

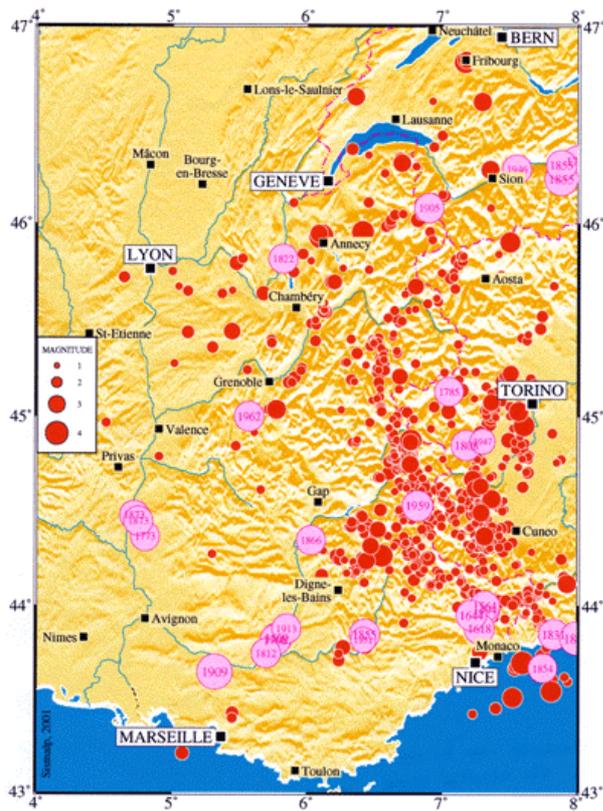
La surveillance sismique du Sud-Est de la France

Même si les dégâts immobiliers occasionnés par les séismes restent finalement tout à fait exceptionnels dans le Sud-Est de la France, le nombre de séismes ressentis par la population est loin d'être négligeable : on peut l'estimer à environ une vingtaine chaque année. Mais de nombreux autres séismes, de magnitude plus faible, se produisent sans être ressentis. Pour mieux étudier cette sismicité, il faut un réseau de détection adapté. C'est avec l'appui décisif du conseil général de l'Isère, dans le cadre de l'opération « Isère département pilote pour la prévention des risques majeurs » que le réseau Sismalp a vu le jour en 1987. Sismalp poursuit un quadruple but :

- localiser les séismes avec le maximum de précision (moins d'un kilomètre d'incertitude horizontale dans certains cas), de façon à pouvoir cartographier les failles sismiques actives et à fournir des bases aux futures réglementations parasismiques ;
- déterminer si possible l'orientation et le pendage de la faille qui a joué au moment du séisme, ce qui permet de comprendre la dynamique des Alpes ;
- mieux connaître la structure profonde de la chaîne alpine en observant des anomalies de propagation des ondes ;
- et enfin constituer une base de données pouvant être utilisée pour des études complémentaires (atténuation des ondes, mécanismes de déclenchement des séismes, etc.)

Sismalp est constitué de 44 stations sismologiques automatiques réparties du lac Léman au sud de la Corse et du Massif central à la frontière italienne. Chaque station est composée d'un capteur (sismomètre) et d'une acquisition (balise). Le sismomètre permet de transformer les vibrations du sol en un très faible signal électrique qui est amplifié par la balise. Celle-ci dispose d'une horloge très précise calée sur des émetteurs radios terrestres ou embarqués sur des satellites. Une telle précision est indispensable pour pouvoir dater l'instant d'arrivée d'une onde sismique à la milliseconde près. Tous les centièmes de seconde, la balise scrute le signal en provenance du sismomètre. Dès que celui-ci dépasse un certain seuil, on conserve dans la mémoire de la balise le sismogramme correspondant. La balise est reliée au réseau téléphonique, et un modem lui permet de communiquer avec le site central situé au Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique (LGIT), à l'Observatoire des sciences de l'Univers de Grenoble. Chaque nuit, ou plus fréquemment en fonction de l'activité sismique, ce site interroge l'ensemble des stations et constitue une base de données directement exploitable.

Sismalp est l'une des composantes du Réseau national de surveillance sismique qui, depuis Strasbourg, a le rôle de lancer des alertes lorsqu'un séisme de magnitude supérieure à 4 survient sur le territoire national. Avec deux autres réseaux sismologiques situés dans l'arrière-pays niçois et dans la région d'Aix-en-Provence, avec le concours des stations du réseau du Laboratoire de détection et de géophysique du CEA implantées dans le Sud-Est et des stations suisses et italiennes proches de la frontière, la surveillance sismique exercée par Sismalp sur l'ensemble de la région est maintenant beaucoup plus efficace qu'il y a dix ans.



Carte de sismicité du Sud-Est de la France. **En rose** : sismicité historique (fichier Sirene IPSN/BRGM/EDF) correspondant aux séismes d'intensité maximale supérieure ou égale à VI–VII MSK ; les séismes d'intensité maximale supérieure ou égale à VII–VIII MSK sont repérés par leur millésime. Les magnitudes correspondant à ces séismes historiques sont approximatives. **En rouge** : sismicité instrumentale observée par Sismalp entre 1989 et 2000 (magnitude supérieure ou égale à 1,5). **En bleu** : stations du réseau Sismalp.

L'alerte sismique

Trois stations du réseau Sismalp, situées à Grenoble, au barrage de Grand-Maison et au col de Larche (Alpes-de-Haute-Provence), fonctionnent de façon un peu différente. Elles transmettent leurs signaux en continu jusqu'au LGIT, soit par liaison radio soit par des liaisons téléphoniques louées à l'année. Un ordinateur scrute en temps réel les trois signaux simultanément, à la recherche d'une agitation anormale du sol pouvant correspondre à un séisme. Si le séisme est suffisamment important, cet ordinateur génère une alerte qui se traduit par l'envoi d'un mini-message sur des téléphones mobiles. Les personnes destinataires de ce message peuvent alors se connecter sur le centre de calcul du LGIT, examiner les sismogrammes, localiser le séisme et déterminer sa magnitude, permettant ainsi de communiquer très rapidement une information aux services de protection civile. Les signaux des trois stations de ce réseau d'alerte sont, sous un délai de l'ordre de la minute, mis automatiquement en accès sur l'Internet, quelle que soit l'amplitude des signaux enregistrés. On peut ainsi suivre à distance les moindres frémissements qui se produisent dans les Alpes, ou ailleurs dans le monde si la magnitude du séisme est suffisante. (Sismalp enregistre ainsi quotidiennement des « téléséismes » survenant à des milliers de kilomètres de distance.)

Outre un aspect « protection civile » qui est sa justification la plus évidente, l'alerte sismique est importante également sur le plan purement sismologique, en permettant une intervention aussi rapide que possible sur le terrain en cas de fort séisme (magnitude supérieure à 4 environ). En effet, la mise en place de stations sismologiques à proximité de l'épicentre d'un tel séisme permet d'étudier dans les meilleures conditions les « répliques » (secousses secondaires de plus faible magnitude) qui se produisent dans les heures et les jours qui suivent. La compréhension de l'apparition de ces répliques est fondamentale si l'on veut un jour pouvoir prévoir les séismes.

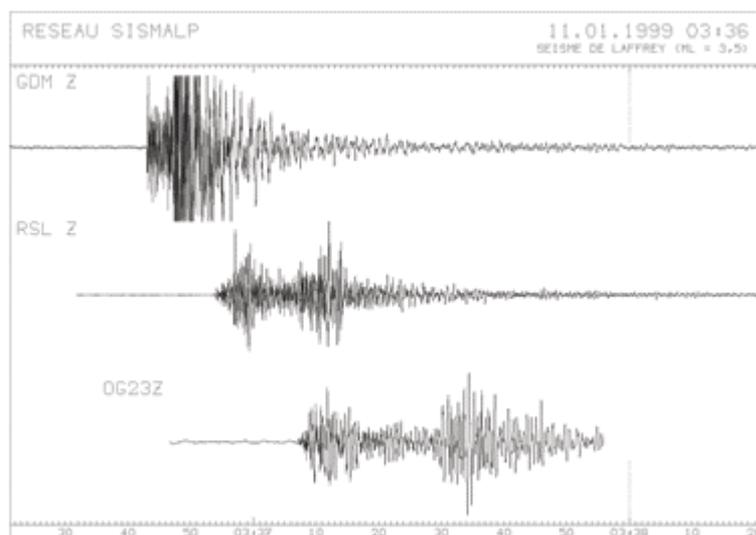
Que savons-nous maintenant de la sismicité instrumentale du Sud-Est de la France ?

Au cours des douze dernières années, près de 13 000 secousses ont été enregistrées et localisées par le réseau Sismalp dans le Sud-Est ; 60 % de cette activité (près de 8 000 secousses en 12 ans, soit plus de 600 par an) ont été identifiés comme étant des séismes naturels, le reste correspondant à des phénomènes non sismiques (tirs de carrière, explosions diverses, éboulements).

La vingtaine de séismes ressentis chaque année dans le Sud-Est ne représente donc qu'une faible proportion de l'activité sismique totale. En contrepartie, la sismicité reste modérée : il n'y a en moyenne qu'un séisme de magnitude supérieure à 3,5 par an ; qu'un séisme de magnitude supérieure à 4,5 tous les dix ans. C'est presque négligeable lorsqu'on considère l'activité sismique du globe tout entier, où, chaque jour, se produisent une vingtaine de séismes de magnitude supérieure à 4 !

La zone la plus active se situe de part et d'autre de la frontière franco-italienne, le long de deux « arcs » : l'arc sismique piémontais, situé en Italie en bordure de la plaine du Pô, et l'arc Briançonnais qui traverse l'Ubaye, le Queyras, la région de Briançon et la Vanoise avant de rejoindre le Val d'Aoste. Le long de ces deux arcs, dont on avait pressenti l'existence depuis le milieu du siècle dernier sur la base de la sismicité historique, l'activité sismique est très continue, presque quotidienne. Un troisième arc se dessine plus à l'est, sous la plaine du Pô, au sud de Turin. L'une des plus importantes découvertes de ces dernières années est l'existence d'un quatrième arc, situé beaucoup plus à l'ouest, que l'on peut suivre depuis la vallée du Drac, au sud de Grenoble, jusqu'à Sixt (Haute-Savoie), en passant par Uriage et Allevard (Isère), Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie), Faverges, le Grand-Bornand et Samoëns (Haute-Savoie).

Entre Monestier-de-Clermont et Allevard (Isère), cet arc subalpin a une partie sud très rectiligne et assez active qui a été baptisée « Faille bordière de Belledonne » parce qu'elle s'appuie sur le flanc ouest du massif du même nom. Les séismes qui s'y produisent ont des magnitudes qui restent modérées (entre 0 et 3,4) ; la majorité d'entre eux étant située vers 5 km de profondeur, la faille n'est pas décelable en surface. On a pu mettre en évidence qu'il s'agissait d'une faille de coulissage horizontal permettant au massif de Belledonne de se déplacer très lentement vers le sud-ouest (probablement guère plus que d'un millimètre par an) par rapport au Grésivaudan et au massif de la Chartreuse. Le plus gros séisme qui se soit produit récemment sur la Faille bordière de Belledonne est celui de Laffrey en 1999 (magnitude 3,4), qui a généré de très nombreuses répliques dans les mois qui ont suivi. Pour obtenir des mesures directes du déplacement le long de la faille, le LGIT est en train de mettre en place des stations qui permettent, en continu, le calcul de leur position précise grâce au système GPS. On pense pouvoir obtenir des résultats significatifs en quelques années, même si le déplacement est très faible.



Sismogrammes enregistrés dans trois stations :
 En haut : barrage de Grand'Maison (isère)
 Au milieu : Barrage de Roselend (savoie)
 En bas : Col de Tende (alpes maritimes)

Une autre faille s'est aussi manifestée de façon spectaculaire en juillet 1996 lors du séisme d'Épagny (Annecy) qui a atteint la magnitude de 5,3. C'est la faille du Vuache, du nom du chaînon qui, au nord-ouest d'Annecy, relie le Jura au massif des Bornes.



La faille de Vuache (74)

L'étude des répliques a permis d'établir que, là aussi, il s'agissait d'une faille de coulissage horizontal située à très faible profondeur (entre 1 et 3 km). Le séisme d'Épagny est le plus important séisme qui se soit produit dans les Alpes françaises depuis le séisme de Corrençon (Isère), en 1962. Il a provoqué 400 millions de francs de dégâts, principalement en raison de la faible profondeur du foyer, de sa survenance dans une zone habitée, et surtout d'effets de site (entrée en résonance des couches alluvionnaires peu consolidées de la Plaine d'Épagny). Il a généré une très grande quantité de répliques (plus d'un millier) durant les années qui ont suivi. En novembre 2000, plus de quatre ans après le séisme de 1996, une réplique de magnitude 1,6 a encore été ressentie.

Une dernière surprise amenée par ces années d'études a été de constater qu'une grande partie de la sismicité observée dans les « Alpes internes » (arcs briançonnais et piémontais décrits précédemment) résultait d'un régime extensif de la chaîne. On pouvait en effet logiquement s'attendre à l'inverse, car les Alpes sont considérées comme une chaîne de compression, à la limite de la plaque Eurasie et de la sous-plaque Adriatique.

Le fait que le cœur des Alpes subisse une extension et non une compression modifie radicalement la vision que les spécialistes des sciences de la Terre pouvaient se faire de la dynamique actuelle de la chaîne, les conduisant à bâtir des schémas de collision beaucoup plus compliqués.

Site sur la toile

Le site sur la toile du réseau Sismalp (sismalp.obs.ujf-grenoble.fr) dispose d'une page dynamique mise à jour en temps réel. On peut y visualiser les derniers séismes que vient de détecter le réseau d'alerte, la liste des dernières localisations, l'« avis de localisation » correspondant au dernier séisme ressenti dans le Sud-Est, et les communiqués de presse diffusés ces dix dernières années en cas de séisme jugé suffisamment important (magnitude supérieure à 2,5 environ). Le visiteur a aussi la possibilité de remplir un court questionnaire pour signaler un séisme ressenti.

Le site comprend également une galerie de photos, des textes et petites expériences sur la sismologie, ainsi qu'une liste de liens sur les principaux sites en relation avec la sismologie dans le monde.

Financement et fonctionnement

L'équipement du réseau Sismalp a été financé par le conseil général de l'Isère, la Direction des risques majeurs (ministère de l'Environnement), l'Institut national des sciences de l'Univers (CNRS), la Région Rhône-Alpes et le Pôle grenoblois pour la prévention des risques naturels. Son fonctionnement est assuré par l'Observatoire des sciences de l'Univers de Grenoble, le Bureau central sismologique français et plusieurs conseils généraux (Isère, Alpes-de-Haute-Provence, Haute-Savoie, Ain, Savoie, Drôme).