
Approche spatio-temporelle de l'exposition individuelle en période de crise sismique

Apports et limites de la géomatique pour l'analyse du cas de Lorca (Espagne, 2011)

Marc Bertran Rojo^{1,2}, Céline Lutoff^{1,2}, Elise Beck^{1,2}, Philippe Schoeneich^{1,2}

1. Univ. Grenoble Alpes, PACTE
F-38000 Grenoble, France
marcbertranrojo@gmail.com

2. CNRS, PACTE,
F-38000 Grenoble, France

RESUME. Le 11 mai 2011, un double séisme a frappé la ville de Lorca, dans le sud-est de l'Espagne. Ce séisme a eu de lourdes conséquences pour la population et a provoqué de nombreux dégâts sur les bâtiments de la ville. Nous proposons ici de montrer comment l'outil géomatique contribue à l'analyse de la fluctuation de l'exposition humaine en situation de crise sismique. La mobilité individuelle apparaît ici comme l'élément favorisant la coïncidence spatiale entre le danger et l'individu. Sur la base d'entretiens qualitatifs, nous avons reconstitué sous SIG la mobilité individuelle lors de l'épisode sismique de Lorca. Nous montrerons ici les apports et limites des outils mobilisés pour l'analyse de cette exposition dynamique.

ABSTRACT. The 11th of May, 2011, a double earthquake struck the town of Lorca, (southeastern Spain). The earthquake had serious consequences for the population and caused extensive damage to buildings in the town. We propose to show how GIS help at analyzing human exposition fluctuation in the context of a seismic crisis. In that case, individual mobility appears to be the element that will allow the spatial coincidence between danger and individual. Based on qualitative interviews, and with the help of GIS, we reconstitute individual mobility during the seismic crisis of Lorca. We will show the benefits and limits of the mobilized tools for analyzing the dynamic exposure.

MOTS-CLES : exposition dynamique, séismes, mobilité, SIG, période de crise

KEYWORDS: dynamic exposure, earthquakes, mobility, GIS, crisis period

1. Introduction

Le 11 Mai 2011, exactement deux mois après l'épisode de Fukushima au Japon, un double séisme a secoué la ville de Lorca, située à environ 60 kilomètres au sud-ouest de Murcia en Espagne. Le tremblement de terre de Lorca n'a pas été un des plus meurtriers dans le contexte méditerranéen, cependant il présente plusieurs caractéristiques qui le rendent inédit. La péninsule ibérique n'avait pas connu de tremblement de terre aussi meurtrier depuis 1956, où un séisme avait fait 13 morts dans le sud-est de l'Espagne, près de la ville de Grenade (Solares, 2012). En 2011, le séisme, de magnitude M_v 5,2, a eu lieu vers 18H47 heure locale (16H47 heure GMT) et il a été précédé de presque deux heures par une autre secousse de magnitude M_v 4,6. D'une intensité épicentrale de VII (EMS 98), l'événement a causé neuf décès, environ 300 blessés, l'écroulement total d'un bâtiment, et des dommages graves sur 1.164 autres édifices. Les pertes économiques étaient estimées en novembre 2011 à 1 200 millions d'euros par la municipalité de Lorca. Les victimes ont été touchées sur la voie publique à proximité de bâtiments. La cause des blessures n'est pas liée à l'effondrement des bâtiments mais à des chutes de corniches, de balcons, ou d'autres éléments constitutifs des bâtiments (Rodríguez et al., 2011). Les dégâts ont été très concentrés sur la ville de Lorca alors qu'ils étaient à peine visibles à quelques kilomètres de la ville.

Lors de cet événement, aucun individu n'est décédé à l'intérieur des bâtiments, les individus n'étaient pas statiques dans leurs maisons mais en mouvement. De ce constat, nous nous sommes interrogés sur le rôle de la mobilité comme facteur aggravant de l'exposition des individus en situations de crise sismique. Suite à la secousse principale, évacuer la ville a été la consigne des services de sécurité. L'évacuation induit nécessairement une forte augmentation des déplacements sur un espace et dans un temps plus ou moins grand. Cette augmentation de la mobilité influence-t-elle l'exposition face aux chutes potentielles d'éléments de façade et à l'écroulement possible des bâtiments fragilisés ?

La mobilité est déjà identifiée comme un facteur majeur d'exposition et de vulnérabilité face à d'autres risques, notamment les crues rapides (Ruin, 2007). Nous avons choisi d'adapter une méthode d'enquête spécifique développée pour réaliser des entretiens à la suite de crues rapides (Ruin et al., 2013) pour collecter sur le terrain les données permettant de répondre à notre question. Ces données ont ensuite été codées et intégrées dans un SIG pour mener à bien l'analyse spatiale et temporelle de la mobilité individuelle et de l'exposition entre la première secousse et l'évaluation totale de la ville. Notre question est ici de faire le point sur les apports et limites de l'outil SIG pour ce type d'analyse dynamique qui constitue aujourd'hui un enjeu majeur de l'évaluation des risques.

2. Méthodologie

Vingt entretiens qualitatifs ont été réalisés neuf mois après l'événement auprès de la population auxquels se sont ajoutés 7 enquêtes réalisées auprès de différents organismes qui sont intervenus lors de l'événement, tels que la Croix Rouge, la

Protection Civile ou la Police Locale. Ces derniers entretiens ont permis de mieux appréhender dans quel contexte de prise en charge de la situation de crise les populations ont réagi (déploiement des équipes de secours et organisation de la gestion de crise à l'échelle de la ville). Les enquêtes auprès de la population ont porté sur la manière dont les individus ont réagi pendant la période de crise et sur leurs déplacements entre la première secousse et leur évacuation complète de la ville. Les itinéraires précis de chacun des individus ont ainsi été collectés sur des plans de la ville (format papier). Ces données ont été analysées à l'aide d'une base de données SIG. L'outil a permis de développer une méthodologie expérimentale d'évaluation de l'exposition liée à la chute d'éléments non structuraux du bâti, principale cause de décès dans le cas de Lorca.

Cette première analyse spatiale a par ailleurs été complétée par une analyse temporelle utilisant des actogrammes. Ceux-ci permettent de comparer la succession des actions entreprises par chaque individu et les lieux qui y sont associés (Thevenin et al., 2007). On peut ainsi connaître à chaque moment précis si un individu se trouve à l'intérieur d'un bâtiment, à proximité d'un édifice, dans une zone ouverte dans la ville ou à l'extérieur de la ville, principales catégories de lieux définies selon le niveau d'exposition correspondant.

Au moyen de cette méthode, nous avons ainsi reconstitué les niveaux d'exposition des individus interrogés tout au long des itinéraires qu'ils ont empruntés lors de l'événement.

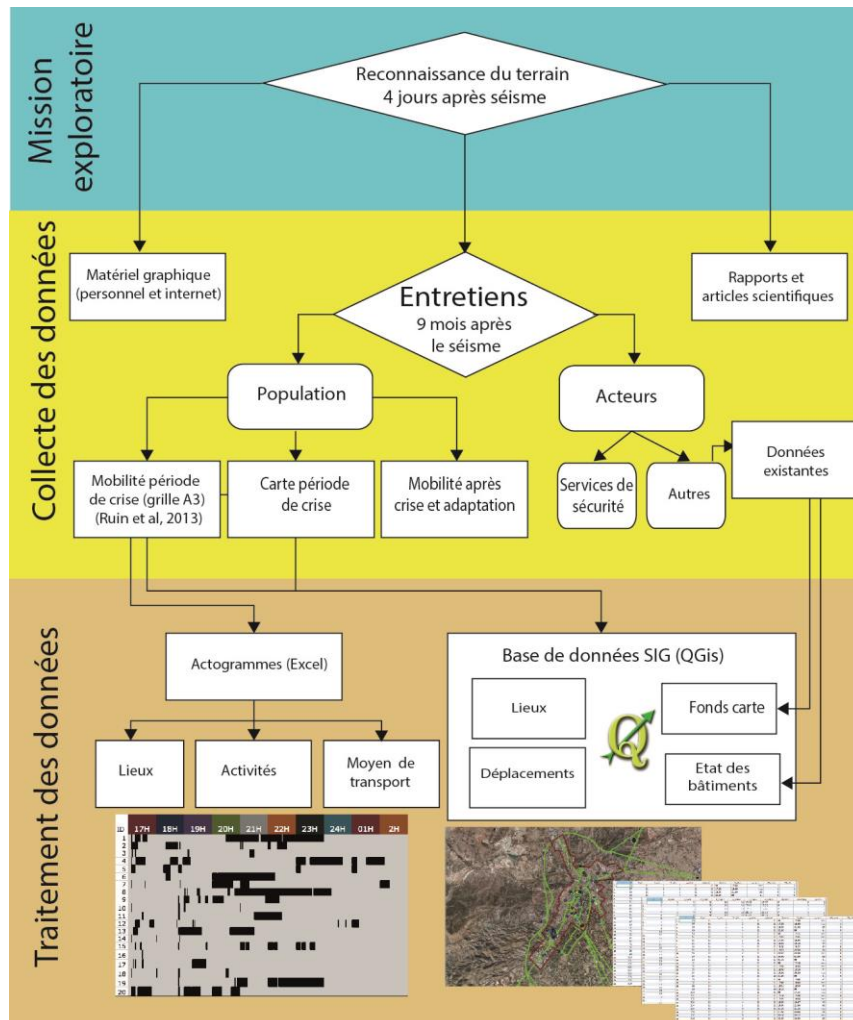


Figure 1 Schéma de la méthode de collecte et de traitement des données. Les losanges font référence aux actions sur le terrain et la collecte des données. Les rectangles aux coins arrondis font référence à la cible des données collectées. Enfin, les rectangles aux coins pointus font référence aux données brutes collectées ainsi qu'au traitement postérieur.

3. Résultats

Deux grands types de résultats sont issus de l'analyse. L'analyse spatiale bien qu'expérimentale démontre la très grande variabilité de l'exposition individuelle dans les minutes et les heures qui suivent la secousse. L'analyse interroge également

la manière dont les consignes de sécurité sont communiquées et appliquées et l'incidence que cela peut avoir sur l'exposition dynamique. Il faut néanmoins noter la forte incertitude liée à l'évaluation de l'exposition humaine et la nécessité de mieux connaître les comportements réels en développant des méthodes d'observation directe, en période de crise sismique, afin de réduire cette incertitude.

A travers l'analyse temporelle, on observe un pic de mobilité courte dans les minutes qui suivent les secousses, engendrant un accroissement de l'exposition sur la voie publique. Les raisons de cette augmentation de la mobilité varient dans le temps. Après le premier séisme, la recherche des informations est la principale motivation des déplacements. Après le deuxième séisme, les déplacements ont une vocation de mise en protection et d'organisation afin d'évacuer la ville par la suite.

4. Conclusion - questions en suspens

Ce travail de reconstitution spatiale et temporelle tente d'apporter une amélioration des connaissances sur les comportements des acteurs et la dynamique de leur exposition lors d'un séisme modéré en contexte européen.

L'exposition est souvent l'objet de travaux de modélisation qui essayent d'anticiper le nombre de victimes potentielles et les causes des dommages corporels. Même si le terme d'exposition n'est pas utilisé dans ces travaux, il s'agit de prendre en compte la distribution des populations dans l'espace et dans le temps pour préciser au mieux la vulnérabilité sociale face aux séismes et le nombre potentiel de victimes (Davoine et al., 2013). Cependant l'incertitude relative à la modélisation est très importante et apparaît très nettement lorsqu'on met en relation les différents scénarios proposés par ces modèles avec les situations réelles (Spence et So, 2011). Le cas de Lorca offre justement une situation réelle qui peut aider à la calibration de ces modèles.

L'outil SIG s'avère utile pour progresser dans l'amélioration de cette modélisation et dans la prise en compte de la dimension spatiale de l'exposition dynamique. Cependant, il doit être complété par d'autres outils, plus adaptés à l'analyse temporelle pour réellement cerner ce qui se joue en termes d'exposition humaine au moment de la crise sismique. La visualisation des niveaux d'exposition dans le temps et dans l'espace reste limitée et difficile avec les outils mobilisés ici. L'orientation vers d'autres types d'outils plus adaptés à la modélisation et la visualisation spatio-temporelle constitue une perspective pour cette recherche sur l'exposition humaine face aux séismes, mais aussi face à d'autres types de risques.

Bibliographie

Davoine P-A., Beck E., André-Poyaud I., Chardonnel S., et Lutoff. (2013). *Dynamic and interactive mapping for the spatio-temporal analysis of social vulnerability to seismic risks*. *Journal of Maps*, Submitted 01/18/13.

- Davoine P-A., Beck E., André-Poyaud I., Chardonnel S., Lutoff C., Telechev A., et others. (2012). *Géovisualisation pour la réduction de la vulnérabilité socio-spatiale en milieu urbain*. *Comité Français de Cartographie*, vol. 211, p. 69- 84.
- Rodríguez L.C., Herrero E.C., Álvarez A.I., Solares J.M.M., Villar R.C., Díaz J. J.M., Benito B., et al. (2011). *Informe del sismo de Lorca del 11 de mayo de 2011*. Informe Técnico. <http://digital.csic.es/handle/10261/62381>.
- Ruin I. (2007). *Conduite à contre-courant. Les pratiques de mobilité dans le Gard: facteur de vulnérabilité aux crues rapides*. Thèse en Géographie, Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Ruin I., Lutoff C., Boudevillain B., Creutin J.D., Anquetin S., Rojo M.B., Boissier L., et others. (2013). *Social and hydrological responses to extreme precipitations: An interdisciplinary strategy for post-flood investigation*. <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/WCAS-D-13-00009.1>.
- Spence, R. J. S., et So E. K. M. (2011). Human casualties in earthquakes: modelling and mitigation. Actes du Proceedings of the ninth Pacific conference on earthquake engineering, 2011 Auckland, New Zealand.
- Solares J.M.M. (2012). *Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. vol 19 (3) p. 296–304.
- Thevenin T., Chardonnel S., et Cochet E. (2007). *Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon. Une analyse de l'Enquête-Ménage-Déplacement par les programmes d'activités*. *Espace populations sociétés*, vol 2007/2-3: p. 179- 90.