

# Evaluation de la résilience urbaine face au risque d'inondation : application l'agglomération de Papeete

**Bourlier B<sup>1-2</sup>, Choisy C.<sup>3</sup>, Pouget P.<sup>3</sup>, Curt C.<sup>1</sup>, Heinzlef C.<sup>2</sup>, D. Serre<sup>2</sup>, Taillandier F.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> INRAE, Aix Marseille Univ., RECOVER, Aix-en-Provence, France.

<sup>2</sup> UNIV. POLYNESIE FRANCAISE, IFREMER, ILM, IRD, EIO UMR 241, TAHITI, POLYNESIE FRANCAISE

<sup>3</sup> Université de Lorraine, École Nationale Supérieure des Mines de Nancy

**RESUME** La gestion des aléas naturels et notamment des inondations est devenue primordiale pour les territoires urbains dans un contexte de changement climatique et d'urbanisation grandissante. Une approche de plus en plus utilisée pour gérer ces aléas consiste à évaluer la résilience des territoires. Mais cette évaluation reste complexe et il n'existe aujourd'hui aucun modèle, méthode ou outil permettant de répondre totalement aux besoins d'évaluation de la résilience urbaine. Dans cette perspective, nous avons proposé une nouvelle approche basée sur la combinaison d'une analyse systémique et d'outils géographiques. Nous présentons dans cet article plus particulièrement la partie de l'approche dédiée à la dimension infrastructurelle. Cette approche sera appliquée sur l'aire urbaine de Papeete.

**Mots-clefs** Résilience, Inondation, Analyse systémique, Modèle géographique

## I. INTRODUCTION

Le changement global induit un accroissement des catastrophes naturelles, et notamment des inondations dont le nombre et les conséquences n'ont cessé de progresser ces dernières années. Ainsi de 2001 à 2015 le coût totale des catastrophes a été estimé à plus de 2000 milliards de dollars (Ubyrisk Consultants, 2016). En parallèle, les systèmes urbains sont devenus de plus en plus complexes et les exigences en termes de sécurité n'ont cessé d'augmenter. Cela a conduit au développement de la notion de résilience qui a fait l'objet de nombreux travaux de recherche depuis une décennie. Pour autant, le terme, fortement polysémique, reste flou et mal défini (Reghezza-Zitt, 2013). Dans cette communication, la résilience urbaine correspond à « la capacité d'un système à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci ». On peut associer trois caractéristiques à la notion de résilience : la résistance au choc, l'absorption du choc et la récupération après le choc (Lhomme, 2013). La question qui se pose alors est de savoir comment évaluer ces trois caractéristiques pour un système urbain ? Si les chercheurs et nombreux organismes internationaux et locaux se sont penchés sur la question (Balsells et al., 2013 ; Spaans and Waterhout, 2017 ; Serre, 2018 ; Heinzlef et al., 2019), il n'existe encore aujourd'hui aucune réponse satisfaisante. Un état de l'art nous a permis de révéler les faiblesses

des approches, méthodes et outils existants. Nous pouvons citer : (i) une vision parcellaire du territoire, par exemple en se concentrant juste sur une infrastructure ou ne pratiquant pas le changement d'échelle, (ii) une vision monodimensionnelle, souvent technique ou économique, (iii) une vision restrictive de la résilience du point de vue des capacités et des temporalités, ne s'intéressant qu'à l'une de ses caractéristiques (résistance, absorption ou récupération) , (iv) un manque d'opérationnalisation induisant une approche abstraite impossible à appliquer directement, et (v) une approche non générique appliquée uniquement à un cas d'étude spécifique difficilement reproductible sur d'autres territoires. Il manque ainsi une approche d'évaluation générique, à ambition pluridimensionnelle et opérationnelle d'évaluation de la résilience urbaine. Nous proposerons ici les premiers éléments d'un tel outil qui pourrait trouver sa place dans le cadre d'un observatoire de la résilience.

## II. METHODE

L'approche proposée passe par une succession d'étapes (Figure 1).

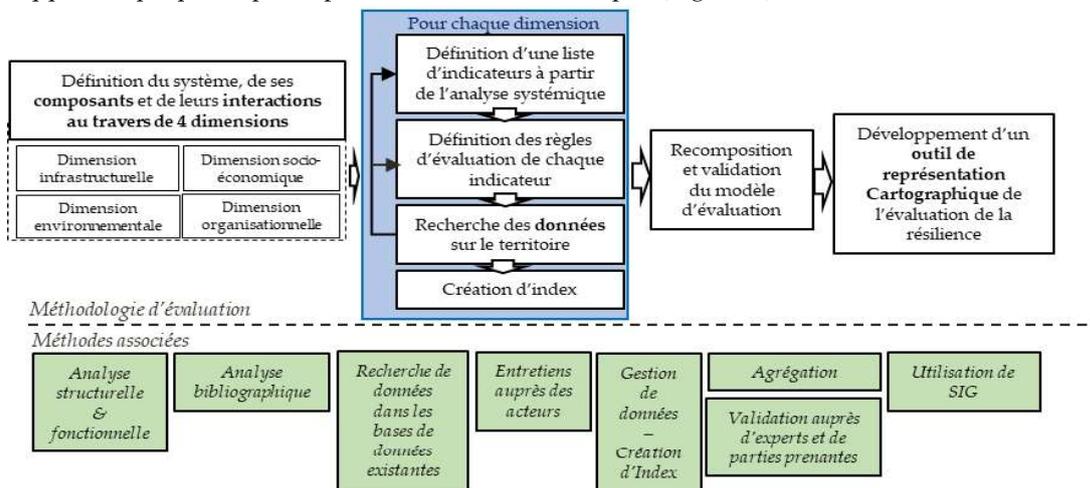
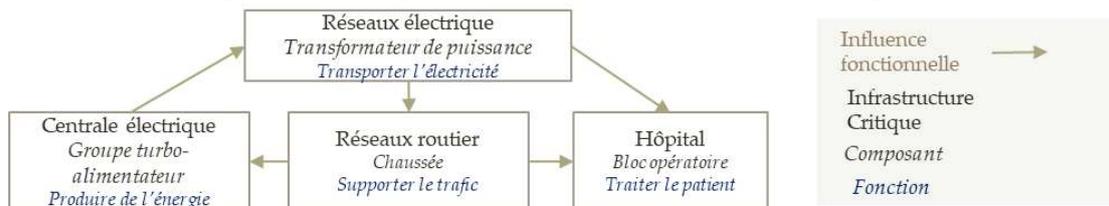


FIGURE 1. Méthodologie générale d'évaluation de la résilience

Dans un premier temps, une approche systémique est utilisée pour définir et formaliser le système étudié, ses composants et leurs interactions au travers d'analyses structurelle et fonctionnelle. La méthode se décline alors selon 4 dimensions : environnementale, économique, infrastructurelle et organisationnelle. Pour chacune de ces dimensions seront alors définis des indicateurs et des règles permettant de les évaluer. Cela constituera un modèle d'évaluation qui sera nourri à partir d'en ensemble de données sur le territoire. Afin de donner une vision synthétique du territoire et dans un objectif de fournir un tableau de bord, ces indicateurs seront agrégés sous la forme d'index. Finalement, un outil de représentation géographique permettra une représentation spatiale de ces indicateurs et index. Dans la partie suivante nous décrirons un peu plus en détail la partie relative à la dimension infrastructurelle.

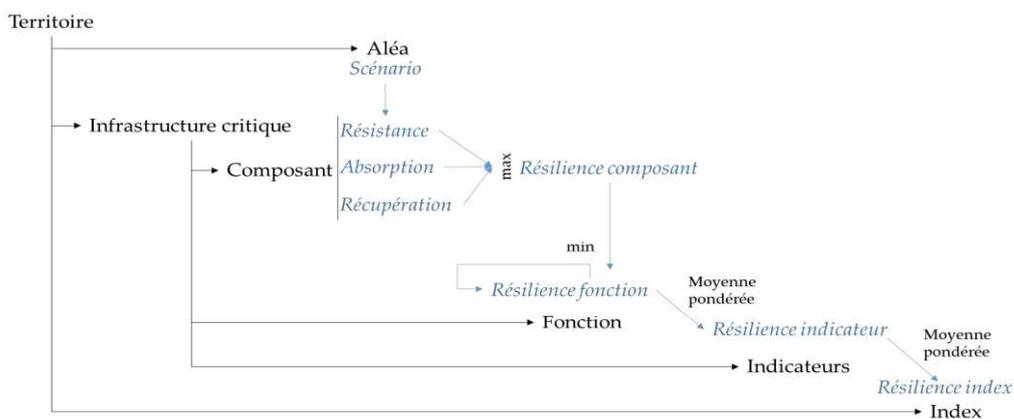
### III. DIMENSION INFRASTRUCTURELLE

Comme cela a été exposé précédemment, la méthode commence par des analyses structurelle et fonctionnelle. Pour la partie infrastructurelle, il faut ainsi tout d'abord identifier les infrastructures du système (e.g. réseau routier, aéroport...). L'approche se focalise ici sur les infrastructures critiques (IC) (European Commission, 2008) et leurs interdépendances (Fig 2).



**FIGURE 2.** Exemples d'infrastructures critiques interdépendantes, de composants et fonctions associés

Pour chacune de ces IC, il faut dans une première étape identifier leurs composants et leurs fonctions, puis déterminer la contribution des composants à chacune des fonctions, et enfin le lien entre l'ensemble des fonctions. On associera aussi à chaque infrastructure un ensemble d'indicateurs (e.g. niveau de sécurité, niveau de service...). Il est à noter que pour les infrastructures en réseau, celles-ci peuvent être décomposées par zone géographique afin de qualifier la résilience à une maille géographique plus fine. A partir de cette description du système, il sera possible d'évaluer la résilience des infrastructures du système (Fig. 3), et en particulier d'évaluer les interdépendances fonctionnelles entre ces infrastructures.



**FIGURE 3.** Evaluation de la dimension infrastructurelle

Pour cela, il faudra dans un premier temps définir un scénario d'aléa (e.g. crue centennale). A partir de ce scénario, les composants seront évalués vis-à-vis des 3 caractéristiques de la résilience : résistance, absorption et récupération. Il s'agit ainsi de déterminer quelles sont les capacités des composants à résister, absorber ou récupérer suite à cet aléa. Pour cette évaluation une échelle à 7 échelons est utilisée allant de 1 : nulle/aucune à 7 : parfait/non impacté. La résilience des composants est alors évaluée à partir de ces trois caractéristiques, par la fonction max. Cela permet d'évaluer la résilience des fonctions ; celle-ci est évalué à partir de la résilience des composants qui participent à cette fonction mais aussi des autres fonctions des autres infrastructures dont elle dépend (démarche « sécuritaire » prenant le niveau de résilience

minimum des composants et fonctions participants). La résilience des fonctions est utilisée pour évaluer les indicateurs à partir des liens entre les fonctions et les indicateurs définis en amont. Une moyenne avec pondération afin de prendre en compte l'importance relative des fonctions pour les indicateurs est utilisée pour calculer les valeurs des indicateurs. De la même façon, une moyenne pondérée est utilisée pour agréger les indicateurs pour former les index qui donnent une vue synthétique de la résilience des infrastructures du territoire. En appui à cette méthodologie d'évaluation une approche des interdépendances géographiques par le biais des outils SIG et de l'analyse spatiale sera envisagée.

#### IV. CONCLUSION

Nous avons proposé dans cet article, une approche pour l'évaluation de la résilience urbaine. Nous avons détaillé l'approche pour la dimension infrastructurelle. Bien évidemment, cela ne constitue qu'une part de la résilience urbaine, qui est aussi complétée par les autres dimensions (environnementale, socio-économique et organisationnelle). Un enjeu important porte sur les données, informations et connaissances nécessaires à l'application de cette approche. L'approche proposée, bien que se voulant générique a pour vocation à être appliquée, cela est notamment nécessaire pour identifier les données requises. Le territoire étudié sera celui de l'île de Tahiti fortement concerné par les crues rapides (Arnell et al., 2018), avec notamment un focus particulier sur l'agglomération de Papeete (170 000 habitants) regroupant une large part de la population Polynésienne ainsi que l'essentiel des services et infrastructures majeures.

#### REFERENCES

- Arnell, G., M. Darnaud, and V. Jasmin. 2018. Rapport d'information fait au nom de la délégation sénatoriale aux outre-mer sur les risques naturels majeurs dans les outre-mer.
- Balsells, M., B. Barroca, Y. Diab, and V. Becue. 2013. Urban design contribution to neighbourhood flood resilience: proposition of a model analysis. International conference on flood resilience: experiences in Asia and Europe:1–11.
- European Commission. 2008. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection. Page Official Journal of the European Union.
- Heinzlef, C., V. Becue, and D. Serre. 2019. A spatial decision support system for enhancing resilience to floods . Bridging resilience modeling and geovisualization techniques:1–29.
- Lhomme, S. 2013. Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain - Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine.
- Reghezza-Zitt, M. 2013. Utiliser la polysémie de la résilience pour comprendre les différentes approches du risque et leur possible articulation. *EchoGéo*:0–14.
- Serre, D. 2018. DS3 Model Testing : Assessing Critical Infrastructure Network Flood Resilience at the Neighbourhood Scale. Pages 207–220 *Urban Disaster Resilience and Security*.
- Spaans, M., and B. Waterhout. 2017. Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities* 61:109–116.
- Ubyrisk Consultants. 2016. 2001-2015 : 15 ans de catastrophes naturelles dans le monde.