

EVALUER LA RESILIENCE DES QUARTIERS PRECAIRES FACE AUX RISQUES D'INONDATIONS. LE CAS DU QUARTIER MAYTAR DE LA VILLE DE BOUSAADA

ASSESS THE RESILIENCE OF PRECARIOUS NEIGHBORHOODS FACING THE RISK OF FLOODS. THE CASE OF THE MAYTAR DISTRICT OF THE CITY OF BOUSAADA

Zouhair MAYOUF* ; Brahim NOUIBAT**

Soumis : le 15 mars 2022 Accepté : le 10 juin 2022

Résumé :

Ce travail porte sur l'analyse d'une partie des réseaux techniques urbains de la ville de Boussaâda, partant du postulat ces réseaux sont un préalable nécessaire à l'analyse de la résilience urbaine face aux inondations. Ce travail vise à élaborer une méthodologie en adoptant une approche globale pour analyser la résilience urbaine et à développer des outils permettant d'évaluer la résilience des quartiers précaires face au risque d'inondation, en se focalisant d'une part sur l'analyse de la particularité des capacités de la résilience (Absorber, Récupérer) de ces réseaux, d'autre part sur l'analyse des interdépendances entre les multiples acteurs responsables de la gestion des risques d'inondations.

Les résultats de ce travail constituent un outil d'aide à la décision dans le domaine d'évaluation de la résilience urbaine et de gestion des risques d'inondations dans la ville de Boussaâda.

Mots-clés: Quartier précaire, inondation, intégration urbaine, résilience urbaine, gestion des risques.

Abstract :

This work focuses on the analysis of part of the urban technical networks of the city of Boussaâda, based on the premise that these networks are a necessary prerequisite for the analysis of urban resilience to flooding. This work aims to develop a methodology by adopting a global approach to analyze urban resilience and to develop tools to assess the resilience of precarious neighborhoods to the risk of flooding, focusing on the one hand on the analysis of the particularity of the resilience capacities (Absorb, Recover) of these networks, on the other hand on the analysis of the interdependencies between the multiple actors responsible for flood risk management.

The results of this work constitute a decision support tool in the field of evaluation of urban resilience and flood risk management in the city of Boussaâda.

Keywords: Precarious neighborhoods, flood, urban integration, urban resilience, risk management.

* : **Zouhair MAYOUF** : Doctorant (Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Laboratoire Ville, Environnement, Société et Développement Durable, université de m'sila, Algérie), zz.mayouf@gmail.com

** : **Brahim NOUIBAT**: Professeur (Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Laboratoire Ville, Environnement, Société et Développement Durable, université de m'sila, Algérie), b_nouibat@yahoo.fr

INTRODUCTION

Aujourd'hui, les villes font face à des défis socio-environnementaux sans précédent. Les projections montrent que l'urbanisation, combinée à la croissance globale de la population mondiale, pourrait ajouter 2,5 milliards d'habitants supplémentaires aux zones urbaines d'ici 2050 (United Nations, 2018). Ainsi de 2001 à 2015 le coût total des catastrophes a été estimé à plus de 2000 milliards de dollars (Ubyrisk Consultants, 2016).

L'accroissement de la démographie associée à un manque d'espace de plus en plus criant entraînent de forts déséquilibres sociaux d'autre part, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques multiplie les destructions des systèmes urbains (Selouane et al., 2019). En parallèle, les systèmes urbains sont devenus de plus en plus complexes et les exigences en termes de sécurité n'ont cessé d'augmenter (Bourlier et al., 2021).

En outre, Le développement des villes, anarchique ou selon une apparente maîtrise [...], a contribué en tant que tel à augmenter les niveaux de risques à la fois par la concentration des enjeux, l'aménagement non adapté dans des zones dangereuses, et à aggraver les effets par une augmentation locale des niveaux d'aléas, et de la vulnérabilité (Serre, 2015). Mais, le résultat de l'urbanisation anarchique et non planifiée, a engendré l'apparition des bidonvilles ou des quartiers précaires ne bénéficiant pas des infrastructures de bases adéquates, devant un système de gestion des risques de nombreux acteurs initialement vulnérable.

C'est entre autres pourquoi le concept de résilience est devenu un des éléments centraux du Plan d'action de Hyogd pour 2005-2015 de la Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes des Nations Unies (UNISDR). Il est donc nécessaire d'aborder la résilience urbaine par le biais de problématiques transdisciplinaires comme l'articulation entre l'urbanisme et les risques, les réseaux face aux risques ou le rôle des acteurs (Toubin, 2014).

Dans cette communication, la résilience urbaine correspond à «la capacité d'une ville à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci.» (Lhomme et al., 2010). La résilience urbaine à cette échelle est alors vue comme un processus qui vise à améliorer la capacité d'adaptation des quartiers précaires face au risque d'inondation.

La ville de Bou Saada occupe les pentes des monts Ouled Nail au nord-est de l'Atlas saharien entre des blocs de montagne au nord et au nord-ouest ainsi qu'au sud et des zones basses au sud-est et à l'est. Il est situé au sud-ouest du bassin de Shot El Hodna, à la longitude est de 4,11° et à la latitude nord de 35,13° (URBA, 2005), (Figure 1).

De l'évolution historique des quartiers de Boussaâda il est devenu évident que l'expansion de ces quartiers n'a pas été retenue dans le schéma directeur qui identifie les règles de reconstruction. En conséquence, des quartiers non planifiés (chaotiques) sont apparus qui ne respectent pas les barrières entre l'espace urbain et les espaces naturels, permettant ainsi l'infiltration de zones de menaces naturelles dans le système urbain (Nouibat et al., 2014), (Figure 2).

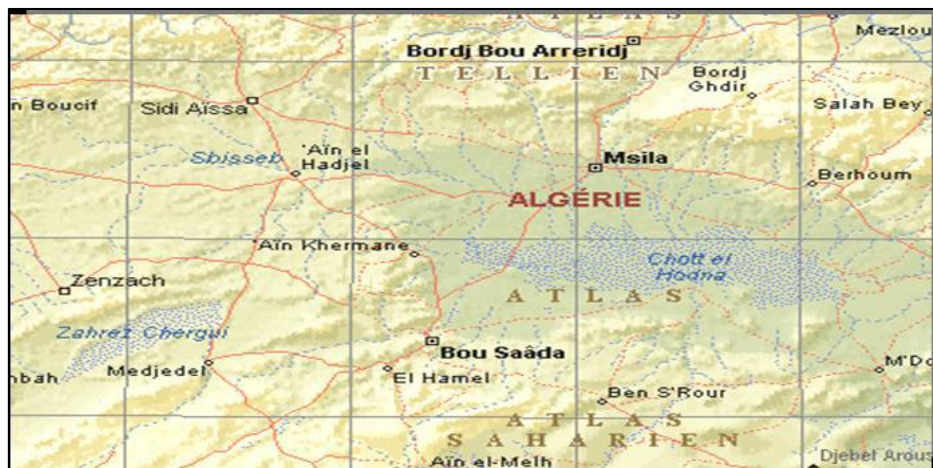


Figure 1: (source: URBA, 2005)

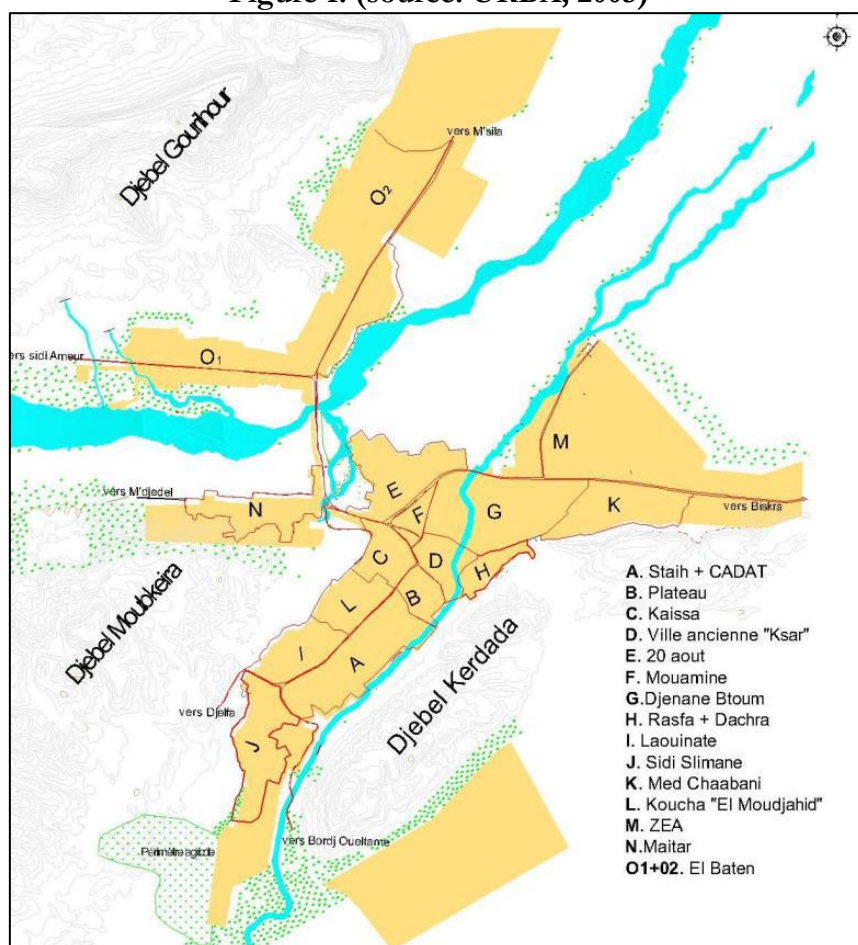


Figure 2 : Localisation des quartiers de Bou Saâda. Source: Nouibat et al., 2014

C'est pourquoi, le présent travail s'intéresse au quartier précaire de MAYTAR situé dans la partie nord de la Boussaâda (Figure 3). Le choix de ce quartier se justifie par le fait qu'il a été bénéficié d'une opération de réhabilitation (uniquement volet constructions) subventionnée par la Banque Mondiale qui est restée encore crée de la différence face au risque d'inondation.

En 2007 une forte pluie orageuse a frappé la ville de Boussaâda, a entraîné d'importants ruissellements dans les rues, à une hauteur d'eau dépassant 0.8m a été observées dans certains quartiers, en particulier aux quartiers précaires (Figure 4). Les inondations du 2007 ont causé des dégâts importants, destruction de deux ponts isolant les quartiers de Boussaâda et des pertes

humaines et coupures de routes (Khalfallah, 2009), (voir Tableau 01).

Tableau 01 : Les dégâts causés par les crues des oueds de la zone de Boussaâda

localisation	Dégâts humains	Dégâts matériels
Boussaâda	05 morts	71 maisons détruites, 310 familles sinistrées les coupures de routes

(Source: Khalfallah, 2009)

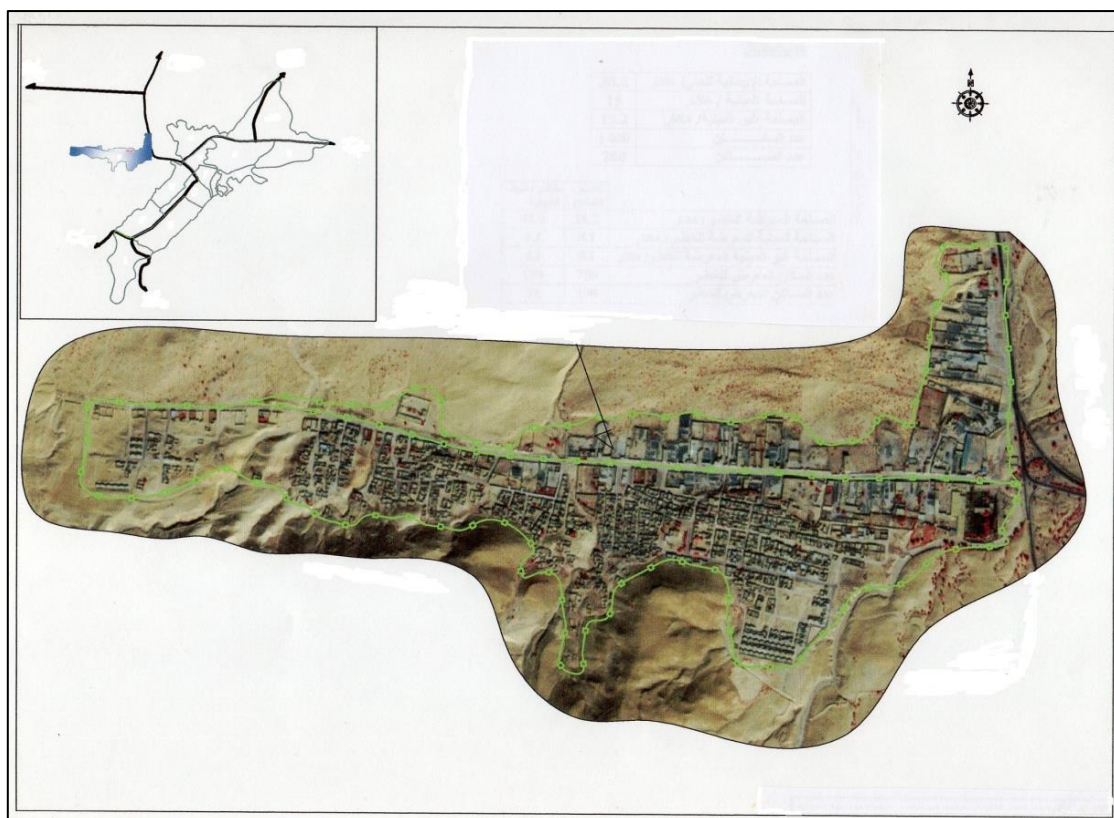


Figure 3 : Vue aérienne du quartier Maitar.



Figure 4 : Inondation de Boussaâda en 2021. Images issues de la vidéo

<http://www.youtube.com/watch?v=unPF64ReNbs> (le 05/05/2021).

A la lumière de ce qui a été dit, le problème majeur est la présence de la plupart des quartiers dans des zones sujettes aux risques inondations, et plusieurs autres problèmes, notamment :

- Congestion et blocage du système voiries urbaines et le manque ou l'incapacité du

système d'assainissement à canaliser les eaux en période de crue.

- Un système de gestion des risques de nombreux acteurs initialement vulnérable.

L'objectif global de l'étude est d'évaluer la résilience des quartiers précaires face aux risques d'inondations en milieu urbain à travers :

- Inventorier les perturbations dus aux risques inondations et déterminer leur impact sur le système urbain particulièrement sur le système voiries urbaines et le système d'assainissement;
- Protéger les communautés urbaines des effets des risques inondation.

L'étude repose sur deux hypothèses :

- Les systèmes des réseaux voiries et d'assainissements des quartiers précaires sont les plus vulnérables aux risques d'inondations.
- L'absence d'une stratégie de gestion des perturbations urbaines induites par ces risques.

L'étude a élaboré une méthodologie en adoptant une approche globale pour analyser la résilience urbaine en utilisant des outils permettant d'évaluer la résilience des quartiers précaires face au risque d'inondation, en se focalisant d'une part sur l'analyse de la particularité des capacités de la résilience (absorption du choc et la récupération après le choc) des réseaux voiries et d'assainissements en tant que propagateurs de risques à l'échelle du quartier, d'autre part sur l'analyse des interdépendances entre les multiples acteurs responsables de la gestion des risques d'inondations pour valider les hypothèses.

1. CADRE THEORIQUE

1.1. Modélisation de la résilience pour la gestion des risques : un état de l'art

1.1.1. Le concept de résilience et les approches de modélisation

Le consortium 100 villes Résilientes (100RC) a été lancé par la Fondation Rockefeller en 2013.

L'objectif du consortium 100 villes Résilientes est d'aider les villes du monde entier à devenir plus résilientes face aux défis physiques, sociaux et économiques du 21^e siècle. 100RC soutient l'adoption et l'intégration d'une vision de la résilience qui inclut non seulement les catastrophes – tremblements de terre, incendies, inondations, etc. mais aussi les tensions qui fragilisent l'agglomération de manière quotidienne ou conjoncturelle. La résilience est définie comme la capacité des individus, des communautés, des institutions, des entreprises et des systèmes urbains à survivre, à s'adapter et à évoluer, quels que soient les types de stress ou de chocs chroniques auxquels ils peuvent être confrontés. Une approche holistique est préconisée. 100RC a construit un cadre définissant les caractéristiques de la résilience urbaine (Figure 5).

La définition de la résilience via ces indicateurs permet d'identifier des critères de résilience sur un territoire ou au sein d'une population. Il permet de lancer la discussion autour d'un concept initialement flou. Cependant, il ne permet pas de visualiser les critères ou les potentiels de résilience au niveau local (100 villes Résilientes, 2015).

Une autre étude a porté sur l'identification des capacités de résilience appliquées aux réseaux urbains. Elle a conduit à la création du modèle DS3 (Spatial Decision Support System) (Serre, 2018). Trois capacités de résilience ont été définies pour étudier la résilience (Serre, 2018), à savoir la résistance, l'absorption et la récupération (Figure 6).

La capacité de résistance est nécessaire pour déterminer les dommages matériels des réseaux. Il va de soi que plus un réseau est endommagé, plus il sera lent et difficile à remettre en service. Les résultats de l'analyse des dommages permettent de mesurer ces dommages et de déterminer les interdépendances entre les différentes composantes des réseaux.

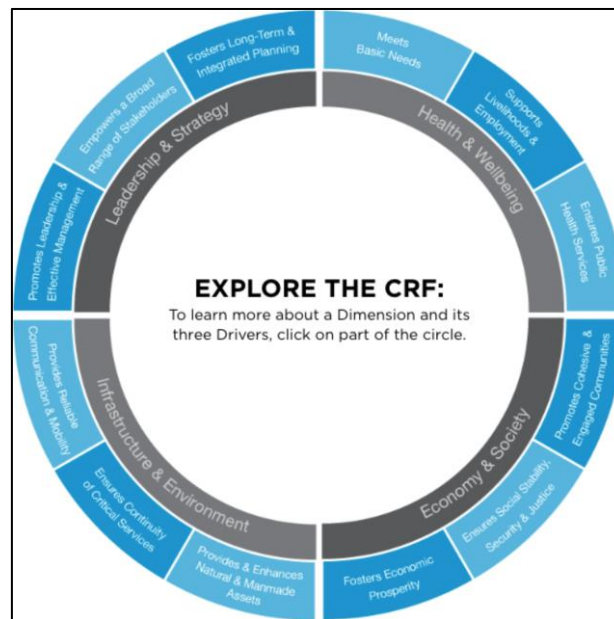


Figure 5 : Cadre 100 villes Résilientes (extrait de 100 villes Résilientes, 2015).

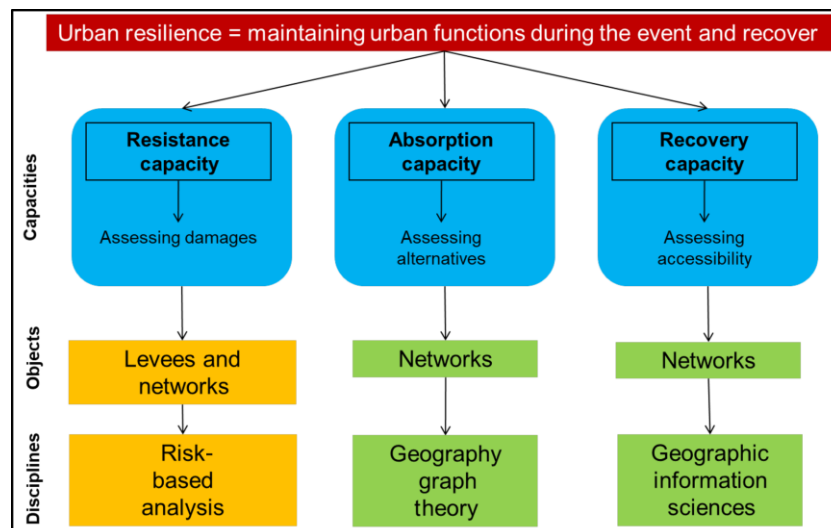


Figure 6 : Modèle DS3 (tiré de Serre, 2016).

La capacité d'absorption représente les alternatives dont dispose le réseau suite à une panne.

L'idée est de mettre en évidence des solutions pour maintenir la continuité de service malgré les inondations, en fonctionnant en mode dégradé.

Enfin, la capacité de récupération représente le temps nécessaire pour moderniser les réseaux jusqu'à atteindre un niveau de service complet. Le modèle DS3 peut être utilisé pour identifier les facteurs qui conduiraient à une résilience urbaine accrue, en soulignant l'importance des réseaux urbains et des infrastructures critiques. Cette approche technique se concentre principalement sur les réseaux urbains. Cependant, les villes comportent de nombreux facteurs, tels que les dynamiques sociales, les interactions urbaines et les composantes techniques, conduisant à des indicateurs supplémentaires qui doivent être surveillés (Serre et Heinzlief, 2018).

Ces trois approches tentent de remédier aux biais de conceptualisation et de modélisation de la résilience. Mais, dans la première approche du concept et de la visualisation des données, il n'y a rien d'évident sur la façon dont les résultats doivent être traités et explorés. Dans la seconde approche, l'exploration des résultats est visible à travers l'application de la méthodologie,

notamment dans une étude de cas sur Hambourg (Serre et al., 2016). Néanmoins, l'exploration et l'analyse des données ne sont pas accessibles au public concerné, limitant sa compréhension et son appropriation de la méthode. De plus, cette approche n'analyse le territoire qu'à travers les réseaux urbains et non avec les autres composantes qui le façonnent.

1.1.2. Evaluer la résilience à l'aide d'indicateurs

Les indicateurs sont des variables quantitatives destinées à représenter une caractéristique d'un système ou concept. Ils ont été employés pour éclairer la prise de décision, améliorer la participation des parties prenantes, établir un consensus, explorer les processus sous-jacents etc. L'objectif d'un indicateur est d'apporter « *une information devant aider un acteur, individuel ou plus généralement collectif, à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat* » (Bonnefous, 2001). L'indicateur peut être un paramètre, une valeur, une donnée ou encore une observation. Son objectif est de donner des indications ou décrire un phénomène, une situation, un environnement, un processus. Plusieurs méthodologies se sont appuyées sur les indicateurs comme outil d'opérationnalisation du concept de résilience (Heinzlef et al., 2019).

1.1.3. Capacités de la résilience des réseaux techniques

Pour résumer, trois capacités apparaissent fondamentales pour analyser la résilience des réseaux techniques (Lhomme et al., 2010) :

La capacité de résistance : il est question ici de déterminer les endommagements matériels des réseaux consécutifs à un scénario donné (en l'occurrence une inondation) (Figure 7). Ainsi, plus un réseau est endommagé, plus celui-ci aura une probabilité forte de dysfonctionner et plus il sera difficile de le remettre en service. Il est alors pertinent d'analyser les effets de ces endommagements sur les réseaux afin d'identifier les parties des réseaux qui dysfonctionnent. En ce qui concerne les endommagements des réseaux, les questionnements soulevés concernent principalement l'analyse de risques. Pour ce qui a trait aux dysfonctionnements des réseaux, les questionnements soulevés concernent principalement l'analyse de réseaux.

La capacité d'absorption : il s'agit d'analyser les forces et les faiblesses liées à la configuration des réseaux. Plus précisément, il convient ici d'analyser les alternatives pouvant être offertes par les réseaux suite à la défaillance d'un ou de plusieurs de leurs composants (Figure 7). Autrement dit, il s'agit de caractériser leur redondance. En effet, ce sont ces alternatives qui permettent la continuité du service et le fonctionnement des réseaux en mode dégradé. Les questionnements soulevés concernent ici principalement de l'analyse de réseaux.

La capacité de récupération : la récupération est une capacité essentielle pour la résilience d'un système. Cette capacité requiert notamment d'analyser l'accessibilité des composants pouvant être endommagés vis-à-vis des services qui sont en charge de la remise en état des réseaux (Figure 7). Plus l'accessibilité aux endommagements sera bonne plus la remise en service sera facilitée (Cagnan et al. 2004). Les questionnements soulevés concernent ici principalement de l'analyse spatiale.

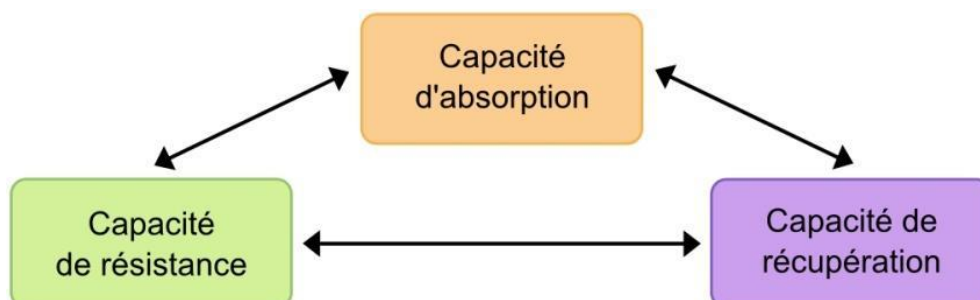


Figure 7 : Les capacités à étudier pour analyser la résilience des réseaux techniques

(Lhomme et al, 2010).

2. GESTION DES RISQUES NATURELS

2.1. Analyse des interdépendances des services urbains

Par exemple, le réseau de voirie est indispensable à l'organisation d'une évacuation. Il faut connaître la capacité, la structure, l'endommagement et la congestion potentiels du réseau routier dans une situation de risque afin d'adapter la stratégie de gestion de crise aux capacités réelles de l'infrastructure (Chen *et al.*, 2011 ; Demoraes, 2009). Dans le sens opposé à l'évacuation, le positionnement des moyens, l'accessibilité des secours puis des équipes de rétablissement et de reconstruction après-crise, sont également tributaires du réseau de voirie.

La résilience des réseaux techniques est donc une condition nécessaire, mais non suffisante, de la résilience urbaine (Lhomme, 2012a). La focalisation sur les services urbains (incluant les dimensions humaine et organisationnelle) devrait donc permettre de traduire le concept de résilience urbaine en stratégies et méthodes appropriables par les collectivités dans leur approche de la gestion des risques.

Elle sera alors juge de la décision à prendre pour la résilience globale du système urbain, même si elle se fait au détriment de l'un des services urbains.

Le PPRI d'abord ne prend pas en compte une possible élévation de la nappe qui pourrait pourtant induire des remontées dans les sous-sols, qui abritent une grande part des infrastructures de réseaux. Alors les plans de gestion de tous les gestionnaires, fondés sur l'inondation de surface, pourraient être remis en cause. L'outil d'analyse des interdépendances devrait donc être adapté à l'analyse du fonctionnement urbain face à tout type de perturbation en permettant l'analyse itérative des effets domino et des solutions possibles, dans le cadre d'un travail collaboratif. Il serait donc pertinent de les impliquer dans une démarche collaborative élargie à l'ensemble des acteurs de la ville. (Toubin *et al.*, 2013).

2.2. Gestion des risques naturels selon la loi algérienne

La loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, composée de 75 articles juridiques, vise à édicter des règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Mais, alors que les autorités continuent à plaider le caractère naturel quoiqu'exceptionnel de tels événements, plusieurs localités à travers le pays tentent de faire face aux nombreux dégâts occasionnés avec les moyens de bord, c'est-à-dire dans le dénuement, parfois sans plan de secours préétabli (Aroua 2012).

D'autre part, la réglementation spécifique aux aléas hydro-climatiques relève directement des outils juridiques relatifs à l'eau. Or, bien que prévus par la loi 04-20 relative à la prévention des risques majeurs, les plans de prévention des risques ne font pas encore l'objet de texte réglementant les modalités de leur élaboration. En termes de nuisance, le potentiel destructif de la stagnation d'eaux pluviales pourrait sembler négligeable. Sa durée d'impact, de quelques jours, pourrait néanmoins provoquer l'endommagement de l'infrastructure routière et du réseau d'eau potable ou d'assainissement et par conséquent la prolifération de vecteurs pathogènes et même la contamination de la nappe phréatique.

3. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

L'approche technique met l'accent sur l'importance de prendre en compte les infrastructures critiques, et plus particulièrement les réseaux urbains face au risque d'inondation. Se concentrer sur les impacts des dysfonctionnements potentiels de réseaux urbains à l'échelle du quartier était

une approche innovante en raison de la capacité de déterminer le niveau de résilience d'un quartier d'un point de vue technique.

Une approche collaborative de l'amélioration de la résilience urbaine est donc largement ancrée dans le territoire rassemblant les acteurs autour d'une problématique commune. La problématique identifiée est mis en avant la nécessité d'augmenter la connaissance et la collaboration concernant la gestion des interdépendances des services urbains.

3.1. Recherche documentaire et Traitement et analyse des données

L'étude a commencé par la recherche documentaire afin d'évaluer les informations existantes sur ce sujet mais aussi de mieux formuler nos hypothèses. Plusieurs ouvrages, articles et rapports ont été exploités dans les bibliothèques. Les autres informations ont été recueillies via internet, celles relatives aux données (dimensionnement, accessibilité, densité, largeur, redondance, état physique, etc.) sont issues d'enquêtes in situ. Cette revue de la littérature nous permet de se positionner dans le débat scientifique actuel sur les risques, la vulnérabilité et la résilience en milieu urbain particulièrement les quartiers précaires.

La cartographie de l'enveloppe de la vulnérabilité et le score de la résilience du quartier MAYTAR a nécessité l'utilisation des variables relatives :

- Aux conditions d'évacuation des eaux de ruissellement pluvieux (dimensionnement, redondance, état physique) capacités d'absorption, qu'il s'agit ici d'évaluer, repose sur l'évaluation de cette redondance ;
- Au degré d'accessibilité (accessibilité aux équipements, distance des services d'urgence comme postes de pompiers, hôpitaux) ;
- Au niveau de préparation aux situations de crise (l'existence de plan d'évacuation, d'exercices de simulation ou l'existence d'abris de secours), (voir Tableau 2).

La première étape consiste à identifier, hiérarchiser puis pondérer les indicateurs des deux groupes de la résilience en prenant en considération le phénomène créateur de dommages (crues et inondations), un premier groupe a été divisé en deux sous-groupes avec une série de cinq critères pour chacun définit la résilience « technique », un second groupe avec une série de trois critères définit la résilience « organisationnelle ». L'étape suivante consiste à sommer les deux résiliences afin d'obtenir une classification des tronçons de la résilience globale et localiser les enveloppes de la vulnérabilité.

Le calcul du score de résilience et de la quantification de l'enveloppe de vulnérabilité s'appuie sur la résilience de l'infrastructure dans le cas étudié sont (réseaux des voiries et d'assainissements) selon des tronçons déterminés. Tandis que la quantification de l'enveloppe de vulnérabilité s'appuie sur les valeurs du score de résilience des tronçons des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements) et en fonction de la concentration des enjeux majeurs affectant la vulnérabilité, plus le score est élevé, plus la caractéristique désignée est forte.

Tableau 2 : Indicateurs de résilience techniques et organisationnelle.

Indicateurs	Variables	critères	Sources
Indicateur technique	• Réseaux des voiries (degré d'accessibilité)	1- existence ou non d'une voie principale; 2- nombre de voies secondaires d'entrée et de sortie du quartier; 3- type et niveau de revêtement des voies d'accès;	Les données des services techniques. Celles relatives aux données issues d'enquêtes in situ.

		4- existence de voies tertiaires ouvertes à l'intérieur du quartier; 5- état des voies de desserte.	
	• Réseaux d'assainissements (conditions d'évacuation des eaux de ruissellement pluvieux)	1- existence ou non d'un collecteur principal; 2-redondance ; 3- état physique ; 4- dimensionnement ; 5- avaloire.	Les données des services techniques, l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA), Directions des Ressources en Eau (DRE). Celles relatives aux données issues d'enquêtes in situ.
Indicateur organisationnelle	• préparation aux situations de crise	1-l'existence de plan d'évacuation ; 2-d'exercices de simulation ; 3- l'existence d'abris de secours.	Les données institutionnelles, Les données obtenues auprès des postes pompiers, de la protection civile, de la commune. Ces structures sont chargées du déclenchement et de l'organisation des secours en cas de catastrophe dans le cadre du plan d'organisation des secours (plan orsec).

Source : Auteur 2021

L'identification des indicateurs étant le point de départ d'évaluation de la résilience à l'échelle du quartier MAYTAR de Boussaâda, cette démarche semi-quantitative consiste à inventorier et à classer les indicateurs technique et organisationnelle.

Cela implique une hiérarchisation sociotechnique et spatiale au sein du quartier des éléments exposés (réseaux des voiries et d'assainissements). Hiérarchiser consiste à attribuer une série de valeur à chaque critère selon l'importance de son influence sur la résilience dans chaque groupe. L'objectif de la pondération consiste à attribuer aux critères hiérarchisés un poids mathématique indiquant l'importance de son influence sur la résilience du quartier.

Ainsi la valeur de la résilience globale s'obtient après des calculs mathématiques et par addition des résultats de l'évaluation des critères de la résilience technique et organisationnelle puis la vulnérabilité du quartier (Scénario pendant la crise).

Tableau 3 : Grille d'évaluation des indicateurs de résilience techniques et organisationnelle (Scénario pendant la crise).

Indicateurs	Variables	Critères	Pondération		
			1	2	3
Indicateur technique	• Réseaux des voiries (degré d'accessibilité)	1- existence ou non d'une voie principale;		*	
		2- nombre de voies secondaires d'entrée et de sortie du quartier;	*		
		3- type et niveau de	*		

		revêtement des voies d'accès;			
		4- existence de voies tertiaires ouvertes à l'intérieur du quartier;			*
		5- état des voies de desserte.		*	
	• Réseaux d'assainissements (conditions d'évacuation des eaux de ruissellement pluvieux)	1- existence ou non d'un collecteur principal.	*		
		2-redondance.			*
		3- état physique.		*	
		4- dimensionnement.	*		
		5- avaloire.	*		
	Indicateur organisationnelle	1-l'existence de plan d'évacuation.	*		
		2-d'exercices de simulation.		*	
		3- l'existence d'abris de secours.			*

Source : Auteur, 2021

3.2. Résultats, discussion et conclusion

La hiérarchisation et la pondération des critères de la résilience technique puis organisationnelle a permis de regrouper les valeurs du score de résilience des tronçons des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements) en trois classes : résilience passable, résilience assez bien, résilience bien. Quant à la préparation aux situations de crise les valeurs du score de résilience sont regroupés en trois classes : faible, assez faible, très faible.

Cette analyse a conduit à l'élaboration de trois cartes de résilience. La troisième qui est la carte de la résilience globale comprend à une superposition cartographique permettant une lecture synthétique de la résilience et de la vulnérabilité du quartier MAYTAR de la ville de Boussaâda.

Les données de ces variables de résilience ont été intégrées dans le Système d'Information Géographique (S.I.G) et des figures de vulnérabilités et de résilience synthétiques ont été réalisées. Pour évaluer et cartographier le score de la résilience des infrastructures et l'enveloppe de la vulnérabilité du quartier, les couches d'informations de ces formes de vulnérabilité et de résilience ont été croisées.

Ce croisement a abouti à la carte de résilience des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements) et à la carte de vulnérabilité des équipements (Ilot) en appuyant sur les valeurs du score de résilience des tronçons des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements) et en fonction de la concentration des enjeux majeurs affectant la vulnérabilité.

Pour cartographier et évaluer le niveau de score de résilience des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements), la détermination d'un point de repère s'est avérée nécessaire. Ainsi, pour chaque critère, la moyenne de l'ensemble du tronçon par rapport au nombre total des tronçons a-t-elle été déterminée. Ensuite, cette moyenne a été calculée à l'échelle de chaque tronçon. Enfin, les valeurs des tronçons ont été comparées à la moyenne du quartier.

Pour cartographier et évaluer le niveau des formes de vulnérabilité des équipements (Ilot) en appuyant sur les valeurs du score de résilience des tronçons des infrastructures (réseaux des voiries et d'assainissements).

Quand la valeur est inférieure à celle observée sur l'ensemble du quartier, le score « 1 » a été attribué à la zone ; lorsqu'elle est comparable à la moyenne de du quartier, le score « 2 » a été octroyé ; enfin quand elle est supérieure à la moyenne de du quartier, le score « 3 » a été donné.

3.2.1. Un niveau assez bien d'accessibilité et d'évacuation des eaux de ruissellement pluvieux passable.

Le quartier MAYTAR présente un niveau d'accessibilité assez bien. En effet, aucun quartier n'en possède une bonne ou très bonne. Dans le cadre de cette étude, l'analyse est plus axée sur l'accessibilité physique qui se traduit en termes de distance en kilomètres que de l'accessibilité fonctionnelle traduite en termes de coût et de perception socio-culturelle des populations. Cependant, le niveau d'accès des espaces reste préoccupant dans la mesure où le linéaire est soumis à l'inondation et au manque d'entretien. De constat général, 60% la surface du quartier est d'un niveau assez bien. A travers les valeurs obtenues, il est clair que les tronçons qui possèdent des voies principales représentent une bonne résilience technique, et donc l'enveloppe de la vulnérabilité est faible, ceux-ci sont contenus dans le tableau 4 ci-après.

Tableau 4 : Appréciation du niveau de résilience technique.

Somme valorisation	Niveau de résilience
< 1	Passable
1 - 2	Assez bien
2 - 3	Bien

Source : Enquêtes de terrain, 2020

Ces espaces spontanés, en dépit de quelques travaux de rénovation et de restructuration, éprouvent des difficultés de voirie structurante (Figure 8). Cependant, elle demeure entravée par un réseau innervant incomplet. En effet, l'inaccessibilité des populations à ces modalités est un indicateur de pauvreté, de marginalisation et donc de faible résilience du système voirie.

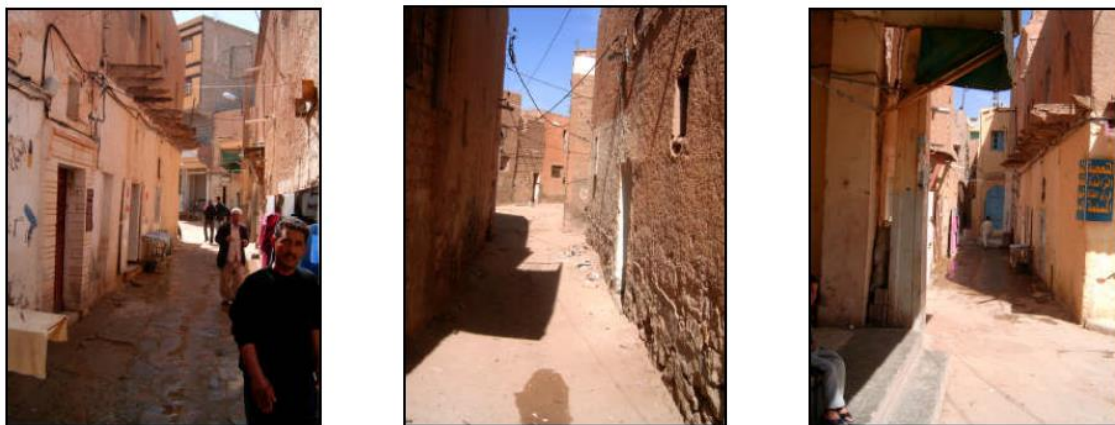


Figure 8 : Une structure urbaine des voiries très compliquée, des rues qui étroites profondes, sinueuses et tortueuses au quartier MAYTAR (Cliché Mayouf, Z., 2021)

En outre, le réseau routier est saturé et le réseau d'assainissement opère à sa pleine capacité. Une redondance nulle du réseau d'assainissement et par conséquent une capacité d'absorption nulle. De plus, il subit les débordements récurrents induits par le sous-dimensionnement du réseau d'assainissement (voir figure 9). Ainsi, de nombreuses rues peuvent être inondées par des crues pluviales. C'est pourquoi, le réseau routier du quartier, qui est déjà congestionné en « temps normal », peut devenir très vite saturé en période de crue, comme l'attestent les inondations de

2021.



Figure 9 : Réseau d'assainissement saturé au quartier Maytar (Cliché Mayouf, Z., 2021).

Premièrement, le réseau d'assainissement présente une redondance nulle. Cette caractéristique permet d'identifier des zones plus ou moins résilientes

La forte dépendance du réseau routier vis-à-vis du réseau d'assainissement engendre des dysfonctionnements importants du réseau routier; de nombreux enjeux majeurs peuvent être perturbés par une inondation.

Dans les faits, le fonctionnement du réseau routier du quartier MAYTAR est fortement conditionné par le fonctionnement du réseau d'assainissement en période de crue.

Plus particulièrement, compte tenu de la forte dépendance du réseau routier du quartier vis-vis du réseau d'assainissement, il convient de ne pas négliger les impacts relatifs aux dysfonctionnements du réseau d'assainissement pour la gestion de crise.

Les constats des lieux révèlent que les rues et les avenues ne sont pas aménagées. Ce qui pose le problème de gestion des eaux pluviales et usées. L'eau des pluies qui tombe soit stagne, soit ruisselle et érode les versants à pentes plus ou moins fortes. Quand les intensités des pluies sont fortes, l'infiltration est prohibée et le ravinement accéléré. La stagnation des eaux dans les avenues, les rues, les canalisations et dans des parcelles complique la circulation. Ces constats sont résumés dans la figure 10 suivante.

3.2.2. Un niveau assez bien d'accessibilité et passable d'évacuation des eaux de ruissellement pluvieux.

La préparation aux situations de crise s'inscrit dans ce dernier ordre. Elle regroupe toutes les dispositions préventives arrêtées pour parer aux éventuelles perturbations et juguler leurs effets.

Cette vulnérabilité s'exacerbe avec les perspectives du changement climatique. Ainsi, c'est la possibilité qu'aura la ville discontinuer son fonctionnement et son développement et à tenir son rôle régional, national voire international après la perturbation qui témoignera de la résilience de sa population. Ce modèle appréhende le déficit de programme préventif comme l'émanation d'un manque ou d'une défaillance en institution locale, en formation, en qualification adéquate et surtout en investissement local dans les infrastructures et les équipements de proximité. La préparation aux situations de crise a été évaluée à travers l'existence ou non d'enjeux vitaux de proximité que sont les centres de santé pour les premiers soins, les ambulances pour évacuer les cas critiques et les lieux de stockage de nourriture si la zone s'avère inaccessible.

Elle a également été évaluée à travers l'existence de plan d'évacuation, d'exercices de simulation ou l'existence d'abris de secours. La sommation des poids et la discrétisation ont donné trois classes, lesquelles sont illustrées dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Appréciation du niveau de résilience organisationnelle.

Somme valorisation	Niveau de résilience
< 1	Très faible
1 - 2	Assez faible
2 - 3	Faible

Source : Enquêtes de terrain, 2020.

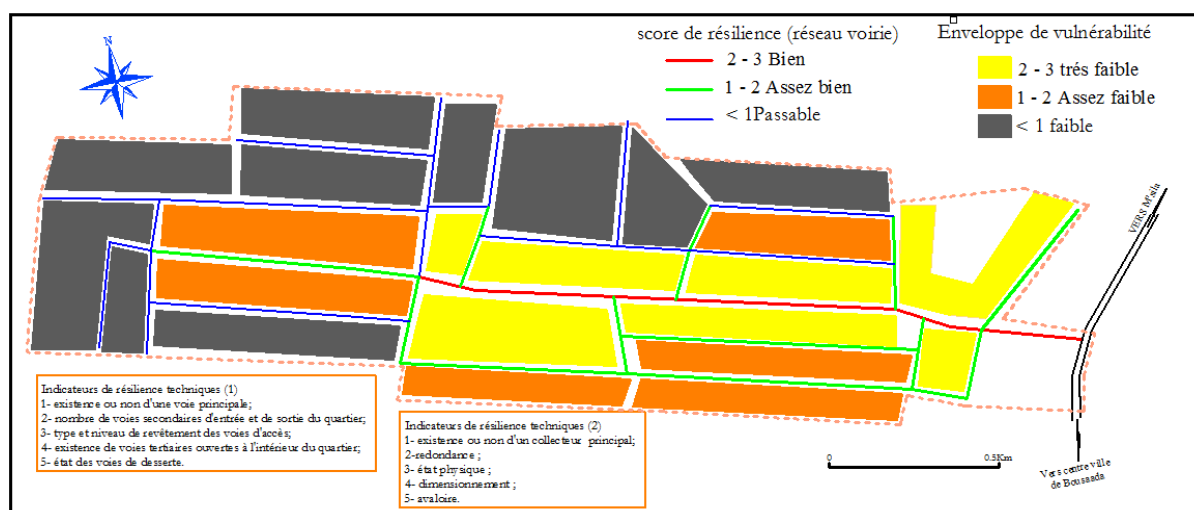


Figure 10 : score de résilience d'une infrastructure (Voirie et Assainissement) et de l'enveloppe de vulnérabilité et de l'exposition à un aléa (inondation) du quartier Maytar.

En conclure, l'objectif de cet article consiste en premier lieu à identifier les facteurs technique et organisationnelle de la résilience urbaine à l'échelle du quartier et ce en prenant en considération le phénomène naturel créateur de dommage (crues et inondations) et les éléments exposés (réseaux des voiries et d'assainissements). Cependant, l'évaluation de cette série de facteurs qui tendent à faire varier la résilience permet de définir la capacité du système urbain à absorber et à récupérer son fonctionnement et de situer les interventions futures sur ces facteurs qui visent à diminuer leurs influences faces aux risques d'inondations.

En second lieu le défi qu'ont à relever les parties prenantes des territoires, qu'elles soient publiques ou privées, est d'accroître la résilience face à ces différents types de perturbations.

L'aménagement des axes et des infrastructures de transports, en tant qu'action volontaire et réfléchie d'une collectivité sur son territoire, donne des moyens pour agir en faveur de plus de résilience.

L'ampleur de ces phénomènes est aggravée par l'occupation anarchique de l'espace, le manque des réseaux d'assainissement des eaux des pluviées et le réseau de voirie est indispensable à l'organisation d'une évacuation, il faut connaître la capacité, la structure, l'endommagement, et la congestion potentiels du réseau routier dans une situation de risque afin d'adapter la stratégie de gestion de crise.

BIBLIOGRAPHIE

- Aroua, N., Berezowska-Azzag, Ewa., 2013. « Le risque intrinsèque à la gestion locale des risques liés à l'eau en Algérie ». *Revue Géographique de l'Est*, vol. 53, 1-2 | 2013, (p. 1-15).
- Nouibat, B., Redjem, A., Grecu, F., 2014. « Les aléas naturels en zones urbaines semi arides - Etude de cas de Boussaada (Algérie) », *Revista de Geomorfologie*, vol. 16, 2014, (p. 89-98).
- Selouane, K., Gonzva, M., Soto, D., 2019. « Adapter les infrastructures de transport pour

améliorer la résilience des territoires». *RGRA*, 961, (p. 26-29).

Bourlier, B., Choisy, C., Pouget, P., Curt, C., Heinzlef, C., Damien, S., Taillandier, F., 2021. « Evaluation de la résilience urbaine face au risque inondation : application l'agglomération de Papeete ». *AJCE*, vol. 39, 1, (p. 67-70).

Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., Laganier, R., 2010. « Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine ». *Bulletin de l'association des géographes français* [En ligne], (p. 487–502).

Serre, D., 2015. *Concevoir la résilience urbaine : un défi face à des complexités*. HDR. Université Paris Diderot-Sorbonne Paris Cité.

Serre, D., Heinzlef, C., 2018. « Assessing and Mapping Urban Resilience to Floods with Respect to Cascading Effects through Critical Infrastructure Networks ». *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 30, (p.235-243).

Heinzlef, C., Becue, V., and Serre, D., 2019. « Operationalizing urban resilience to floods in embanked territories – Application in Avignon, Provence Alpes Côte d'azur region ». *Saf. Sci.*, 118, (p.181–193).

Chen, X., Kwan, M.-P., LI Q., CHEN, J., 2011. « A model for evacuation risk assessment with consideration of pre and post-disaster factors ». *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 36, n°3, (p.207–217).

Demoraes, F., 2009. « De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales - le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur) ». *Cybergéo: European Journal of Geography* [En ligne], Vol. V, n°446, (p.1-18).

Cagnan Z., Davidson R., Guikema S., 2004, « Post-earthquake restoration modeling of electric power systems », *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver.

Serre, D., Barroca, B., Balsells, M., Becue, V., 2016. « Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmanndai in Hamburg ». *J. Flood Risk Manag.*, 11, (p.69–83).

SERRE, D., 2018. « DS3 Model Testing: Assessing Critical Infrastructure Network Flood Resilience at the Neighborhood Scale », in: Fekete, A., Fiedrich, F., *Urban Disaster Resilience and Security*, Cham, Springer International Publishing, (p.207–220).

Toubin, M., Diab, Y., Laganier, R., Serre, D., 2013. « Les conditions de la résilience des services urbains parisiens par l'apprentissage collectif autour des interdépendances », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Numéro 3, 2013, : <http://vertigo.revues.org/14568> ; DOI : 10.4000/vertigo.14568, [23 septembre 2014].

Lhomme, S., (2012. *Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain. Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine*. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot, Paris, (365 p.)

Toubin, M., 2014. *Améliorer la résilience urbaine par un diagnostic collaboratif, l'exemple des services urbains parisiens*, thèse de doctorat, université Paris-Diderot, Paris, (407 p.)

Aroua, N., 2012. *Facteurs de vulnérabilité et capacité de résilience du milieu urbain face aux risques hydroclimatiques dans la commune algéroise d'El Harrach*, thèse de doctorat en science, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'urbanisme d'Alger, Alger, (407 p.)

Khalfallah, B., 2009. « Risques naturelles dans la région de Boussaâda », Master complémentaire, université de Liège

Ubyrisk Consultants. 2016. 2001-2015 : 15 ans de catastrophes naturelles dans le monde.