey (Yee San Su *et al.*, 2013). Ce sondage, développé par CNA Analysis & Solutions en partenariat avec la National Emergency Management Agency, a été distribué à l'échelle nationale aux organisations de gestion des urgences étatiques, régionales et locales. Cette enquête de 56 questions visait à recueillir de l'information relativement à l'utilisation des médias sociaux en gestion des urgences. Aucune question n'a toutefois été reprise intégralement.

Le questionnaire final est structuré en quatre sections principales :

- 1) Information générale (*General information*);
- 2) Intégration des technologies de l'information et des communications (*Integration of information and communications technology*);
- 3) Gestion des connaissances (*Knowledge management*);
- 4) Partage de l'information et prise de décision basée sur la connaissance (*Information sharing and knowledge based decision making*).

Les 29 questions ont permis de rassembler de l'information relative, par exemple, aux responsabilités des organisations en temps de crise, à la collecte de données, au partage de l'information et à la prise de décision en interne, au partage interorganisationnel de l'information, à la diffusion des connaissances au public ainsi qu'aux barrières à l'intégration et à l'utilisation des TIC. Pour une copie du questionnaire, se reporter à l'annexe 1.

Sujet de sécurité nationale et collecte de données

Le fait que le sujet est un enjeu de sécurité nationale a nécessité quelques ramifications de la stratégie de recherche et du questionnaire. Les questions quantitatives visaient principalement à obtenir une autoévaluation des participants relativement à leur utilisation des TIC en gestion des catastrophes (passées ou éventuelles). Le questionnaire avec échelle de Likert n'a pas été distribué ni même présenté une seule fois.

Cette décision a été prise par le chercheur suite au deuxième entretien en raison de la résistance des participants relativement aux questions qualitatives de nature évaluative. Dans le contexte actuel de la guerre contre le terrorisme et de la montée de l'islamisme extrémiste, les organisations assurant la sécurité nationale font preuve d'une grande prudence sur l'information divulguée, puisque la connaissance des faiblesses du système de gestion des catastrophes peut être considérée pour la planification d'éventuelles attaques terroristes sur le territoire de la Ville de New York.

Échantillon

Les participants ont été sélectionnés sur la base d'un échantillonnage dirigé de convenance (échantillon non aléatoire). Le chercheur a été introduit à la première organisation participante (Entretien NYC OEM, 2014) par l'université d'accueil (New York University). Des requêtes ont par la suite été faites aux organisations rencontrées pour être mis en contact avec d'autres

participants. N'étant pas une étude de vérification ou de généralisation, mais bien une étude exploratoire, la taille visée de l'échantillon était de 10 organisations. Ce nombre a été déterminé avant la recherche de terrain. Une revue des organisations de la NYC et son agglomération, conduite par le chercheur, a permis de sélectionner les acteurs à interviewer pour rendre compte du phénomène étudié. Les participants sont des personnes-ressources employées par diverses organisations (unités d'échantillonnage) impliquées dans la gestion des évacuations. Le critère de sélection exclusif utilisé pour la sélection des organisations relève de leur responsabilité en matière de transport lors des évacuations causées par les ouragans. Les organisations participantes ont, au minimum, une des responsabilités suivantes en matière de transport et de gestion des évacuations : 1) la gestion des voies d'évacuation et des déviations; 2) l'utilisation des systèmes de transport en commun; 3) la circulation et la distribution des secours; ou 4) la restauration des infrastructures de transport endommagées.

Lorsque les organisations étaient approchées, il leur était demandé d'inclure – si possible – des employés de divers départements ou de professions différentes. Cette requête était motivée par deux présomptions du chercheur : un travail et des communications cloisonnés au sein des divers départements d'une même organisation ainsi que l'hyperspécialisation des professionnels.

Les organisations participantes ont été les suivantes :

- TRANSCOM
- American Red Cross - Greater New York
- The Port Authority of New York and New Jersey: The Port Authority Agency Operations Center, The Port Authority Office of Emergency Management, Storm Mitigation & Resilience Office, Resilience and Sustainability Office
- New York State Department of Transportation : Emergency Transportation Operations Section
- Metropolitan Transportation Agency: MTA Headquarters (Emergency and Operations Support), MTA New York City Transit (Recovery and Resiliency)
- New York City Department of Transportation (Emergency Response and

Communication)

- New York City Office of Emergency Management: Hazard Mitigation Division, Transportation & Infrastructure Division, Geographic Information Systems Division
- Fire Department City of New York
- The Red Hook Initiative

Les experts participants ont été les suivants:

- Klaus Jacob (Lamont-Doherty Earth Observatory, University of Columbia)
- Sarah M. Kaufman (Rudin Center for Transportation, New York University)

À noter que l'ensemble des organisations approchées ont accepté de participer à cette recherche. L'absence d'organisation privée s'explique par le fait qu'aucune n'a été sollicité pour un entretien. Les acteurs les plus importants à rencontrer pour répondre aux objectifs de recherche sont de type public. Pour des raison de faisabilité dans le cadre d'un mémoire, le chercheur a dû limiter l'étendue de cette recherche. 66% des participants sont des organisations publiques et 33% sont des organisations à but non lucratif.

Participants	Type d'organisation				
	Publique	Privée	À but non lucratif		
			Coalition (modèle coopératif)	Communautaire	Aide humanitaire
TRANSCOM			x		
American Red Cross - Greater New York					x
The Port Authority of New York and New Jersey	x				
New York State Department of Transportation	x				
Metropolitain Transportation Agency	x				
New York City Department of Transportation	x				
New York City Office of Emergency Management	x				
Fire Department City of New York	x				
The Red Hook Initiative				x	
Total (%)	66	0	33		

Quatre organisations interviennent à l'échelle de la NYC (incluant une organisation à l'échelle du quartier Red Hook). Cinq organisations interviennent à une plus grande échelle (région métropolitaine, NYS, interétatique).

Participants	Échelle d'intervention				
	Quartier	ville de New York	Région métropolitaine	État de New York	Interétatique
TRANSCOM					x
American Red Cross - Greater New York			x		
The Port Authority of New York and New Jersey					x
New York State Department of Transportation				x	
Metropolitain Transportation Agency			x		
New York City Department of Transportation		x			
New York City Office of Emergency Management		x			
Fire Department City of New York		x			
The Red Hook Initiative	x				
Total	1	3	2	1	2

Anonymisation des données

Aucun nom ni aucune donnée personnelle susceptible de permettre l'identification des organisations et des experts participants n'ont été divulgués dans cette recherche sans avoir préalablement obtenu leur approbation. Les organisations et les experts participants ont accepté d'être nommés dans le rapport, mais certains à la condition de ne pas être associés à leur propos. Les informations collectées auprès des participants à l'étude sont présentées de manière consolidée afin de montrer les tendances repérées quant au potentiel des TIC, sans pour autant permettre leur identification.

De plus, pour l'ensemble des participants, un code a été utilisé par le chercheur lorsque – selon son jugement – l'information transmise avait le potentiel : 1) de compromettre la réputation de l'organisation ou de ses employés; ou 2) de dévoiler des faiblesses des organisations ou de ses employés en matière de gestion des catastrophes. Chaque organisation et chaque expert participant sont associés à un code (de *a* à *m*). L'attribution des codes s'est effectuée de manière aléatoire entre les participants, et seul le chercheur possède une liste. Les entretiens retranscrits informatiquement sont entièrement dénominalisés et ne comportent donc aucune donnée permettant l'identification des participants et de leur organisation.

Il convient de noter qu'un certificat d'éthique a été obtenu par le chercheur avant de se rendre sur le terrain.

Outils additionnels de collecte de données

Au moment des entretiens, des observations non participatives ont eu lieu. Le chercheur a visité (visite informative) les centres d'opération des urgences de PANYNJ, du NYC OEM et du NYC DOT. Aucune photo ni aucune vidéo n'ont été prises, et aucun plan des lieux n'a été partagé.

Choix du site d'étude

La sélection de NYC comme site d'étude n'est pas fondée sur des considérations de représentativité et de généralisation. Quatre critères de sélection ont été établis afin d'orienter le choix du site d'étude :

- 1) La vulnérabilité du site d'étude – infrastructures et population – aux changements climatiques et aux événements extrêmes.

Supposition du chercheur : Il est attendu qu'une ville exposée aux changements climatiques et aux événements extrêmes soit davantage engagée dans la recherche de stratégies de gestion des risques de catastrophes.

- 2) La présence de retours d'expérience en matière de gestion des catastrophes.

Supposition du chercheur : Il est attendu que les retours d'expérience à la suite d'une ou des catastrophes favorisent la mise en place de pratiques novatrices en matière de gestion des évacuations.

- 3) Ville métropolitaine.

Supposition :

« Understanding the limits of human cognitive capacity and using technical means of decision support to augment this capacity in extreme situations are fundamental to increasing the ability of an inter-organizational system of governmental agencies to take timely, informed action. This function is likely to be most effective when performed on a regional scale. Municipal governments are too limited to manage extreme events with only their resources. State governments may be inadequately informed regarding the details of operations in local jurisdictions. National governments may be too broad to provide the specificity in action needed for effective risk reduction and response over the range of local regions exposed to

risk. Regional systems of risk reduction and response are likely to emerge in metropolitan areas as the most effective balance between size, capacity and specificity needed for effective action » (Comfort, 2006).

4) L'insularité.

Supposition du chercheur : Il est attendu que l'insularité ajoute un niveau de complexité pour la gestion des transports et pour la coordination interorganisationnelle des opérations. Par exemple, la circulation des personnes et des services de secours en dehors ou en direction du territoire insulaire est limitée aux ponts et aux tunnels. Une fermeture simultanée des ponts et des tunnels (préventive ou forcée) peut isoler une partie de la population dans les zones à risque. Ce critère n'a pas servi à exclure des sites d'étude, mais il avait un intérêt certain, compte tenu des défis de logistique qu'il représente pour l'évacuation.

Limites de l'étude

1) La quantité limitée d'information acquise lors des entretiens servant à répondre aux questions de recherche.

Une quantité importante d'informations obtenues au cours des entretiens a davantage servi à établir les bases de la recherche qu'à répondre de façon explicite aux questions de recherche. Les informations relatives aux TIC et aux pratiques des organisations sont de nature privée et ne pouvaient conséquemment pas être acquises avant la tenue des entretiens.

4. Résultats et discussion

Analyse de contenu et approche théorique

Pour l'analyse de contenu, le chercheur a opté pour un traitement manuel des données des entretiens. La section qui suit présente les trois phases chronologiques de l'analyse de contenu : 1) la préanalyse; 2) l'exploitation du matériel; 3) le traitement des résultats et l'interprétation (Wanlin, 2007).

Préanalyse

La préanalyse est l'étape préliminaire d'intuition et d'organisation permettant d'opérationnaliser et de systématiser les idées de départ, et d'aboutir à un plan d'analyse (Wanlin, 2007). Le chercheur a tout d'abord fait une lecture flottante des retranscriptions pour prendre connaissance du contenu des entretiens et de tous les sujets à l'analyse. L'objectif était donc de lire et de relire ces derniers pour déterminer les messages clés (Savoie-Zajc, 2000). Cette démarche s'est déroulée sans considération du cadre théorique préalable afin d'éviter de diriger l'analyse dans une direction particulière, empreinte de subjectivité (p. ex. : désir du chercheur d'obtenir les résultats souhaités). Les thèmes principaux ont été déterminés, soit le potentiel des TIC pour : 1) la coordination intraorganisationnelle; 2) la coordination interorganisationnelle; et 3) la coordination avec le public. Les indices contenus dans le corpus des entretiens ayant permis de déterminer les thèmes ont été organisés sous la forme d'indicateurs précis :

Thème 1 : Coordination intraorganisationnelle

- Accès et collecte de données
- Le partage de l'information en interne

Thème 2 : Coordination interorganisationnelle

- Vers une image opérationnelle commune
- Le pouvoir de la coopération : entre technologies et relations humaines

Thème 3 : Coordination avec le public

- Externalisation ouverte
- La diffusion de l'information

Une grille d'analyse Excel a été créée afin de répertorier l'ensemble des propos des participants liés à chaque thème principal et aux indices spécifiques. Les organisations ont été classées selon un ordre décroissant d'échelle d'intervention, soit de l'échelle étatique à l'échelle locale. Visuellement, cet ordre de classement facilite l'interprétation de l'information. L'information liée à chaque indice ayant été partagée par les organisations intervenant à une macroéchelle permet de mieux saisir le contexte d'insertion des organisations à une échelle d'intervention plus localisée (p. ex. : régionale, métropolitaine, locale).

Exploitation du matériel

Le chercheur a par la suite procédé à un processus de décontextualisation. Des parties d'entretiens ont été physiquement détachées de leur contenu original. Comme le soulignent Robert et ses collaborateurs: « le but poursuivi durant cette phase centrale d'une analyse de contenu consiste à appliquer, au corpus de données, des traitements autorisant l'accès à une signification différente répondant à la problématique, mais ne dénaturant pas le contenu initial » (1997). Il y a eu extraction des éléments fondamentaux de chaque entretien. Ces segments ont par la suite été insérés dans la grille d'analyse.

Avant même la phase de traitement, d'interprétation et d'inférence, la grille d'analyse a permis de constater que très peu d'indices ont été abordés par l'ensemble des participants. Certains entretiens ont davantage abordé la question de la coordination interorganisationnelle, de la coordination intraorganisationnelle ou de la coordination avec le public. En raison de la nature de leurs responsabilités en matière de gestion des évacuations, certains thèmes leur sont intrinsèquement d'un plus grand intérêt. Cela s'explique aussi par la stratégie de recherche et la nature exploratoire de la recherche. Une grande latitude a été laissée aux participants quant

aux sujets qu'ils souhaitent aborder. Cela a permis aux participants d'aborder les initiatives en matière d'utilisation des TIC qu'ils jugeaient d'intérêt pour cette recherche, tout en permettant au chercheur de déterminer quelles étaient les pratiques et les préoccupations particulières de chaque organisation. Il est important de noter qu'aucune opération statistique simple, par exemple une recherche par mots clés (p. ex. : conférence téléphonique), n'a pu être effectuée en raison de la diversité du contenu de chaque entretien.

Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence. Ces derniers ne reflètent pas une vision d'ensemble du système de gestion des catastrophes, mais bien l'individualité de la réflexion ou des pratiques de chaque organisation. Aucune démarche d'induction ne peut être employée et aucune abstraction généralisatrice ne peut être faite. Le texte qui suit est une synthèse de la compréhension des informations obtenues durant ces entretiens.

Traitement des résultats et interprétation

Coordination intraorganisationnel et TIC

Cette section présente les résultats obtenus lors des entretiens relativement à l'utilisation et au potentiel des TIC en interne en temps de crise. Elle se divise en deux sous-sections: l'accès et la collecte de données, et le partage de l'information aux fins de coordination des opérations.

Accès et collecte de données

Les résultats relatifs à la collecte de données en interne sont divisés en trois parties. La première aborde l'utilisation et le potentiel des TIC pour l'évaluation de la capacité des infrastructures routières (*roadway capacity assessment*). La seconde porte sur l'utilisation et le potentiel des TIC pour l'amélioration d'une conscience de la situation (*situation awareness*). La troisième fait le constat de la mince frontière existant entre la collecte de données en interne et le partage interorganisationnel de l'information pour certaines organisations.

1. La réalisation des opérations d'évacuation des participants est dépendante du bon fonctionnement du système de transport au moment des évacuations. L'évaluation de la capacité des infrastructures de transport est le défi principal rencontré par les acteurs responsables de la circulation et de la répartition des secours. C'est le cas, par exemple, de l'ARC et du Fire Department, City of New York (FDNY). Pour l'ARC, il est nécessaire d'être en mesure d'évaluer la capacité des infrastructures routières afin de soutenir la conduite des opérations humanitaire sur le terrain (p. ex. : dotation en personnel, équipements, matériaux) (Entretien ARC, 2014). Pour le FDNY, cette connaissance est essentielle pour l'envoi des pompiers et des appareils de lutte contre les incendies sur les lieux des incendies et des incidents représentant une menace pour la sécurité de la population. De plus, ce département est responsable du transport ambulancier (Entretien FDNY, 2015). Voici, concrètement, comment l'évaluation de la capacité des infrastructures routières est essentielle pour ces deux organisations.

« This is a unique region that we are in. My region is all the Long Island, it is 6 counties north of NYC and the 5 boroughs. It is 13 millions people. The capacity of the roadways, at any given time, is not good. The demand on roadways in this region is enormous - everywhere you go. Even if you go into Westchester County it is still heavily populated. The roadway network is not as robust as it is down here [in Manhattan]. [...] If you go up north, the capacity of the network is much smaller because a lot of time there is one main road going through a town. [...] Again, we are a field response organization. So we have to get from the base to the effective locations » (Entretien ARC, 2014).

« Researcher: What do you think are the main challenges to the fulfillment of your responsibilities during a crisis?

In NYC, the first thing that comes to mind would be, during responses, just the sheer amount of people. You get very crowded streets, small streets, infrastructures that are not designed to have that many people initially. Small side streets with cars parked on them, people everywhere, cars everywhere, and we have to get on scene » (Entretien FDNY, 2015).

L'ARC a récemment (post-Sandy) fait appel à des cartes routières de Waze, un programme de navigation géographique par GPS pour les téléphones intelligents, afin d'avoir accès à de l'information relative au temps de déplacement et à l'état de la route en temps réel.

« For us, in a major disaster, we are planning our operations forward [12 hours in advance]. So we want to understand how to get to point A tomorrow morning. So we would make that plan. But then, when the job happens, you would use this kind of technology to determine whether that route is going to work or not » (Entretien ARC, 2014).

Quant au FDNY, aucune TIC n'est actuellement utilisée pour guider ses opérations; leur potentiel est par contre reconnu.

« We don't have any access to traffic information or anything like that. I think it could definitely help; try to inform our drivers of the best routes to take based on traffic inflation. But aside from anecdotal experience of our drivers "I know that it is 4:30 pm and I know the street is going to be really crowded", aside of things like that, we don't have an ICT in place to do that » (Entretien FDNY, 2015).

2. Les résultats ont permis de déterminer que les TIC ont un potentiel important pour l'amélioration de la conscience de la situation, tant pour les conditions environnementales que pour les conditions opérationnelles. Il a été demandé au NYSDOT comment les TIC ont changé ou changent les pratiques en matière de gestion des catastrophes. Selon les personnes du NYSDOT qui ont été rencontrées, la principale incidence des TIC sur leur pratique relève de la quantité croissante d'information collectée en interne.

« The more information we can get in a real-time aspect of it, it is going to help. Better communications and using the technologies that are keep growing – it definitely helps situation awareness, and also just knowing [...] the worst areas [which] need to be responded to first » (Entretien NYSDOT, 2015)

Pour sa part, le NYC DOT est responsable de la coordination des ressources humaines (p. ex. : pour l'évaluation de l'état des infrastructures) et matérielles (p. ex. : pour la collecte des débris) sur les lieux des incidents. De plus, ce département se doit de fournir les services policiers avec l'information nécessaire afin de détourner le trafic. Afin d'acquérir une conscience des conditions environnementales, le NYC DOT a recours à des TIC appliquées au domaine des transports, à savoir les systèmes de transport intelligents. Ils font appel, par exemple, à la détection par caméra vidéo pour la mesure des flux de trafic et de détection automatique d'incident ainsi qu'à la surveillance des données à partir du système E-ZPass, un système de collecte de péage électronique (Entretien NYC DOT, 2014).

La MTA utilise aussi les systèmes de transport intelligents aux fins de collecte de données relatives aux conditions opérationnelles au sein de ses infrastructures de transport. Très peu d'informations sur les conditions environnementales sont collectées en interne (Entretien MTA, 2014).

« Metropolitan Transportation Authority (MTA) Bridges & Tunnels and Transdyn, Inc. completed the ATM IDEAS Upgrade [in 2012], overhauling the entire Advanced Traffic Management System used to manage traffic on all nine MTA Bridges and Tunnels facilities. The system allows each facility to operate independently while ensuring central control from the Operations Command and Control Center, and provides a real time status of all facility traffic and incident related activities with full access to traffic cameras, VMS/VSLs, Lane Status, Lane Use Signal Control, and weather sensor data and alarms » (Intelligent Transportation Society of New York [ITS-NY], 2012; contenu soutenu par Entretien MTA, 2014)

La conscience de la situation au sein de leurs infrastructures de transport contribue, en temps de crise, à assumer leurs responsabilités relatives à l'utilisation des systèmes de transport en commun et à la restauration des infrastructures de transport endommagées.

Il a été souligné à plusieurs reprises au cours des entretiens que les TIC ne sont pas le moyen exclusif pour acquérir de l'information relative aux conditions environnementales et opérationnelles. Par exemple, le NYC OEM reconnaît que la plus grande partie de la collecte de l'information, en dehors de l'information en provenance des organisations du réseau, provient en direct des intervenants sur le terrain.

« We have several applications that help us pull the state all together. And we are actually exploring sort of more sophisticated dashboard as well. Still, we have to rely on immediate reports from the field. It is sometime the best way to capture; just talking with people on the field and having people back here at the base who put that info into a spreadsheet or reports [and generate maps]. [This information] can starts making sense of the situation and helps decision makers to deploy resources that are needed on the field » (Entretien NYC OEM, 2015b).

Dans le même ordre d'idées, il a été mentionné par le NYC DOT que les médias, souvent les premiers acteurs sur le terrain, sont une ressource d'une grande valeur pour la création d'une conscience de la situation en un court laps de temps (Entretien NYC DOT, 2014).

La PANYNJ pousse la réflexion quant à l'importance du déploiement des ressources humaines sur le terrain. Pour les participants qui ont été rencontrés, l'intelligence humaine est essentielle dans le processus d'acquisition de l'information. Les technologies sont perçues comme étant complémentaires aux efforts de collecte faits par les employés de l'organisation, et non l'inverse.

« More than anything, it is the human intelligence that is providing the bulk of the information. We use the technology that we have in place to identify where we may need to focus, or to verify human intelligence and vice versa. But with the broad spectrum of transportation infrastructures that we have control over, and not just in a degree to which decision that we make about how we respond within our infrastructure very much influences our regional partners and how they will respond. There is a certain element of trust-but-verify. Before we pull the trigger on certain things, we absolutely want to verify our digital system with someone out there and providing up either a collaborating or contrary report » (Entretien PANYNJ, 2014).

3. Les entretiens avec le NYC OEM et TRANSCOM ont apporté un éclairage sur la différence qui existe entre la collecte de données en interne et le partage interorganisationnel de l'information pour les organisations dont la mission est de centraliser et de communiquer l'information. Alors que le NYC OEM centralise l'information dans le domaine de la gestion des catastrophes, TRANSCOM centralise l'information aux fins de gestion du transport à l'échelle régionale. Pour ces deux organisations, la collecte de données relève du processus de partage interorganisationnel des destinataires.

Comme le mentionne le NYC OEM :

« During an incident, we start adding incident data which may come from a number of sources; among those are the responders on the field reporting back, but it can also come from other agencies (the main operational agency for the type of job required on the ground). The Geographic Information System Division of the NYC OEM is involved in adding the new data to the existing database » (Entretien NYC OEM, 2015).

L'information, sous forme de rapports ou de bases de données, est collectée (ou reçue) par le NYC OEM grâce à un échange de courriels ou par E-Team, un système de gestion des catastrophes. De plus amples détails à ce sujet suivront. Il en va de même pour TRANSCOM. L'information collectée (ou reçue) par courriel, par téléphone ou par une plateforme en ligne est intégrée à une base de données opérationnelle de l'OpenReach System. De plus amples détails quant à l'implication de ces organisations en matière de partage interorganisationnel de l'information sont donnés ultérieurement.

Partage de l'information en interne

En ce qui a trait au partage de l'information en interne aux fins de coordination des opérations entre les divers départements ou divisions, les moyens privilégiés sont les échanges de courriels et les conversations téléphoniques.

Le partage de l'information au sein du NYSDOT est assuré par le Statewide Transportation Information and Coordination Center (STIC). Le STIC est un centre opérationnel, en activité 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, responsable de collecter l'ensemble de l'information (p. ex. : fermeture d'infrastructures routières, états des systèmes de transport en commun) en provenance des Traffic Management Centers des 11 bureaux régionaux. Ce centre coordonne le mouvement des équipements et des ressources humaines pour répondre aux perturbations du système de transport (Entretien NYSDOT, 2015). Le chercheur s'est enquis des principaux canaux de communication qui existent entre les 11 bureaux régionaux et le STIC. La réponse du participant est la suivante :

« Mostly cellphones and emails. Specific for traffic safety, we also have radio communication with people out in the field. We have, from the troopers and the state police, a system that when they pull up to a car that is disabled (non-accident of some sort) they can - through this system - get the HELP truck over. The communication goes to our Traffic Management Centers and the HELP truck, the NYS Help Program – Highway Emergency Local Patrol [...]. So it is not just email and phone, we have different systems of communication through the Traffic Management Center » (Entretien NYSDOT, 2015).

L'échange d'information au sein du FDNY se fait aussi par courriels et par appels téléphoniques. Le participant a mentionné un intérêt pour une transition de ces moyens traditionnels de communication vers un système d'information décisionnel.

« Some type of business intelligence platform that I can pull all together and make sense out of it to push decision-making or inform policy. A way for people to do that without having to talk to someone, build relationship and keep that relationship up. It is some type of application or enterprise system where somebody can log into it and have access to data; if it is just at the agency scale I could have access to data from different bureau and tie information together » (Entretien FDNY, 2015).

À la MTA, aucun système d'information commun n'existe entre les différentes agences de l'organisation. Par contre, Disaster Local Area Network System, un système de gestion des incidents et des catastrophes, est convoité par l'organisation aux fins d'une coordination des opérations qui serait soutenue par le partage d'information.

« We are just now implementing the Disaster Local Area Network System which New York State Office of Emergency Management uses to manage emergency situations. To the extent that we make any requests through the state emergency operation center for resources, whether national guards or sand bags or pump generator (whatever), for a couple years, we had to use the Disaster LAN system. So the MTA, with grant money, has purchased that software and some support for it and has been rolling it out to the agencies so that they can create their own tickets for resource requests. [...] We may in another phase of the Disaster LAN project be able to have the agencies' system feed into Disaster LAN, so that they can continue to document what is going on in their system the way that they do and it would feed into disaster LAN » (Entretien MTA, 2014).

Dans un entretien subséquent auprès d'un autre participant, le chercheur a cherché à obtenir un autre point de vue quant à l'intérêt d'avoir un système d'information commun entre les divisions d'une même organisation pour soutenir la coordination des opérations grâce au partage de l'information. La réponse de *f* est la suivante:

« For inputting, one system would be beneficial. For outputting, ideally, once it is inputted, you should interface as many outputs as you want based on consumer needs. For inputting, it creates a lot of issues because if systems are not the same, they don't have the same data field, and then, it makes it difficult to interface between systems because there are [data] fields in one, not the other [...]. We are working towards a couple of different systems from an incident standpoint. There is a web base solution we are trying to deploy as an agency - from a traffic management standpoint. We're in a process of procuring [...] advanced traffic management software that basically ties all [X] divisions on a software, what I call a smart software » (Entretien f).

Coordination interorganisationnelle et TIC

Cette section présente les résultats obtenus au cours des entretiens relativement à l'utilisation interorganisationnelle des TIC. Elle est divisée en deux sous-sections. La première, intitulée *Vers une image opérationnelle commune*, présente le NYC OEM et TRANSCOM comme des plateformes de correspondance à l'échelle du réseau. La seconde, intitulée *Le pouvoir de la coopération : entre technologies et relations humaines*, aborde la place des TIC dans l'émergence de la coopération. L'expression image opérationnelle fait référence à la connaissance précise, dans le temps et l'espace, de l'environnement d'intervention. Le terme environnement d'intervention inclut les conditions d'opération et les conditions de l'environnement. L'image opérationnelle devient commune lorsqu'elle est partagée soit en interne entre les divers départements, soit entre les organisations du réseau (Entretien ARC, 2014; Entretien PANYNJ, 2014)

Vers une image opérationnelle commune

« In a disaster, those Holy Grales are information management and resource management, right? And those are the most difficult things to do in a disaster because you have this tsunami of information but it is essentially noise; how do you create signals there and how do you then use these signals for affective actions? » (Entretien ARC, 2014).

Les entretiens avec le NYC OEM et TRANSCOM ont permis au chercheur de comprendre que ces deux organisations sont les hubs de partage interorganisationnel de l'information au sein du réseau. Le NYC OEM possède plus d'une centaine de stations de travail reliées à une

infrastructure de réseau ainsi qu'un système audiovisuel partagé. De plus, les organisations sont connectées à E-Team :

« That is how they share the information; the logistic requests...but also, on the same system, we load maps or tables that have been requested. Right now, [organizations don't have] real-time access to our ArcGIS, but they certainly have access to the maps we have been creating and sharing with agencies for their use » (Entretien NYC OEM, 2015).

Cet accès simultané aux données audio et vidéo, la proximité physique des organisations ainsi que l'accès à E-Team sont essentiels au partage de l'information et à la coordination interorganisationnelle des opérations (Entretien NYC OEM, 2015). La citation suivante illustre comment les TIC soutiennent le fonctionnement du système de gestion des catastrophes en temps de crise.

« [...] We can convene over 130 agencies and they are in the operation center together and this is where it is all about sharing information, both about status of what each agencies (their teams in the field) are doing, but also what needs they may have. We have a whole logistic center for agencies that may request material or personnel that they required, that they don't have. Most agencies can handle, staffing up or ramping up during an emergency, but sometime it can be particular items that are difficult to procure – light towers, generators...it can be many things. We have a whole logistic center that are task with getting those type of materials and offer additional staffing as well to help agencies fulfill their responsibility for the emergency response » (Entretien NYC OEM, 2015).

L'organisation TRANSCOM, quant à elle, a pour objectif de gérer la nature imprévisible des incidents grâce au partage de l'information, à la diffusion de l'information et à la mobilisation des agences partenaires. L'importance d'une conscience de la situation du transport partagée à l'échelle régionale entre les agences peut sembler évidente pour les planificateurs urbains, mais elle ne l'est pas toujours pour les opérateurs. La plateforme employée par TRANSCOM, l'OpenReach System, est maintenant la plateforme pour quatre réseaux distincts : l'État de New York, du New Jersey et du Connecticut, et la région métropolitaine de New York. Les systèmes sont tous compatibles, ce qui est crucial pour le partage de l'information. Le participant a simulé la fermeture de l'Interstate 278 dans l'OpenReach System afin de démontrer au chercheur comment le système est utilisé pour créer une image opérationnelle commune et coordonner les actions des acteurs du réseau.

« For instance if the city of New York decides to close a major highway on Staten Island, that's their decision. They will tell us, and then we, in turn, will tell all the affected agencies. Now in this case, [*participant simulating the closure of Interstate 278 in the OpenReach System*] we would then notify the Port Authority which runs the Goethals Bridge, the New Jersey Turnpikes which runs Turnpike Authority, New Jersey Department of Transportation which runs all the major state's highway, Metropolitan Transportation Agency and New York City Transit because they run buses over this highway between New Jersey and New York, and a range of other people. That is information to us, and what we would do is to let everyone else [affected stakeholders] know. What we also would do then is to mobilize the various members agencies' barrier message signs. [...] We will ask them by phone or email – or combination thereof – to post a message. Let's say "Access to Staten Island Closed" [...] This is call our OpenReachNetwork and this is an inventory of every member agency's signs » (Entretien TRANSCOM, 2014).

L'OpenReach System dispose d'une interface de données dans le système de NYC. Dès que les opérateurs de NYC entrent de l'information dans leur système, l'information que contient l'OpenReach System est automatiquement mise à jour. Ce système est maintenant le système étatique pour NYS. L'information reçue par TRANSCOM en provenance des organisations membres est conséquemment intégrée à la plateforme 511 NY (*New York State's official traffic and travel info source*), puis elle est diffusée à l'ensemble des agences du réseau et au public.

En dehors de ces hubs de partage interorganisationnel de l'information, deux initiatives utilisant les TIC pour ces fins ont été mentionnées lors des entretiens. Premièrement, le MTA Bridges and Tunnels partage avec la PANYNJ l'information relative aux conditions environnementales collectées grâce aux capteurs présents sur leurs infrastructures. Le partage de l'information relative à la vitesse des vents permet de coordonner, avec la PANYNJ, la fermeture des ponts. Deuxièmement, le NYC DOT partage le flux vidéo de ses caméras (STI) avec le New York Police Department (NYPD). En dehors de ces liens particuliers avec cet acteur, les liens de communication formels restent le téléphone et les courriels (Entretien NYC DOT, 2014).

TRANSCOM utilise aussi les technologies des communications plus traditionnelles telles que le téléphone. L'organisation tient, en temps de crise, des conférences téléphoniques au cours desquelles les acteurs de transport et de gestion des catastrophes entrent en communication. Les objectifs sont d'amener les organisations à se parler, à confirmer ou à infirmer les

rumeurs, à vérifier l'information et à résoudre des problèmes (*offline problem solving*). Le rôle primordial de TRANSCOM en matière de communication a été exprimé par le NYC DOT :

« Having relationship [with other organizations], knowing what other's responsibilities are, and mobilizing other people resources and sharing resources is important! We have TRANSCOM; they do region wide information management. We can use this for communication. They can facilitate teleconference so that everyone can discuss an issue » (Entretien NYC DOT, 2014).

Il convient de noter que, comme spécifié par le NYC DOT, ces conférences téléphoniques ne visent pas à remplacer les autres conversations individuelles entre les organisations :

« All agencies have their own calls; they have intra-agency calls, inter-states calls, within the MTA, among transit divisions; none of this is meant to stop the endless telephone calls that are happening [during a disaster]. Sometime there is simultaneous calls. One person would handle the TRANSCOM call, another would handle the call with Transit, one would handle with OEM... » (Entretien TRANSCOM, 2014).

Pour d'autres organisations, notamment le FDNY, ce n'est que lorsque leur équipe arrive sur les lieux de l'incident que la plus importante portion du partage de l'information prend place :

« OEM is a huge facilitator of all information sharing that goes on. There is an OEM official that has access to someone at the Department of Building, or Department of Transportation, the MTA... so that our fire officer on scene – our incident commander – can now leverage all the information from those agencies in his fight to secure the incident. So if it is an incident in the subway tunnel or something like that, we have access to whom we have to call at MTA to get the map of the subway tunnel. Or if it is in a building, we have access to Department of Building information and city planning info to get a blueprint of the building. OEM is a huge facilitator for us » (Entretien FDNY, 2015).

Cette idée de la proximité directe des individus lors des conférences téléphoniques ou sur les lieux des incidents a amené le chercheur à s'interroger sur l'importance respective de l'utilisation des TIC et des relations humaines en temps de gestion de crise.

Le pouvoir de la coopération : entre technologies et relations humaines

« The power of cooperation goes back to the value of the information and relationship. It's information which comes from technology-relationship, which comes from a consent effort of renewal - renewal of those relationships » (Entretien TRANSCOM, 2014).

Le succès de la coordination des opérations entre les organisations du réseau est influencé par la prédisposition de ces dernières à coopérer. En se rapprochant de cette idée de coopération,

la variable humaine prend de l'importance. Les résultats des entretiens permettent de distinguer deux visions quant à l'équilibre désiré entre les variables technologiques et humaines pour l'obtention d'un niveau de coopération assurant la coordination des opérations. La coopération relève principalement du niveau de confiance envers les autres organisations pour la conduite des opérations et pour la validité des données. Selon les responsabilités des organisations, la confiance a été abordée sous l'une ou l'autre de ces facettes.

La PANYNJ a soulevé la question de la confiance pour la conduite des opérations et le fait que ces dernières sont soutenues par la variable humaine, et non pas technologique :

« One thing that I found is that trust is the coin of the realm no matter where you go or what position you are in. It is always a matter of "How can I get this information", "How can we get this done"; it is always going to be a people driven endeavor... » (Entretien PANYNJ, 2014).

Selon le NYC DOT, les relations professionnelles de long terme, particulièrement avec les employés des organisations présentes sur une base quotidienne à leur centre d'opération des urgences, influencent la qualité de l'échange de l'information et de la coordination des opérations (Entretien NYC DOT, 2014). Dans le cas du NYC DOT, ces relations professionnelles s'établissent avec le NYSDOT et le NYPD.

« Even though they are from another agency, when you know a person and their abilities, you have worked with them, you may have more confidence on what/why they are requesting [the information]. [...] Once you know the people, you understand their responsibilities, we know what we do, you know what data to filter out or what data to request from that actor. If you have someone that is aware of your area of responsibilities, it makes it more manageable » (Entretien NYC DOT, 2014).

TRANSCOM a exprimé un point de vue plus nuancé que la PANYNJ et le NYC DOT. Pour arriver à coordonner la prise de décision entre plusieurs acteurs, il faut à la fois une excellente connaissance situationnelle (TIC) et une confiance en l'exactitude des informations en provenance des organisations (relation humaine) :

« The concept that work relation is more important than technology or the opposite; neither is true. One builds on the other. The best work relationship, people trust each other. When thought decisions have to be made, it has to be backed up by rigorous data » (Entretien TRANSCOM, 2014).

Pour le NYC OEM, principalement en raison de la nature de l'organisation et de la division, la question de confiance relève davantage de l'exactitude de l'information reçue que des relations humaines. Il a été demandé à l'organisation si elle se doit de vérifier l'exactitude des données reçues en provenance des différentes ESF ou si ces dernières sont intégrées au système d'information géographique sans contre-vérification :

« I don't believe we have any promises in term of the accuracy because, typically in a disaster, you will have some data issues because it is hard to get a full picture especially in the early days. Might not be inaccurate, but might be incomplete. [...] We are pretty confident that our operating agencies are interested in the data being accurate; that has never been a problem for us. [...] For city agencies reporting in, we are relying on them to be as accurate as possible. [...] They are getting sort of instantaneous feedback – the field is giving good information » (Entretien NYC OEM, 2015).

Pour l'ARC, les relations de travail n'influencent en rien le niveau de confiance relatif à l'exactitude de l'information partagée. La confiance relève davantage de la variable technologique, plus particulièrement d'une compréhension partagée du processus de vérification de l'information en interne :

« Trust is a very relative term. I would trust [the information] more if there was a shared understanding of vetting process, and verification process for data, right? So that I knew that the individual that is giving me these data, I knew it has been vetted to some minimal standards. But there is no formal shared processes for doing that. Although it is a lot of talk about – how you can increase your reliance on data and how you can increase your trust in data in a disaster – it is illusive at this point. I think this trust idea is a little bite detrimental because you might have a gut feeling for someone by looking at them in the eyes, but it does not really give you a...it is not reliable. It is just an illusion of credibility. If that individual, if every body understood how we are all managing data and this person was managing data the way I was; that gives me that confidence. Otherwise you don't know. I hear a lot of people talk about that «I know that person, I have his business card...»! In the absence of a more formalized understanding of those interactions, I don't think it is reliable » (Entretien ARC, 2014).

L'ARC reconnaît toutefois que, d'un point de vue logistique, il est plus facile de coordonner les efforts des individus avec lesquels ils ont des communications sur une base régulière (p. ex. : pour l'ARC, il s'agit du FDNY et du NYPD). Cette coordination devient plus difficile lorsqu'il s'agit d'individus avec lesquels les interventions se font plus rares. La proximité des organisations au sein du Emergency Operation Center (EOC) du NYC OEM est tout de même positivement perçue. Selon cette organisation, la proximité physique contribue à l'efficacité

des opérations grâce à la facilité d'accès à l'information en provenance des différentes ESF (Entretien ARC, 2014).

« If I had to call someone at the MTA – now – that would take me some time, because I would have to go through channels...but if I need something from the MTA in a disaster, I call my person in the EOC and they can walk over to the MTA person. And the MTA person knows she is in the room to have this sort of interaction. So you don't have to have a formal discussion; it is designed to move these formal interfaces so that you can interact and work together. That room is designed to do that. In that, with us being in the room, we have access to all those agencies that we need. That's one of its purposes » (Entretien ARC, 2014).

Coordination avec le public

Cette section présente les résultats obtenus lors des entretiens relativement à la coordination des opérations grâce à l'externalisation ouverte (collecte de données en provenance du public) et la diffusion de l'information au public.

Externalisation ouverte

« At this point it is seen as extra work. And at some point, it is going to tip in as a category of being necessary for their businesses » (Entretien Sarah Kaufman, 2014).

L'information en provenance du public peut renseigner sur les conditions opérationnelles (p. ex. : trafic sur les routes) ou environnementales (p. ex. : détermination des résidences ayant été inondées) selon les responsabilités associées aux organisations du réseau. Selon l'ensemble des organisations (c.-à-d., NYC DOT, NYSDOT, PANYNJ, MTA, ARC, NYC OEM) ayant été questionnées relativement à l'utilisation des TIC pour la collecte d'information en provenance du public (p. ex. : applications de téléphones intelligents, médias sociaux), aucune n'exploite les TIC de façon officielle. L'ARC a mentionné considérer l'information en provenance des médias sociaux, sans toutefois avoir un système pour l'exploration des données (*data mining*).

« We don't have a formal system for it. When I was at the OEM we were looking at some, and here we have been looking at some formal system to assess – for instance follow Twitter and other social media outlets – but now it is informal. Our team follows them, I follow them. It is an important tool for us, but we haven't formalized its use. [...] Usually Fire and Police Department are faster than anybody, but they are not faster than the person with the cell phone... » (Entretien ARC, 2014).

Le NYC OEM ne collecte aucune information en provenance du public, mais il reconnaît l'importance que représentent les TIC pour accéder aux connaissances générées par le public.

« For Sandy, we did not get that in an organized form. I think more people are looking at it now; find ways to compile and mine data. So I think it will become more of a data stream going forward. It has to be » (Entretien NYC OEM, 2015).

Certaines agences du NYC OEM, principalement l'agence responsable de la reprise des activités, rassemblent de l'information en provenance du public. Par contre, aucune TIC ne

sont utilisées. Ces agences recourent plutôt à des méthodes traditionnelles telles que des sondages, porte-à-porte :

« [After Sandy], there was some surveying done. The OEM was involved with the National Guard – they went door to door, there was a campus in operation, and about 6 weeks after Sandy, when the weather turned cold, they needed to check the boilers, if they were getting heat, etc. » (Entretien NYC OEM, 2015).

Sarah M. Kaufman, gestionnaire numérique (*Digital Manager*) au Rudin Center for Transportation de l'Université de New York, a mentionné qu'aucun effort de lecture des médias sociaux – collectif et individuel (organisation) – n'a été déployé par les organisations de transport durant la catastrophe Sandy. Selon elle, l'exploration de données change la discipline de la gestion des catastrophes non pas (pour l'instant) en raison de l'accès à de plus amples informations, mais en raison de la capacité des citoyens d'échanger de l'information.

« [Citizens] are using it to communicate with each other. They are using it to check on each other and communicate back to the agencies to say for example “there is a power line down on the street”. They are using it to blast out the information - which they could not do before » (Entretien Sarah Kaufman, 2014).

Trois contraintes quant à l'utilisation des technologies de *crowdsourcing* – une organisationnelle et deux systémiques – sont ressorties des entretiens. Il s'agit de la culture organisationnelle, de la fracture numérique et de l'accès à l'électricité en temps de catastrophe.

La culture organisationnelle constitue la première contrainte à l'utilisation des technologies de *crowdsourcing*. Selon Sarah Kaufman:

« I think agencies are reluctant to try something new; so it is cultural [...]. [From a] public perspective, it would be really hard for a public agency to hire someone in charge of their social media; it would be hard for them to justify that cost to the public » (Entretien Sarah Kaufman, 2014).

Deuxièmement, le NYC OEM a souligné la prudence avec laquelle les organisations utilisent les médias sociaux pour guider leur réponse en temps de crise en raison de la disparité d'accès aux technologies au sein de la société (fracture numérique).

« We have to learn more about reliability [of social media]; it can certainly point out areas with issues; but in term of actually responding, you still want different agencies to reconfirm on the ground. There may be some disparity between neighbourhood reporting on social media and it should not necessarily drives the response because there may be certain neighbourhood where there is less use of

social media but the needs may be the same or greater. We have to have an accurate picture of where the need is to send resources...but it is a first good indicator that something may be not being address. I think we are learning more about how to use it; it will become a more and more powerful tool as it's get better and the agencies are used to understanding what the people are saying on it. It is maturing and evolving and will become more important » (Entretien NYC OEM, 2015).

Troisièmement, Klaus Jacob a soulevé le fait que la collecte de l'information en provenance du public est limitée par l'accès des citoyens à l'électricité ou à l'essence en temps de crise. Une fois la pile épuisée, il ne leur est plus possible d'établir des communications à l'aide de leurs appareils électroniques. Ce point a d'ailleurs été signalé par la PANYNJ :

« The challenge during Hurricane Sandy was that in the entire 30 miles radius of NYC – approximately 90% of the population was without power and resources. [...] The general public at the time were basically almost stuck in their homes in a lot of suburban areas throughout this region. And it was also for an extended period of time. Majority of the people were without power for 2 weeks. First 24 hours of the storm, people were aware there was a bad storm coming through, but by the time everyone power one out, they lost all their mobile devices » (Entretien PANYNJ, 2014).

La diffusion de l'information

L'information relative à la condition des infrastructures et des services de transport en commun de la PANYNJ et de la MTA passe par l'OpenReach System de TRANSCOM. Elle est ensuite directement intégrée aux portails officiels de communication des gouvernements étatiques en matière de transport (c.-à-d., 511 NY, 511 NJ) (Entretien PANYNJ, 2014; Entretien MTA, 2014). Ces portails sont grandement utilisés par le public en quête d'informations relatives aux conditions routières (Entretien TRANSCOM, 2014).

Les panneaux à messages variables (*variable message signs [VMS]*) sont aussi utilisés pour communiquer de l'information critique et guider les automobilistes durant les évacuations. Les messages affichés relèvent d'une fusion de données en provenance de multiples organisations de transport, fusion assurée par TRANSCOM :

« What data fusion does, in many ways it symbolizes what TRANSCOM is, if you got one technology in NYC, one technology on the Bridges and tunnels, one tech on the state highways, and one tech of the Toll and Ferry; it is our job to fuse it all

together in a single point of point travel time. So even though you are on the NJ Turnpike, this number is not derived just from what is on the Turnpike, but actually what gets you to NYC. It is updated every 60 sec. When people get the numbers and start believing in them, because they are accurate, they follow them and it help to get to an equilibrium much faster » (Entretien TRANSCOM, 2014).

Outre les portails gouvernementaux et les panneaux à messages variables, les informations relatives à l'état de la situation sont diffusées par le NYC OEM. Comme le mentionne le NYC DOT :

« We do have information report out to the public. But it is coordinated initiative. There is nothing worst than 2 agencies saying different things and getting the public confused: "what do we do?", "who do we trust?". People are asked to leave their home! They need a) to know there is a plan, and b) that there is security within that plan » (Entretien NYC DOT, 2014).

Selon Sarah Kaufman, l'information la plus importante à diffuser au public est celle qui informe les citoyens sur les options des transports à leur disposition pour l'évacuation.

« In term of technology and communications, or social media, the top priority is to make sure that people know what they are able to do. Because people can't switch from subway to bike if the road is icy. They need to be told what roads are closed, where to pick up buses, they need to know how to reroute at any given point; and that applies for any rush hours as well; but especially on disaster areas » (Entretien Sara Kaufman, 2014).

Durant l'ouragan Sandy, la MTA a utilisé les *HelpPoints* (des systèmes de communication reliant les usagers présents sur la plateforme de métro au Rail Control Center) et les écrans de compte à rebours pour communiquer de l'information aux utilisateurs du système de métro. Avant Sandy, ces écrans indiquaient, par exemple, l'information relative aux intentions d'évacuation.

« There are emerging initiatives in the MTA specifically within Subways to improve communications within the systems. So, we certainly have done a lot to communicate to our customers before they entered the system. There have been a number of initiatives focused around communications at the platform level - within the station complexes – to get the word out on changes and results of incidents or merging conditions. That is really helpful to communicating in advance of an evacuation or a system shut down, or during an evacuation for an event we would have less of a lead-time for » (Entretien MTA, 2014).

Lors de la réponse à Sandy, les médias sociaux n'ont été utilisés que par la MTA et l'ARC pour communiquer l'information critique (Entretien MTA, 2014; Entretien ARC, 2014). Selon Sarah Kaufman, cette utilisation peu répandue des médias sociaux pour la diffusion de l'information s'explique de la façon suivante :

« Social media is only one part of the many things [organizations] have to do during an emergency. I know agencies changed their data set that they put out; it was still the normal subway schedule in the open data set but perhaps in the next disaster according to what is actually running and what isn't; but that is kind of a lot of work to do for them on the fly » (Entretien Sarah Kaufman, 2014).

Analyse des résultats et discussion

Utilisation des TIC en interne et résilience organisationnelle

Les résultats ont permis de déterminer que les TIC, en raison de leur fonction d'accès ou de collecte de données, orientent les interventions de certaines organisations sur le terrain. C'est le cas, par exemple, de l'ARC qui utilise une application de téléphone intelligent pour évaluer la capacité routière et optimiser la rapidité de la répartition des secours humains et matériels. D'autres organisations, telles le NYSDOT, le NYC DOT et la MTA, ont recours aux TIC pour la création d'une conscience de la situation. Selon les organisations et les technologies utilisées, les TIC permettent de collecter de l'information relative aux conditions environnementales et aux conditions opérationnelles. Aucune organisation n'exploite les TIC pour la collecte d'information en provenance du public. L'importance de l'intelligence humaine – la présence d'employés sur les lieux des interventions – a été soulignée par le NYC OEM, le NYC DOT et la PANYNJ.

Le contenu des entretiens révèle que les organisations n'ont pas recours aux nouvelles technologies pour l'obtention d'une compréhension partagée de l'environnement d'intervention en interne. Les organisations s'étant prononcées sur la question, soit le NYSDOT, le FDNY et la MTA, n'utilisent que des moyens traditionnels de communication tels que les courriels et le téléphone. Le chercheur a observé que, pour les organisations ayant peu d'employés, l'intégration d'un système d'information en interne ne semblait pas du tout être une question prioritaire. Les participants des grandes organisations ont manifesté l'intérêt d'intégrer des systèmes d'information communs entre les départements. Le chercheur a aussi observé que les communications entre agences sœurs, par exemple le MTA Bridges and Tunnels et la PANYNJ, semblent être une question plus préoccupante que, par exemple, le partage de l'information en interne entre divisions ayant des responsabilités différentes et intervenant sur des types d'infrastructures différentes.

Malgré la nature exploratoire et les résultats disparates, il est possible d'affirmer que les TIC influencent la prise de décision en interne – en temps de crise – grâce à leur fonction de collecte de l'information. De plus amples recherches, avec une méthodologie qualitative, seraient nécessaires afin de procéder à une analyse de régression pour déterminer l'influence des TIC et du facteur humain (collecte et partage de l'information) sur la prise de décision en interne et sur la continuité des opérations (résilience organisationnelle). Cette recherche apporterait un éclairage sur l'importance de procéder à la modernisation des technologies utilisées, principalement en matière de partage interorganisationnel de l'information. Il serait également nécessaire de se questionner sur la nécessité d'une modernisation concurrente des technologies de collecte et de partage de l'information. Dépendamment du niveau de résolutions typologique, spatiale et temporelle de l'information à partager, il se peut que les moyens de communication traditionnels puissent assurer un partage efficace de l'information.

Utilisation interorganisationnelle des TIC et résilience organisationnelle

Les TIC contribuent à l'obtention d'une compréhension partagée de l'environnement d'intervention au sein du réseau. Les résultats ont permis de déterminer que les TIC contribuent à la création d'une image opérationnelle commune, soit une connaissance précise et partagée, dans le temps et l'espace, de l'environnement d'intervention – entre les organisations intégrées dans les hubs de communication que sont TRANSCOM (transport) et le NYC OEM (gestion des catastrophes). Les TIC principales pour chacun de ces hubs sont respectivement l'OpenReach System et le système de gestion des catastrophes E-Team. Des moyens de communication traditionnels tels que les courriels et le téléphone (conférence téléphonique) sont tout de même très présents et valorisés par l'ensemble des organisations participantes. En dehors de ces hubs, les STI permettent l'échange d'informations critiques entre les agences sœurs du MTA Bridges and Tunnels et de la PANYNJ, et entre le NYC DOT et le NYPD. Ces deux exemples semblent par contre ne pas être représentatifs de l'utilisation des TIC pour le partage interorganisationnel en dehors des hubs. TRANSCOM et NYC OEM sont des plateformes de correspondance centralisées et centralisatrices. Comme le mentionne

un participant (j) relativement à la structure organisationnelle du système de gestion des catastrophes aux États-Unis :

« [The emergency management system] is a very militaristically planned response plan, highly centralized. The planning, the logistics, the supply, and the book-keeping are very distinct stock pipes even so they are tightly link, they are distinct and highly controlled systems under a central operation control. It has been the paradigm of disaster response in the US and has been exported in other parts of the world. We have a long way to go to decentralized, make our response system grassroot-based instead of hierarchical and central » (Entretien j, 2014).

De plus amples recherches seraient nécessaires afin de déterminer si ce fondement de la gestion des catastrophes aux États-Unis est une variable pouvant expliquer la faible exploitation des TIC pour les échanges interorganisationnels (hors des hubs), voire entre les organisations et le public.

L'influence de la présence d'une image opérationnelle commune au sein du réseau est reconnue comme étant primordiale pour la coordination interorganisationnelle des opérations d'évacuation. Cette affirmation est basée sur le fait que l'ensemble des organisations participantes a soulevé l'importance de l'existence de TRANSCOM ou du NYC OEM. Ces organisations contribuent à la diminution d'échecs croisés entre les opérations des organisations et la continuité de leurs opérations. Il est toutefois impossible, en se basant sur les résultats obtenus, de se prononcer sur l'influence des TIC sur la capacité de prise de décision à l'échelle du réseau. Les relations humaines se sont avérées être une variable de grande importance pour la prise de décision interorganisationnelle. Comme c'est le cas pour l'utilisation des TIC en interne, une analyse de régression serait nécessaire pour déterminer lequel des facteurs – technologique ou humain – est prédominant pour la prise de décision collective et, conséquemment, pour la continuité des opérations des organisations.

L'analyse des résultats de cette recherche permet de schématiser, sous la forme d'une image mentale, le potentiel des TIC pour l'amélioration de la résilience organisationnelle des organisations ayant des responsabilités en matière de transport durant les opérations d'évacuation à la suite d'ouragans. La figure 4.1 montre comment les TIC influencent la capacité de prise de décision en interne en temps de crise, et comment elles influencent la capacité de prise de décision collective à l'échelle du réseau. Cette illustration représente la

compréhension de l'objet d'étude développée par le chercheur à la suite de la recherche de terrain et de l'analyse des résultats. Elle permet d'appréhender le phénomène dans toute sa complexité. Le but étant de reconceptualiser le phénomène, aucune organisation n'y est incluse. Étant donnée l'absence d'évaluation qualitative, les liens entre les variables ne représentent pas la force des relations existant entre ces dernières. De plus, l'externalisation ouverte et la diffusion de l'information au public sont intégrés à la figure puisque leur potentiel d'influence sur la prise de décision est reconnu et leur utilisation est convoitée.

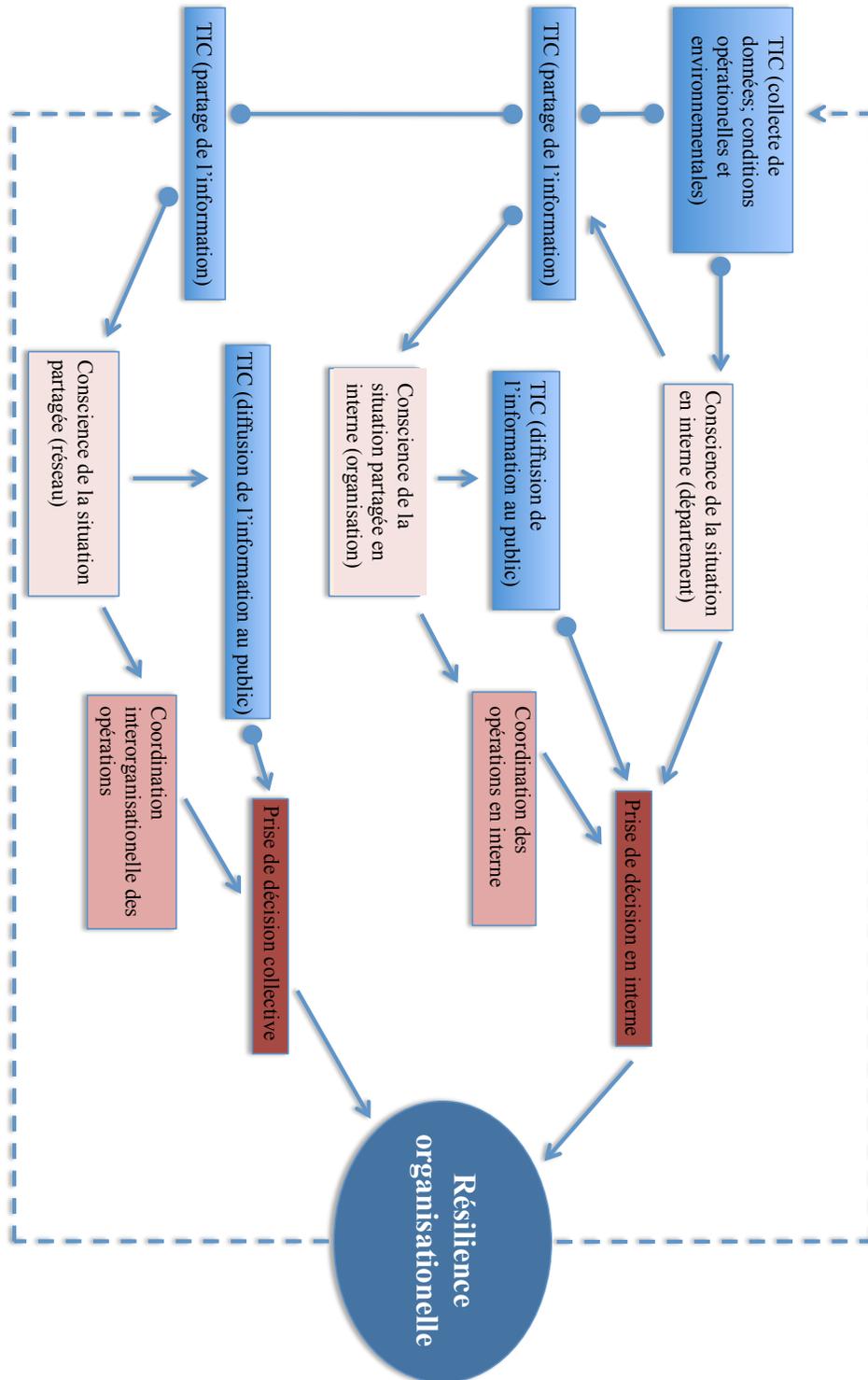


Figure 4.1: Technologies de l'information et des communications et résilience organisationnelle en interne et au sein d'un réseau

Pour mieux comprendre le rôle des technologies au sein d'une organisation en réseau, le chercheur à juger opportun de faire une comparaison avec la structure des molécules et des atomes. Par analogie, la structure des molécules et des atomes permet d'illustrer le rôle primordial de l'information pour le développement de cette compréhension partagée (*voir la figure 4.2*). Le système de gestion des catastrophes (la matière) est composé de différents types de réseaux (molécules). Un réseau (molécule) est un assemblage d'organisations (atomes) ayant des interdépendances fonctionnelles. Les organisations sont reliées à l'aide du partage interorganisationnel d'information (les liaisons covalentes). L'organisation (noyau) possède des informations (nucléons) circulant en interne grâce au partage de l'information (liaison nucléaire). Ces informations sont de deux types : les conditions opérationnelles acquises (neutrons) et les conditions de l'environnement acquises (protons). Une quantité X de données circule entre les organisations ayant des « *capabilities* » en transport (électrons). Une perturbation liée à l'absence de collecte de données (transformation chimique de l'atome impliquant les électrons) ou une perturbation liée au partage de l'information en interne (transformation nucléaire du noyau) a pour effet de déstabiliser l'organisation (atome) et, conséquemment, le réseau (molécule). Le réseau (molécule) peut aussi être déstabilisé en raison d'une perturbation liée à un partage interorganisationnel d'information qui est inefficace ou absent (transformation de la molécule due à la rupture d'une liaison covalente). La stabilité (image opérationnelle commune) est acquise lorsque les informations cruciales pour chaque organisation sont acquises et circulent, au besoin, en leur sein et entre les organisations ayant des interdépendances fonctionnelles.

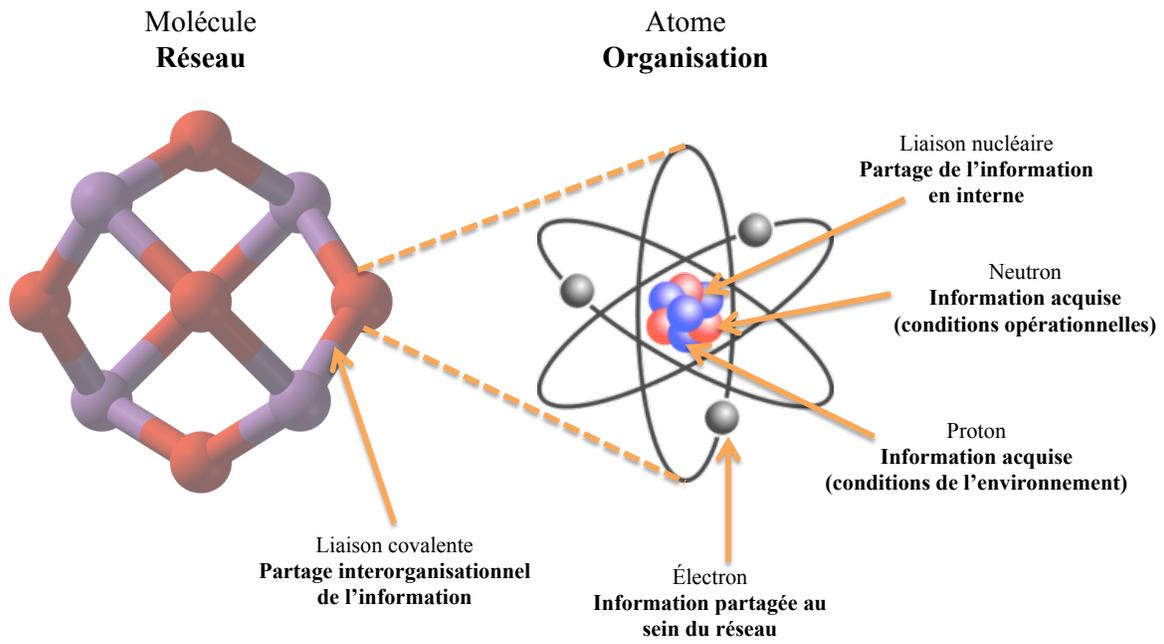


Figure 4.2: Analogies entre une molécule et un réseau, et un atome et une organisation

Stratégie de réduction des risques à long-terme

« For every one dollar you spend in mitigation: you save on average 4\$ of not-incurred loses. Now it sounds like incredible good business. How come the private sector does not jump in!? We have a strange wiring in our brain; we bet on the lottery, we are willing to lose it because we hope we will win a million dollars; we are not betting this dollar to not lose a million dollar. We are not well adapted to risk; this is why we are in risk denial » (Entretien Klaus Jacob, 2014).

L'utilisation des TIC pour l'amélioration de la résilience organisationnelle dépend du fonctionnement des infrastructures critiques du secteur des télécommunications. Ce secteur possède les seules infrastructures en mesure de relier en temps réel les utilisateurs des TIC. L'expérience de l'ouragan Sandy a démontré que les premières victimes d'une catastrophe sont souvent les infrastructures critiques assurant la qualité et la fiabilité des communications; l'alimentation en électricité est perturbée, les pylônes de téléphonie cellulaire tombent, la connexion réseau sans fil est interrompue, etc. Un participant (*j*) s'est exprimé sur l'importance d'avoir un secteur des télécommunications résilient pour la gestion des catastrophes:

« When then the communication goes, even if you have satellite phones and back up communications, it can get quickly pretty chaotic. So a more resilient system is always if those that are in trouble are also the first responders and maintain the capacity to be responders. Even when you centralize something, as efficient as it looks and can be in ideal circumstances, it can break down relatively quickly » (Entretien *j*, 2014).

Une perturbation des infrastructures critiques peut avoir des répercussions négatives à la fois sur le travail des acteurs impliqués dans la gestion des catastrophes et sur la sécurité de la population. Durant l'ouragan Sandy, un grand nombre d'individus n'avaient plus d'électricité pour recharger leur téléphone cellulaire et leur ordinateur et n'avaient aucun accès à Internet. Les TIC étant convoitées par plusieurs acteurs en transport et en gestion des catastrophes pour l'externalisation ouverte et la diffusion de l'information vers le public, il est primordial de diminuer la vulnérabilité de ces infrastructures. À défaut d'améliorer la résilience du secteur des télécommunications, une perturbation des infrastructures critiques romprait un lien de communication important pour la sécurité du public et pour la résilience des organisations.

Pour réaliser des économies d'échelle, les entreprises propriétaires des infrastructures des télécommunications et de l'énergie adoptent une variété de modèles de partage des infrastructures (p. ex. les tours, les station émettrice-réceptrice de base) : « The link between

the public power grid and the communication industry is much too tight. Much too tight. They have to be able to work for a long time independently in emergency conditions » (Entretien Klaus Jacob, 2014). Cette recherche soulève le besoin d'une intervention de la part d'un acteur gouvernemental tel que l'Office of Long-Term Planning and Sustainability (Entretien Klaus Jacob, 2014) afin d'encadrer le processus d'adaptation aux changements climatiques de ces secteurs, de s'assurer que les services nécessaires pour le maintien de la sécurité en temps de crise soient fournis, et de veiller au respect des besoins et des intérêts commerciaux des entreprises.

L'influence des pratiques usuelles sur les pratiques exceptionnelles

« An hurricane is an enormous multi-day incident » (Entretien TRANSCOM, 2014).

Le déterminisme des technologies et des pratiques organisationnelles lors des pratiques usuelles ou quotidiennes semble grandement influencer les opérations des organisations en cas d'événements exceptionnels. En d'autres mots, la matérialité des technologies et la rigidité des pratiques organisationnelles ne permettent pas, en temps de crise, de se tourner vers des moyens technologiques qui sont étrangers aux organisations. La complexité émergente en temps de crise nécessite que les organisations trouvent spontanément d'autres moyens pour remplir leurs responsabilités et s'adapter dans un contexte d'incertitude. Une catastrophe équivaut à une multitude d'incidents s'étalant sur une échelle temporelle et géographique (Entretien TRANSCOM, 2014). L'équilibre préexistant entre la capacité des organisations à monopoliser les ressources (technologiques et humaines) et l'ampleur des incidents sur une base quotidienne s'en trouve conséquemment ébranlé.

Les résultats ont permis de déterminer les contraintes technologiques, organisationnelles, structurelles et systémiques rencontrées par les organisations en matière d'intégration et d'utilisation des TIC aux fins de résilience organisationnelle en temps de crise. Il a été délibérément choisi de ne pas inclure cette information dans le chapitre des résultats, puisqu'elle n'était pas essentielle pour répondre aux questions et aux objectifs de la recherche. Elle permet par contre d'alimenter une discussion importante quant à la gestion des services urbains dans un contexte *business as usual*. Cette section présente les contraintes rencontrées

par les participants qui peuvent être d'intérêt pour les organisations utilisant des TIC (ou intéressées par leur utilisation) pour : 1) une gestion efficace des systèmes et des processus urbains (p. ex. : le transport, la gestion des déchets) ; et 2) pour la définition de mécanismes et de stratégies afin d'optimiser leur capacité opérationnelle. Cette discussion vise à informer les organisations des contraintes à supprimer afin d'amener à un niveau supérieur leur capacité de gestion des systèmes urbains grâce à l'utilisation des TIC en vue de collecter et gérer de grandes quantités de données (*big data*). Éliminer ces contraintes permettrait non seulement d'augmenter l'efficacité de leurs opérations, mais aussi d'augmenter leur capacité de résilience organisationnelle advenant une nouvelle tragédie. Il convient de noter que ces contraintes sont relatées de façon objective; le chercheur ne possède pas l'expertise nécessaire pour élaborer des recommandations précises.

TIC en interne : des pratiques exceptionnelles vers les pratiques usuelles

Plusieurs freins structurels et organisationnels à l'intégration ou à l'utilisation des TIC en temps de crise, qui sont aussi d'importance pour la conduite des opérations sur une base usuelle, ont été soulevés par les participants. Le participant de l'Office of Traffic Safety and Mobility du NYSDOT a mentionné l'absence de soutien 24/7 du département des technologies de l'information pour les opérations d'urgence en matière de transport. Leur structure organisationnelle ne permet pas de soutenir le rôle critique de l'information collectée en temps réel pour orienter les interventions (Entretien NYSDOT, 2015). Dans le même ordre d'idées de contrainte structurelle, la PANYNJ a souligné l'absence de centre responsable des communications et le fait que la priorité des opérations sur le terrain n'est pas la collecte et le partage de l'information. La priorité est d'assurer la sécurité de la population et le retour à la normale des activités associées à l'infrastructure dans laquelle un incident a lieu (Entretien PANYNJ, 2014). Tant pour le NYSDOT sur le plan opérationnel que pour la PANYNJ sur le plan des communications, une réflexion quant à une restructuration est nécessaire pour assurer la rapidité, l'exactitude et la cohérence des interventions et des communications durant les opérations usuelles.

Un autre participant (*f*) a soulevé le point des barrières engendrées par les politiques de l'organisation pour l'approbation et la mise en place de nouveaux outils technologiques.

« From my experience, I have seen agency policy with little flexibility. For example, we have a technology department that has to approve anything technology-related and you may have certain circumstances where [...] there may be a special need somewhere for something non-standard. It creates a lot of barriers to getting the project done. People will give-up when there is just too many barriers or assume there is a barrier even before meeting it because of past experience » (Entretien *f*).

Cette contrainte organisationnelle qui, en temps de crise, freine l'innovation spontanée nécessaire pour répondre à des circonstances exceptionnelles est aussi une barrière importante à l'intégration des nouvelles technologies pour l'amélioration de la gestion des services urbains. Le processus décisionnel auquel doivent faire face les organisations fait en sorte qu'une fois adoptées, les technologies utilisées sont déjà dépassées (Entretien *j*). Les organisations ne peuvent évoluer sur le plan technologique avec la même rapidité que les innovations dans le secteur des nouvelles technologies.

La MTA a par ailleurs souligné le fait qu'il est difficile d'amener les agences à changer leurs systèmes (actuellement, il n'existe aucune interopérabilité entre ces derniers) lorsqu'ils remplissent les fonctions nécessaires leur permettant d'assumer leurs responsabilités respectives (Entretien MTA, 2014). La question des systèmes d'infrastructures de transport et celle des systèmes technologiques hérités compliquent aussi l'intégration des TIC pour la collecte de données relatives aux conditions opérationnelles. Comme le mentionne la MTA :

« The fact that this organization has a tremendous history of moving a ton of people in a system that is a century hold, using legacy technologies in ways of doing business. There are lots of tools and technologies out there that would provide a ton of substantial benefits to our operations, but don't come without there own past. So relying on computer-based platform for communicating when servers are located in floods zones is a great example of an associated issue. There are better ways to plan and harden all these systems that could account for those kinds of challenges. But none of the issues that we face can be solved simply by putting in a new technology and that makes it all the more hard to dip » (Entretien MTA, 2014).

Les technologies et les systèmes hérités influencent la facilité, voire la capacité des organisations d'intégrer des TIC pouvant remplir des fonctions critiques en temps de crise (p. ex. : collecte de l'information relative aux conditions opérationnelles ou environnementales). La MTA est la plus grande entreprise de transport en commun de la plus

grande métropole américaine. Dans un contexte de ville intelligente, si l'entreprise veut suivre la tendance à la modernisation grâce à l'intégration des TIC et à l'utilisation des grosses données (*big data*), il est nécessaire de repenser la relation entre héritage et modernisation pour l'aménagement des infrastructures de transport. De cette façon seulement, la MTA pourra bénéficier des avantages de l'utilisation des TIC et des STI pour mieux répondre aux besoins des citoyens en matière de transport public.

Finalement, la présence de syndicats en entreprise est aussi perçue comme étant une barrière à l'innovation des pratiques organisationnelles. Le contexte syndical influence l'intégration des TIC en raison de la résistance du personnel à voir certaines de leurs tâches être accomplies par de nouveaux outils technologiques. Comme le formule le participant *i* :

« The user of the system is only as good as the inputs; and we have represented union staff at our facilities; they have certain workload they are meant to do and don't necessarily want a technology taking place for the work they are doing; so, that is one of the issue » (Entretien *i*).

En temps de crise, l'absence de technologies pouvant accomplir le travail de certains employés limite la quantité d'information collectée et la marge de manœuvre pour opérer les infrastructures critiques. Cela s'explique par le fait que les employés ne peuvent être dépêchés dans un environnement à haut niveau d'insécurité en raison des conditions environnementales ou des conditions des infrastructures. Toujours dans un contexte de ville intelligente, il devient nécessaire de trouver un moyen de repenser les ententes syndicales et les opérations, les syndicats pouvant représenter un frein à l'intégration des TIC. Les nouvelles technologies représentent notamment des occasions d'optimiser la conduite des opérations (p. ex. : automatisation de l'opérationnalisation de certains modes de transport).

TIC et réseau : des pratiques exceptionnelles vers les pratiques usuelles

« Simply put, we don't, in this business of emergency management, leverage technologies nearly well enough to assist the work that we do. These applications, in my opinion, they could be doing much more. But the practionners and the technical people aren't in sink with how they can do that. That is the problem » (Entretien ARC, 2014).

Les contraintes rencontrées par les organisations relativement à l'utilisation des TIC aux fins de coordination interorganisationnelle des opérations en temps de crise renseignent aussi sur

les maillons faibles relatifs aux TIC. L'ARC et le NYC OEM ont tous les deux soulevé des contraintes structurelles et technologiques liées à l'utilisation ou à l'intégration des TIC aux fins de coordination interorganisationnelle. Le participant de l'ARC a mentionné que les systèmes de gestion des catastrophes (p. ex. : E-Team, D-LAN et Web-OEC) ne gèrent pas l'information de manière à obtenir une réponse organisée du réseau :

« Actually, NJ has E-Team, NYC has E-Team; but the two versions of E-Team don't link. And so, I can't look at my E-team in NY and see theirs in NJ. That is a tool that is designed to provide a shared understanding but yet does not do that. [...] That is a big problem. These things create silos of themselves » (Entretien ARC, 2014).

L'absence d'interopérabilité des systèmes n'est pas critique au moment de la conduite des opérations usuelles. Par contre, lorsqu'une catastrophe survient et que l'organisation en réseau prend forme, cette réalité technologique influence la capacité d'échange d'information et de coordination des opérations. Cette contrainte émerge, en outre, du contexte d'affaires au sein duquel ces technologies sont développées :

« These systems want to try to become the standard, and therefore the monopoly provider. And so, WEB-EOC is a good exemple of that. WEB-EOC is relatively new; but it convinced FEMA – which is the national organization – to adopt it. It is pretty confident now that, if FEMA has adopted it, everyone else is going to eventually to adopt it. It has little incentive to link to the other system because then if E-Team links to WEB-EOC, NYC doesn't have to adopt it » (Entretien ARC, 2014).

De plus amples recherches seraient nécessaires afin de déterminer si les forces du marché en matière de développement technologique influencent de la même manière les dynamiques entre les organisations dans les pratiques opérationnelles usuelles. Davantage de connaissances sur cette question pourraient justifier l'implication d'une tierce partie telle que la New York State Public Service Commission (NYS PSC), qui régleme au niveau étatique les services publics (p. ex. : télécommunications, électricité, transport) dans la mesure où les forces du marché ont des répercussions négatives sur l'émergence d'une gestion intégrée ou collaborative entre les gestionnaires de services urbains (NYS PSC, 2015).

Une seconde contrainte a été soulevée par le NYC OEM, soit l'incompatibilité des données due à l'absence de bonnes pratiques en gestion des données et à l'absence d'utilisation d'une base géographique commune entre les organisations.

« NYC have every single building footprint, unique number, every single street has a unique identifier...so if we can have more agencies reporting the information that way, right up front, we could start interrelating so many data basis. So that is a technological as much as organizational » (Entretien NYC OEM, 2015).

L'absence de cadre commun pour la gestion de données devient problématique en temps de crise, étant donné l'augmentation exponentielle des données collectées par les organisations et centralisées au NYC OEM. Cela engendre des difficultés en matière de gestion de l'information. Ce désordre en temps de crise renseigne sur la nécessité d'un effort collectif pour harmoniser les pratiques en gestion de données. Avec l'adhésion de la ville à une politique de données ouvertes en 2013, les organisations ont accès à des bases de données grâce au portail du Mayor's Office of Data Analytics (NYC Analytics, 2015). Cette harmonisation faciliterait l'acquisition, l'intégration et l'analyse de données des organisations, ce qui leur permettrait d'augmenter leur compréhension et d'améliorer les systèmes urbains et, conséquemment, d'adopter des pratiques répondant aux besoins des citoyens.

5. Conclusion

Les expériences en matière de gestion des catastrophes ont démontré l'importance d'inclure dans les opérations d'évacuation les acteurs du domaine des transports, tant publics et privés, que locaux et étatiques. Lors des opérations d'évacuation, les interdépendances entre les organisations ayant des responsabilités en matière de transport (p. ex. la gestion des voies d'évacuation et des déviations, l'utilisation des systèmes de transport en commun, la circulation et la distribution des secours) requièrent un haut niveau de coordination. Cette coordination nécessite le regroupement des organisations au sein d'une organisation en réseau. Plusieurs études ont fait ressortir que les TIC participent à la cohésion de ce réseau. En revanche, il y a peu de recherches empiriques s'intéressant au rôle constitutif des TIC sur le développement de la résilience organisationnelle individuelle et collective. La résilience des systèmes de gestion des catastrophes est essentielle dans un contexte de changements climatiques caractérisés par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes.

D'une certaine façon, ce mémoire cherche à occuper un espace qui ne fait pas encore l'objet d'une littérature abondante, dans la mesure où il tente de tisser les liens entre la gestion des catastrophes, les TIC et les théories des organisations. Il s'intéresse au fonctionnement du système sociotechnologique émergeant lors des évacuations de la NYC générées par les ouragans. La question de recherche « *Quel est le potentiel des TIC pour le renforcement de la résilience organisationnelle des organisations ayant des responsabilités en matière de transport et de gestion des catastrophes lors des évacuations provoquées par les ouragans?* » a permis d'explorer la façon dont les TIC influencent la capacité de prise de décision en interne et à l'échelle du réseau. Une revue des concepts relatifs à la vulnérabilité et aux théories des organisations a été faite afin d'appréhender l'objet d'étude dans toute sa complexité. Treize entretiens semi-dirigés avec des experts ainsi que des organisations de transport et de gestion des catastrophes intervenant sur le territoire de NYC ont été faits.

Les informations obtenues ont permis d'identifier les différentes fonctions des TIC et d'explorer comment celles-ci soutiennent la conduite des opérations d'évacuation. La fonction de collecte de données favorise la prise de décision en interne de plusieurs organisations. La fonction de partage de l'information en interne semble quant à elle limitée par de nombreux

facteurs structurel, organisationnel et technologique. Enfin, la fonction de partage interorganisationnel de l'information s'organise autour des hubs de communication. Mis à part les échanges au sein de ces hubs, les TIC sont très peu utilisées pour faire circuler de l'information entre les organisations. Le potentiel des TIC pour l'externalisation ouverte et la diffusion de l'information au public est reconnu par les organisations comme des moyens à mettre de l'avant pour aider la prise de décision individuelle et collective. Par contre, aucune organisation n'exploite les TIC pour l'externalisation ouverte et très peu semblent y avoir recours pour la diffusion de l'information. Pour l'ensemble de ces fonctions, des contraintes technologiques, organisationnelles, structurelles et systémiques influencent le niveau d'intégration et d'utilisation des TIC. Les contraintes rencontrées lors des pratiques exceptionnelles constituent des obstacles importants; cette observation a permis de mieux comprendre les contraintes vécues dans les pratiques usuelles de gestion des systèmes urbains.

Deux axes d'études plus spécifiques permettraient d'approfondir la compréhension du phénomène : un axe qui s'intéresserait au potentiel des TIC dans l'amélioration de la résilience organisationnelle en interne, et un autre à leur potentiel sur le réseau. Ce n'est qu'en saisissant les dynamiques respectives à chacun des deux types d'organisation qu'une compréhension globale et intégrée émergera. Ce mémoire pourrait être également bonifié par une étude sur les actions individuelles et collectives permettant d'éliminer les contraintes évoquées précédemment. Cela contribuerait à l'amélioration de la résilience organisationnelle des organisations et du réseau dans l'éventualité d'une autre tragédie, et à une gestion efficace des services urbains dans un contexte de ville intelligente.

Bibliographie

- ADAMS, P., *et al.* (2014) « Climate Risks Study for Telecommunications and Data Center Services », Riverside Technology et Acclimatise, Rapport préparé pour The General Services Administration.
- ADGER, W. N. (2006). « Vulnerability », *Global environmental change*, vol. 16, n°3, p.268-281.
- AEA group (2010). *Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report*.
- AERTS, J. C. *et al.* (2013a). « Cost estimates for flood resilience and protection strategies in New York City », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1294, n°1, p.1-104.
- AERTS, J. C. *et al.* (2013b). « Low-Probability Flood Risk Modeling for New York City », *Risk Analysis*, vol.33, n°5, p.772-788.
- ALBERTS, D. S., R. K. Huber et J. Moffat (2010). « NATO NEC C2 maturity model », *DTIC Document*, Office of the Assistant Secretary of Defense, Washington DC Command and Control Research Program.
- ALMKLOV, P., S. Antonsen et J. Fenstad (2012). « Organizational Challenges Regarding Risk Management in Critical Infrastructures », dans HOKSTAD, P., I. Utne et J. Vatn. *Risk and interdependencies in critical infrastructures: A guideline for analysis*, London : Springer, p. 211-225.
- ALWANG, J., P. B. Siegel et Jorgensen, S. L. (2001). « Vulnerability: a view from different disciplines », *Social protection discussion paper series*, vol. 115.
- AXELROD, R. M. , R. Axelrod et M. D. Cohen (2001). « Harnessing complexity: Organizational implications of a scientific frontier », *Basic Books*.
- BARAD, K. (2003). « Posthumanist performativity: Toward an understanding of how matter comes to matter », *Journal of Women in Culture and Society*, vol.28, n°3.
- BARNES, J. et K. Newbold (2005). « Humans as a critical infrastructure: public-private partnerships essential to resiliency and response ». *Critical Infrastructure Protection*, First IEEE International Workshop.
- BEKERA B. et R. Francis (2014). « A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems », *Reliability Engineering & System Safety*, vol.121, p.90-103.
- BHAROSA, N., J. Lee et M. Janssen (2010). « Challenges and obstacles in sharing and coordinating information during multi-agency disaster response: Propositions from field exercises », *Information Systems Frontiers*, vol.12, n°1, p.49-65.
- BIGGER, J. E. *et al.* (2009). « Consequences of critical infrastructure interdependencies: lessons from the 2004 hurricane season in Florida », *International journal of critical infrastructures*, vol. 5, n°3, p.199-219.
- BODIN, P. et B. Wiman (2004). « Resilience and other stability concepts in ecology: Notes on their origin, validity, and usefulness », *ESS Bulletin*, vol.2, p.33-43.
- BOUDREAU, M.-C. et D. Robey (2005). « Enacting integrated information technology: A human agency perspective », *Organization science*, vol.16, n°1, p.3-18.
- BROWN, D. et J. Kulig (1996). « The concept of resiliency: Theoretical lessons from community research », *Health and Canadian Society*, vol.4, p.29-52.
- BRUNEAU, M. *et al.* (2003). « A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities », *Earthquake spectra*, vol.19, n°4, p.733-752.

- BUTLER L., L. Morland et G. Leskin (2007). « Psychological resilience in the face of terrorism » In BONGAR, B. *et al.* (Eds.), *Psychology of terrorism*, p. 400–417. NY: Oxford University Press.
- CARPENTER, S. R., F. Westley et M. G. Turner (2003). « Surrogates for resilience of social–ecological systems », *Ecosystems*, vol.8, n°8, p.941-944.
- CHEWNING, L. V., C.-H. Lai et M. L. Doerfel (2012). « Organizational Resilience and Using Information and Communication Technologies to Rebuild Communication Structures », *Management Communication Quarterly*, vol.27, n°2, p.237-263.
- CHIU, Y.-C. et H. Zheng (2007). « Real-time mobilization decisions for multi-priority emergency response resources and evacuation groups: model formulation and solution », *Logistics and Transportation Review*, vol.43, n° 6, p.710-736.
- COMFORT, L. K. (1993). « Integrating Information Technology into International Crisis Management and Policy », *Journal of Public Administrative Research and Theory*, vol. 4, n°1, p. 17-29.
- COMFORT, L. K. *et al.* (2004). « Coordination in complex systems: increasing efficiency in disaster mitigation and response », *International Journal of Emergency Management* , vol.2, n° 1, p.62-80.
- COMFORT, L. K. et N. Kapucu (2006). « Inter-organizational coordination in extreme events: The World Trade Center attacks, September 11, 2001 », *Natural Hazards*, vol. 39, n° 2, p.309-327.
- CRESWELL, J. W. (2008). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, Thousand Oaks, Sage Publications.
- CUTTER, S. L. (2005). « Are we asking the right questions? », dans PERRY, R. W., et E.L. Quarantelli, *What is a Disaster? New Answers to Old Questions*. Philadelphia, PA, Xlibris, p.39-48.
- DAVOUDI, S., E. Brooks et A. Mehmood (2013). « Evolutionary resilience and strategies for climate adaptation », *Planning Practice & Research*, vol.28, n°3, p.307-322.
- Department of Homeland Security (2011). « Presidential Policy Directive / PPD-8: National Preparedness », < <http://www.dhs.gov/presidential-policy-directive-8-national-preparedness> > (page consultée le 2 Novembre 2014).
- DRABEK, T. E. (2004). « Theories relevant to emergency management versus a theory of emergency management », A paper presented at the annual Emergency Management Higher Education Conference, National Emergency Training Center, Emmitsburg, Maryland.
- DUPONT, B. (2004). « Security in the age of networks », *Policing and society*, vol.14, n°1, p.76-91.
- Federal Emergency Management Agency (2008). « National Response Framework », http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1914-25045-1246/final_national_response_framework_20130501.pdf (Page consultée le 10 octobre 2015).
- FOSTER, L. W. et D. M. Flynn (1984). « Management information technology: its effects on organizational form and function », *MIS quarterly*, p.229-236.
- GODSCHALK, D. R. (2003). « Urban hazard mitigation: creating resilient cities », *Natural hazards review*, vol.4, n°3, p.136-143.
- GOODMAN, P. S. et L. S. Sproull (1990). « Technology and organizations: Integration and opportunities », *Technology and organizations*, p.254-265.
- Google Map (2015). « New York City Toll Bridges & Tunnels Map », < https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=z9nuBuz7Gxec.kIkXE9_XY5U > (page consultée le 2 mars 2015).
- GORDON, J. (1978). « Structures », Harmondsworth, UK: Penguin Books.
- GROLINGER, K. *et al.* (2013). « Knowledge as a Service Framework for Disaster Data Management. », The 22nd IEEE WETICE conference, p. 313-318.

- GUIHOU, X., P. Lagadec et E. Lagadec (2006). *Les crises hors cadres et les grands réseaux vitaux, Katrina, mission de retour d'expérience*, groupe EDF.
- GUNDERSON, L. H. (2000). « Ecological resilience--in theory and application », *Annual review of ecology and systematic*, p.425-439.
- HADDOW, G. D., J. A. Bullock et D. P. Coppola (2013). *Introduction to emergency management*, Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann.
- HANSON, S., *et al.* (2011). « A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes », *Climatic change*, vol.104, n°1, p89-111.
- HAYHOE, K., J. Kossin et K. Kunkel (2014) « Our Changing », *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, chap. 2, National Climate Assessment and Development Advisory Committee, U.S. Global Change Research Program.
- HOKSTAD, P., I. B. Utne et J. Vatn (2012). « Risk and Vulnerability Analysis of Critical Infrastructures », dans HOKSTAD, P., I. Utne et J. Vatn. *Risk and interdependencies in critical infrastructures: A guideline for analysis*, London : Springer, p. 23-33.
- HOLLING, C. S. (1996). « Engineering resilience versus ecological resilience », *Engineering within ecological constraints*, p.31-44.
- HOLLING, C. S. (1973). « Resilience and stability of ecological systems », *Annual review of ecology and systematic*, p.1-23.
- HORTON, R. *et al.* (2015). « New York City Panel on Climate Change 2015 Report Chapter 2: Sea Level Rise and Coastal Storms », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1336, n°1, p.36-44.
- HORTON, R. et C. Rosenzweig (2010) « Climate risk information », dans Rosenzweig, C. et W.Solecki, *New York city panel on climate change. « Climate change adaptation in New York City: building a risk management response »*. Prepared for use by the New York City Climate Change Adaptation Task Force. Annals of the New York Academy of Science 2010. New York, NY, p. 145–226
- HOLLAND, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*, Basic Books.
- HUBER, G. P. (1990). « A theory of the effects of advanced information technologies on organizational design, intelligence, and decision making », *Academy of management review*, vol. 15, n°1, p.47-71.
- IMRAN, M. *et al.* (2014). « Coordinating human and machine intelligence to classify microblog communications in crises », Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference – University Park, Pennsylvania, USA, May 2014.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ITS-NY (2012). « ITS-NY ANNOUNCES 2012 PROJECT OF THE YEAR WINNERS », < <http://www.its-nyc.org/pdf/PressReleaseProjofYr2012ITS-NY.pdf> > (page consultée le 15 avril 2015).
- JACOB, K., G. Deodatis et J. Atlas (2011) « Transportation », *Responding to Climate Change in New York State (ClimAID)*, chap. 9, New York State Energy Research and Development Authority.
- JONES, M. R. (1999). « Structuration theory » Dans *Re-thinking Management Information Systems*, W. J. Currie et R. Galliers (eds.), Oxford: Oxford University Press, p. 103-135.
- KAUFMAN, S. *et al.* (2012). « Transportation During and After Hurricane Sandy ». Rudin Center for Transportation, NYU Wagner Graduate School of Public Service.
- KAPUCU, N. et M. Van Wart (2006). « The evolving role of the public sector in managing catastrophic disasters lessons learned », *Administration & Society*, vol. 38, n°3, p.279-308.

- KAPUCU, N., T. Arslan et M.L. Collins (2010). « Examining intergovernmental and interorganizational response to catastrophic disasters: toward a network-centered approach ». *Administration & Society*, vol. 42, n°2, p.222-247.
- KAUFFMAN, S. A. (1993). « The origins of order: Self-organization and selection in evolution », Oxford university press.
- KLEIN, R., R. Nicholls et F. Thomalla (2003). « Resilience to natural hazards: How useful is this concept? ». *Environmental Hazards*, vol.5, p.35-45.
- LATOURE, B. (2005). « Reassembling the social-an introduction to actor-network-theory », *Reassembling the Social-An Introduction to Actor-Network-Theory*, par Bruno Latour, Oxford University Press, p. 316.
- LEE, A. V., J. Vargo et E. Seville (2013). « Developing a Tool to Measure and Compare Organizations' Resilience », *Natural hazards review*, vol. 14, n°1, p.29-41.
- LEE, J. *et al.* (2011). « Group value and intention to use—A study of multi-agency disaster management information systems for public safety », *Decision Support Systems*, vol.50, n°2, p. 404-414.
- LEE, G., N. Oh et I.-C. Moon (2012). « Modeling and simulating network-centric operations of organizations for crisis management », Proceedings of the 2012 Symposium on Emerging Applications of M&S in Industry and Academia Symposium. Orlando, Florida, Society for Computer Simulation International: 1-8.
- LEICHENKO, R. (2011). « Climate change and urban resilience », *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol 3, n°3, p.164-168.
- LONGSTAFF, P. H. (2005). « Security, Resilience, and Communication in Unpredictable Environments Such as Terrorism, Natural Disasters, and Complex Technology », Center for Information Policy Research, Havard University.
- MALONE, T. W. et K. Crowston (1990). « What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems? », Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work, ACM.
- MALONE, T. W. et K. Crowston (1994). « The Interdisciplinary study of coordination », *ACM Computers Surveys*, Vol. 26, n°1, p.87-119.
- MALONE, T. W., R. Laubacher et M. S. S. Morton (2003). *Inventing the Organizations of the 21st Century*, Cambridge, Mass: MIT Press.
- MARK, G. J., B. Al-Ani et B. Semaan (2009). « Resilience through technology adoption: merging the old and the new in Iraq », Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM.
- MARKUS, M. L. (1994). « Electronic mail as the medium of managerial choice », *Organization science*, vol.5, n°4, p. 502-527.
- MASTEN, A., K. Best et N. Garmezy (1990). « Resilience and development: Contributions from the study of children who overcome adversity », *Development & Psychopathology*, vol.2, p.425-444.
- MCENTIRE, D. A., C. G. Crocker et E. Peters (2010). « Addressing vulnerability through an integrated approach », *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, vol. 1, n°1, p.50-64.
- MCENTIRE, D. A. (2011). « Understanding and reducing vulnerability: from the approach of liabilities and capabilities », *Disaster Prevention and Management: An International Journal* vol.20, n°3, p.294-313.
- MILETI, D. (1999). *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*, Washington , D.C: Joseph Henry Press.
- MITROFF, I. (2005). « Lessons from 9/11: Are companies better prepared today? », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 72, n°3, p.375-376.
- MONGEAU, P. (2008). *Réaliser son mémoire ou sa thèse : Côté jeans et côté tenue de soirée*, Québec : Presses de l'Université du Québec.

- MORSE, J. M. (1991). « Approaches to qualitative-quantitative methodological triangulation », *Nursing research*, vol. 40, n°2, p.120-123.
- MURRAY-TUITE, P. et B. Wolshon (2013). « Evacuation transportation modeling: An overview of research, development, and practice », *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 27, p.25-45.
- MYERS, M. D. (2013). *Qualitative research in business and management*, Los Angeles : Sage.
- NYC Analytics (2015). « Welcome to the Mayor's Office of Data Analytics », < <http://www.nyc.gov/html/analytics/html/home/home.shtml> > (page consultée le 15 avril 2015).
- New York City Department of Transportation (2015). « About DOT », < <http://www.nyc.gov/html/dot/html/about/about.shtml> > (page consultée le 6 mars 2015).
- New York City Panel on Climate Change (2015). « Building the Knowledge Base for Climate Resiliency: New York City Panel on Climate Change 2015 Report », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1336, n°1, p.9-17.
- New York State Department of Transportation (2015). « Past and Present », < <https://www.dot.ny.gov/about-nysdot/history/past-present> > (page consultée le 2 avril 2015).
- New York State Public Service Commission (2015). « What's trending », < <http://www.dps.ny.gov/> > (page consultée le 15 avril 2015).
- NORRIS, F. H. *et al.* (2008). « Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities and strategy for disaster readiness », *American journal of community psychology*, vol. 41, n°1-2, p.127-150.
- ORLIKOWSKI, W. J. (2000). « Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations », *Organization science*, vol. 11, n°4, p.404-428.
- ORLIKOWSKI, W. J. (2007). « Sociomaterial practices: Exploring technology at work », *Organization studies*, vol. 28, n°9, p.1435-1448.
- ORLIKOWSKI, W. J. et S. V. Scott (2008). « 10 sociomateriality: challenging the separation of technology, work and organization », *The academy of management annals*, vol. 2, n°1, p. 433-474.
- ORTON, P. *et al.* (2015). « New York City Panel on Climate Change 2015 Report Chapter 4: Dynamic Coastal Flood Modeling », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1336, n°1, p.56-66.
- OUYANG, M. (2014). « Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems », *Reliability engineering & System safety*, vol. 121, p.43-60.
- PALLIYAGURU, R., D. Amaratunga et D. Baldry (2014). « Constructing a holistic approach to disaster risk reduction: the significance of focusing on vulnerability reduction », *Disasters*, vol 38, n°1, p.45-61.
- PERRY, R. W. (1998). « Definitions and the development of a theoretical superstructure for disaster research » dans QUARANTELLI, E.L., *What is a Disaster? Perspectives on the Question*, London : Routledge, p.197-215.
- PFEFFERBAUM, B. *et al.* (2005). « Building resilience to mass trauma events ». In Doll, L., S. Bonzo, J. Mercye et D. Sleet (Eds.), « Handbook on injury and violence prevention interventions ». New York: Kluwer Academic Publishers.
- Port Authority of New York & New Jersey, The (2008). « The Port Authority: Keeping the Region Moving », < <http://www.panynj.gov/corporate-information/pdf/annual-report-2008.pdf> > (page consultée le 2 mars 2015).
- POWELL, T. C. (2001). « Competitive advantage: logical and philosophical considerations », *Strategic Management Journal*, vol. 22, n°9, p.875-888.
- REDDICK, C. (2011). « Information technology and emergency management: preparedness and planning in US states », *Disasters*, vol. 35, n°1, p.45-61.

REN, Y., S. Kiesler et S. R. Fussell (2008). « Multiple group coordination in complex and dynamic task environments: Interruptions, coping mechanisms, and technology recommendations », *Journal of Management Information Systems*, vol. 25, n°1, p.105-130.

Robert, A.D. et A. Bouillaguet (1997). « L'analyse de contenu ». Que sais-je? France: PUF.

ROBERT, B., G. Wagner et Y. Hémond (2008). « Reflections on the Place of Human Beings in Interdependencies among Critical Infrastructures », Centre risque & performance.

ROBERTS, N. C. (2011). « Beyond Smokestacks and Silos: Open-Source, Web-Enabled Coordination in Organizations and Networks », *Public Administration Review*, vol. 71, n°5, p.677-693.

ROCHE, S., E. Propeck-Zimmermann et B. Mericskay (2013). « GeoWeb and crisis management: Issues and perspectives of volunteered geographic information », *GeoJournal*, vol. 78, n°1, p.21-40.

Rockefeller Foundation et ARUP (2014). « City Resilience Framework: City Resilience Index », Royaume-Uni.

ROSENZWEIG, C. *et al.* (2011). « Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure-shed: process, approach, tools, and strategies », *Climatic Change*, vol. 106, n°1, p.93-127.

SAVOIE-ZAJC, L. (2000). « L'analyse de données qualitatives: pratiques traditionnelle et assistée par le logiciel NUD* IST », *Recherches qualitatives*, vol. 21, p.99-123.

SCHMITT, T., J. Eisenberg et R. R. Rao (2007). *Improving disaster management: The role of IT in mitigation, preparedness, response, and recovery*. Washington, D.C: National Academies Press.

SEVILLE, E. *et al.* (2008). « Organisational resilience: Researching the reality of New Zealand organisations », *Journal of business continuity & emergency planning*, vol. 2, n°3, p. 258-266.

SHEEHAN (2013). « Lessons Learned from Sandy, Irene, and Katrina », VOLPE, < <http://www.volpe.dot.gov/event/lessons-learned-sandy-irene-and-katrina-restoring-normalcy-transportation-system-through> >, vidéo: < <https://www.youtube.com/watch?v=ameqU1muWhs> > (page consultée le 10 février 2015).

SOLECKI W, L. Patrick et M. Brady (2010) « Climate protection levels », dans ROSENZWEIG, C. et W. Solecki (dirs.). *Climate change adaptation in New York City: building a risk management response*. Prepared for use by the New York City Climate Change Adaptation.

STAPELBERG, R. F. (2008). « Infrastructure systems interdependencies and risk informed decision making (RIDM): impact scenario analysis of infrastructure risks induced by natural, technological and intentional hazards », *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 6, n°5, p.21-27.

SU, Y. S., C. Wardell, C. L. et Z. Thorkildsen (2013). *Social Media in the Emergency Management Field : 2012 survey results*. Alexandria, Va: CNA Analysis and Solutions.

SUCHMAN, L. (2007). *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions*, Cambridge: Cambridge University Press.

THOMALLA, F. *et al.* (2006). « Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation », *Disasters*, vol. 30, n°1, p.39-48.

TREURNIET, W., R. Logtenberg et P. Groenewegen (2014). « Governance of occasional multi-sector networks ». *Proceedings of the 11th International Information Systems for Crisis Response and Management Conference*, University Park, Pennsylvania, USA, May 2014.

TRANSCOM (2015). « Mission », < <http://xcm.org/XCMWebSite/Mission.aspx> > (page consultée le 5 janvier 2015).

UNDERWOOD, S. (2010). « Improving disaster management », *Communications of the ACM*, vol.53, n° 2, p.18-20.

U.S Department of Transportation (2011). « National ITS Architecture, Theory of Operations », Research and Innovative Technology Administration, < <http://www.iteris.com/itsarch/documents/theory/theory.pdf> > (page consultée le 12 décembre 2014).

- URBINA, E. et B. Wolshon (2003). « National review of hurricane evacuation plans and policies: a comparison and contrast of state practices », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 37, n°3, p.257-275.
- VON LUBITZ, D. K., J. E. Beakley et F. Patricelli (2008). « Disaster management: the structure, function, and significance of network-centric operations », *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, vol. 5, n°1.
- WALLER, M. (2001). « Resilience in ecosystemic context: Evolution of the concept ». *American Journal of Orthopsychiatry*, vol.71, p.290–297.
- WANLIN, P. (2007). « L’analyse de contenu comme méthode d’analyse qualitative d’entretiens: une comparaison entre les traitements manuels et l’utilisation de logiciels », *Recherches qualitatives*, Hors série, n°3, p.243-272.
- WEICK, K. E., K. M. Sutcliffe and D. Obstfeld (2005). « Organizing and the process of sensemaking », *Organization science*, vol. 16, n°4, p. 409-421.
- WHELAN, C. (2012). *Networks and National Security: Dynamics, Effectiveness and Organisation*, Farnham, Surrey: Ashgate.
- WOLSHON, B., E. Urbina et M. Levitan (2001). « National review of hurricane evacuation plans and policies », Baton Rouge: Louisiana State University Hurricane Center.
- WOLSHON, B. *et al.* (2005). « Review of policies and practices for hurricane evacuation. I: Transportation planning, preparedness, and response », *Natural hazards review*, vol. 6, n°3, p.129-142.
- YEE SAN SU, C. Wardell et Z. Thorkildsen (2013). « Social Media in the Emergency Management Field », CNA Analysis & Solutions et National Emergency Management Association.
- YU, J. *et al.* (2014). « Routing Strategies for Emergency Management Decision Support Systems During Evacuation », *Journal of Transportation Safety & Security*, vol. 6, n°3, p.257-273.
- ZHANG, J. *et al.* (2011). « Data-driven intelligent transportation systems: A survey », *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, n°4, p.1624-1639.
- ZHOU, Y. *et al.* (2011). « Wireless Communication Alternatives for Intelligent Transportation Systems: A Case Study », *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 15, n°3, p.147-160.
- ZIA, K. et A. Ferscha (2013). « City Scale Evacuation: A High-Performance Multi-agent Simulation Framework », dans MITLETON-KELLY, E., *Co-evolution of intelligent socio-technical systems: Modelling and applications in large scale emergency and transport domains* Berlin : Springer, p. 239-293.
- ZIMMERMAN, R. (2001). « Social implications of infrastructure network interactions », *Journal of Urban Technology*, vol. 8, n°3, p.97-119.
- ZUBOFF, S. (1988). *In the age of the smart machine: The future of work and power*, New York: Basic Books.

Annexe

Questionnaire - Organization

Research title: *The Potential of Information and Communications Technologies for the Enhancement of Organizational Resilience During Hurricane Evacuation: A Case Study of New York City*

Date of the interview:

Code:

GENERAL INFORMATION

1. What transportation-related responsibilities are associated with your organization during hurricane evacuation?
2. What are the main challenges to the fulfillment of your transportation-related responsibilities during hurricane evacuation? Can information and communications technologies (ICTs) help you to overcome these challenges?
3. What is the most important lesson to be learned from Hurricane Sandy in regards to evacuation, transportation and logistics?
4. How do you think that ICTs changed and/or are changing the emergency management field in general?

INTEGRATION OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY

Familiarity and internal policy/procedures

5. Did your organization have a plan of action for the use of ICTs during Hurricane Sandy? Does it have one that will be applied in the event of a disaster?
6. What goal(s) does your organization have in mind in regards to the use of ICTs during hurricane evacuation?
7. Is there any policy or formal protocol to be followed by employees of your organization in regards to the use of ICTs during hurricane evacuation? Is that helping or impeding the use of ICTs?

Technology

8. What are the 3 ICTs that were mostly used by your organization during Hurricane Sandy evacuation operations?
9. Are simulation tools or ICTs providing you with the most useful information during the emergency response phase?

KNOWLEDGE MANAGEMENT

Data collection

10. How would you describe the potential of ICTs to collect real-time data?

INFORMATION SHARING AND KNOWLEDGE BASED DECISION MAKING

In-house information sharing and decision-making

11. How would you describe the potential of ICTs, and the resulting information, to help your organization keeping an accurate understanding of the disaster environment?

12. How useful are ICTs for providing your staff members with real-time information guidance during hurricane evacuation?

13. How useful to your organization were the information generated in-house to make decisions during Hurricane Sandy evacuation?

14. Does your organization have formal intra-organization communications channels for sharing information? What are they?

Inter-organizational information sharing

15. Does your organization have formal inter-organization communications channels for sharing information? What are they?

16. Is your organization part of a coordinated effort between multiple organizations regarding the use of ICTs during hurricane evacuation? If so, which (or what type of) organizations are they?

17. How would you define your organization's awareness of other organization's needs (data, information, knowledge) during hurricane evacuation?

18. How would you define the awareness of other organizations regarding your needs (data, information, knowledge) during hurricane evacuation?

19. How adapted to crisis environment are the mechanisms/procedures for cross-organization information sharing?

20. What are the perceived benefits/disadvantages of gaining access to other organizations' data/information/knowledge to fulfill your responsibilities/operations?

21. What are the perceived benefits/disadvantages of sharing your own data/information/knowledge with other organizations to fulfill your responsibilities/operations?

22. What are the perceived benefits/disadvantages of cross-organization data/information/knowledge sharing to the overall success of the emergency system?

Information and knowledge diffusion to the public

23. Does your organization have formal communications channels for the diffusion of information/knowledge to the public? What are they?

24. How useful are ICTs for providing the public with real-time guidance during hurricane evacuation?

25. How useful are ICTs for receiving real-time data from the public? From which technologies are they mainly coming from?

26. What are the perceived benefits/disadvantages of information/knowledge diffusion to the public to the fulfillment of your responsibilities/operations during hurricane evacuation?

Other

27. What are the main barriers to the integration and the use of innovative ICTs that can improve one's organization ability to address challenges brought on by a natural hazards? Please refer to the New York City context if possible.

28. The amount of data generated and collected increases exponentially during a disaster. Can these data, and the resulting information and knowledge, provide public authorities, transportation agencies, and transportation planners with leverage for more efficient recovery and hazard mitigation measures? Please elaborate on post-Sandy experiences if possible.