

Les réseaux techniques urbains : des infrastructures essentielles pour la mise en place de stratégies de résilience

Damien Serre

DANS **SÉCURITÉ ET STRATÉGIE** 2015/1 (18), PAGES 28 À 35

ÉDITIONS **CLUB DES DIRECTEURS DE SÉCURITÉ DES ENTREPRISES**

ISSN 2101-4736

DOI 10.3917/sestr.018.0028

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://www.cairn.info/revue-securite-et-strategie-2015-1-page-28.htm>



CAIRN.INFO
MATIÈRES À RÉFLEXION

Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...

Flashez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Club des Directeurs de Sécurité des Entreprises.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Les réseaux techniques urbains : des infrastructures essentielles pour la mise en place de stratégies de résilience

Damien Serre

Parmi les multiples déclinaisons faites du concept de résilience, la résilience territoriale constitue un outil de plus en plus précieux pour les collectivités territoriales. Les catastrophes naturelles et technologiques qui touchent les villes françaises, à l'instar des récentes inondations dans le sud-ouest de la France, montrent en effet l'intérêt de mettre en œuvre une politique de résilience à différents échelons territoriaux. Damien Serre, Président fondateur de RESCUE Solutions, développe dans cet article le concept de résilience urbaine, partant du constat que les réseaux techniques jouent un rôle majeur dans la propagation des risques en milieu urbain et dans l'aggravation des effets. Analyser les dysfonctionnements des systèmes sociotechniques durant une catastrophe et leurs effets dans la diffusion du risque apparaît donc fondamental pour mettre en place une stratégie de résilience du territoire. Reste à préciser le cadre conceptuel de l'analyse, à développer des méthodes et des outils opérationnels pour les acteurs de la gestion des risques.

La ville concentre les activités, les biens et les personnes. Lorsqu'un événement survient (séisme, inondation, accident industriel, ou une combinaison de plusieurs aléas), le fonctionnement de la ville est généralement complètement perturbé, et, selon la gravité du phénomène, les effets de la crise peuvent se faire ressentir à une échelle beaucoup plus large. Ainsi, évaluer le niveau de résilience d'une ville face aux risques est une étape essentielle pour ensuite insuffler des politiques de résilience (Serre et al., 2013a).

Plusieurs causes compliquent aujourd'hui la gestion des risques en ville. Depuis 2007, la moitié de la population mondiale vit en milieu urbain, et l'on s'attend à ce que la population totale vivant en ville double dans les trente prochaines années. Ce taux de croissance justifierait la construction chaque semaine d'une nouvelle ville d'un million d'habitants¹. Cette urbanisation rapide soulève des enjeux majeurs liés à la maîtrise des risques en ville. Elle s'accompagne aussi généralement d'un étalement urbain important qui est à lui seul générateur de risques. D'un côté, cela aboutit à

► ¹ www.floodresiliencegroup.org

construire la ville dans des zones où les aléas sont plus forts, tandis que les réseaux techniques urbains ne sont plus adaptés et sous-dimensionnés (Gourbesville, 2008). De surcroît, cette urbanisation rapide se double d'un changement climatique annoncé, dont les effets se font déjà ressentir. Si leur gravité varie selon les scénarios d'élévation de la température proposés par les experts de *l'International Panel on Climate Change* (IPCC), certaines conséquences sont inévitables. Quel que soit le scénario retenu, on assistera à une augmentation de la fréquence et de la sévérité des précipitations, ainsi qu'à une récurrence d'épisodes de canicule et de sécheresse comme en 2003. Aussi, le changement climatique, combiné à la concentration des biens et des personnes en milieu urbain, laisse présager des événements dévastateurs pour les années à venir. Par exemple, le risque d'inondation devrait augmenter de manière significative : le coût économique du risque d'inondation devrait atteindre dans le monde la valeur de 100 milliards d'euros par an à la fin du siècle. Environ 75 % de ces dommages seraient recensés en milieu urbain. Pour les épisodes de canicules et de sécheresse, les villes, souvent peu végétalisées, et donc avec peu de refroidissement la nuit, subissent directement les effets néfastes de ces phénomènes d'îlots de chaleur.

Il résulte de ces phénomènes sociaux une vulnérabilité accrue non seulement aux événements extrêmes, mais aussi à des événements considérés comme courants par le passé. En conséquence, de nouvelles stratégies de gestion des risques en milieu urbain doivent être envisagées (Serre et al., 2013b) pour anticiper des scénarios que les modèles probabilistes jugent extrêmes ou rares (Zevenbergen et Cashman, 2011), même s'ils sont basés sur ces données incertaines, incomplètes et imprécises. Cette gestion intégrée doit intervenir à plusieurs échelles spatiales et temporelles. L'enjeu est bien d'augmenter la rési-

lience de la ville face aux risques, mais aussi de concevoir les nouveaux quartiers urbains ou les nouvelles villes en considérant tous ces enjeux : certains urbanistes prônent la transformation des aléas, vécus comme un événement négatif, en une opportunité urbaine. Il s'agit ici de concevoir la ville adaptée aux risques (Balsells et al., 2014).

La propagation du risque

Les réseaux techniques en ville face aux défis du XXI^{ème} siècle

Le développement et la dépendance des villes aux réseaux techniques urbains impliquent une certaine forme d'urbanisation, qualifiée de « réticulaire » (Dupuy, 1991). Ainsi, l'organisation des réseaux n'est-elle pas seulement celle d'un système technique, mais elle implique l'organisation d'un espace selon ses principes de fonctionnement. Cette forme d'urbanisation est à l'origine de la diffusion des risques en ville.

En effet, le développement des réseaux techniques s'intensifie au milieu du XIX^{ème} siècle sous l'impulsion d'Eugène Belgrand pour la gestion des eaux. Les réseaux deviennent rapidement des axes de développement et de connexion de plus en plus complexes sous forme de réseaux maillés interdépendants. Au XX^{ème} siècle, les transports en commun, les réseaux de distribution d'électricité, de gaz, de téléphonie, de fibre optique, de chauffage urbain, de gestion des déchets, etc., viennent complexifier la structure de ce maillage ainsi que les relations d'interdépendance.

Aujourd'hui, les réseaux techniques urbains sont très sensibles. Le fonctionnement de la ville dépend en grande partie du fonctionnement des réseaux. La moindre défaillance peut avoir des conséquences en cascade sur le fonctionnement urbain (Robert et Morabito, 2009). De la même manière, à l'échelle planétaire, la défaillance des réseaux techniques d'une ville, peut avoir des

conséquences mondiales. Deux exemples illustrent cette sensibilité. Lors de la chute des tours du *World Trade Center* à New York en 2001, des pannes du *web* ont été observées en Afrique du Sud, en Allemagne, en Italie et en Roumanie. Un *blackout* du réseau électrique italien le 28 septembre 2003 a privé d'électricité 57 millions d'Italiens. L'opérateur a peiné à remettre le système en route à cause de la défaillance du réseau de télécommunications dépendant du réseau électrique.

Les exemples de ce type sont nombreux dans le monde. Ce type de défaillance des réseaux techniques, - dits vitaux, essentiels ou critiques (Robert et Morabito, 2009) - et leurs effets, montrent la sensibilité des réseaux à tous types d'aléas, qu'il s'agisse de l'erreur humaine, d'aléas géopolitiques comme les attentats, jusqu'aux aléas technologiques et naturels.

Les réseaux techniques urbains doivent être rendus plus sûrs au cours du XXI^{ème} siècle pour éviter ce type de défaillances. Mais, du fait de l'enchevêtrement des réseaux, de leur extension tentaculaire et d'une extrême concentration de certains nœuds, augmenter la résilience des réseaux est très difficile, d'autant plus que l'interconnexion et l'interdépendance de l'ensemble de ces réseaux ont abouti à la création d'un macro-réseau, reliant le monde entier à partir d'une extrême concentration en ville.

Les réseaux techniques : des infrastructures essentielles

Le changement climatique devrait aboutir à des situations de risque plus extrêmes et plus courantes dans les années à venir, ce qui causera à l'environnement urbain un certain nombre de dysfonctionnements physiques (endommagement), socio-économiques, organisationnels et fonctionnels (capacité de la ville à fonctionner en mode dégradé et à se reconstruire en s'adaptant).

La relation entre les réseaux techniques urbains et la question du risque d'inondations remonte à l'époque gréco-romaine. Depuis cette époque, l'objectif recherché consistait à collecter l'eau urbaine le plus rapidement possible, et à l'évacuer en dehors de la ville. Aujourd'hui, la croissance rapide des villes n'a pas permis la construction de nouveaux réseaux performants, et les anciens réseaux sont sous-dimensionnés pour assurer un drainage urbain efficace. Ces problèmes techniques, couplés à des problèmes financiers, ne permettent pas la remise à niveau de ces réseaux. Il convient de développer des technologies pour mieux connaître les réseaux et préparer la ville à l'inondation (Gourbesville, 2008).

L'analyse des retours d'expériences de villes ayant subi des aléas montre à la fois une dépendance du fonctionnement urbain à ses réseaux techniques et une diffusion des effets des aléas via ces mêmes réseaux. Il ressort de diverses études sur les réseaux techniques urbains que ces réseaux sont à la fois vulnérables face aux risques et propagateurs de cette vulnérabilité à cause de leurs interdépendances et de leurs extensions.

L'analyse du comportement des réseaux techniques urbains renvoie vers deux notions importantes et liées :

- La notion d'infrastructure critique (essentielle, vitale) : une infrastructure peut être définie comme un ensemble d'installations et de services nécessaires au fonctionnement de la ville (ASCE, 2009). Ces infrastructures sont jugées critiques si leur dysfonctionnement menace la sécurité, l'économie, le mode de vie et la santé publique d'une ville, d'une région voire même d'un Etat. Ces infrastructures critiques ont la spécificité de dépasser les frontières géographiques, politiques, culturelles et organisationnelles (Boin et McConnell, 2007) ;
- La notion d'interdépendance des réseaux : la plupart de ces infrastructures critiques inter-

agissent. Or, ces interactions sont souvent complexes et méconnues, car elles dépassent les limites du système en question. L'analyse des interdépendances requiert de changer d'échelle pour analyser les composants d'un système (échelle fine), puis les relations entre les systèmes (échelle plus large).

Dans le cadre de l'analyse des infrastructures critiques interdépendantes, on peut distinguer deux types d'interactions :

- les interactions au sein d'une seule infrastructure critique, comme par exemple au sein du réseau d'énergie, du réseau d'assainissement, ou du réseau routier ;
- les interactions entre les infrastructures critiques (McNally et Lee, 2007), ce qui aboutit à l'analyse du réseau de réseaux, c'est-à-dire le macro-réseau.

Ainsi, l'infrastructure critique est d'abord analysée comme un système à part entière, puis, à une échelle plus large comme un système d'infrastructures critiques (macro-réseau). À titre d'exemple, dans le cas d'une inondation en milieu urbain, des infrastructures critiques interdépendantes peuvent entraîner le scénario suivant :

- 1- on peut concevoir que de fortes pluies sur un milieu physique très urbanisé provoquent une inondation par surcharge des réseaux d'eau pluviale ;
- 2- les réseaux étant interdépendants, les réseaux de transport seront alors perturbés par immersion de leurs voies ;
- 3- cette immersion perturbera alors la population dans ses déplacements tout comme l'activité économique ;
- 4- de même, les voies, en se comportant comme le lit d'une rivière, permettront aux eaux d'atteindre les habitations et l'ensemble des composants

urbains comme les infrastructures publiques qui assurent certaines fonctions urbaines.

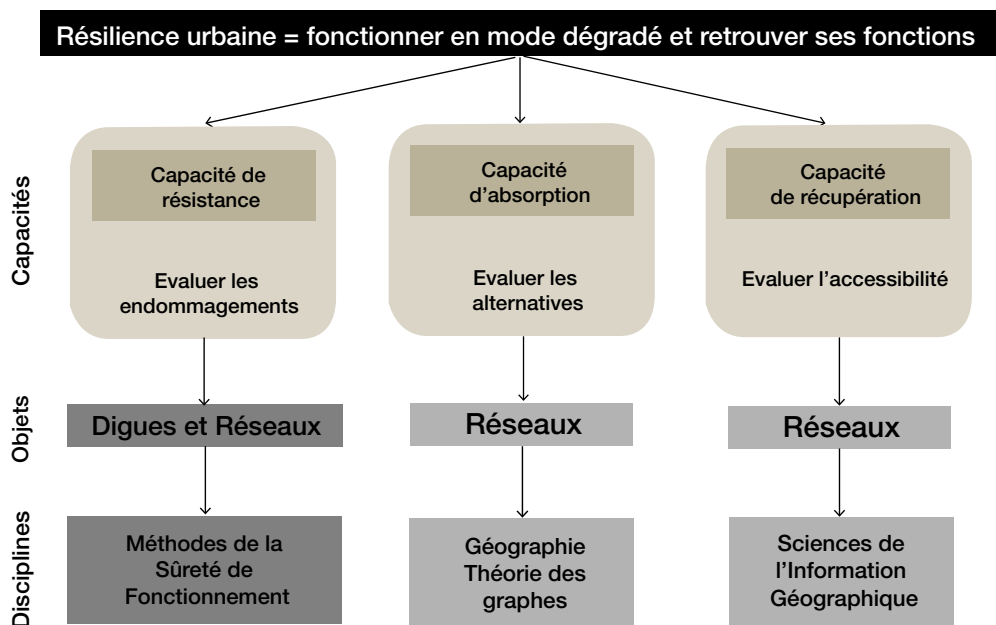
En vue de l'amélioration de la résilience des villes, les réseaux techniques ont déjà été identifiés comme points d'entrée des défaillances (Serre et al., 2014), et constituent donc les systèmes sur lesquels se focaliseront les mesures techniques et de gestion. En effet, les réseaux se comportent à la fois comme des propagateurs de la défaillance de par leur extension géographique et leurs interdépendances, et sont en même temps essentiels à la reconstruction (Felts, 2005). Les réseaux sont ainsi le système nerveux de la ville dans lequel la moindre défaillance peut entraîner des conséquences importantes sur l'ensemble du système urbain.

Construire des stratégies de résilience

Pour toutes ces raisons, les infrastructures critiques en réseaux doivent être considérées comme un levier important pour l'amélioration des conditions de résilience urbaine face aux divers aléas (naturels, technologiques et humains) et face aux conséquences du changement climatique. Pour construire une ville résiliente, il semble, dans un premier temps, nécessaire de rendre les réseaux techniques résilients. Notre approche vise à proposer des méthodes et des outils d'aide à la décision concernant les stratégies possibles d'amélioration de la résilience des réseaux.

Notre approche se veut systémique plutôt qu'analytique. Il est proposé d'étudier la résilience des réseaux techniques urbains pour étudier la résilience des territoires. A ce titre, trois capacités sont primordiales pour planifier la résilience des réseaux techniques et donc de la ville (Fig.1) :

❖ Figure 1. Les capacités à étudier pour la résilience des réseaux et des dispositifs de protection (Serre, 2011)



La capacité de résistance face à la perturbation

Il est question ici de déterminer l'endommagement matériel du réseau (et/ou des digues en cas d'inondation) à la suite de l'aléa. Ainsi, plus un système technique sera endommagé, plus la probabilité de dysfonctionnement du système dans son ensemble sera forte et plus il sera difficile de le remettre en service. Pour cela, l'utilisation de méthodes issues de la sûreté de fonctionnement permet de déterminer l'endommagement du système et de tenir compte des interdépendances entre les différents réseaux produisant des effets dominos.

La capacité d'absorption face à la perturbation

Il s'agit ici des alternatives pouvant être offertes par le réseau à la suite de la défaillance d'un ou de plusieurs de ses composants. Autrement dit, l'enjeu est d'étudier la configuration du réseau afin de caractériser sa redondance. Ce sont ces alternatives qui permettent la continuité du service et

le fonctionnement du réseau en mode dégradé. Les méthodes issues de la théorie des graphes seront utilisées ici.

La capacité de récupération

La récupération est une capacité essentielle pour la résilience d'un système. Pour un réseau, cette récupération peut tout simplement être le temps nécessaire à la remise en service de l'un de ses composants endommagés afin de retrouver un service normal. Ici, les aspects purement techniques sont conjugués à des aspects plus organisationnels. Néanmoins, au niveau des cas étudiés, les aspects analysés concernent l'accessibilité des services qui permettent la remise en état du réseau et les composants qui peuvent être potentiellement endommagés. L'objectif est d'utiliser des éléments d'analyse spatiale plutôt que des éléments organisationnels qui nécessitent beaucoup d'informations : les Sciences de l'Information Géographiques apportent des réponses.

Pourquoi évaluer la résilience selon ces trois capacités ?

Cette proposition de cadre conceptuel de l'évaluation de la résilience urbaine présente l'avantage de s'appuyer sur un modèle de ville vu comme un système et repose sur le concept même de résilience tel qu'il est défini dans d'autres disciplines :

- le modèle systémique urbain de diffusion du risque en ville par les infrastructures de protection et les réseaux techniques ;
- le concept de résilience et notamment ses principales caractéristiques telles que la redondance (capacité d'absorption du risque) et le rebond (capacité de récupération).

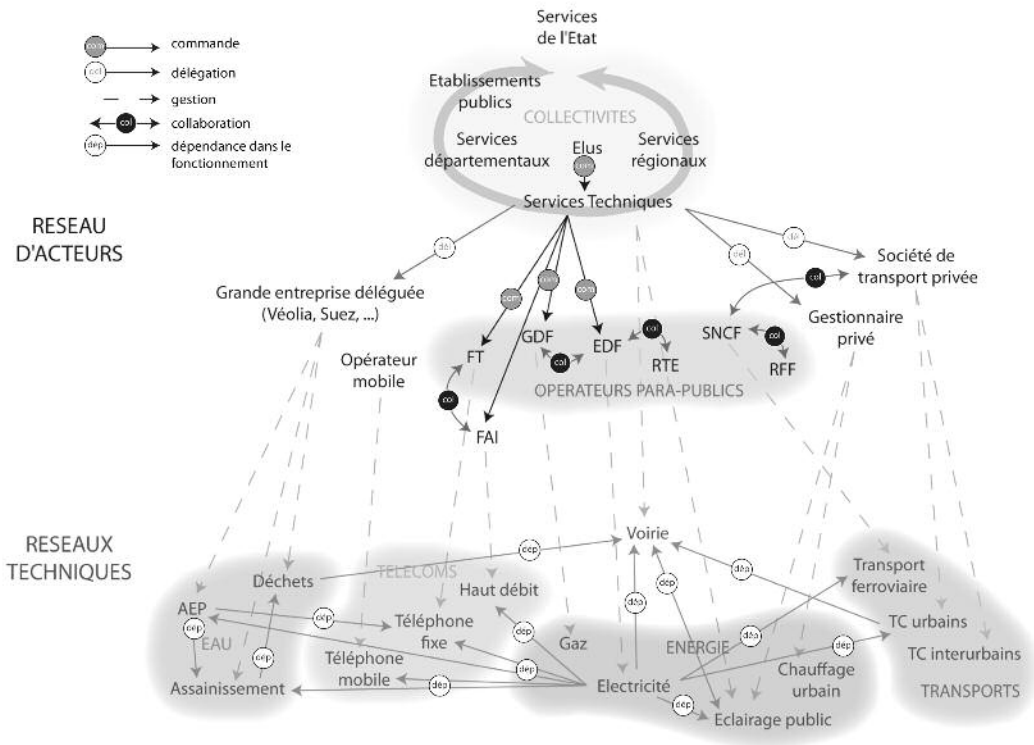
A ces capacités classiques nous rajoutons la capacité de résistance des infrastructures, capa-

cité essentielle liée plutôt à la performance et à la sécurité des ouvrages. Cette capacité est intégrée dans l'évaluation de la résilience car elle conditionne largement la capacité des réseaux à fonctionner en mode dégradé, puis la remise en service de ces infrastructures.

Ce modèle correspond à la définition de la résilience urbaine retenue ici. La résilience caractérise la capacité d'un système à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de cette perturbation. La résilience urbaine revêt ainsi deux dimensions :

- la capacité de la ville à fonctionner alors que certains des composants du système urbain sont perturbés ;
- la capacité de la ville à se reconstruire (retrouver ses fonctions ou les adapter) à la suite de cette perturbation.

❖ **Figure 2. Cartographie de l'interdépendance des acteurs et des réseaux techniques urbains (Toubin et al., 2014)**



Comment rendre opérationnelle la stratégie de résilience du territoire ?

Une approche collaborative pour l'amélioration de la résilience permet de répondre aux enjeux de la problématique. Le manque de démarche globale et d'adhésion des acteurs au concept et aux solutions à mettre en œuvre est ainsi comblé par un travail conjoint d'augmentation de la connaissance et de partage d'un diagnostic commun des points faibles de la ville. Le premier enjeu est alors l'acceptation des méthodes d'évaluation de la résilience avec notamment une bonne compréhension de la méthode scientifique. Une meilleure appropriation des outils d'évaluation de la résilience peut être favorisée par des jeux de rôles utilisant le modèle développé. Ainsi, la démarche permet à la fois la manipulation des outils et l'échange de rôles pour améliorer la compréhension des objectifs et contraintes de chaque partie prenante. Cette première étape devrait donc se dérouler lors d'ateliers rassemblant les scientifiques maîtrisant les méthodes d'analyse de la résilience des réseaux, des agents des services techniques de la ville et des gestionnaires des réseaux. Pour accroître encore la connaissance, pour préparer la mise en œuvre de solutions répondant aux problèmes identifiés précédemment, ou pour compléter la démarche par des outils collaboratifs à distance et asynchrones, on utilise des cartes d'argumentation. Chaque acteur peut y localiser des informations et des commentaires accessibles par tous les autres membres. Ils peuvent alors les compléter, répondre aux commentaires et construire ainsi un discours argumenté sur les points noirs, les interdépendances (Fig. 2 ci-contre) et les éventuelles mesures envisagées.

Conclusion

Le choix méthodologique privilégié pour proposer des stratégies de résilience urbaine a reposé sur une approche technico-fonctionnelle de la

résilience. Une approche technique puisque ce sont les systèmes techniques urbains qui ont été étudiés, une approche fonctionnelle car ces systèmes, selon leurs capacités de résistance, d'absorption et de récupération, peuvent augmenter les effets des catastrophes en milieu urbain et diffuser le risque au sein de la ville.

En plus de cette entrée technico-fonctionnelle, une approche transdisciplinaire, au service de la ville et de ses décideurs, a été développée, s'intéressant aux stratégies des acteurs de la gestion des risques, à diverses échelles. Ainsi, des outils d'aide à la décision ont été produits. Cette production d'outils a été rendue possible par l'utilisation de méthodes provenant de diverses sciences. Outre l'urbanisme, l'aménagement du territoire et la géographie, transdisciplinaires par nature, des méthodes provenant de la géographie des risques, des sciences de l'aide à la décision et des sciences de l'information géographique ont été mobilisées pour initier des plans d'action en faveur de la résilience des territoires. A titre d'exemple, ces approches ont été expérimentées ou sont en cours d'exploitation au sein d'un certain nombre de territoires comme le Val de Loire, Dublin, Bradford, Dordrecht, Trondheim, Hambourg, Mayence, Paris, Cahors (Barroca et al., 2014), la Nouvelle-Orléans... ■

Damien Serre,
Président fondateur de RESCUE Solutions

❖ Bibliographie

ASCE, *Guiding Principles for the Nation's Critical Infrastructure, États-Unis, American Society of Civil Engineers, 2009.*

M. Balsells, B. Barroca, J. Amdal, V. Becue, D. Serre,
«Application of the DS3 model to the stormwater sewerage system at the neighborhood level»,
Water Science and Technology, 10 p. 2014.

B. Barroca, D. Serre, P. Renoir, *Le défi écologique, levier de transformation de l'urbanisme commercial pp 205-211 In Du*

Far West à la ville, l'urbanisme commercial en questions (sous la direction de C. Garcez et D. Mangin) éditions Parenthèses, Collection: Grands territoires, 256 p., novembre 2014, ISBN 978-2-86364-236-8, 2014.

A. Boin, A. McConnell, «Preparing for Critical Infrastructure Breakdowns: The Limits of Crisis Management and the Need for Resilience», *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 15, Issue 1, p. 50-59, mars 2007.

G. Dupuy, *L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes*, Paris, Armand Colin, coll. «Géographie», 1991.

P. Gourbesville, «Challenges for integrated water resources management», *Physics and Chemistry of the Earth, Integrated Water Resources Management in a Changing World*, vol. 33, p. 284-289, 2008.

R.K McNally, S.W Lee, «Learning the critical infrastructure interdependencies through an ontology-based information system», *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 34, p. 1103-1124, 2007.

B. Robert, L. Morabito, *Réduire la vulnérabilité des infrastructures essentielles*, Paris, Tec et Doc-Lavoisier, 2009.
D. Serre, *La ville résiliente aux inondations. Méthodes et outils d'évaluation, Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches*, Université Paris-Est, 2011.

D. Serre, B. Barroca, R. Laganier, *Resilience and Urban Risk Management*, CRC Press Balkema, Taylor & Francis Group, ISBN 978-0-415-62147-2., 2013a.

D. Serre, B. Barroca, R. Laganier, *Natural hazard resilient cities, Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES), an Open Access Journal of the European Geosciences Union, Co-Editors of this Special Issue.*, 2013b.

D. Serre, B. Barroca, E. Duchemin, *City Resilience, S.A.P.I.E.N.S Journal (Surveys And Perspectives Integrating Environment & Society)*, Co-Editors of this Special Issue. 2014.

M. Toubin, R. Laganier, Y. Diab, and D. Serre, "Improving the Conditions for Urban Resilience through Collaborative Learning of Parisian Urban Services." *J. Urban Plann. Dev.*, 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000229, 05014021, 2014.

C. Zevenbergen, A. Cashman, *Urban Flood Management*, Londres, CRC Press/Balkema-Taylor and Francis Group, 2011.