

Catalogue BCSF-LDG, version septembre 2015 :

informations techniques sur le contenu du catalogue

La version 2014 du catalogue BCSF-LDG de la sismicité instrumentale métropolitaine est directement issue du projet SI-Hex « Sismicité Instrumentale de l'Hexagone » et couvre la période 1962-2009. Un article collectif (Cara et al., 2015) présente l'essentiel de la méthodologie suivie lors du projet.

Localisation

Pour chaque séisme, la localisation de son hypocentre (latitude, longitude, profondeur) correspond à la localisation la plus précise possible. Elle est choisie entre celles faites dans les observatoires régionaux et celle calculée au cours du projet SI-Hex. Cette dernière utilise l'ensemble des temps d'arrivées disponibles en France et dans les pays frontaliers et résulte de l'application d'une méthodologie de localisation identique sur tout le territoire métropolitain et toute la période 1962-2009. La méthode utilise le modèle 1D de vitesses sismiques de Haslach simplifié utilisé par le BCSF-RéNaSS à l'EOST.

	profondeur, km	Vitesse P, km/s	Vitesse S, km/s
Croûte supérieure	0-20	5.9	3.4
Croûte inférieure	20-30	6.5	3.7
Manteau supérieur	>30	8.2	4.4

Table : Modèle 1D de vitesse sismique BCSF-ReNaSS adapté du modèle Haslach (Rothé and Peterschmitt, 1950).

Ce modèle a servi à localiser 110 480 événements sismiques dans la zone dite *SI-Hex étendue* (latitude comprise entre 41°N et 52°N, longitude comprise entre 6°O et 11°E) à partir de 3 261 922 temps d'arrivée sismiques fournis par les réseaux sismiques français (LDG, RéNaSS, Sismalp, OMP, Géo-Azur) et par les réseaux sismiques étrangers via les données collectées par le CSEM et l'ISC. Chaque événement sismique ainsi localisé possède un N° d'identifiant unique apparaissant en première colonne du catalogue. Les nouvelles localisations résultant de cette procédure d'identification d'événements et conservées *in fine* sont indiquées par le label « SI-Hex » dans la colonne « auteur ».

Afin de procurer la meilleure localisation disponible pour chaque hypocentre, les localisations produites par les observatoires régionaux ou par des travaux particuliers ont été retenues comme localisations préférentielles. Elles remplacent alors la localisation labélisée « SI-Hex ». Ces solutions préférentielles concernent les parties récentes du catalogue et des zones particulières, à partir de 1978 dans les Pyrénées (OMP), de 1989 dans les Alpes (GRN), de 2001 dans la zone Méditerranéenne (OCA) et couvrent la période 1980- 2004 dans le massif armoricain (LPG, de 6°O à 1°E et 45°N à 50°N). Par ailleurs bon nombre de séismes anciens, de 1962 à 1988, ont été relocalisés par le LDG (indication LDG dans la colonne « auteur du catalogue »). Les localisations calculées par les réseaux régionaux s'appuient, comme les solutions labellisées SI-Hex, sur des modèles de vitesses sismiques 1D, mais ceux-ci sont adaptés à chaque région. De plus les localisations régionales utilisent des critères de sélection favorisant les données des stations les plus proches des épicentres.

Magnitude

Les magnitudes de moment, M_w des plus gros séismes du catalogue BCSF-LDG sont calculées à partir des mêmes signaux que ceux ayant servi à déterminer la magnitude locale M_L au LDG, mais au lieu d'utiliser l'amplitude maximale des ondes sismiques, c'est l'amplitude du signal de la « coda » qui est utilisée.

L'un des très grand intérêt de la coda est que son amplitude est mesurable sur les anciens enregistrements sur papier des réseaux de surveillance sismique (Denieul et al., 2015). Cette technique a été utilisée systématiquement pour attribuer une magnitude M_w aux séismes de magnitude M_{L-LDG} supérieure à 4 entre 1962 et 2009. A cause de l'absence de quelques signaux sismiques, notamment entre 1979 et 1984, des lois de régression linéaire entre les magnitudes M_{L-LDG} et les magnitudes M_w déduites de la coda ont été établies. Deux périodes de temps ont été considérées, celle de l'enregistrement à l'encre sur papier avant 1976 et celle de l'enregistrement magnétique ou numérique après 1976:

Années > 1975 : $M_w = 0.8208 M_{L-LDG} + 0.080$;

Années \leq 1975 : $M_w = 1.4285 M_{L-LDG} - 2.0891$.

Pour les séismes de magnitude $M_{L-LDG} \leq 4$, des lois de conversion entre M_{L-LDG} et M_w ont été établies par calage sur la valeur de conversion établie à $M_{L-LDG}=4$ avec la coda et en accord avec la loi proposée par Braunmiller et al. (2005). En dessous d'une magnitude M_w de l'ordre de 2.5, la pente de la loi de conversion entre M_L et M_w devient inférieure à 1. Dans le projet SI-Hex une loi de conversion adaptée aux plus petites magnitudes a donc été établie à partir de mesures de moment sismique conjointes à celles de M_{L-LDG} . L'analyse détaillée d'une crise sismique dans la zone frontalière franco-italienne (Godano et al., 2014) a été utilisée pour ce calage. Il en résulte les lois de conversion suivantes qui assurent la continuité à $M_w = 2.517$.

$M_w = M_{L-LDG} - 0.6$, pour $3.117 \leq M_{L-LDG} \leq 4$

$M_w = 0.6642 M_{L-LDG} + 0.4467$, pour $M_{L-LDG} < 3.117$.

Enfin, pour les événements identifiés uniquement par un réseau régional et pour lesquels il n'y a pas de M_{L-LDG} , des conversions supplémentaires ont été établies en amont par régression linéaire pour convertir les magnitudes locales Sismalp et OMP en M_{L-LDG} .

Discrimination

La discrimination entre événements naturels et artificiels s'est appuyée sur une approche multicritères et le travail des analystes des différents laboratoires.

A terre, l'analyse de tirs de carrières à partir d'une analyse spatio-temporelle de la distribution d'événements ou par l'analyse du rapport spectral entre ondes S/Lg et Pg ont montré que les classifications opérées par les analystes des différents laboratoires pouvaient être validées à 90%.

En mer, une analyse systématique de signaux par analyse cepstrale a permis d'identifier un nombre important d'explosions marines. Cette procédure basée sur l'identification d'un « effet bulle » pour les tirs sous-marins a permis d'éliminer bon nombre d'événements sismiques du catalogue dans l'Atlantique et la Méditerranée.

En conséquence la stratégie de priorités suivantes a été suivie pour identifier et éliminer du catalogue les séismes d'origine anthropique :

- 1) identification de ces événements par traitement du signal lorsque cela est possible,
- 2) à défaut priorité au classement effectué par l'analyste de l'observatoire régional français, puis du LDG, puis de l'organisme étranger lorsqu'il existe,
- 3) en dernier ressort, élimination des événements restants sans label

La discrimination opérée dans le cadre du projet SI-Hex reste localement incomplète. Elle est évidemment bien meilleure pour la partie récente du catalogue dans les zones de solution de localisation préférentielle que dans les autres zones. Elle est également aussi bien meilleure pour la partie récente du catalogue, typiquement après l'année 2000 que pour la partie ancienne.

A l'issue du travail de discrimination et la restriction à la « zone SI-Hex » de la France métropolitaine élargie à la zone économique exclusive en mer, le nombre total d'évènements sismiques est passé de 110 480 dans la zone dite *SI-Hex étendue* à 38 027 séismes, essentiellement d'origine naturelle.

Sigles

BCSF-ReNaSS	Bureau Central Sismologique Français – Réseau National de Surveillance Sismique
CEA-DAM	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives – Direction des Applications Militaires
CSEM	Centre Sismologique Euro-Méditerranéen, Arpajon
EOST	Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg
Géoazur	Unité de recherche mixte, Nice
ISC	International Seismological Centre, Berkshire
ISTerre	Institut des Sciences de la Terre, Grenoble
LDG	Laboratoire de Détection Géophysique, Arpajon
LPG	Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de l'OSUNA, Nantes
OMP	Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse
Sismalp	Réseau sismique des Alpes, ISTerre

Références

- Braunmiller, J., Deichmann, N., Giardini, D., Wiemer, S., and the SED Magnitude Working Group (2005). Homogeneous moment-magnitude calibration in Switzerland. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 95(1):58–74
- Cara M., Y. Cansi, A. Schlupp, P. Arroucau, N. Béthoux, E. Beucler, S. Bruno, M. Calvet, S. Chevrot, A. Deboissy, B. Delouis, M. Denieul, A. Deschamps, C. Doubre, J. Fréchet, S. Godey, O. Golle, M. Grunberg, J. Guilbert, M. Haugmard, L. Jenatton, S. Lambotte, D. Leobal, C. Maron, V. Mendel, S. Merrer, M. Macquet, A. Mignan, A. Mocquet, M. Nicolas, J. Perrot, B. Potin, O. Sanchez, J.-P. Santoire, O. Sèbe, M. Sylvander, F. Thouvenot, J. Van der Woerd & Van der Woerd K. (2015) - SI-Hex: a new catalogue of instrumental seismicity for metropolitan France, *Bull. Soc. Géol. France*, t. 186, no. 1, pp. 3-19.
- Denieul, M., Sèbe, O., Cara, M., and Y. Cansi, (2015). M_w from crustal coda waves recorded on analog seismograms, *Bull. Seismol. Soc. America.*, doi:10.1785/0120140226.
- Godano, M., Larroque C, Bertrand E., Courboux F., Deschamps A., Salichon J., Blaud-Guerry C., Fourteau L., Charléty J., Deshayes P., (2013). The October-November 2010 earthquake swarm near Sampeyre (Piedmont Region, Italy) : a complex multicluster sequence, *Tectonophysics*, 608, 97–111.
- Rothé J-P and Peterschmitt E (1950) Étude séismique des explosions d'Haslach, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, t.5, 3e part Géophysique, 13–28