



**HAL**  
open science

## Outils de réponse rapide pour la gestion opérationnelle de crises sismiques

Samuel Auclair, Daniel Monfort, Bastien Colas, Thibaud Langer, Didier Bertil

► **To cite this version:**

Samuel Auclair, Daniel Monfort, Bastien Colas, Thibaud Langer, Didier Bertil. Outils de réponse rapide pour la gestion opérationnelle de crises sismiques. SAGEO2014, Nov 2014, Grenoble, France. hal-01087447

**HAL Id: hal-01087447**

**<https://brgm.hal.science/hal-01087447>**

Submitted on 26 Nov 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Outils de réponse rapide pour la gestion opérationnelle de crises sismiques

**Samuel AUCLAIR<sup>1</sup>, Daniel MONFORT<sup>1</sup>, Bastien COLAS<sup>2</sup>,  
Thibaud LANGER<sup>1</sup>, Didier BERTIL<sup>1</sup>**

1. BRGM : Direction Risques et Prévention / Unité Risques Sismique et Volcanique

2. BRGM : Direction Régionale Languedoc-Roussillon

Contact : [s.auclair@brgm.fr](mailto:s.auclair@brgm.fr)

---

## RESUME.

L'expérience acquise après séismes ainsi que dans le cadre d'exercices « séisme » de sécurité-civile montre que les gestionnaires de crise ont besoin de disposer d'outils pour identifier rapidement l'ampleur des conséquences occasionnées, y-compris dans le cas d'évènements modérés. Le BRGM et ses partenaires ont mis en place des outils visant à répondre à ces besoins opérationnels, permettant notamment la cartographie rapide et automatique de l'ampleur des secousses sismiques, ainsi que l'estimation sectorisée des dommages. Afin d'aller encore plus loin dans la prise en compte des besoins opérationnels liés à la gestion de crise sismique, des travaux sont menés dans le but de fournir aux autorités une évaluation rapide de bilans essentiels au dimensionnement de leur réponse opérationnelle, structurée selon des communiqués directement appropriables par les services concernés. Des pistes exploratoires sont par ailleurs à l'étude dans le but d'enrichir la remontée d'information terrain en ayant recours aux techniques de « crowd-sourcing », par la mobilisation de capteurs « citoyens » distribués ou par l'usage des réseaux sociaux.

## ABSTRACT.

Experience of past earthquakes as well as "earthquake" civil-protection's exercises underlines the need for crisis managers to have at their disposal rapid-response tools able to assess consequences caused by earthquakes, even for moderate events. BRGM and its partners have developed tools to meet these operational needs, in order to automatically and quickly produce maps of seismic ground-motions, as well as sectorized assessments of damages. To go further in taking account operational requirements related to the management of seismic crisis, work is being done in order to provide the authorities with a quick assessment of the human tolls that may control their actions, structured within reports dedicated to civil-protection teams. Exploratory tracks are also being considered in order to enrich the information feedback from the field by using techniques of "crowd-sourcing", thanks to the use of distributed "citizen" sensors or of social-networks.

**MOTS-CLES :** risque sismique, gestion crise, crowd-sourcing

**KEYWORDS:** seismic risk, crisis management, crowd-sourcing

---

## 1. Introduction

Lors de la survenue d'un séisme, les autorités en charge de la gestion de crise doivent pouvoir dresser aussi rapidement que possible un « paysage » de la situation dégradée, afin d'entreprendre des actions répondant aux besoins immédiats. Dans ce contexte, les gestionnaires de crise sont en demande « d'outils de réponse rapide » leur permettant de prendre la mesure de la crise en estimant l'ampleur des dommages/pertes/dysfonctionnements, et ce à tous les échelons du dispositif ORSEC.

A ce jour, deux projets menés sur la zone pilote des Pyrénées ont permis au BRGM et à ses partenaires de développer des démonstrateurs scientifiques permettant le calcul et la diffusion rapide (quelques minutes après les premières secousses) et automatique d'une évaluation des dommages au bâti (projet ISARD) et de l'ampleur des secousses sismiques (projet SISPy – [www.sispyr.eu](http://www.sispyr.eu)). Ces outils reposent sur une analyse continue des enregistrements sismiques transmis en temps-réel, sur une cartographie des sols susceptibles d'amplifier les ondes sismiques, ainsi que sur l'évaluation sectorielle de la vulnérabilité aux séismes du bâti courant. Testés notamment dans le cadre d'un exercice de crise sismique mené dans les Hautes-Pyrénées, ces outils se sont révélés être précieux pour guider les centres opérationnels pendant la phase aiguë des premières heures de la crise. La déclinaison opérationnelle de ces outils nécessite cependant la poursuite des développements reposant sur un dialogue entre les concepteurs issus de la communauté scientifique et les potentiels utilisateurs professionnels de la gestion de crise.

## 2. Pouvoir évaluer rapidement l'ampleur des secousses sismiques

Le risque sismique étant la combinaison entre d'une part l'aléa sismique et d'autre part l'exposition d'enjeux vulnérables, la première étape indispensable à l'estimation des dommages potentiels consécutifs à un séisme concerne la caractérisation spatiale de l'ampleur des secousses sismiques. Or, celles-ci résultent de multiples phénomènes complexes qui, s'additionnant les uns aux autres, induisent une grande variabilité spatiale. Parmi les principaux phénomènes déterminants, citons notamment les effets de source qui peuvent donner lieu à des directivités préférentielles dans la propagation des ondes, et les effets dits « de site » qui peuvent modifier localement les mouvements sismiques du fait de la résonance des ondes sismiques produite par la topographie du relief ou par la présence de formations géologiques superficielles meubles. Dès lors, les modèles empiriques d'atténuation des ondes sismiques simulant une décroissance isotropes de l'amplitude des ondes sismiques avec la distance à l'épicentre ne suffisent pas à eux seuls réaliser des estimations fiables utiles pour les gestionnaires de crise.

Ainsi est-il nécessaire de croiser différents types de données dans une analyse spatiale intégrant à la fois la prise en compte :

- De données régionales permanentes issues de pré-analyses :

- Modèles régionaux d'atténuation ;
- Couche d'information spatiale caractérisant l'amplification moyenne induite par les effets de site.
- De données événementielles collectées en temps-réel après la survenue du séisme :
  - Estimation rapide de la magnitude du séisme et de sa localisation ;
  - Enregistrements sismiques temps-réel en provenance des stations sismologiques ;
  - Estimations rapides de l'intensité macrosismique réalisées de manière automatique sur la base de témoignages internet.

Ces analyses sont réalisées de manière totalement automatique à l'aide du logiciel ©ShakeMap développé par le service géologique américain (USGS), implémenté et régionalisé pour les Pyrénées dans le cadre du projet SISPy (2009-2012). Les cartes ainsi produites sont automatiquement mises en ligne sur le site internet [www.sispyr.eu](http://www.sispyr.eu), avec une actualisation régulière en fonction de la disponibilité de nouvelles données.

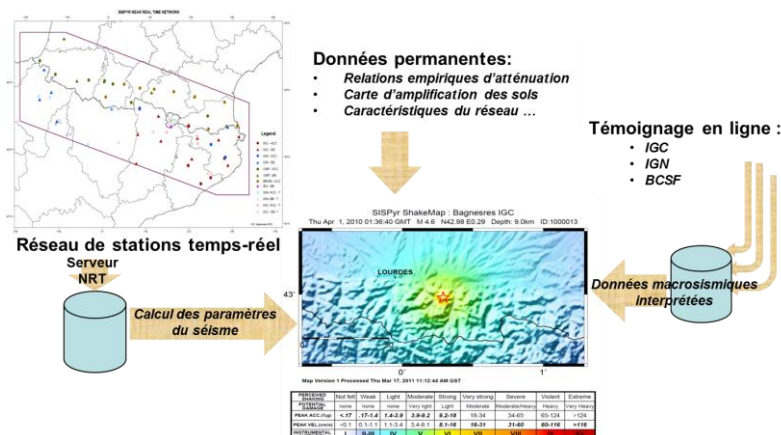


Figure 1. Schéma du fonctionnement du système ShakeMaps dans les Pyrénées

### 3. Fournir aux autorités des tendances fiables et sectorisées de bilans matériels et humains

Bien que l'évaluation rapide et spatialisée de l'intensité sismique fournie par les ShakeMaps soit très utile pour dresser un 1<sup>er</sup> « paysage de crise », l'expérience montre que des difficultés d'interprétation demeurent pour un public non-spécialiste. Par ailleurs, pour aider les autorités à dimensionner leur réponse opérationnelle, il est nécessaire d'aller plus loin et d'évaluer des tendances quant aux bilans potentiels associés à cette agression sismique. Pour ce faire, deux approches sont possibles :

### ***Scénarios de dommages : outil ISARD***

Dans les régions pour lesquelles des analyses statistiques de la vulnérabilité du bâti vis-à-vis du risque sismique sont disponibles, il est possible de croiser une carte de l'intensité d'un événement sismique avec une couche d'enjeux (bâtiments) associés à des fonctions de vulnérabilité adaptées, afin de procéder à de véritables modélisations de l'endommagement au bâti, puis d'en déduire des bilans humains en termes de nombre de personnes décédées, gravement blessées, de sans-abris...

Grace au projet ISARD (2003-2006), cette approche est aujourd'hui opérationnelle dans les Pyrénées pour la Catalogne ainsi que pour le département des Pyrénées Orientales. Utilisant les données sismologiques enregistrées en temps-réel dans la zone, le système ISARD permet ainsi de produire en quelques minutes après l'occurrence d'un séisme une note informative transfrontalière, cohérente et homogène avec l'estimation des dommages au parc immobilier.

### ***Estimations directes des pertes***

Pour les régions non couvertes par des études de vulnérabilité physique du bâti, l'USGS a mis au point une méthodologie simplifiée d'estimation des pertes consécutives à un séisme dénommée PAGER. Le principe de la méthode PAGER est d'évaluer l'ampleur des conséquences des séismes par le croisement d'une évaluation rapide de l'ampleur des secousses sismiques avec une donnée de population considérée comme un proxy spatialisé des enjeux vulnérables. La logique suivie est donc différente de celle employée pour la réalisation d'une analyse de type « scénarios de dommages » qui intègre une prise en compte explicite de la vulnérabilité physique des enjeux considérés. En pratique, PAGER estime un bilan humain et bilan économique à partir de relations empiriques établies et calibrées en utilisant une base de données des bilans des séismes passés. Afin de compléter les outils pyrénéens ISARD/SISPy pour l'ensemble du territoire, le BRGM travaille donc à la déclinaison de la méthode PAGER pour la France métropolitaine. Cette transposition française de l'outil vise à fournir des estimations rapide du nombre de décédés et de sans-abris, lesquels sont dimensionnant pour la réponse opérationnelle de la crise. L'une des sources de données utilisée pour cela est la densité de population fournie par l'INSEE par maille de 200 m, laquelle permet de réaliser des estimations de pertes avec une très bonne résolution spatiale.

La prochaine phase du développement de l'outil doit permettre l'automatisation de la procédure afin de pouvoir générer de manière rapide et autonome des bulletins communicables aux autorités pour les renseigner sur l'ampleur de la situation et ainsi optimiser leur réponse.

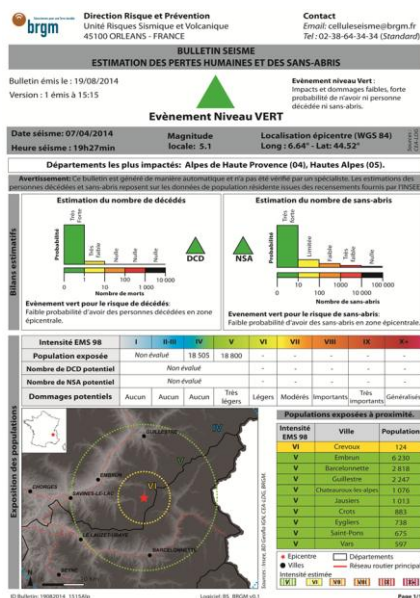


Figure 2. Exemple d'un bulletin de type PAGER adapté pour la France par le BRGM : ici le cas du séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014.

#### 4. Vers la prise en compte de nouvelles sources de données

Alors que les outils de réponse rapide après séisme reposent le plus souvent sur les seules mesures réalisées à partir de capteurs sismologiques traditionnels, la possibilité offerte par l'outil ©ShakeMap de pouvoir intégrer dans l'analyse des données citoyennes qualifiant l'intensité macrosismique est particulièrement intéressante. Pour autant, c'est données provenant de témoignages individuels recueillis sur internet via des questionnaires macrosismiques mis en ligne sur des sites institutionnels (en France par le Bureau Central Sismologique Français, et en Espagne par l'Institut Géologique National et l'Institut Cartographique et Géologique Catalan), elles demeurent souvent insuffisantes pour couvrir de manière suffisamment rapide et homogène la zone affectée par le séisme.

Aussi, deux pistes s'annoncent aujourd'hui particulièrement prometteuses. La première concerne la mise en place de réseaux « citoyens » de surveillance sismique reposant sur l'usage des capteurs accélérométriques issus de la micro-électroniques (les MEMS) : de très faible coût comparativement aux équipements professionnels et de plus en plus performants, ces capteurs embarqués dans les Smartphones, consoles de jeux ou autres PC-portables ou qui peuvent aussi se brancher en port-USB pourraient en effet venir utilement compléter les mesures traditionnelles pour mieux calibrer la réalisation des ShakeMaps.

Par ailleurs, les réseaux sociaux constituent également une source d'information très intéressante. Très populaire et disposant d'un nombre croissant d'utilisateurs en

France, le réseau de microblogging Twitter a notamment démontré sa capacité à diffuser de premières informations extrêmement rapidement suite à la survenue de séismes. En particulier, l'afflux de messages échangés (ou « crowdsourcing ») sur la notion de séisme est un excellent indicateur permettant de détecter automatiquement les séismes dès lors qu'ils sont suffisamment bien ressentis par la population, et ce plus rapidement que les réseaux sismologiques dédiés. Par ailleurs, le géoréférencement de certains tweets ainsi que la mention textuelle de lieux semble pouvoir permettre d'évaluer en quelques minutes seulement l'aire de perception des secousses sismiques. En France, ces analyses ont été conduites avec succès par le BRGM sur les données échangées dans les minutes après la survenue du séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014. A l'instar de la méthodologie de détection sismique proposée par l'USGS en 2011 et utilisée par son système TED (Tweet Earthquake Dispatch), de telles analyses rapides pourraient à court terme permettre de mieux calibrer les ShakeMaps.

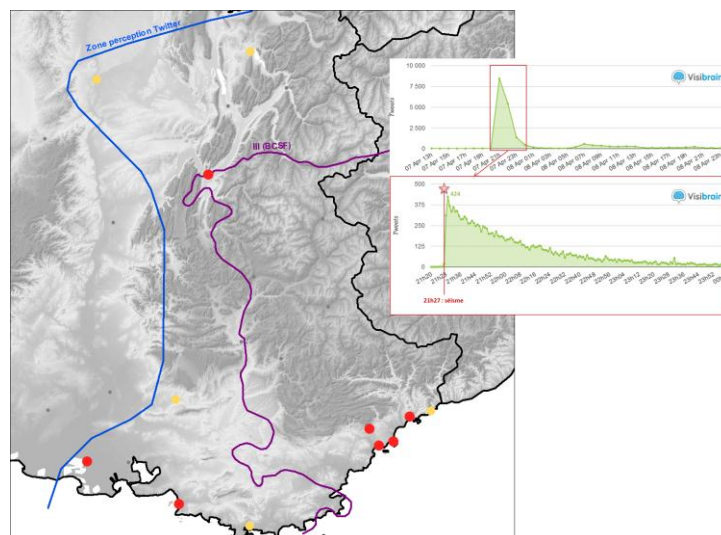


Figure 3. Carte avec un contour de la zone de perception du séisme de Barcelonnette (avril 2014) obtenue via Twitter et isoséisme de l'intensité III selon le BCSF (Sira et al. 2014). A droite graphique qui montre la variation des allusions au phénomène sismique au moment du séisme.

### Bibliographie non numérotée et références

Sira C., A. Schlupp, M. Schaming, C. Chesnais, C. Cornou, A. Dechamp, E. Delavaud, E. Maufroy, (2014) – Séisme de Barcelonnette du 7 avril 2014, Rapport du BCSF, BCSF2014-R1b, 76p, 22 figures, 6 annexes.

Webographie

ShakeMaps Sispyr [www.sispyr.eu](http://www.sispyr.eu)

ShakeMaps USGS <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/>

PAGER USGS <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/>

TED USGS <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/ted/>