

# PROPOSITION D'UN MODELE CONCEPTUEL POUR L'EVALUATION DU RISQUE EN MILIEU URBAIN

AHMED ZEMMAR<sup>(1)</sup>, MOUSSADEK BENABBAS<sup>(1)</sup>, DJAGHROUI DJAMILA<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratoire La Co Mo Fa, Université de Biskra

<sup>(2)</sup>Laboratoire La Co Mo Fa, Université Batna 01

## RESUME

Dans cet article, un modèle conceptuel pour l'évaluation du risque en milieu urbain est proposé. Au départ, une mise au point est nécessaire sur les confusions liées à la définition, l'évaluation et la modélisation du risque et de la vulnérabilité. Etant conçus dans un souci d'universalité pour permettre des comparaisons, les modèles conceptuels existants, apportent des complications inutiles lorsqu'ils sont appliqués à l'échelle locale. L'utilisation des modèles et des méthodes d'évaluation généralisés a ses limites. C'est ce qui est présenté ici sur la base d'une littérature scientifique récente. Les recommandations rassemblées à partir de cette littérature vont constituer la base du modèle conceptuel proposé. La motivation de ce travail est de proposer un modèle qui se rapproche du contexte des villes algériennes et des logiques du domaine de l'urbanisme. Le développement du modèle conceptuel est expliqué en faisant le rapport avec les objectifs préétablis.

**MOTS CLES:** Modèle conceptuel, évaluation, risque, vulnérabilité, milieu urbain.

## ABSTRACT

In this paper, a conceptual framework for risk assessment in urban context is proposed. First, an overview is necessary about confusions related to the definition of risk and vulnerability, their assessment and their modeling. Being built for a universal use to enable comparisons, existing conceptual frameworks add unnecessary complications when applied to a local scale. The use of generalized frameworks and models has its limits. This is what is presented here in the basis of recent scientific literature. Recommendations gathered from this literature will serve as a base for the proposed conceptual framework. The motivation of this work is to propose a framework that ties in with the context of Algerian towns and urban logics. The development of the model is presented with relevance to the established objectives.

**KEYWORDS:** Conceptual Framework, assessment, risk, vulnerability, urban context.

## 1 INTRODUCTION

Le risque est un concept théorique qui est concrétisé par la survenue de la catastrophe. Il résulte de la conjonction entre l'aléa (phénomène dommageable) et la vulnérabilité des enjeux exposés (Leone, et al., 2006). L'évaluation est une étape importante dans le processus de gestion et de réduction du risque de catastrophe. Evaluer un risque revient à mesurer les niveaux de ces composants, l'aléa et la vulnérabilité. Les aléas sont des phénomènes physiques dont l'évaluation est assez empirique contrairement à la vulnérabilité. Si l'évaluation des risques reste une tâche compliquée, c'est à cause des limites de modélisation de la vulnérabilité (Leone, et al., 2006).

La construction de modèles conceptuels est une pratique répondue dans plusieurs champs de recherche. Elle a comme finalité de mesurer un phénomène réel (Belakehal, 2013). La modélisation est surtout nécessaire lorsque le

phénomène étudié est intangible. Dans ces cas, elle précède souvent l'élaboration d'autres outils de mesure comme les indicateurs.

Dans le domaine des risques, les modèles conceptuels servent à systématiser l'analyse et l'évaluation du risque et de la vulnérabilité. Comme ces deux concepts possèdent des caractéristiques tangibles et d'autres intangibles, il est difficile de les réduire à une simple équation ou à un seul modèle (Birkmann, 2013). La difficulté de modélisation de la vulnérabilité est dû au fait qu'elle soit mal définie (Rashed, et al., 2003). Elle a une multitude de définitions et de concepts ; et il existe de multiples méthodes pour l'analyser et la mesurer (Hinkel, 2011) ; (Ciurean, et al., 2013). Ceci démontre la pluralité des sens et des points de vue attachés à cette notion. Le terme vulnérabilité été autrefois utilisé pour désigner le niveau des pertes (morts, blessés, dommages matériels, environnementales, ...) causés par l'impact de l'aléa. Cette utilisation suivait un

raisonnement simpliste tourné vers l'aléa et qui attachait le niveau du risque au niveau de l'aléa et des enjeux qu'il peut atteindre. Cette vision du risque n'expliquait pas l'écart des dommages enregistrés entre des catastrophes survenues avec le même niveau d'aléas et d'exposition. Le sens du terme vulnérabilité a donc évolué avec le temps pour décrire une situation, un état ou un ensemble de conditions. Selon Thywissen K., la vulnérabilité est une : « Caractéristique intrinsèque et dynamique d'un élément en situation de risque (communauté, région, état, infrastructure, environnement, ...) qui détermine l'éventuel dommage résultant d'un aléa donné ... » (Birkmann, 2013).

## 2 MODELES CONCEPTUELS POUR L'EVALUATION DU RISQUE

Pour la plupart des risques, il n'est pas possible d'atténuer ou de contenir l'aléa. Dans ces cas, la gestion du risque revient à réduire les facteurs qui causent la vulnérabilité. Cependant, il s'agit d'une notion qui possède de multiples définitions, rendant son évaluation et sa réduction encore plus difficile. Les différentes définitions de la vulnérabilité engendrent chacune ces propres facteurs ; et par conséquence une variante différente de modèle conceptuel.

Une variété de modèles conceptuels a été proposée, venant d'écoles de pensée différentes et suivant des définitions et des objectifs différents. Ces modèles ne sont pas contradictoires mais représentent tous des interprétations spécifiques qui correspondent aux différents points de vue des chercheurs sur la vulnérabilité (Birkmann, J. 2013). Un point de vue est une représentation mentale de la réalité, alors que le modèle conceptuel est une tentative de représentation de la réalité construite à partir d'analyse afin de faire la somme de tous les points de vue. Le modèle conceptuel reste comme même subjectif puisqu'il s'agit du point de vue propre à son concepteur (Meadows, 1998).

Birkmann J. a recueilli les modèles les plus importants. Il distingue quatre écoles de pensée qui utilisent les mêmes termes mais pas toujours pour décrire le même concept : l'école d'économie politique (e.g. modèles de Blaikie & al., modèle PAR<sup>1</sup> et de modèle de Wisner & al.), l'école d'écologie sociale (e.g. modèle de Turner & al.), école des systèmes de changement climatiques (e.g. modèle IPCC<sup>2</sup>), et l'école de l'évaluation de la vulnérabilité et du risque de catastrophe (e.g. modèles de Davidson, de l'UN-ISDR<sup>3</sup> et de Villagran de León). C'est cette dernière qui nous intéresse ; car les modèles appartenant à cette école de pensée tentent de développer une explication intégrée du risque afin de permettre sa gestion.

D'autres modèles ont tenté de combiner les différentes écoles de pensée comme les modèles BBC<sup>4</sup> et MOVE<sup>5</sup> (Birkmann, 2013).

Les modèles conceptuels développés pour l'évaluation de la vulnérabilité et du risque de catastrophe sont tous conçus pour mesurer la vulnérabilité mais pas avec les mêmes objectifs ni à la même échelle. Le modèle de Davidson R. a pour but d'évaluer le niveau de vulnérabilité au risque sismique à l'échelle de l'agglomération, d'identifier les villes les plus vulnérables et d'en déterminer les facteurs de cette vulnérabilité. Les comparaisons se font à l'échelle globale, ce qui est loin du domaine de l'urbain (Davidson, et al., 1997). Quant au modèle de De Villagran de León J.C., il a comme objectif l'évaluation à une échelle urbaine qui descend jusqu'à l'échelle du bâti. Il adopte une approche spatiale qui aboutit à une cartographie de la vulnérabilité (Villagran de León, 2013).

## 3 OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

Pour Meadows D. : « il est évident que certaines valeurs sont spécifiques à un endroit, à une culture en particulier. D'autres sont communes à toutes l'humanité et à n'importe quel endroit ». Bien que les modèles connus aient été conçus dans un souci de généralisation et pour qu'ils soient appliqués universellement, ils sont tous prévus pour des objectifs particuliers, à une échelle déterminée et dans un contexte spécifique. Afin de les utiliser, il faut que les objectifs et l'échelle d'application correspondent.

### 3.1 L'intérêt du modèle conceptuel proposé

De notre point de vue, l'utilisation d'un modèle conceptuel existant pour l'évaluation de la vulnérabilité présente certains inconvénients. Premièrement, même lorsque l'objectif principal de l'évaluation est le même, il est peu probable que l'ensemble des concepts utilisés soient pertinents. Dans ces cas, certains éléments du modèle deviennent un fardeau qui complique l'application sans rien apporter. Deuxièmement, ces modèles ne sont pas forcément compréhensibles pour les acteurs locaux impliqués dans l'évaluation ; à cause du nombre élevé de concepts impliqués, des confusions qui existent dans les termes utilisés dans le domaine et surtout le degré élevé de d'intangibilité des concepts. Selon Hinkel J., c'est à l'échelle locale que les systèmes peuvent définir fidèlement. C'est aussi à cette échelle qu'on peut construire les arguments déductifs utilisés pour développer les modèles conceptuels. Puisqu'il est difficile d'opérationnaliser les définitions de la vulnérabilité, les modèles doivent être développés en s'appuyant sur les besoins locaux en termes de prévention du risque, plutôt que sur ces définitions trop générales (Hinkel, 2011 p. 199).

<sup>1</sup>Pressure And Release model

<sup>2</sup>Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>3</sup>United Nations-International Strategy for Disaster Reduction

<sup>4</sup>Selon les initiales des trois concepteurs :Bogardi – Birkmann - Cardona

<sup>5</sup>MOVE : Methods for the improvement of Vulnerability assessment in Europe.

Selon Meadows D., il n'y a pas de modèle conceptuel complet. Ils ont tous forcément une part d'incertitude. Bien qu'il ne soit pas possible d'éliminer complètement ces incertitudes, il est possible de les réduire en appliquant trois recommandations : (1) concevoir le modèle pour un objectif précis dans un contexte précis ; (2) limiter l'application à l'échelle locale, (3) et concevoir pour un domaine particulier.

Il serait donc intéressant de concevoir un modèle conceptuel, en se basant sur des objectifs qui se rapprochent du domaine de l'urbanisme et en se référant au contexte local. Le modèle conceptuel recherché s'appliquera à une échelle urbaine et aura comme objectif de représenter les niveaux de vulnérabilité spatialement. Il doit permettre de repérer les zones les plus vulnérables dans une agglomération et d'identifier les causes de cette vulnérabilité. En plus des éléments communs à tous les modèles conceptuels, il doit suivre une logique spatiale propre aux systèmes urbains.

### 3.2 Démarche et méthodologie

Tout concept représente une notion abstraite, qu'il faut rendre opérationnelle pour la mesurer. Ceci peut être réalisé à travers l'identification de ses composants et de leurs attributs (Belakehal, 2013). Afin de les rendre mesurables, les concepts théoriques du risque et de la vulnérabilité doivent être opérationnalisés. Ceci consiste à proposer une méthode pour les représenter à travers des concepts observables (Hinkel, 2011). Pour concevoir le modèle conceptuel, on procèdera par la décomposition du concept complexe de risque en concepts plus tangibles.

La vulnérabilité et le risque sont des notions théoriques. Leur évaluation doit donc se faire par déduction (Hinkel, 2011 p. 201) ; (Connelly, et al., 2015). L'utilisation d'arguments déductifs revient à utiliser les connaissances scientifiques disponibles sous forme de cadre conceptuel (ensemble de concepts), de théories et de modèles (ensemble de relations qui lient les concepts) (Hinkel, 2011). La prise en considération de plusieurs modèles reconnus nous permettra d'identifier les concepts nécessaires et les relations à retenir. La décomposition de la vulnérabilité va faire apparaître de nouveaux concepts qu'il faudra définir. Puisque la confusion terminologique et méthodologique associée à la vulnérabilité n'est pas encore résolue, on aura à sélectionner la définition la plus adéquate depuis plusieurs sources.

Cette démarche sera accompagnée d'une démarche spatiale pour comprendre les liens et les correspondances entre le système urbain et le phénomène du risque.

## 4 DEVELOPPEMENT DU MODELE CONCEPTUEL

Afin d'atteindre l'objectif de réaliser un modèle conceptuel compréhensible et utilisable par les acteurs locaux, nous devons éclaircir les confusions rencontrées. La première

confusion concerne la vulnérabilité. Il s'agit de ne pas faire la distinction entre la vulnérabilité comme cause de dommages (caractéristiques qui font qu'il y a des dommages ou des dysfonctionnements) et la vulnérabilité comme quantité des dommages (modalités d'évaluation des pertes). Les deux aspects doivent apparaître dans le modèle. Le deuxième point qui prête à confusion est de ne pas faire la distinction entre les facteurs de la vulnérabilité et les éléments qui sont porteurs de cette vulnérabilité et qui la subissent. Les modèles conceptuels rencontrés font paraître des concepts appartenant à deux natures distincts : les facteurs de la vulnérabilité et les dimensions de la vulnérabilité. A ces deux natures s'ajoute les éléments du système urbain.

### 4.1 Facteurs de vulnérabilité

Grace à son caractère opérationnel, la formule conventionnelle :

**Risque = Aléa x Vulnérabilité** est devenu le point de départ pour la plupart des modèles conceptuels. Elle met en avant les deux composants du risque. La caractérisation, et donc la décomposition, et le lien de l'aléa à son type (Sismique, inondation, industriel, ...).

Pour se mettre dans une logique de gestion du risque, la décomposition de la vulnérabilité en facteurs doit permettre la distinction entre :

- (a) les caractéristiques et conditions qui créent cette vulnérabilité (Susceptibilité) ; et
- (b) les qualités et mesures qui permettent de l'atténuer (Résilience). Cette distinction montre que la vulnérabilité n'est pas une condition fatale qu'on doit uniquement subir, mais une situation sur laquelle on peut intervenir pour l'améliorer. Nous retenons les définitions suivantes :

**Susceptibilité** : Le terme susceptibilité est utilisé pour regrouper les facteurs de vulnérabilité qui décrivent les faiblesses et les défaillances du système étudié (Birkmann, 2013) et qui contribuent à la situation de vulnérabilité.

**Résilience (ou capacité ou capacité de résilience)** : Potentiel d'un système à anticiper, à contrer ou absorber, à résister et à se relever face à l'impact d'un aléa ou d'une catastrophe (Connelly, et al., 2015).

La susceptibilité se manifeste lorsque des enjeux sont exposés à l'aléa, mais ce n'est pas une condition suffisante pour que la menace soit avérée. Lorsque l'aléa n'a aucun effet dommageable sur un élément, celui-ci n'est pas susceptible, même s'il est exposé. On obtient comme facteurs de la susceptibilité :

- (1) l'exposition ; définie comme, situation des personnes, infrastructures, logements, capacités de production et autres actifs tangibles situés dans des zones à risque (McCook, 2016) ; et
- (2) la sensibilité qui peut décrire un état positif (la résistance) ou un état négatif (la fragilité) vis-à-vis des

effets de l'aléa (Birkmann, 2013 p. 25).

La capacité de résilience rassemble les qualités du système ou de la communauté exposés et susceptibles et qui permettrait d'atténuer ou de contrer l'impact de l'aléa, son niveau dépend de trois sous-facteurs ; Préparation, Capacité de réponse et capacité de rétablissement :

(1) la préparation est l'ensemble des activités et mesures prises en amont pour assurer une réponse efficace à l'impact de l'aléa ... (UN-ISDR, 2004).

(2) la capacité de réponse désigne la capacité des personnes, des organisations et des systèmes, en utilisant les compétences et les ressources disponibles, à gérer des situations difficiles, des risques ou des catastrophes (McCook, 2016).

(3) la capacité de rétablissement qui dépend, à court terme, de la capacité de relèvement aide au rétablissement des services de base et des installations nécessaires au fonctionnement d'une communauté ou d'une société touchée par une catastrophe. A moyen et long terme, elle dépend de la capacité de redressement qui aide au rétablissement ou l'amélioration des moyens de subsistance et des services de santé ainsi que des systèmes, activités et biens économiques, physiques, sociaux, culturels et environnementaux d'une communauté ou d'une société touchée par une catastrophe, ... (McCook, 2016).

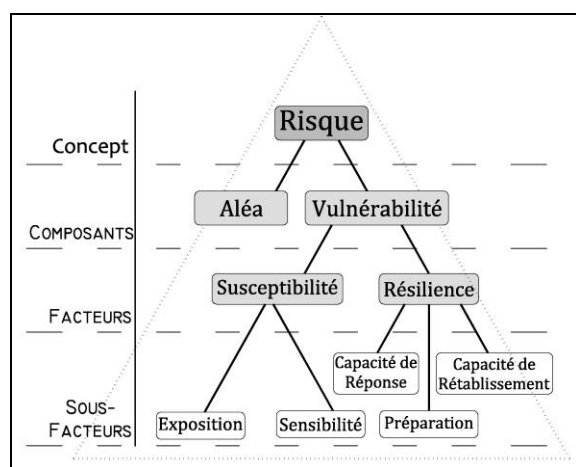


Figure 01: Modèles conceptuel des facteurs du risque

#### 4.2 Dimensions de vulnérabilité

D'après Vogel et O'Brien, la vulnérabilité est multidimensionnelle (Ciurean, et al., 2013). Ces dimensions peuvent être identifiées en adoptant une approche analytique qui associe la nature de la vulnérabilité d'un territoire aux types des enjeux qui s'y trouvent (Leone, et al., 2006). Plusieurs dimensions apparaissent dans les modèles conceptuels : structurelle, sociale, économique, environnementale, ... etc. Elles sont aussi qualifiées de types de vulnérabilité, de dimensions de vulnérabilité (Birkmann, 2013) de secteurs et composants

(Villagran de Leon, 2013). Les modèles de Davidson R., de Cardona & Barbat<sup>6</sup>, le modèle BBC et le modèle MOVE intègrent tous les dimensions de la vulnérabilité sous différentes appellations et de différentes manières (Birkmann, 2013). Ces modèles font référence aux dimensions de vulnérabilité, pas uniquement comme enjeux qui risquent de subir l'aléa, mais aussi en tant qu'éléments qui contribuent à améliorer ou aggraver les conditions de vulnérabilité. Sur l'ensemble des modèles, certaines dimensions sont récurrentes : (1) structurelle/physique, concerne les infrastructures physiques (bâtiments, réseaux, ouvrages d'arts, installations, ...); (2) corporelle/individuelle, pour la vulnérabilité des personnes ; (3) sociale, qui concerne les communautés ; (4) économiques, pour les activités, les ressources et les moyens ; (5) institutionnelle, qui reflète

le niveau de compétences des organismes responsables de la prévention et la gestion de crise ; (6) environnementale, pour les milieux naturels; et enfin (7) la dimension systémique, pour les interactions complexes et les défaillances qui affectent l'ensemble (Ciurean, et al., 2013) ; (Birkmann, 2013) ; (Leone, et al., 2006).

#### 4.3 Eléments du système urbain

Le risque, l'aléa et la vulnérabilité sont des concepts liés à l'espace (Ciurean, et al., 2013) ; (Connelly, et al., 2015). Dans les villes, le niveau du risque dépend des caractéristiques du système urbain complexe et de ses éléments. Cette complexité réside dans les multiples interactions et interdépendances à travers les secteurs et les échelles spatiales (Carter, et al., 2016). Pour une évaluation simple et efficace du risque en milieu urbain, le modèle conceptuel doit correspondre à une logique urbaine.

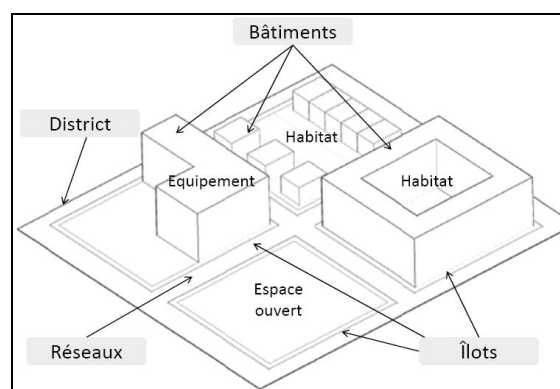


Figure 02: Eléments du système urbain

<sup>6</sup>Theoretical Framework and model for holistic approach to disaster risk assessment and management.

La modélisation hiérarchique du système urbain par sa subdivision en unités spatiales est une démarche répondue en urbanisme, que ce soit dans la pratique ou dans la recherche (Moughtin, 2003). On opte pour subdivision en six unités, allant du bâtiment jusqu'à l'agglomération (limite du domaine de l'urbain). Le choix des unités correspond à la structuration des données spatiales telles qu'elles sont organisées par les différents organismes locaux. Le bâtiment est l'unité de base pour les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité du bâti. Il constitue avec la parcelle et l'îlot, les unités utilisées dans les données du cadastre et dans les instruments d'urbanisme. Quant au district, il est l'unité spatiale utilisée par l'ONS pour les recensements. Le quartier est, pour les collectivités, une unité de planification et pour la communauté une unité d'organisation sociale.

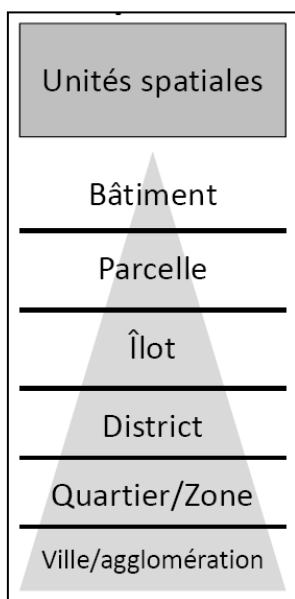


Figure 03: Echelles spatiales de vulnérabilité

## 5 DISCUSSION

Le modèle proposé est conçu selon une démarche spatiale qui correspond à la logique du domaine de l'urbanisme. Le système urbain est décomposé en unités qui interviennent sur plusieurs échelles. C'est ces unités spatiales se caractérisent par un niveau d'aléa et de vulnérabilité. Cette logique accompagne les facteurs et les dimensions de vulnérabilité. Chaque élément du système urbain se caractérise par ces deux natures ; il appartient à une dimension de la vulnérabilité et il contribue à l'un des facteurs de vulnérabilité. Un élément (bâtiment, parcelle, îlot, réseaux, ...) est un enjeu dont la susceptibilité (exposition, sensibilité) contribue à la vulnérabilité globale du système urbain. La valeur niveau de vulnérabilité d'un espace dépend du nombre d'éléments exposés, de leur niveau de sensibilité et de la valeur accordée à chaque élément (poids). Cette valeur dépend de la nature de l'élément et de

son rôle avant, pendant et après l'impact (Que doit-on protéger en priorité ?). Elle peut être déterminée au près des acteurs locaux. La combinaison des facteurs aux dimensions peut se faire à l'étape suivante du processus d'évaluation. Cette étape concernera la sélection des attributs (variables, indicateurs, ...).

En même temps, le niveau de vulnérabilité de chaque élément dépend des conditions du milieu urbain dans lequel il se trouve. Par exemple, le niveau de vulnérabilité du bâti d'un quartier peut être calculé par l'agrégation des vulnérabilités de ces bâtiments. En même temps, la vulnérabilité de chaque bâtiment et de ses occupants est aggravée par la vulnérabilité des réseaux au niveau du quartier.

La distinction entre les dimensions et les facteurs de vulnérabilité facilitera la participation d'acteurs appartenant à différents profils et secteurs. Alors que les facteurs reflètent des concepts spécifiques au domaine du risque, les dimensions sont plus accessibles pour des intervenants qui possèdent peu de connaissances sur le sujet. Ceci permettra d'adopter une démarche participative pour l'évaluation. Une telle démarche est intéressante si on cherche à identifier les mesures de préventions prioritaires. Les enjeux exposés n'ont pas la même valeur (vies humaines, biens, ressources, environnement, ...). Cette valeur dépend de l'opinion des populations concernés et des décideurs.

Le modèle proposé est hiérarchique dans plusieurs sens. La hiérarchie des unités spatiales facilite l'agrégation des données et fait en sorte que l'habitant ou l'acteur reçoit l'information et intervient à l'échelle qu'il maîtrise et dont il détient l'information.

## 6 CONCLUSION

La recherche de modèles conceptuels pour mesurer le risque n'est pas un sujet récent, et pourtant ça reste toujours d'actualité. Cet article a présenté tout d'abord les difficultés liées à la modélisation de la vulnérabilité et des concepts qui la composent. Les modèles existants sont conçus par rapport à un objectif précis pour une échelle et un contexte déterminés. Lorsque ces conditions sont différentes, appliquer ces modèles présente parfois des complications. Plusieurs auteurs recommandent que les modèles conceptuels (et leurs attributs) soient construits en se rapprochant du contexte local et pour des objectifs déterminés à cette échelle. Par rapport à ces recommandations, cet article propose un modèle conceptuel compréhensible à des intervenants de tout profil. Il permet ainsi d'impliquer les acteurs locaux à plusieurs niveaux. L'intérêt de distinguer les dimensions de la vulnérabilité des facteurs est de pouvoir impliquer les professionnels, les décideurs et les citoyens (Pour la pondération par exemple). Les habitants sont les premiers concernés par le risque et constituent une source d'information sur leur milieu de vie. Leur implication peut être bénéfique pour la réussite des mesures de prévention.

En se basant sur l'organisation du domaine de l'urbanisme, il sera plus facile d'appliquer une approche spatiale. En plus

cette organisation correspond à la structuration des données fournis par les organismes Algériens.

Finalement, le modèle conceptuel est recommandé pour l'identification d'attributs pour l'évaluation du risque en milieu urbain. Chaque attribut va contribuer à un ou plusieurs facteurs de vulnérabilité et sera associé à l'une de ses dimensions. Les facteurs et les dimensions de la vulnérabilité doivent être pondérés. Les attributs sélectionnés vont hériter les poids de leurs dimensions et facteurs d'appartenance. La validation du modèle sur un cas d'étude est nécessaire. Il serait intéressant d'utiliser le modèle pour aboutir à une cartographie du risque, notamment par l'intermédiaire des systèmes d'informations géographiques.

## REFERENCES

- [1] Belakehal, Azeddine. 2013. De la notion d'ambiance. *Courrier du Savoir*. Université Mohamed Khider, Octobre 2013, Vol. 16, pp. 49-54.
- [2] Birkmann, Jörn. 2013. Conceptual frameworks and definitions. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards : Towards Disaster Resilient Societies*. 2e Ed. Tokyo : United Nations University Press, 2013, 1, pp. 9-79.
- [3] Carter, Jeremy et Connelly, Angela. 2016. RESIN Conceptual Framework. s.l. : RESIN – Climate Resilient Cities and Infrastructures, 2016. p. 26.
- [4] Ciurean, R. L., Schroter, D. et Glade, T. 2013. Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction. *Approaches to Disaster Management*. s.l. : INTECH, 2013, pp. 3-32.
- [5] Connelly, A., Carter, J. et Handley, J. 2015. Vulnerability assessment: definitions, indicators and existing assessment methods. The University of Manchester. Manchester : RESIN, 2015. p. 61. 4.
- [6] Davidson, Rachel A et Shah, Haresh C. 1997. An Urban Earthquake Disaster Risk Index. The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of civil and environmental engineering. Stanford: s.n., 1997. p. 269.
- [7] Hinkel, Jochen. 2011. Indicators of vulnerability and adaptive capacity : Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*. 2011, Vol. 21, 1, pp. 198-208.
- [8] Khazai, B., et al. Framework for systemic Socio-economic vulnerability and loss Assessment. [éd.] K. Pitilakis, et al. SYNER-G: Systemic Seismic Vulnerability and Risk Assessment of Complex Urban, Utility, Lifeline Systems and Critical Facilities. pp. 89-130.
- [9] Leone, Frédéric et Vinet, Freddy. 2006. La vulnérabilité, un concept fondamental au coeur des méthodes d'évaluation des risques naturels. La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Montpellier : coll. Géorisque n°1, 2006, Vol. 1, 1, pp. 9-25.
- [10] McCook, Wayne (dir.). 2016. Rapport du groupe de travail intergouvernemental d'experts chargé des indicateurs et de la terminologie relatifs à la réduction des risques de catastrophe. ONU. 2016. p. 26.
- [11] Meadows, Donella. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. Balaton Group, The Sustainability Institute. Hartland Four Corners VT : The Sustainability Institute, 1998. p. 78.
- [12] Moughtin, Cliff. 2003. *Urban Design: Street and Square*. 3e. Oxford : Architectural Press, 2003. p. 300.
- [13] Rashed, T. et WEEKS, J. 2003. Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. [éd.] Taylor & Francis. *INT. J. Geographical*. 2003, Vol. 17, 6, pp. 547-576.
- [14] UN-ISDR. 2004. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. Geneva : UN Publishing Service, 2004. p. 430. Vol. 2.
- [15] Villagran de Leon, J. C. 2013. Vulnerability assessment : the sector approach. [auteur du livre] Jörn Birkmann. [éd.] Jörn Birkmann. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards : Towards Disaster Resilient Societies*. 2e. Tokyo : United Nations University Press, 2013, 17, pp. 423-439.