



Les technologies de l'information et de la communication dans les chaînes logistiques humanitaires

François-Xavier Delmonteil^a et Marie-Ève Rancourt^b

^aChercheur associé à l'Observatoire canadien sur les crises et l'aide humanitaires, Université du Québec à Montréal, et au groupe de recherche CHAINE, HEC Montréal.; ^bProfesseure adjointe à HEC Montréal Département de gestion des opérations et de la logistique, et membre du Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT), Montréal, Canada

RÉSUMÉ

Au lendemain d'une catastrophe majeure, la chaîne Logistique des organisations de secours joue un rôle essentiel en organisant le transport de l'aide depuis l'étranger jusqu'au plus près des populations. Dans ce contexte, la capacité à s'informer et à communiquer rapidement est fondamentale pour analyser la situation sur le terrain et piloter les opérations. Aujourd'hui, un large panel de technologies de l'information et de la communication, pas toujours bien connu au sein des organisations de secours, peut faciliter le déploiement des chaînes logistiques humanitaires. L'objectif de cette contribution est donc de présenter les principales technologies pouvant être utilisées par les professionnels. En particulier, quatre grandes catégories de technologies sont identifiées et décrites : les technologies d'imagerie, les technologies d'identification et de positionnement, les technologies de télécommunication et les plateformes numériques d'information. L'article souligne les principaux avantages et inconvénients de ces outils et propose des recommandations pouvant faciliter leur utilisation dans la communauté humanitaire.

Information and communication technologies in humanitarian supply chains

ABSTRACT

In the aftermath of a disaster, logistics plays a vital role in providing humanitarian aid to the victims. In this context, information and communication are fundamental to gain situational awareness and coordinate operations. Today, a wide range of information and communication technologies (ICTs) can be used in humanitarian supply chains. The objective of this paper is to present the technologies that can be used by humanitarian logisticians. Based on a literature review, four technology categories are identified and described: imagery technology, identification and positioning technology, telecommunications technology and digital information platforms. This article highlights their main advantages and disadvantages and proposes recommendations to facilitate their dissemination among humanitarian actors.

MOTS-CLÉS

Logistique humanitaire ; technologie de l'information et de la communication ; gestion de la chaîne d'approvisionnement ; réponse aux désastres

KEYWORDS

humanitarian logistics; information and communication technology; supply chain management; disaster response

Introduction

Les acteurs de secours doivent être en capacité d'apporter une aide d'urgence le plus rapidement possible sur des terrains opérationnels souvent extrêmement difficiles. Cette contribution s'intéresse aux chaînes logistiques humanitaires qui jouent un rôle particulièrement critique en organisant, en phase de réponse opérationnelle, le transport, le stockage et la distribution des biens et des services de première nécessité. Thomas et Kopczak (2005) définissent la logistique humanitaire comme un processus de planification et de contrôle des flux humains, matériels et informationnels, de leur origine jusqu'aux points de destination finaux, et qui

satisfait les besoins réels des populations affectées par un désastre. Pour Thomas (2003), il s'agit d'un ensemble de processus et de systèmes impliqués dans la mobilisation des personnes, des ressources, des compétences et des connaissances pour venir en aide aux personnes vulnérables affectées par des désastres naturels et des urgences complexes. Les chaînes logistiques humanitaires intègrent donc une composante informationnelle qui est particulièrement importante pour pouvoir mener à bien leur mission d'assistance aux populations. L'information et la communication sont essentielles pour pouvoir évaluer la situation et les besoins, coordonner les actions et déployer les opérations de façon efficace

CONTACT François-Xavier Delmonteil ✉ francois-xavier.delmonteil@polytechnique.edu 📄 Chercheur associé à l'Observatoire canadien sur les crises et l'aide humanitaires, Université du Québec à Montréal, et au groupe de recherche CHAINE, HEC Montréal.

et rapide. Cependant, la destruction des infrastructures nationales les plus essentielles telles que les routes, les ports, les aéroports et les réseaux de communication est susceptible de paralyser le déploiement des acteurs de secours et des chaînes logistiques humanitaires sur le terrain (Koudelka et Schrotter 2007 ; Fuhrmann, MacEachren, et Cai et al. 2008 ; Holguín-Veras et al. 2012 ; Van Wassenhove et Pedraza Martinez 2012). Dans ce contexte, l'accès à l'information et les communications dans les premiers mois après un désastre représentent des enjeux particulièrement importants du pilotage des chaînes logistiques humanitaires.

Les acteurs de secours ont ainsi à leur disposition une variété importante de technologies de l'information et de la communication (TIC) leur permettant de faire face à la diversité des situations post-catastrophes auxquelles ils peuvent être confrontés et d'améliorer le pilotage des chaînes logistiques humanitaires. Dans un rapport publié en 2013, la Fédération internationale de la Croix-Rouge (FICR) parle de « technologies de l'humanitaire » qu'elle définit comme des technologies utilisées et appliquées aussi bien en amont des catastrophes dans une démarche de prévention et d'atténuation qu'en aval pour améliorer la qualité de l'intervention, du relèvement et de la reconstruction (FICR 2013). Ce travail de synthèse choisit de s'intéresser aux TIC utilisées dans la phase de réponse lorsque les communications et l'accès à l'information sont les plus critiques pour permettre l'intervention opérationnelle des organisations de secours et l'assistance aux populations dont la survie est souvent menacée. Dans ce contexte particulier, les technologies leur servent à s'informer à la fois sur l'impact matériel et humain d'une catastrophe et sur leur propre intervention sur le terrain. Cependant, les professionnels ne savent pas toujours quels sont les outils à leur disposition ni même les gains qu'ils peuvent en attendre ou les difficultés susceptibles d'accompagner leur utilisation. De plus, à notre connaissance, aucune publication n'a jusque-là réalisé une description globale de ces technologies. Pour répondre à ces manques, l'objectif de ce travail est donc d'une part d'identifier les principales TIC pouvant être utilisées par les logisticiens humanitaires et, d'autre part, de présenter leurs principaux avantages opérationnels et inconvénients. Pour faciliter la discussion, ces TIC ont été regroupées par grandes catégories d'après leur fonction technique.

La présente synthèse s'organise autour de trois sections. La première section rappelle le rôle crucial de la technologie dans les opérations de secours ainsi que les difficultés qui peuvent découler de son utilisation. La deuxième section répond à l'objectif en identifiant les principales TIC pouvant être sollicitées par les logisticiens humanitaires, lesquelles sont regroupées en quatre grandes catégories, tout

en présentant leurs avantages opérationnels et leurs inconvénients. Cette deuxième section se termine par un tableau de synthèse permettant aux lecteurs de visualiser les différentes TIC disponibles et utilisées dans une chaîne logistique humanitaire. Enfin, la troisième section de l'article propose des recommandations pouvant faciliter la diffusion des TIC chez les acteurs humanitaires.

L'importance de la technologie dans les chaînes logistiques humanitaires

Dans les chaînes logistiques commerciales, les TIC améliorent l'efficacité (Closs et McGarrell 2004 ; Melville, Kraemer, et Gurbaxani 2004 ; Nollet et al. 2006), diminuent les délais de réaction face aux aléas (Asadi 2011) et améliorent la flexibilité (Melville, Kraemer, et Gurbaxani 2004). La technologie profite aux opérations pour trois raisons principales. Premièrement, les TIC renforcent la visibilité des chaînes logistiques confrontées à des environnements difficiles et dynamiques (Sheffi 2001). La visibilité des flux en transit est critique pour pouvoir gagner en flexibilité et en capacité de réajustement en cas de perturbations inattendues comme des retards ou des changements dans la demande (Wagner, Skorna, et Bode 2009) et pour réduire la diffusion des risques dans des environnements opérationnels de plus en plus interconnectés et complexes (Caridi et al. 2010 ; Basole et Bellamy 2014). Deuxièmement, les TIC sont utiles pour renforcer la sécurité des opérations face à de nouvelles formes de menaces comme le terrorisme (Sheffi 2001). Ces outils facilitent la détection rapide des problèmes et la coordination des actions à mener pour assurer le retour à un état de fonctionnement stabilisé. Pour accroître la sécurité des chaînes logistiques, Glickman et White (2006), Rice et Sheffi (2005) ou encore Sheffi (2005) font appel à la notion de résilience, une capacité d'adaptation dynamique permettant la détection et la réponse rapide aux risques et aux menaces de l'environnement. Pour Vega (2012), la logistique commerciale pourrait d'ailleurs prendre exemple sur le secteur humanitaire qui a développé des capacités de résilience importantes pour continuer à opérer face à des contextes d'urgence. Pour accroître le niveau de sécurité dans les opérations, Autry et Bobbitt (2008) suggèrent d'avoir recours à la technologie pour identifier, évaluer et contrôler les risques et les menaces. En particulier, la technologie permet d'améliorer la sécurité des flux contre les vols ou divers dommages (Wagner, Skorna, et Bode 2009). Grâce aux TIC, la confiance sur les cargaisons peut être retrouvée, augmentant ainsi la rapidité de la chaîne par une baisse des inspections et une réduction des délais de passage en douane (Lee 2004). Les gains de visibilité permis par

l'utilisation d'outils technologiques permettent alors d'accroître le niveau de sécurité tout le long de la chaîne logistique (Sheffi 2001 ; Sarathy 2006). Enfin, la technologie facilite la collaboration, l'intégration et la coordination des stratégies et des actions des différents acteurs impliqués dans une même chaîne d'approvisionnement (Glickman et White 2006 ; Drake et Schlachter 2008). Elle permet d'améliorer la performance globale d'un réseau logistique en augmentant les interconnexions et la communication avec les partenaires, ce qui réduit les risques d'asymétrie de l'information et de comportements opportunistes entre les acteurs (Welty et Becerra-Fernandez 2001 ; Nollet et al. 2006).

Sur le terrain des catastrophes, les TIC sont d'autant plus critiques que les chaînes logistiques humanitaires sont confrontées d'une part à des exigences très élevées d'efficacité et de rapidité de l'aide aux populations et, d'autre part, à un haut niveau d'incertitude qui entrave les opérations. L'ampleur des destructions peut notamment conduire à des situations de chaos et de très grande confusion (Zhang, Zhou, et Nunamaker 2002). En particulier, les désastres endommagent lourdement les infrastructures critiques telles que les réseaux de télécommunication, ce qui a pour conséquence d'accroître le niveau d'incertitude pesant sur les chaînes logistiques humanitaires (Holguín-Veras et al. 2012). De plus, l'assistance aux populations nécessite la mobilisation d'un grand nombre et d'une grande diversité d'acteurs de secours nationaux et internationaux. Pour Sheu (2010), cela conduit à multiplier les sources d'information et les risques d'asymétrie dans les estimations des besoins réels des populations. Thompson (2011) suggère alors de renforcer la communication entre les acteurs afin d'accroître le partage d'information et, ainsi, de mieux coordonner l'intervention et d'accélérer l'acheminement de l'aide aux populations. De ce point de vue, Norris et al. (2008) notent que la communication améliore l'articulation des comportements et la performance globale des opérations humanitaires. Cependant, celle-ci n'est pas toujours facile car les rivalités peuvent être particulièrement importantes entre les organisations humanitaires. Les écarts d'objectifs, de cultures et d'idéologies peuvent générer des tensions qui réduisent les possibilités de rapprochement et de synergie. Le manque de communication et de coordination est particulièrement criant lorsqu'il s'agit, pour les organisations non gouvernementales (ONG), de travailler avec les forces armées dans le cadre d'une collaboration civilo-militaire (Gourlay 2000 ; Harris et Dombrowski 2002). Dans ce contexte, Conti (2008) et Varvas et McKenna (2013) suggèrent le recours aux TIC pour accroître l'intégration et la coordination des multiples organisations de secours qui peuvent ainsi être plus performantes dans la fourniture de l'aide aux populations. De nombreux auteurs tels que Comfort

(2007), Delmonteil et Rancourt (2017), Fuhrmann, MacEachren, et Cai et al. (2008) ou Koudelka et Schrotter (2007) expliquent que la technologie permet d'améliorer la compréhension des situations de crise et l'efficacité de la réponse aux catastrophes en diminuant l'incertitude.

Si la technologie peut offrir des avantages très importants pour la gestion des chaînes logistiques, sa mauvaise utilisation peut au contraire amplifier les risques liés à l'incertitude et à la désinformation (Manuj et Mentzer 2008 ; Tapia et al. 2011 ; Starbird et al. 2014 ; Tapia, LaLone, et Kim 2014 ; Ruel, Ouabouch, et Shaaban 2017). En particulier, lorsque les données sont trop importantes, les acteurs peuvent ne plus être en mesure de filtrer et d'analyser les informations qui leur sont réellement utiles. Plus loin, Hughes et Tapia (2015) parlent d'un risque important lié à la validité et à la crédibilité de l'information récoltée sur les terrains humanitaires et suggèrent de croiser les données issues de différentes sources et de différents moyens technologiques afin d'accroître leur fiabilité. De ce point de vue, Dischinger (2006) explique que les logisticiens ne doivent pas seulement développer des compétences fonctionnelles en matière de gestion des flux, mais aussi des compétences techniques liées à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. Ce constat est particulièrement vrai dans les chaînes logistiques humanitaires. En effet, la gestion des situations de crise implique la réalisation de tâches complexes qui nécessitent des compétences spécialisées et souvent techniques (Thompson 2011). En particulier, la FICR (2013) note que le développement technologique dans les organisations de secours exige des compétences pour pouvoir filtrer et prioriser l'avalanche des données produites après une catastrophe afin d'en tirer de la connaissance utile aux opérations. Le nombre important d'organisations de secours mobilisées sur le terrain multiplie lui aussi les sources d'information, ce qui peut conduire à des risques d'asymétrie dans l'évaluation des besoins (Sheu 2007). Toutes les informations reçues par les acteurs humanitaires peuvent donc représenter un risque important de désinformation si elles ne sont pas correctement traitées et sélectionnées (Zhang, Zhou, et Nunamaker 2002). Cependant, le développement des compétences dans le domaine technologique peut être difficile car les ONG ont des ressources limitées qui varient considérablement en fonction de l'émergence et de la médiatisation des catastrophes. Elles doivent ainsi faire appel à une part importante de volontaires aux connaissances et aux expériences très différentes, lesquels sont souvent insuffisamment qualifiés et formés pour répondre aux exigences des postes, notamment en matière d'utilisation d'outils technologiques. Ainsi, McEntire (1999) et Varvas et McKenna (2013) observent que

trop souvent les volontaires déployés par les organisations humanitaires reçoivent des formations « on the spot », c'est-à-dire lorsqu'ils arrivent sur le terrain des opérations et non en phase de préparation dans le cadre de programmes de formation développés dans la durée. Ensuite, le taux de rotation du personnel humanitaire sur le terrain est particulièrement important, ce qui réduit la possibilité de maintenir les compétences et les expériences acquises, notamment dans le domaine des technologies. Pettit et Beresford (2005) et Thomas (2003) expliquent ainsi que la rotation des individus réduit leur capacité à utiliser pleinement les outils technologiques. De là, Varvas et McKenna (2013) notent que la rotation rapide du personnel induit des pertes de temps car les méthodes, les procédures et les outils doivent être réexpliqués à chaque changement d'équipe. Dans ce contexte, l'utilisation de TIC par du personnel aux compétences insuffisantes peut accroître le niveau de complexité et d'incertitude et nuire à l'efficacité des opérations.

Les différents types de technologies de l'information et de la communication dans les chaînes logistiques humanitaires

Dans cette section, nous présentons les principales TIC pouvant être utilisées par les acteurs de secours en soutien des chaînes logistiques humanitaires. Le rapport sur les technologies publié par la FICR (2013) explique qu'ils peuvent avoir recours à un large panel d'outils : des appareils mobiles pour la collecte de données, des satellites, des avions et des drones pour la production d'images, des médias sociaux pour le partage et la dissémination d'informations, des moyens de télécommunication pour assurer des échanges entre les acteurs. Cependant, à notre connaissance, aucune publication n'avait jusque-là présenté les principales TIC pertinentes dans une chaîne logistique humanitaire. Pour faciliter la discussion, l'article propose d'organiser la présentation autour de quatre grandes catégories de TIC regroupées d'après leur fonction ou leur apport technique : (1) les technologies d'imagerie pour la production d'images des territoires ; (2) les technologies d'identification et de positionnement pour la collecte de données de localisation ; (3) les technologies de télécommunication pour accéder à Internet et réaliser des communications vocales ; et 4) les plateformes numériques d'information pour faciliter la consultation et le partage en ligne des données.

Technologies d'imagerie

Les acteurs de secours peuvent utiliser différentes technologies d'imagerie pour visualiser l'état de la situation sur le terrain après une catastrophe. Le plus

souvent, des satellites en orbite terrestre sont utilisés. Tel un appareil photographique scrutant la Terre dans tous ses détails, le point de vue surplombant du satellite permet de prendre des images de territoires très étendus (Dubois, Avignon, et Escudier 2014). Dans un contexte d'accroissement des phénomènes extrêmes, Cutter et al. (2008) montrent que la délimitation spatiale du périmètre des catastrophes est un défi de premier plan. L'imagerie par satellite permet de capturer des images à distance qui peuvent couvrir en un seul passage de larges territoires touchés par des catastrophes, ce qui serait difficile à obtenir en ayant recours à des avions. La destruction des infrastructures de transport nationales comme les ports ou les aéroports peut également bloquer l'accès aux zones sinistrées et le déploiement de moyens technologiques sur le terrain tels que des appareils utilisant un système de positionnement par satellite ("Global Positioning System" ou GPS) ou des drones. À l'inverse, l'imagerie satellitaire peut être opérée à distance, peu importe l'éloignement et les difficultés d'accès à la zone sinistrée. Les images produites offrent ainsi un certain nombre d'informations sur l'ampleur des destructions qui sont cruciales pour le déclenchement et le bon déroulement des opérations humanitaires. Celles-ci permettent d'évaluer l'ampleur des dégâts et des populations dans les besoins (par exemple, les camps de personnes déplacées), d'estimer l'état des bâtiments (ports, aéroports, ponts, habitations, etc.) et des réseaux routiers, et, *in fine*, d'organiser la distribution de l'aide en ciblant les zones d'intervention (Prakash et Kulkarni 2003 ; Ichoua 2010 ; Butenuth et al. 2011 ; Holguín-Veras et al. 2012 ; Roy, Albores, et Brewster 2012). Altan et al. (2010) ajoutent que l'imagerie satellitaire permet de repérer à distance certaines zones à risque et donc de sécuriser les activités. De ce point de vue, l'Organisation des Nations unies (ONU) affirme que les images satellites sont utiles pour faciliter le déploiement des opérations se déroulant dans les environnements contraints par des problèmes de sécurité (UNITAR 2012). Finalement, une étude empirique réalisée par Delmonteil et Rancourt (2017) confirme que l'imagerie satellitaire facilite l'évaluation des besoins sur le terrain, la gestion de la distribution de l'aide aux populations et la sécurisation des opérations au niveau local.

Plus loin, des moyens aéroportés tels que des avions, des hélicoptères ou des drones sont de plus en plus utilisés pour produire des images des catastrophes très détaillées grâce à des vols à basse altitude (Joyce et al. 2009 ; Tatham 2009 ; Camara 2014). L'utilisation de « drones humanitaires » a réellement débuté en 2013. Cette année-là, des drones ont été déployés en Haïti par Drone Adventures dans le cadre des opérations de reconstruction suite au séisme de 2010, mais également aux Philippines par Corephil DSI dans la phase de réponse d'urgence après le typhon Haiyan (BCAH 2014). Plusieurs raisons peuvent expliquer l'expansion considérable de ces nouveaux outils. Tout d'abord, les drones offrent des

données (les images) beaucoup plus précises que celles obtenues par le biais des satellites. Grâce à des vols en dessous de 100 mètres d'altitude, Chapman et Li (2008) et Saito et al. (2004) notent que les drones peuvent fournir des images d'une résolution très élevée (généralement entre cinq et 10 centimètres de résolution) même lorsque la couverture nuageuse est dense. Ensuite, ces nouveaux outils sont particulièrement adaptés aux organisations humanitaires qui peuvent les acquérir et les opérer elles-mêmes à l'inverse des images capturées par des satellites, des hélicoptères ou des avions (Meier 2015). Leur faible dimension et leur légèreté (généralement moins de deux mètres d'envergure et moins de 25 kilogrammes) permet aux acteurs de les transporter facilement sur le terrain (Bendea et al. 2008 ; GeoTribu 2013). Dans ce contexte, le drone fournit un outil d'évaluation économique, rapide et adapté aux zones reculées et difficiles d'accès, se distinguant ainsi des satellites par une plus grande flexibilité d'utilisation (Bendea et al. 2008 ; Tatham 2009). Finalement, une étude publiée par l'ONU montre que les drones d'imagerie offrent des avantages importants pour la logistique humanitaire (BCAH 2014). En premier, ils permettent d'évaluer rapidement les besoins en mesurant le nombre de victimes et de destructions, en suivant les mouvements de population et en localisant les camps de personnes déplacées. En second, ces outils facilitent la détection des routes bloquées après un désastre. En troisième, l'utilisation de drones peut améliorer la gestion de la distribution de l'aide aux populations (meilleur ciblage des populations dans le besoin et meilleure organisation des opérations de distribution). Enfin, ces toutes dernières années, les drones ne sont plus seulement utilisés pour la capture d'images des territoires touchés par des catastrophes mais aussi dans le cadre de projets pilotes pour acheminer des matériels de secours au plus près des populations. Par exemple, cette technologie pourrait s'avérer utile dans les chaînes logistiques humanitaires pour distribuer des petites fournitures médicales comme des vaccins. D'ailleurs, en octobre 2016, le Rwanda a lancé un premier programme national de livraison de poches de sang par drones que le pays cherche maintenant à étendre pour certains médicaments et vaccins.

Les technologies d'imagerie peuvent cependant rencontrer un certain nombre de difficultés techniques et humaines. Au plan technique, les images satellites peuvent parfois manquer de résolution. D'après Manfré et al. (2012), le niveau de précision peut être insuffisant pour visualiser certains détails critiques pour la gestion des catastrophes. Ensuite, les images peuvent ne pas être assez récentes et mises à jour régulièrement (Cutter 2003 ; Chapman et Li 2008 ; Zhang et Kerle 2008 ; Butenuth et al. 2011). Cette situation limite la possibilité de conduire un pilotage opérationnel performant des chaînes logistiques humanitaires car les données ne reflètent pas la situation réelle sur le

terrain. Au plan humain, la FICR (2013) note que l'utilisation d'images satellites sur les théâtres humanitaires reste limitée à quelques acteurs de secours qui disposent des compétences nécessaires dans le domaine des systèmes d'information géographique (SIG) pour conduire le travail d'analyse de données géospatiales.

Technologies d'identification et de positionnement

En sus de la capture d'images des zones sinistrées, les acteurs déployés sur le terrain peuvent avoir recours à des technologies d'identification et de positionnement afin de répertorier la localisation géographique de certains éléments d'intérêt pour les opérations et de suivre les déplacements des flux logistiques. Pour ce faire, ils peuvent utiliser des codes-barres, des puces électroniques de type « radio frequency identification » (RFID) ou encore des systèmes de positionnement par satellite. Dans le secteur commercial, ces technologies améliorent la rapidité et l'efficacité des chaînes logistiques par une plus grande visibilité, coordination entre les acteurs et sécurité des flux (Niemeyer, Pak, et Ramaswamy 2003 ; Lee 2004 ; Peck 2006 ; Chow et al. 2007). Dans le secteur humanitaire, les étiquettes RFID peuvent notamment être utilisées pour collecter des données sur les infrastructures et les bâtiments endommagés ou détruits après une catastrophe (Aziz et al. 2009). Cette technologie offre la possibilité d'acquérir de façon immédiate et précise les coordonnées géographiques de lieux critiques comme l'emplacement des camps de réfugiés ou des centres de distribution. Des technologies de positionnement par satellite peuvent également être choisies pour réaliser un pilotage continu et en temps réels des flux logistiques (Prakash et Kulkarni 2003 ; Lee 2004). En particulier, deux types de récepteurs GPS peuvent être utilisés dans les chaînes logistiques humanitaires : des appareils GPS portatifs directement contrôlés par les acteurs de secours pour se localiser et s'orienter sur le terrain (systèmes actifs) et des balises de *tracking* GPS automatisées installées sur les véhicules humanitaires pour réaliser un suivi à distance (systèmes passifs). D'un côté, les appareils GPS portatifs permettent de se déplacer sur le terrain dans des contextes post-catastrophes où l'ampleur des destructions rend souvent difficile la reconnaissance des lieux et l'atteinte des zones cibles (Matsuoka et Yamazaki 2004). Manfré et al. (2012) parlent de « land-based mobile mapping systems » et Chapman et Li (2008) de « terrestrial mobile mapping systems ». Ces appareils offrent également la possibilité de sauvegarder les coordonnées géographiques exactes de différents sites pouvant être utiles à repérer pour les opérations comme la localisation d'un centre de distribution ou d'un pont détruit. Ainsi, Delmonteil et Rancourt (2017) montrent que les appareils GPS portatifs facilitent l'évaluation des

besoins (par exemple, la localisation des lieux de demande et des camps de personnes déplacées) et la gestion de la distribution de l'aide aux populations (par exemple, la localisation des centres de distribution) à partir de données de terrain détaillées. De l'autre côté, les balises GPS peuvent être utilisées afin d'assurer un suivi à distance et continu des déplacements des véhicules de secours. D'autres informations peuvent également être transmises comme la vitesse, la température ou la consommation de carburant. Un système d'alerte peut être préprogrammé afin de recevoir des notifications en cas d'anomalie comme une sortie du périmètre opérationnel ou une interruption (volontaire ou involontaire) de l'appareil. Le programme UNOSAT de l'ONU a contribué au lancement d'une solution de *tracking* GPS appelée « HumaNav », laquelle équipe aujourd'hui plus de 1 000 véhicules humanitaires dans le monde (des véhicules de l'ONU, de la FICR et de certaines ONG). Selon Delmonteil et Rancourt (2017), le *tracking* GPS des véhicules de secours améliore la planification du transport et la sécurisation à distance des convois d'aide humanitaire. En particulier, la FICR (2013) affirme que l'outil de *tracking* GPS HumaNav a permis de renforcer la sécurité et de réduire les consommations de carburant et les coûts grâce à la transmission en temps réels d'informations critiques entre les conducteurs et leur base.

L'utilisation d'outils de positionnement GPS peut cependant s'accompagner de difficultés. Delmonteil et Rancourt (2017) démontrent que les acteurs humanitaires manquent de compétences dans le domaine SIG pour pouvoir correctement utiliser les appareils GPS portatifs et traiter les informations obtenues. Les auteurs expliquent aussi que certains appareils GPS portatifs ne sont pas assez performants pour capturer des coordonnées géographiques précises, notamment lorsque des smartphones sont utilisés pour capturer des points GPS. En outre, ils montrent que le *tracking* GPS a un intérêt limité pour gérer le transport et la sécurité lorsque les distances parcourues par les véhicules sont courtes. Enfin, Kaiser et al. (2003) expliquent que les équipements GPS peuvent s'avérer trop coûteux pour de nombreuses petites organisations de secours.

Technologies de télécommunication

D'après l'Union internationale des télécommunications (UIT 2005), les communications entre les acteurs de secours sont essentielles pour pouvoir évaluer et localiser les populations dans le besoin et coordonner les opérations logistiques. En particulier, Holguín-Veras et al. (2012) notent que les télécommunications permettent de réduire l'incertitude et donc d'accroître l'adéquation entre l'offre de secours et les besoins réels des populations sur le terrain. Dans ce domaine, Comfort

(2007) et Varvas et McKenna (2013) identifient plusieurs technologies pouvant être utilisées par les organisations de secours comme les radios, les téléphones cellulaires, les lignes téléphoniques terrestres et les téléphones satellitaires. Selon ces derniers auteurs, les technologies de télécommunication permettent aux acteurs de secours d'échanger entre eux et de répondre rapidement aux catastrophes. D'un côté, elles offrent la possibilité de réaliser des communications vocales. De l'autre, elles donnent accès à Internet pour transmettre et partager en ligne les informations collectées sur le terrain. Trois grandes catégories de technologies de télécommunication peuvent être identifiées : les radios VHF (« very high frequency ») utilisant les hautes fréquences pour réaliser des échanges vocaux dans un rayon de plusieurs kilomètres, les réseaux filaires et les antennes de téléphonie mobile permettant de réaliser des échanges téléphoniques et d'accéder à Internet et enfin les systèmes de télécommunication par satellite pour téléphoner, naviguer sur Internet et échanger des données un peu partout dans le monde. Ces derniers sont devenus aujourd'hui indispensables dans les contextes post-catastrophes. En effet, Conti (2008) observe que les désastres peuvent affecter les réseaux terrestres de communication pour deux raisons principales. En premier, l'impact d'une catastrophe sur les réseaux de communication terrestres est susceptible de paralyser les échanges entre les acteurs déployés sur le terrain et les centres de commandement (Yang, Yang, et Yang 2011). Pour Holguín-Veras et al. (2012), cela a pour conséquence d'accroître le niveau d'incertitude et de complexifier l'évaluation des besoins. En second, les réseaux de communication terrestres et toujours opérationnels après une catastrophe peuvent se retrouver rapidement saturés. En troisième, ces derniers peuvent être tout simplement inexistantes dans certaines régions du monde enclavées et faiblement développées. Cela peut représenter une difficulté importante pour des chaînes logistiques commerciales qui sont de plus en plus globalisées (Nollet et al. 2006). Dans les chaînes logistiques humanitaires, Van Wassenhove (2006) note que les communications terrestres sont souvent difficiles lorsque les opérations se déroulent dans des pays en développement en raison de la faiblesse des infrastructures nationales. Dans ce contexte, Zimmermann (1995) et Wagner, Skorna, et Bode (2009) suggèrent le recours au satellite pour établir des télécommunications d'urgence mondiales qui s'affranchissent des contraintes au sol et qui disposent d'une couverture quasi-globale. Delmonteil et Rancourt (2017) montrent que les télécommunications par satellite améliorent l'évaluation des besoins grâce à une capacité de liaison et de remontée de l'information rapide et directe vers les centres de commandement et de réajustement en temps réels de l'offre humanitaire en fonction des évolutions des besoins sur le terrain. Les auteurs révèlent que les télécommunications

satellites facilitent également la gestion des problèmes de sécurité en fournissant une capacité de liaison permanente permettant de réagir rapidement en cas d'accident, d'attaque, d'émeute, de vol ou de kidnapping. Cependant, leurs travaux montrent aussi l'existence de deux difficultés pouvant accompagner ces technologies. Tout d'abord, la bande passante des liaisons satellites peut s'avérer insuffisante (lenteur des connexions Internet et des échanges de données). Ensuite, le coût de ces technologies peut limiter les possibilités d'utilisation dans les organisations de secours. Garshnek et Burkle (1999) notent que certaines petites communautés dans les pays en voie de développement ne peuvent pas se permettre d'acquérir leurs propres systèmes de télécommunication d'urgence. C'est notamment le cas des télécommunications par satellite qui impliquent des coûts d'acquisition et d'utilisation souvent trop élevés pour les organisations humanitaires (Oh 2003). En effet, l'achat de terminaux satellites représente un coût qui se situe entre 1 500 et 3 000 USD l'unité. La valeur de ces outils peut également, dans certains contextes, susciter des tentatives de vol et accentuer les menaces pesant sur le personnel humanitaire. Des coûts d'utilisation s'ajoutent pour pouvoir réaliser les appels vocaux et les connexions Internet. Les organisations doivent acheter des cartes SIM prépayées auprès d'opérateurs spécialisés comme la société *Inmarsat* ou *Iridium*. Généralement, les appels vocaux sont facturés entre 1 et 2 USD par minute et les connexions Internet entre 5 et 7 USD par mégabyte transféré. Le coût des technologies représente donc une barrière de premier plan qui limite leur acquisition et leur utilisation par les acteurs et les bénéficiaires qui pourraient en être tirés dans les opérations.

Plateformes numériques d'information

Les acteurs de secours ont de plus en plus recours à des plateformes numériques afin d'obtenir des informations cruciales pour leurs opérations. Par exemple, des sites Internet tels que Facebook ou Twitter sont de plus en plus utilisés par les acteurs de secours (Caragea et al. 2011). Ces médias sociaux offrent la possibilité de construire, de partager et de gérer l'information au travers de conversations et d'interactions (Yates et Paquette 2011). Sarcevic et al. (2012) et Sutton, Palen, et Shklovski (2008) notent que ces outils sont particulièrement utiles pour évaluer le niveau des destructions et des besoins et pour améliorer la collaboration et la coordination entre les acteurs. C'est notamment le cas des plateformes professionnelles comme le site Internet « Logistics Cluster » qui permet de partager et de consulter de nombreuses informations à vocation opérationnelle pour accompagner le déploiement logistique des organisations de secours. Plus encore, des plateformes de cartographie

participative comme « OpenStreetMap » (OSM) se sont beaucoup développées en permettant de conjuguer les efforts de nombreux volontaires pour créer des cartes annotées et informatives (Goodchild 2007 ; Manfré et al. 2012). Cette plateforme a connu un essor considérable au lendemain du séisme qui a frappé Haïti en 2010. Soden et Palen (2014) observent que l'implication exceptionnelle de volontaires a permis de cartographier la région de Port-au-Prince de façon extrêmement rapide en intégrant à la fois des images satellites et des données d'observation in situ (par exemple, des points GPS) sur la plateforme OSM. L'utilisation de cette technologie a permis de créer des cartes indiquant l'emplacement de sites d'intérêt prioritaire pour les opérations de secours comme la localisation des camps de personnes déplacées ou des bâtiments détruits. Selon la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), les cartes informatives produites grâce à la plateforme OSM se sont révélées particulièrement utiles pour le déploiement de l'aide d'urgence en offrant un niveau de détail inégalé en seulement quelques jours (FICR 2013). Une autre plateforme de cartographie participative appelée « Ushahidi » a également été mise en place au lendemain du séisme en Haïti pour produire des cartes sur la base d'un référencement de SMS, d'e-mail et d'autres sources disponibles d'informations partagées (Starbird 2011). Enfin, Google a lancé son outil « Google Person Finder » afin d'aider les personnes à se manifester et à se retrouver après une catastrophe. Les technologies de partage d'information sont donc particulièrement utiles aux organisations humanitaires en produisant des données sur l'état de la situation après une catastrophe et sur les opérations en cours. Cependant, elles conduisent souvent à un afflux d'information considérable qui peut créer un risque important de désinformation et nuire à la bonne compréhension d'une crise et à l'efficacité de l'intervention (Tapia et al. 2011 ; Starbird et al. 2014 ; Tapia, LaLone, et Kim 2014).

La synthèse que nous avons opérée identifie les moyens technologiques sur lesquels les acteurs peuvent s'appuyer pour déployer et piloter une chaîne logistique humanitaire. Lorsque les dégâts sont mesurés, ils peuvent avoir recours à des moyens traditionnels pour évaluer la situation et déclencher les opérations. Cependant, lorsque les dégâts infligés aux infrastructures locales sont majeurs, l'article explique l'importance croissante de certaines TIC avancées telles que les technologies par satellite ou les drones afin de conserver des capacités d'appréciation de la situation et de communication sur le terrain. Le [Tableau 1](#) propose une synthèse des principales TIC pouvant être utilisées dans les chaînes logistiques humanitaires (première et deuxième colonne) ainsi que les avantages techniques et

Tableau 1. Synthèse des TIC disponibles et utilisées dans les chaînes logistiques humanitaires.

	Applications		
	Technologies d'information et de communication	Applications techniques	Applications en logistique humanitaire
Technologies d'imagerie	Moyens aériens (avions, hélicoptères, drones) Imagerie satellitaire (ex : <i>Google Earth</i> , <i>UNOSAT</i>)	- Visualisation précise de la situation (niveau local) - Visualisation globale et approximative de la situation (niveau régional)	- Taille réduite des images - Manque de compétences en SIG
Technologies de télécommunication	Lignes terrestres et GSM (téléphonie mobile) Radios HF/VHF Télécommunications par satellite (ex : <i>Iridium</i> , <i>Inmarsat</i> <i>BGAN</i> , <i>VSAT</i>)	- Internet et téléphonie - Coût faible - Échanges vocaux en local - Coût très faible - Accès permanent Internet et téléphonie - Vers l'international ou en local pour zones enclavées	- Résolution parfois insuffisante - Mises à jour peu fréquentes - Manque de compétences en SIG - Souvent inutilisables (réseaux inexistantes ou détruits) - Pas d'Internet - Difficulté à utiliser dans les zones enclavées (absence de réseaux) - Coût d'utilisation élevé
Technologies d'identification et de positionnement	RFID Appareils GPS portatifs (<i>appareils GPS dédiés</i> (ex : <i>Garmin</i>) ou <i>smartphones</i>)	- Identification et localisation des matériels et bâtiments - Auto-orientation	- Lenteur des transferts - Risque de vol des appareils de télécommunication par satellite - Difficulté à récupérer les informations (transmission)
Plateformes numériques d'information	Tracking GPSdes véhicules (ex : <i>HumanNav</i>) Réseaux sociaux (ex : <i>Facebook</i> , <i>Twitter</i>) Plateformes professionnelles (Ex : <i>OpenStreetMap</i> , <i>Logcluster</i>)	- Sauvegarde coordonnées GPS : camps de déplacés, bâtiments détruits, centres de distribution, etc. - Géolocaliser les véhicules et le personnel à distance - Meilleure gestion du transport local - Meilleure gestion de la sécurité - Meilleure coordination - Meilleure évaluation des besoins	- Manque de précision de certains appareils pour la capture des points GPS, notamment les smartphones - Manque de compétences en SIG - Peu utile sur des zones d'opération peu étendues - Risque de désinformation important lorsque l'afflux des données est important et mal maîtrisé

VSAT: Very Small Aperture Terminal; BGAN: Broadband Global Area Network.

opérationnels (troisième et quatrième colonne) et les inconvénients (cinquième colonne) pouvant découler de leur utilisation.

Des propositions pour accroître l'utilisation et les bénéfices de la technologie

Notre synthèse souligne un certain nombre de barrières et de difficultés générales connues de la communauté académique, comme le manque de compétences des acteurs humanitaires ou le coût trop élevé des TIC, lesquelles peuvent bloquer l'utilisation des technologies et leur transformation en valeur ajoutée dans les chaînes logistiques humanitaires. Elle met également en lumière l'existence de limites techniques et humaines qui sont plus spécifiques à certains des outils évoqués précédemment et moins bien décrites dans la littérature. Sur cette base, ce travail recommande de développer deux principaux facilitateurs technologiques : l'accroissement de la formation des acteurs dans certains domaines technologiques particuliers et la construction de liens avec les fournisseurs de technologies. En premier, le développement de programmes de formation dédiés aux TIC permettrait de faciliter leur adoption et leur prise en main par les acteurs. Roux-Dufort (2003) suggère de développer l'apprentissage et Pettit et Beresford (2005) les programmes de formation en phase de préparation dans les organisations de secours. Le développement des compétences permet aux acteurs de mieux utiliser les outils, mais également que ceux-ci soient en capacité de filtrer et d'analyser les données obtenues afin d'en tirer le meilleur parti possible dans leurs activités. Comme souligné précédemment, les acteurs de secours manquent surtout de compétences dans le domaine des technologies avancées et, en particulier, de l'imagerie satellitaire et des appareils GPS. Ils ne disposent souvent pas des compétences nécessaires en SIG pour pouvoir traiter et analyser les données géographiques produites par ces instruments. De façon prioritaire, cet article suggère ainsi de mettre en place des programmes de formation technique dans ce domaine précis. Cependant, le développement de la formation et de l'apprentissage n'est pas toujours facile. Van Wassenhove (2006) explique qu'il est capital pour les organisations de secours de disposer de suffisamment de ressources financières en amont des catastrophes afin de pouvoir investir dans les technologies et de préparer les acteurs humanitaires. Roux-Dufort (2003) ajoute que le développement de la formation et de l'apprentissage peut être entravé par certaines barrières organisationnelles comme les tentatives de préservation des routines ou les croyances individuelles et collectives. Dans ce contexte, notre

travail incite à un changement profond dans la culture même des organisations humanitaires afin que celles-ci reconnaissent davantage l'importance des TIC avancées et des apprentissages techniques. Nos apports suggèrent par ailleurs la construction de liens formels et informels entre les organisations utilisatrices et les fournisseurs de TIC pour plusieurs raisons. Tout d'abord, cela permettrait aux organisations de secours de négocier les tarifs de ces technologies auprès des fournisseurs de solutions technologiques. En effet, l'article a souligné que le coût d'acquisition et d'utilisation de la plupart des TIC peut représenter une barrière importante pour de nombreux acteurs humanitaires. Ainsi, plusieurs accords-cadres facilitant l'accès aux technologies satellitaires en cas de catastrophe ont été mis en place au niveau international. C'est notamment le cas de la charte « espace et catastrophes majeures » et des programmes Copernicus Emergency Mapping et UNOSAT dans le secteur de l'imagerie. L'objectif principal de la charte est d'offrir un accès gratuit à des images satellites de haute résolution à tout pays touché par une catastrophe (Ito 2005). Ces différents mécanismes institutionnels permettent d'accéder facilement, rapidement et surtout gratuitement à des images et à des cartes satellites de haute résolution en cas de catastrophe. Pour Bessis, Béquignon, et Mahmood (2004), les accords internationaux mis en place dans le domaine de l'imagerie et de la cartographie satellitaire ont démontré leur efficacité au cours des différentes catastrophes qui sont survenues dans les années 2000. Cette technologie est devenue plus accessible grâce à des procédures facilitées et, surtout, une mise à disposition gratuite en cas de catastrophe. Plusieurs initiatives similaires ont également été lancées dans le secteur des télécommunications d'urgence. Ensuite, cet article propose de développer les interconnexions entre ces deux communautés d'acteurs afin de permettre aux fournisseurs de technologies de mieux connaître les besoins réels des organisations humanitaires, c'est-à-dire les caractéristiques techniques valorisées par ces dernières et celles qui ne le sont pas. Ainsi, l'accroissement des liens permettrait de proposer des outils plus faciles d'utilisation, plus intuitifs et qui répondent mieux aux besoins opérationnels des humanitaires (des images plus détaillées et déjà pré-analysées, des télécommunications satellitaires plus rapides, etc.).

Conclusion

Cette contribution identifie et discute quatre grandes catégories de technologies pouvant être utilisées dans les chaînes logistiques humanitaires. Les organisations de secours peuvent tout d'abord mobiliser des technologies

d'imagerie afin de visualiser les différentes zones d'une catastrophe à partir d'avions, de satellites ou de drones. Elles peuvent également solliciter des technologies d'identification et de positionnement prenant la forme de codes-barres, de puces électroniques ou de dispositifs satellitaires pour obtenir des informations sur l'emplacement et les déplacements des flux logistiques. Nous avons ensuite identifié plusieurs technologies de télécommunication telles que les téléphones portables, les radios et les télécommunications satellitaires permettant d'assurer des échanges entre les acteurs humanitaires déployés sur le terrain. Enfin, des plateformes numériques d'information comme les réseaux sociaux ou certaines interfaces professionnelles sont de plus en plus utilisés pour consulter et partager des informations sur l'actualité des opérations en cours, notamment sur un plan logistique.

Ces outils sont particulièrement utiles pour accroître la visibilité et la performance opérationnelle des chaînes logistiques humanitaires en facilitant l'évaluation des besoins, la coordination entre les acteurs, le transport régional, la distribution de l'aide aux populations ou encore la sécurité des opérations. Cependant, un certain nombre de difficultés techniques et humaines, comme le manque de précision des images satellites ou l'insuffisance des compétences des acteurs dans les domaines techniques, sont susceptibles de limiter leur utilisation. Pour y répondre, nous proposons d'accroître la formation des acteurs humanitaires, notamment dans le domaine des SIG, et de développer les contacts et les liens entre ces organisations et les fournisseurs de TIC afin de réduire le coût des outils et que ceux-ci correspondent mieux aux besoins réels des utilisateurs. Cependant, les ONG se distinguent par des cultures organisationnelles fortes marquées par des pratiques, des postures et des idéologies souvent profondément ancrées dans les consciences individuelles. Elles sont donc parfois réticentes à l'innovation. Dans ce contexte, le développement technologique dans les organisations humanitaires nécessite une plus grande prise en compte de l'importance de l'acquisition et de l'utilisation des TIC en appui des opérations.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de plusieurs collaborations scientifiques impliquant le MIT (Humanitarian Response Lab), Harvard (Harvard Humanitarian Initiative), la Croix-Rouge française et le Centre national d'études spatiales. Nous remercions également le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) qui a financé une partie de ce projet de recherche.

Déclaration

Les auteurs confirment qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

Les auteurs

François-Xavier Delmonteil est titulaire d'un doctorat de l'École polytechnique portant sur le rôle des technologies géospatiales dans les chaînes logistiques d'urgence. Il est chercheur associé au sein de l'Observatoire canadien sur les crises et l'aide humanitaires (OCCAH) et à HEC Montréal (groupe de recherche CHAINE). Ses travaux portent notamment sur l'apport des technologies de l'information et de la communication dans les opérations de secours.

Marie-Ève Rancourt est professeure en gestion des opérations et de la logistique à HEC Montréal. Elle est aussi affiliée au Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprises, la logistique et le transport (CIRRELT), au Massachusetts Institute of Technology (MIT) et membre de l'Observatoire canadien sur les crises et l'action humanitaire (OCCAH). Ses intérêts de recherche portent sur l'analyse et l'optimisation de systèmes logistiques et de transport. Elle se concentre sur la résolution de problèmes pratiques dans le contexte de l'aide humanitaire et de projets de développement. Elle applique principalement des techniques basées sur la recherche opérationnelle et sur la science des données pour étudier et améliorer des systèmes opérationnels qui ont des impacts importants sur le bien-être de personnes vulnérables ou sur le développement économique. Elle a complété un Ph.D. en administration et une M.Sc. en modélisation et décision à HEC Montréal, ainsi qu'un B.Sc. en mathématiques à l'Université de Montréal.

Références

- Altan, O., R. Backhaus, P. Boccardo, and S. Zlatanova. 2010. *Geoinformation for Disaster and Risk Management: Examples and Best Practices*. Vienne, Autriche: Joint Board of Geospatial Information Societies.
- Asadi, S. 2011. "Logistics System: Information and Communication Technology." In *Logistics Operations and Management*, edited by R. Z. Farahani, S. Rezapour, and L. Kardar, 221–245. Londres: Elsevier.
- Autry, C. W., and L. M. Bobbitt. 2008. "Supply Chain Security Orientation: Conceptual Development and a Proposed Framework." *The International Journal of Logistics Management* 19 (1): 42–64. doi:10.1108/09574090810872596.
- Aziz, Z., F. Peña-Mora, A. Chen, and T. Lantz. 2009. "Supporting Urban Emergency Response and Recovery Using RFID-based Building Assessment." *Disaster Prevention and Management* 18 (1): 35–48. doi:10.1108/09653560910938538.
- Basole, R. C., and M. A. Bellamy. 2014. "Supply Network Structure, Visibility, and Risk Diffusion: A Computational Approach." *Decision Sciences* 45 (4): 753–789. doi:10.1111/dec.12099.
- BCAH. 2014. *Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Response*. OCHA Policy and studies series. New York: OCHA Policy Development and Studies Branch (PDSB).
- Bendea, H., P. Boccardo, S. Dequal, F. Giulio Tonolo, D. Marenchino, and M. Piras. 2008. "Low Cost UAV for Post-Disaster Assessment". Proceedings of The XXI

- Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Pékin, 3–11 Juillet.
- Bessis, J. L., J. Béquignon, and A. Mahmood. 2004. "The International Charter 'Space and Major Disasters' Initiative." *Acta Astronautica* 54 (3): 183–190. doi:10.1016/S0094-5765(02)00297-7.
- Butenuth, M., D. Frey, A. A. Nielsen, and H. Skriver. 2011. "Infrastructure Assessment for Disaster Management Using Multi-Sensor and Multi-Temporal Remote Sensing Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 32 (23): 8575–8594. doi:10.1080/01431161.2010.542204.
- Camara, D. 2014. "Cavalry to the Rescue:Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios". Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, Antibes Juan-les-Pins, 16–19 Novembre, pp. 1–4.
- Caragea, C., N. McNeese, A. Jaiswal, G. Traylor, H.-W. Kim, P. Mitra, D. Wu, et al. 2011. "Classifying Text Messages for the Haiti Earthquake." Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference, Lisbonne, May.
- Caridi, M., L. Crippa, A. Perego, A. Sianesi, and A. Tumino. 2010. "Do Virtuality and Complexity Affect Supply Chain Visibility?" *International Journal of Production Economics* 127 (2): 372–383. doi:10.1016/j.ijpe.2009.08.016.
- Chapman, M. A., and J. Li. 2008. "Terrestrial Mobile Mapping Towards Real-Time Geospatial Data Collection." In *Geospatial Information Technology for Emergency Response*, edited by S. Zlatanova and J. Li, Vol. 6, CRC Press, 103–119. Londres: Taylor & Francis Group.
- Chow, H. K. H., K. L. Choy, W. B. Lee, and F. T. S. Chan. 2007. "Integration of Web-Based and RFID Technology in Visualizing Logistics Operations - a Case Study." *Supply Chain Management* 12 (3): 221–234. doi:10.1108/13598540710742536.
- Closs, D. J., and E. F. McGarrell. 2004. *Enhancing Security Throughout the Supply Chain*. Washington, DC: IBM Center for the Business of Government.
- Comfort, L. K. 2007. "Crisis Management in Hindsight: Cognition, Communication, Coordination, and Control." *Public Administration Review* 67 (1): 189–197. doi:10.1111/puar.2007.67.issue-s1.
- Conti, J. P. 2008. "Here, There and Everywhere [Emergency Communication]." *Engineering & Technology* 3 (14): 72–75.
- Cutter, S. L. 2003. "GI Science, Disasters, and Emergency Management." *Transactions in GIS* 7 (4): 439–446. doi:10.1111/tgis.2003.7.issue-4.
- Cutter, S. L., L. Barnes, M. Berry, C. Burton, E. Evans, E. Tate, and J. Webb. 2008. "A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters." *Global Environmental Change* 18 (4): 598–606. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013.
- Delmonteil, F.-X., and M.-É. Rancourt. 2017. "The Role of Satellite Technologies in Relief Logistics." *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management* 7 (1): 57–78. doi:10.1108/JHLSCM-07-2016-0031.
- Dischinger, J. 2006. "The Emerging Supply Chain Management." *Supply Chain Management Review* 10 (1): 62.
- Drake, M. J., and J. T. Schlachter. 2008. "A Virtue-Ethics Analysis of Supply Chain Collaboration." *Journal of Business Ethics* 82 (4): 851–864. doi:10.1007/s10551-007-9597-8.
- Dubois, C., M. Avignon, et P. Escudier. 2014. *Observer la Terre depuis l'espace : Enjeux des données spatiales pour la société*. Paris : Dunod.
- FICR. 2013. *World Disaster Report:Focus on technology and the future of humanitarian action*. Genève: Report of the International Federation of Red Cross And Red Crescent Societies.
- Fuhrmann, S., MacEachren, A. and Cai, G. 2008. "Geoinformation Technologies to Support Collaborative Emergency Management." In *Digital Government*, edited by H. Chen, L. Brandt, V. Gregg, R. Traunmueller, S. Dawes, E. Hovy, A. Macintosh, and C. A. Larson, 395–420. New York: Springer.
- Garshnek, V., and F. M. Burkle. 1999. "Applications of Telemedicine and Telecommunications to Disaster Medicine." *Journal of the American Medical Informatics Association* 6 (1): 26–37. doi:10.1136/jamia.1999.0060026.
- GeoTribu. 2013. «De l'usage des drones pour la cartographie d'urgence : potentialités et limites», consulté sur : <http://geotribu.net/node/682>.
- Glickman, T. S., and S. C. White. 2006. "Security, Visibility and Resilience: The Keys to Mitigating Supply Chain Vulnerabilities." *International Journal of Logistics Systems and Management* 2 (2): 107–119. doi:10.1504/IJLSM.2006.009554.
- Goodchild, M. F. 2007. "Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography." *GeoJournal* 69 (4): 211–221. doi:10.1007/s10708-007-9111-y.
- Gourlay, C. 2000. «Des partenaires distants : la coopération civilo-militaire dans les interventions humanitaires.» *Forum Du Désarmement* 3 : 35–48.
- Harris, A., and P. Dombrowski. 2002. "Military Collaboration with Humanitarian Organizations in Complex Emergencies." *Global Governance* 8 (2): 155–178.
- Holguín-Veras, J., M. Jaller, L. N. Van Wassenhove, N. Pérez, and T. Wachtendorf. 2012. "On the Unique Features of Post-Disaster Humanitarian Logistics." *Journal of Operations Management* 30 (7–8): 494–506. doi:10.1016/j.jom.2012.08.003.
- Hughes, A. L., and A. H. Tapia. 2015. "Social Media in Crisis: When Professional Responders Meet Digital Volunteers." *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 12 (3): 679–706. doi:10.1515/jhsem-2014-0080.
- Ichoua, S. 2010. "Humanitarian Logistics Network Design for an Effective Disaster Response." Proceedings of the 7th International ISCRAM Conference, Seattle, Washington, May, pp. 14–17.
- Ito, A. 2005. "Issues in the Implementation of the International Charter on Space and Major Disasters." *Space Policy* 21 (2): 141–149. doi:10.1016/j.spacepol.2005.02.003.
- Joyce, K. E., S. E. Belliss, S. V. Samsonov, S. J. McNeill, and P. J. Glassey. 2009. "A Review of the Status of Satellite Remote Sensing and Image Processing Techniques for Mapping Natural Hazards and Disasters." *Progress in Physical Geography* 33 (2): 183–207. doi:10.1177/0309133309339563.
- Kaiser, R., P. B. Spiegel, A. K. Henderson, and M. L. Gerber. 2003. "The Application of Geographic Information Systems and Global Positioning Systems in Humanitarian Emergencies: Lessons Learned, Programme Implications and Future Research." *Disasters* 27 (2): 127–140. doi:10.1111/disa.2003.27.issue-2.
- Koudelka, O., and P. Schrotter. 2007. "Satellite Services for Disaster Management and Security Applications." *Acta Astronautica* 60 (12): 986–991. doi:10.1016/j.actaastro.2006.10.005.
- Lee, H. L. 2004. "Supply Chain Security-Are You Ready." Stanford Global Supply Chain Management Forum.
- Manfré, L. A., E. Hirata, J. B. Silva, E. J. Shinohara, M. A. Giannotti, A. P. C. Larocca, and J. A. Quintanilha. 2012. "An Analysis of Geospatial Technologies for Risk and Natural Disaster Management." *ISPRS International*

- Journal of Geo-Information* 1 (2): 166–185. doi:10.3390/ijgi1020166.
- Manuj, I., and J. T. Mentzer. 2008. "Global Supply Chain Risk Management." *Journal of Business Logistics* 29 (1): 133–155. doi: 10.1002/jbl.2008.29.issue-1.
- Matsuoka, M., and F. Yamazaki. 2004. "Use of Satellite SAR Intensity Imagery for Detecting Building Areas Damaged Due to Earthquakes." *Earthquake Spectra* 20 (3): 975–994. doi:10.1193/1.1774182.
- McEntire, D. A. 1999. "Issues in Disaster Relief: Progress, Perpetual Problems and Prospective Solutions." *Disaster Prevention and Management: An International Journal* 8 (5): 351–361. doi:10.1108/09653569910298279.
- Meier, P. 2015. "Drones and Disaster Response." In *Drones and Aerial Observation: New Technologies for Property Rights, Human Rights, and Global Development*, edited by K. Kakaes. Washington, DC: New America Foundation.
- Melville, N., K. Kraemer, and V. Gurbaxani. 2004. "Review: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of It Business Value." *MIS Quarterly* 28 (2): 283–322. doi:10.2307/25148636.
- Niemeyer, A., M. H. Pak, and S. E. Ramaswamy. 2003. "Smart Tags for Your Supply Chain." *The McKinsey Quarterly* 4: 6–8.
- Nollet, J., M. R. Leenders, H. E. Fearon, and A. E. Flynn. 2006. *La gestion des approvisionnements et des matières*. 3e ed. Montréal: Gaëtan Morin.
- Norris, F. H., S. P. Stevens, B. Pfefferbaum, K. F. Wyche, and R. L. Pfefferbaum. 2008. "Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities, and Strategy for Disaster Readiness." *American Journal of Community Psychology* 41 (1–2): 127–150. doi:10.1007/s10464-007-9156-6.
- Oh, E. S. 2003. "Information and Communication Technology in the Service of Disaster Mitigation and Humanitarian Relief." Proceedings of the 9th IEEE Asia-Pacific Conference on Communications, Vol. 2, Penang, Malaysia, September 21–24, pp. 730–733.
- Peck, H. 2006. "Reconciling Supply Chain Vulnerability, Risk and Supply Chain Management." *International Journal of Logistics Research and Applications* 9 (2): 127–142. doi:10.1080/13675560600673578.
- Pettit, S. J., and A. K. C. Beresford. 2005. "Emergency Relief Logistics: An Evaluation of Military, Non-Military and Composite Response Models." *International Journal of Logistics Research and Applications* 8 (4): 313–331. doi:10.1080/13675560500407325.
- Prakash, S. S., and M. N. Kulkarni. 2003. "Fleet Management: A GPS-GIS Integrated Approach." Proceedings of the Map India Conference, New Delhi, January 28–31.
- Rice, J. B., and Y. Sheffi. 2005. "A Supply Chain View of the Resilient Enterprise." *MIT Sloan Management Review* 47 (1): 41–48.
- Roux-Dufort, C. 2003. *Gérer et décider en situation de crise*. deuxième ed. Paris: Dunod.
- Roy, P., P. Albores, and C. Brewster. 2012. "Logistical Framework for Last Mile Relief Distribution in Humanitarian Supply Chains: Considerations from the Field." Proceedings of the International Conference on Manufacturing Research, Birmingham, 11–13 Septembre.
- Ruel, S., L. Ouabouch, and S. Shaaban. 2017. "Supply Chain Uncertainties Linked to Information Systems: A Case Study Approach." *Industrial Management & Data Systems* 117 (6): 1093–1108. doi:10.1108/IMDS-07-2016-0264.
- Saito, K., R. J. Spence, C. Going, and M. Markus. 2004. "Using High-Resolution Satellite Images for Post-Earthquake Building Damage Assessment: A Study following the 26 January 2001 Gujarat Earthquake." *Earthquake Spectra* 20 (1): 145–169. doi:10.1193/1.1650865.
- Sarathy, R. 2006. "Security and the Global Supply Chain." *Transportation Journal* 45 (4): 28–51.
- Sarcevic, A., L. Palen, J. White, K. Starbird, M. Bagdouri, and K. Anderson. 2012. "Beacons of Hope in Decentralized Coordination: Learning from On-The-Ground Medical Twitterers during the 2010 Haiti Earthquake." Proceedings of the 2012 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Bellevue, WA, February 11–15, pp. 47–56.
- Sheffi, Y. 2001. "Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism." *International Journal of Logistics Management* 12 (2): 1–11. doi:10.1108/09574090110806262.
- Sheffi, Y. 2005. "Building a Resilient Supply Chain." *Harvard Business Review* 1 (8): 1–4.
- Sheu, J.-B. 2007. "An Emergency Logistics Distribution Approach for Quick Response to Urgent Relief Demand in Disasters." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43 (6): 687–709. doi:10.1016/j.tre.2006.04.004.
- Sheu, J.-B. 2010. "Dynamic Relief-Demand Management for Emergency Logistics Operations under Large-Scale Disasters." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 46 (1): 1–17. doi:10.1016/j.tre.2009.07.005.
- Soden, R., and L. Palen. 2014. "From Crowdsourced Mapping to Community Mapping: The Post-Earthquake Work of Openstreetmap Haiti." Proceedings of the 11th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 27–30 May, Nice: Springer, pp. 311–326.
- Starbird, K. 2011. "Digital Volunteerism during Disaster: Crowdsourcing Information Processing." Proceedings of the 2011 Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, Canada, May 07–12, pp. 1–4.
- Starbird, K., J. Maddock, M. Orand, P. Achterman, and R. M. Mason. 2014. "Rumors, False Flags, and Digital Vigilantes: Misinformation on Twitter after the 2013 Boston Marathon Bombing." Proceedings of the 2014 iConference, Berlin, Germany, March 4–7.
- Sutton, J., L. Palen, and I. Shklovski. 2008. "Backchannels on the Front Lines: Emergent Uses of Social Media in the 2007 Southern California Wildfires." Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference, Washington, DC, May 4–7, pp. 624–632.
- Tapia, A. H., K. Bajpai, B. J. Jansen, J. Yen, and L. Giles. 2011. "Seeking the Trustworthy Tweet: Can Microblogged Data Fit the Information Needs of Disaster Response and Humanitarian Relief Organizations." Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference, Lisbon, Portugal, May 8–11, pp. 1–10.
- Tapia, A. H., N. LaLone, and H.-W. Kim. 2014. "Run Amok: Group Crowd Participation in Identifying the Bomb and Bomber from the Boston Marathon Bombing." Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference, Pennsylvania, May 18–21.
- Tatham, P. 2009. "An Investigation into the Suitability of the Use of Unmanned Aerial Vehicle Systems (UAVS) to Support the Initial Needs Assessment Process in Rapid Onset Humanitarian Disasters." *International Journal of Risk Assessment and Management* 13 (1): 60–78. doi: 10.1504/IJRAM.2009.026391.
- Thomas, A. 2003. *Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response*. San Francisco, CA: Fritz Institute.
- Thomas, A., and L. R. Kopczak. 2005. "From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector." *Fritz Institute* 15: 1–15.
- Thompson, D. L. 2011. "An Integrated System for Disaster Preparedness and Response." *Journal of Business Continuity & Emergency Planning* 5 (2): 118–127.

- UIT. 2005. "ITU Strategy and Policy Unit News Update - Monthly News Flash." février 2005, Issue 14. Genève: International Telecommunications Union.
- UNITAR. 2012. "Overview 2011, UNOSAT Rapid Mapping Service." Genève: Rapport of the United Nations Institute for Training and Research.
- Van Wassenhove, L. 2006. "Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear." *Journal of the Operational Research Society* 57 (5): 475–489. doi: [10.1057/palgrave.jors.2602125](https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602125).
- Van Wassenhove, L. N., and A. J. Pedraza Martinez. 2012. "Using OR to Adapt Supply Chain Management Best Practices to Humanitarian Logistics." *International Transactions in Operational Research* 19 (1–2): 307–322. doi: [10.1111/itor.2012.19.issue-1-2](https://doi.org/10.1111/itor.2012.19.issue-1-2).
- Varvas, S., and B. McKenna. 2013. "Learning the Communication Lessons of the Port-au-Prince Earthquake Relief Effort." *Journal of Technical Writing & Communication* 43 (1): 43–61. doi: [10.2190/TW.43.1.c](https://doi.org/10.2190/TW.43.1.c).
- Vega, D. 2012. "Logistique Humanitaire : Entre Développement Et Urgence." *Supply chain magazine*, No. 70, pp. 88–89.
- Wagner, S. M., A. C. H. Skorna, and C. Bode. 2009. "Technology-Enabled Risk Management along the Transport Logistics Chain." In *Managing Risk and Security: The Safeguard of Long-Term Success for Logistics Service Providers*, edited by S. M. Wagner and C. Bode, 197–220. Berne: Haupt.
- Welty, B., and I. Becerra-Fernandez. 2001. "Managing Trust and Commitment in Collaborative Supply Chain Relationships." *Communications of the ACM* 44 (6): 67–73. doi:[10.1145/376134.376170](https://doi.org/10.1145/376134.376170).
- Yang, H., L. Yang, and S.-H. Yang. 2011. "Hybrid Zigbee RFID Sensor Network for Humanitarian Logistics Centre Management." *Journal of Network and Computer Applications* 34 (3): 938–948. doi:[10.1016/j.jnca.2010.04.017](https://doi.org/10.1016/j.jnca.2010.04.017).
- Yates, D., and S. Paquette. 2011. "Emergency Knowledge Management and Social Media Technologies: A Case Study of the 2010 Haitian Earthquake." *International Journal of Information Management* 31 (1): 6–13. doi:[10.1016/j.ijinfomgt.2010.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.10.001).
- Zhang, D., L. Zhou, and J. F. Nunamaker. 2002. "A Knowledge Management Framework for the Support of Decision Making in Humanitarian Assistance/Disaster Relief." *Knowledge and Information Systems* 4 (3): 370–385. doi:[10.1007/s101150200012](https://doi.org/10.1007/s101150200012).
- Zhang, Y., and N. Kerle. 2008. "Satellite Remote Sensing for Near-Real Time Data Collection." In *Geospatial Information Technology for Emergency Response*, edited by S. Zlatanova and J. Li, Vol. 6, Taylor & Francis Group, 75–102. Londres, Royaume-Uni: CRC Press.
- Zimmermann, H. 1995. "The Use of Satellite Telecommunications in Disaster Relief Operations." *Acta Astronautica* 37: 437–446. doi:[10.1016/0094-5765\(95\)00063-6](https://doi.org/10.1016/0094-5765(95)00063-6).