

Sismologie, aléa et risque sismiques dans les Pyrénées

La Rédaction¹.

Aperçu historique

Alors que la cartographie géologique des Pyrénées a un long passé derrière elle, d'abord avec la couverture à 1/80 000, puis celle à 1/50 000 en voie d'achèvement, ou encore avec les nombreux travaux réalisés par les pétroliers pour la compréhension du bassin d'Aquitaine et de ses bordures, la surveillance sismologique de la chaîne n'a débuté, dans la partie française, que dans les années 1970, le Service sismologique de Catalogne étant, pour sa part, mis en place en 1981. Et pourtant, ce ne sont pas les séismes importants qui manquent au sein de centaines d'autres plus petits ayant affecté les Pyrénées et qui font de cette région la première région sismique de France métropolitaine.

Les premières stations sismologiques ont été installées il y a un siècle environ à Perpignan et à Tortosa dans le delta de l'Èbre. De la même époque datent de grands observatoires astronomiques, comme celui du Pic du Midi, où l'on faisait des mesures météorologiques et magnétiques, parfois sismologiques. Mais les sismographes étaient lourds et encombrants et nécessitaient une maintenance quotidienne. Un tel appareil a fonctionné à Bagnères-de-Bigorre de 1960 à 1970, mais il a été abandonné en raison des perturbations du milieu urbain.

Le premier réseau installé, à l'échelle du territoire national, a été celui du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) ; sa finalité était la détection des essais nucléaires souterrains. L'une de ces stations a été installée en 1972, à Esparros dans les Pyrénées centrales. La fin de la guerre froide a conduit à une redistribution des stations de surveillance et deux autres stations ont été installées dans les Pyrénées-Atlantiques à Etsaut et Saint-Jean-Pied-de-Port.

L'extraction des hydrocarbures à Lacq a entraîné une modification des contraintes du sous-sol et un premier séisme a été ressenti en 1969 suivi de nombreux autres de magnitude modérée. La société Elf a alors confié une étude du risque à l'Institut de physique du globe de Strasbourg qui installera un réseau de 7 stations. Un second réseau sera installé par des équipes de Grenoble en 1991, à des fins de recherche scientifique. Ces réseaux seront démantelés en 1997, Elf ayant arrêté de financer les opérations, considérant avoir acquis des connaissances suffisantes sur l'impact sismique de l'exploitation des hydrocarbures de Lacq. La surveillance est aujourd'hui assurée par l'université de

Pau. Depuis 1976, plusieurs milliers de petits séismes ont été détectés dans un rayon de 5 km autour de Lacq.

Le séisme d'Arette (13 août 1967, magnitude 5,3), qui détruisit en grande partie les villages d'Arette, Lannes et Montory dans le Béarn, n'a pas entraîné la mise en place de la surveillance sismique des Pyrénées. Il faudra attendre 1978 pour que 8 stations soient installées dans un rayon de 30 km autour d'Arette, de Bohocortia à l'ouest jusqu'au col de Jaut à l'est. Divers travaux scientifiques dont une thèse d'État, ont analysé les 3 300 séismes enregistrés par le réseau d'Arette de 1978 à 1992. Ce réseau, devenu obsolète a été repris par l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP) en 1995 et arrêté en 1998. Alors que la Catalogne développait son réseau de surveillance sismologique, l'Observatoire Midi-Pyrénées a été créé à Toulouse et une antenne METEOSAT installée en 1989, qui a permis de collecter heure par heure les détections sismologiques d'une vingtaine de stations réparties de part et d'autre de la frontière. Une antenne similaire existait à Barcelone.

Après une phase de réflexion, initié en 1994, un nouveau réseau a vu le jour à partir de 1998, destiné à assurer une couverture plus exhaustive des Pyrénées (notamment sur le Béarn) et à remplacer les anciennes stations devenues obsolètes et coûteuses en maintenance. Le tableau 1 donne la liste des stations sismiques de part et d'autre de la frontière en mentionnant l'organisme gestionnaire. La figure 1 donne la localisation de ces stations.

Le réseau OMP, dénommé « Réseau de Surveillance Sismique des Pyrénées » (RSSP), fait partie intégrante du Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS).

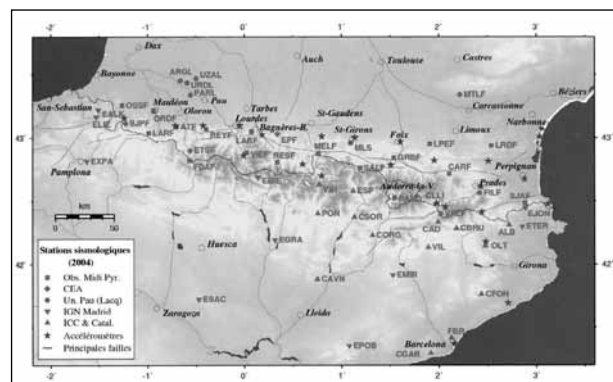


Figure 1. Localisation des stations sismologiques pyrénéennes (sismomètres et accéléromètres) utilisées pour la surveillance sismique (source : Souriau et Sylvander, 2004).

1. Remerciements à Jérôme Lambert, Pascal Dominique, Agathe Roullé, Bastien Colas et Caterina Negulescu (BRGM) pour leur aide dans l'élaboration de cet article.

Sigle	Station	Gestion	Sigle	Station	Gestion
ATE	Arette (64)	OMP	URDL	Urdès (64)	Univ. Pau
CARF	Carcanières (09)	OMP	UZAL	Uzan (64)	Univ. Pau
FDAF*	Borce – Forges d'Abel (64)	OMP	EALK	Alkurruntz	IGN Madrid
FILF	Fillols (66)	OMP	EBIE	Bielsa	IGN Madrid
GRBF*	Gourbit (09)	OMP	EJON	La Jonquera	IGN Madrid
LABF	Labassère (65)	OMP	ELIZ	Elizondo	IGN Madrid
LARF	Larrau (65=)	OMP	EMIR	El Miracle	IGN Madrid
LPEF	Le Peyrat (09)	OMP	EPOB	Poblet	IGN Madrid
LRDF	Laroque-de-Fa (11)	OMP	ESAC	Sierra Alcubierre	IGN Madrid
MELF	Melles (31)	OMP	ETER	Terrades	IGN Madrid
MLS	Moulis (09)	OMP	EXPA	Pamplona	IGN Madrid
ORDF	Ordarp (64)	OMP	CAVN	Les Avellanes	IGC
OSSF	Ossès (64)	OMP	CFON	Fontmartina	IGC
PAND*	Principauté d'Andorre	OMP	CLLI	Llivia	IGC
RESF	Ens (65)	OMP	CBRU	Bruguera	IGC
REYF	Rey / Castet (64)	OMP	CORG	Organya	IGC
SALF	Salau (09)	OMP	CGAR	Garaf	IGC
SJAF	Saint-Jean l'Albère (66)	OMP	CSOR	Sort	IGC
VALF	Valcebolière (66)	OMP	ALB	Albanya	IGC
VIEF	Viey (65)	OMP	ESP	Espot	IGC
EPF	Esparrros (65)	CEA	PEL	El Pont del Suert	IGC
ETSF	Etsaut (64)	CEA	VIL	Vilada	IGC
MTLF	Montolieu (11)	CE	OLT	Olot	IGC
SJPF	Saint-Michel – Saint-Jean-Pied-de-Port	CEA	VIH	Vielha	IGC
ARGL	Argagnan (64)	Univ. Pau	FBR	Fabra	Div. Cat.
PARL	Parbayse (64)	Univ. Pau	CAD	Túnel del Cadi	Div. Cat

Tableau 1. Liste des stations sismiques pyrénéennes utilisées pour la surveillance sismique (source : Souriau et Sylvander, 2004).

Légende :

OMP : Observatoire Midi-Pyrénées.

CEA : Commissariat à l'Énergie atomique (Laboratoire de détection et de géophysique, LDG).

IGN : Instituto geográfico nacional de Madrid.

IGC : Institut Geològic de Catalunya.

Div. Cat : divers Catalogne.

* : transmission satellitaire.

Il comprend 20 stations permanentes (3 stations à transmission satellitaire, via le satellite Météosat et 17 stations à transmission téléphonique). Dans chaque station, le mouvement du sol est mesuré dans trois directions (verticale nord-sud et est-ouest) grâce à un sismomètre et enregistré sur place en numérique. Une mesure du temps, précise, est réalisée en parallèle. À ces 20 stations permanentes peuvent s'ajouter des stations temporaires, à transmission « Météosat » ou stockage simple sur mémoire *in situ*. Les sites d'Arette (ATE, Pyrénées-Atlantiques) et de Saint-Jean l'Albère (SJAF, Pyrénées-Orientales) sont également équipés de sismomètres large-bande, de type Streckeisen STS-2, qui font partie du réseau large-bande du RéNaSS. Outre le système d'interrogation téléphonique normal, le site de Moulis (MLS, Ariège) est relié à l'OMP par

une ligne spécialisée qui permet à Toulouse de visualiser l'activité sismique en continu et en temps réel. En intégrant les stations des autres réseaux que celui de l'OMP, ce sont une quarantaine de stations qui sont implantées dans le domaine pyrénéen.

Les données collectées à partir des différents réseaux (voir Tabl. 1 et Fig. 1) sont notamment intégrées aux bulletins trimestriels et annuels édités par le RSSP qui présentent une synthèse de la sismicité des Pyrénées. Ils sont envoyés aux services de Protection Civile des différents départements pyrénéens, aux organismes dont les données sont utilisées, ainsi qu'aux administrations ou particuliers qui en formulent la requête. Le service est également chargé de répondre aux demandes d'information émanant des organismes publics en matière de

sécurité civile. Tout séisme important fait l'objet d'une alerte par télécopie auprès des services de la Protection Civile concernés. Enfin, le service joue un rôle pédagogique d'accueil de scolaires et d'initiation aux aspects sismologiques de la tectonique des Pyrénées.

En outre, le Réseau Accélérométrique Permanent (RAP) comprend plus de 20 stations équipées d'accéléromètres et dédiées à l'étude des mouvements forts (Fig. 2). La liste des stations est donnée dans le tableau 2 ; la gestion de ces stations est répartie entre l'OMP et le BRGM.

La sismicité historique

Les Pyrénées constituent la région de France métropolitaine où la sismicité est la plus importante, notamment en Bigorre et dans la région Béarn-Soule où se manifeste une activité sismique intense, et où sont intervenus de grands tremblements de terre destructeurs historiques :

- 21 juin 1660, d'intensité IX², qui a endommagé la ville de Bagnères-de-Bigorre (65), causant une quinzaine de victimes ;
- 24 mai 1750, d'intensité VIII, à Lourdes – Juncalas (65) ;
- 10 juillet 1923, d'intensité VII-VIII, dans la Navarre (Berdun) ;
- 19 novembre 1923, d'intensité VIII, dans le Val d'Aran (Viella)
- 13 août 1967, d'intensité VIII, à Arette (64) qui détruisit 80% du bourg et toucha 62 communes ;
- 29 février 1980, d'intensité VII-VIII à Arudy (64).

À cette liste, il faut rajouter les grands séismes intervenus en Catalogne :

- 3 mars 1373, d'intensité VIII-IX, dans la région de

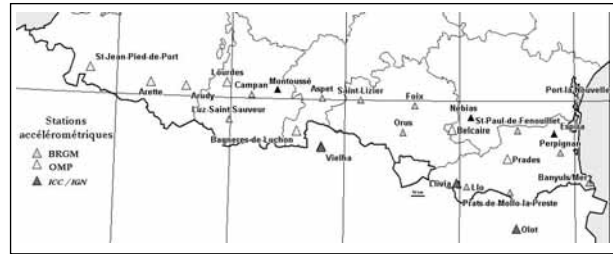


Figure 2. Implantation des stations accélérométriques dans les Pyrénées (France et Catalogne).

Ribagorça au sud du Val d'Aran ;

- mars à juin 1427 (une vingtaine d'évènements sur 4 mois), d'intensité VIII pour le plus violent (15 mai), dans les secteurs d'Amer et Olot ;
- 2 février 1428, d'intensité IX, dans la zone Camprodon – Puigcerdà ; ce séisme fit environ 600 morts (dénombrés) ;
- 25 mai 1448, d'intensité VII-VIII à Llinars del Vallès.

Environ 400 séismes d'une magnitude supérieure à 2 se produisent chaque année dans les Pyrénées, dont au moins une vingtaine sont ressentis localement.

Les grands séismes catalans ont fait l'objet d'une étude de grand détail qui a donné lieu à un partenariat soutenu franco-catalan entre l'IGC et le BRGM. Les études ont été initiées entre 1993 et 1996 dans le cadre du programme européen RHISE³, puis poursuivies plus spécifiquement dans le cadre de l'IGC avec le concours d'historiens catalans qui ont retrouvé de nombreuses sources documentaires locales et les ont interprétées et qualifiées. Le résultat d'ensemble est un ouvrage de référence de plus de 400 pages paru en 2006 et qui porte sur tous les séismes catalans cités ci-dessus (Olivera *et al.*, 2006).

Sigle	Station	Gestion	Sigle	Station	Gestion
PYAD	Arudy (64)	OMP	PYAS	Aspet (65)	BRGM
PYAT	Arette (64)	OMP	PYBA	Banyuls-sur-Mer (66)	BRGM
PYBB	Bagnères-de-Bigorre (65)	OMP	PYCA	Campan (65)	BRGM
PYBE	Belcaire (11)	OMP	PYFE	Saint-Paul-de-Fenouillet (66)	BRGM
PYLO	Lourdes (65)	OMP	PYFO	Foix (09)	BRGM
PYLU	Luchon (31)	OMP	PYLI	Saint-Lizier (09)	BRGM
PYP1	Saint-Jean-Pied-de-Port 1 (64)	OMP	PYLL	Llo (66)	BRGM
PYPC	Château de Pau (64)	OMP	PYLS	Luz-Saint-Sauveur (66)	BRGM
PYPP	Saint-Jean-Pied-de-Port 2 (64)	OMP	PYOR	Orus (09)	BRGM
PYPR	Prades (66)	OMP	PYPE	Perpignan (66)	BRGM
PYPU	Pau Université (64)	OMP	PYPM	Prats-de-Mollo (66)	BRGM
PYTB	Tarbes (65)	OMP	PYPT	Port-la-Nouvelle (11)	BRGM

Tableau 2. Liste des stations accélérométriques du RAP dans les Pyrénées. À ce tableau, il faut ajouter les trois stations accélérométriques IGC/IGN installées en Catalogne : Vielha, Olot et Llivia et 10 autres temporaires gérées par l'OMP sur la commune de Bagnères-de-Bigorre, prévues pour 2 ans.

2. Échelle MSK du nom des trois sismologues qui ont mis au point cette échelle : Medvedev, Sponheuer et Karnik, 1964.

3. Review of Historical Seismicity in Europe.

L'ensemble des séismes pyrénéens se retrouve dans la base de données *SisFrance*, base de données nationale sur la sismicité du territoire métropolitain français, en accès direct sur le réseau Internet⁴. Élaborée par le BRGM (auteur) et co-produite par le BRGM, EDF et l'IRSN⁵, elle livre un état des connaissances sur plus de 6 000 séismes ressentis depuis plus de 1 000 ans en France métropolitaine et sur ses marges frontalières. Le contenu de *SisFrance* est mis à jour annuellement.

La base permet d'accéder notamment aux divers séismes et à leur intensité épicertrale correspondante (égale ou supérieure au degré IV de l'échelle MSK).

L'interrogation en ligne du site *SisFrance* se fait par secteur géographique (département, commune, quadrilatère en entrant des coordonnées), par dates d'événements par le biais du catalogue des vrais séismes (origine tectonique certaine) ou celui des faux séismes (origine autre qu'un séisme ou erreur de datation) et des séismes douteux (événements dont l'origine tectonique n'est pas suffisamment démontrée).

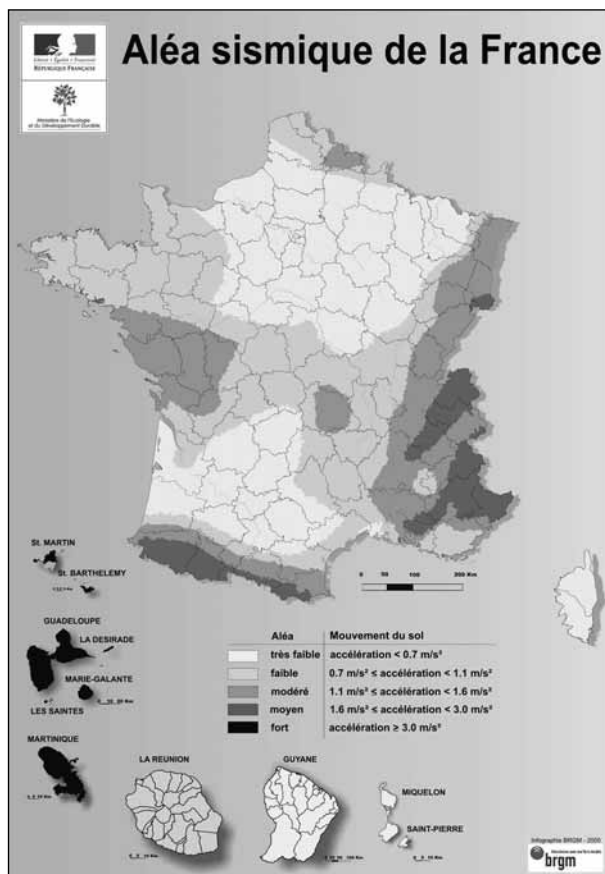


Figure 3. Aléa sismique de la France pour la zone Aquitaine-Pyrénées (Carte « Aléa sismique de la France, 2005).

Études dérivées de la sismologie : aléa et risque sismique, microzonage et scénarios départementaux

Aléa sismique

En matière d'aléa sismique, la carte réglementaire actuelle du territoire national a été adoptée en 1991 et s'appuie sur des données de 1984-85. Elle a été établie selon une approche statistique historique des événements ressentis à l'échelle des cantons et dépend de la période de retour. La nouvelle carte d'aléas a été établie en 2002 par le Bureau d'études GEOTER et revue par le Groupe d'étude et de proposition pour la prévention du risque sismique en France (GEPP), présidé par le Conseil général des Ponts et Chaussées, notamment pour tenir compte de certaines zones à sismicité historique connue et qui n'apparaissaient pas dans l'approche probabiliste retenue ici. La carte « Aléa sismique de la France », présentée au MEDAD⁶ en 2005, distingue 5 classes d'aléas (très faible à fort) et les mouvements du sol (accélération) correspondants. La différence principale entre cette carte et la précédente est la remontée plus au nord dans l'avant-pays pyrénéen de la limite des zones d'aléa faible à modéré. La figure 3 présente la carte « Aléa sismique de la France » dont la zone Aquitaine-Pyrénées.

Si l'on prend en compte l'ensemble de la France métropolitaine, ce sont les Pyrénées et plus spécifiquement le secteur de la Bigorre, qui correspondent à la région la plus sismique de France. Dans les Alpes, c'est le secteur de l'Ubaye qui remporte la palme.

Projet ISARD (Information Sismique Automatique Régionale de Dommages)

Le projet ISARD est un programme de recherche soutenu financièrement par l'Europe, dans le cadre des actions Interreg IIIA France-Espagne 2003-2007, et axé sur le thème du risque sismique reconnu sur l'ensemble de la chaîne pyrénéenne.

La seule stratégie valable face au phénomène sismique étant la prévention, la mobilisation des moyens allant de la réglementation en matière de construction parasismique jusqu'à l'organisation des moyens de secours en cas de dommages importants, en passant bien entendu par des aspects d'éducation de la population, sont nécessaires. Le manque d'harmonisation de ces moyens mis en œuvre au niveau de chaque pays a inspiré la rédaction de ce projet qui s'intéresse à ces aspects et notamment :

4. www.sisfrance.net

5. Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire.

6. Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables.

- à la proposition d'un nouveau **zonage sismique trans-frontalier unifié des Pyrénées**, utile à l'application de règles parasismiques cohérentes territorialement ;
- aux aspects plus proches de la prévention opérationnelle, avec la proposition de scénarios réalistes de dommages sismiques sur les deux zones pilotes que sont la vallée transfrontalière de la Cerdagne et la principauté d'Andorre ;
- à la gestion opérationnelle, puisqu'il s'agit de **démontrer la faisabilité d'un système automatique rapide d'estimation de dommages après un tremblement de terre**, adressé essentiellement aux services de secours et de gestion de crise (SRSS7) ;
- aux aspects éducatifs et informatifs avec la diffusion des travaux et résultats du projet aux populations situées des deux côtés de la frontière et aux différents acteurs publics et scientifiques œuvrant sur cette thématique.

L'objectif principal du projet ISARD est d'obtenir des informations préventives et opérationnelles sur le risque sismique, sans distorsion liée à l'effet frontière, avec une transmission efficace aux services de secours et de gestion de crise locaux. Le projet aboutit au développement d'un système permettant, dans les minutes qui suivent un séisme, la diffusion, par fax, courriel ou SMS, aux services de secours et de gestion de crise, d'une note informative avec une estimation des dommages produits par un tremblement de terre.

Ces scénarios de dommages automatiques, basés sur la connaissance de la vulnérabilité du bâti aux séismes, s'appuient sur un processus de détermination de la localisation et de la magnitude d'un séisme immédiatement après l'événement à partir des données acquises par un réseau d'observation sismique en temps réel par transmission satellitaire (système VSAT, Fig. 4). En France, 3 stations de mesures accélérométriques (dans l'Aude, les Pyrénées-Orientales et les Hautes-Pyrénées)



Photo 1. Station de mesures accélérométriques de Nébias, Aude (cliché BRGM).

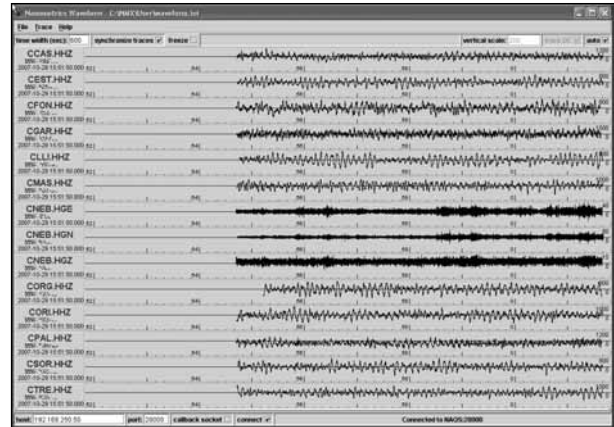


Figure 4. Exemple d'enregistrement de station accélérométrique (Écran Naqserver Réception de données).

sont installées dans le cadre du projet avec le soutien du MEDAD (Photo 1). À l'issue du projet, plus de 15 stations VSAT, couvrant la partie orientale des Pyrénées, permettront d'obtenir le type de scénarios rapides proposés (Fig. 5).

Les partenaires du projet sont l'IGC⁸, le BRGM⁹, le CSTB¹⁰, la Generalitat de Catalogne par sa Direction de la sécurité civile¹¹, la commune de Puigcerda¹², site de la zone pilote, le CRECIT¹³ représentant l'Andorre.

Microzonage de la ville de Lourdes

Après l'étude de microzonage d'Annecy, dont le PPR n'est pas encore finalisé, il s'agit ici d'un autre projet de microzonage sismique fin à l'échelle d'une ville et non à une échelle régionale comme dans le cas des deux zones pilotes du projet ISARD. Financé par la Ville de Lourdes, le Fonds Barnier (FPRNM) et le BRGM au titre de ses actions

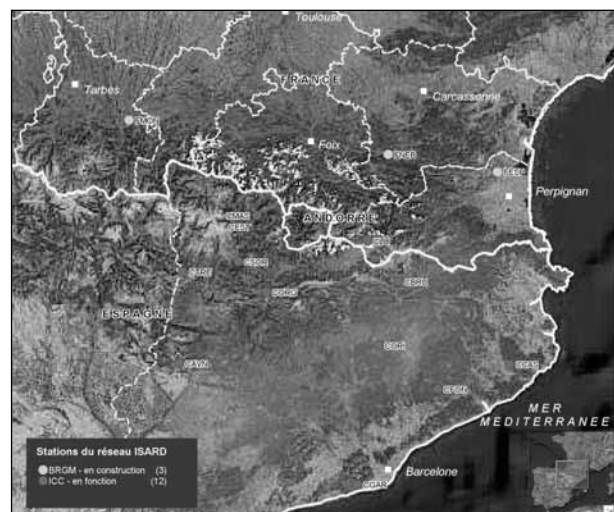


Figure 5. Réseau de stations ISARD.

7. Seismic Rapid Response System.

8. Institut Géologique de Catalogne (www.igc.cat).

9. Bureau de Recherches Géologiques et Minières (www.brgm.fr).

10. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (www.cstb.fr).

11. Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil de la Generalitat de Catalunya (www.gencat.net).

12. Ajuntament de Puigcerdà (www.puigcerda.com).

13. Centre de Recerques en Ciències de la Terra - Institut d'Estudis Andorrans (www.iea.ad).

de service public, ce projet réalisé par le BRGM en collaboration avec l'OMP a duré 18 mois (2005-2006). On rappellera que la région de Lourdes a subi plusieurs gros séismes historiques d'intensité épiscopale supérieure ou égale à VII-VIII MSK en 1660, 1750 et 1854.

La première étape a consisté à définir l'**aléa sismique régional** sur un cercle de 50 km environ autour de Lourdes. Pour cela, on a croisé les données de sismicité historique et de tectonique du secteur, ce qui a abouti à la définition d'un séisme de référence susceptible de se produire avec son niveau de magnitude et sa distance épiscopale, deux grandeurs qui permettent de définir un mouvement sismique de référence dit au rocher horizontal affleurant (substrat sous les formations meubles). Le résultat est cohérent avec celui de l'étude probabiliste de l'aléa sismique (ISARD, module 1).

La phase suivante est celle de la définition de l'**aléa sismique local** avec la prise en compte de l'amplification locale du mouvement du sol (ou « effets de site ») due aux terrains superficiels (moraines, alluvions) et au relief (topographie). Pour cette phase, on s'appuie sur une étude fine de la géologie et sur une campagne de mesures géophysiques réalisées sur les sites susceptibles d'amplifier les mouvements du sol. Le but de cette campagne de mesures est de définir deux paramètres essentiels : la fréquence de résonance du site (méthode H/V) et son profil de vitesse V_s (méthode SASW¹⁴). Pour cette étude, 150 mesures de bruit de fond sismique (méthode H/V) et 25 profils sismiques (méthode SASW) ont été réalisés. En interprétant l'ensemble des données recueillies, on a ainsi pu cartographier des zones à réponse sismique homogène. Ainsi, le zonage final de la commune de Lourdes comprend 5 zones de réponse sismique homogène correspondant chacune à un spectre de réponse en accélération spécifique tenant compte des effets de site. Cela revient à recommander d'utiliser un spectre donné pour construire un bâtiment dans une zone déterminée d'aléa sismique (Fig. 6). La topographie, quant à elle, est prise en compte à travers l'évaluation d'un coefficient multiplicateur qui varie avec la pente et la longueur de crête. L'étude prend également en compte l'aléa de **liquéfaction** (aléa nul à faible, moyen ou fort) et celui de **mouvements de terrain** (chutes de blocs et glissements, avec également trois niveaux d'aléa croissants).

Ces travaux ont abouti à une cartographie au 1/10 000 des différents aléas liés aux séismes sur la commune de Lourdes. Ce microzonage sismique sera ensuite retranscrit réglementairement au travers d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) sismique.

L'étude a également comporté l'élaboration, grâce

à l'outil Armagedom élaboré par le BRGM, d'un **scénario de risque sismique** qui conduit à l'estimation des dégâts potentiels pour le bâti courant, selon les zones d'aléa et en fonction du séisme retenu. La base est donc le zonage d'aléa sismique établi précédemment. L'évaluation du bâti se fait en prenant en compte différentes caractéristiques de la construction dont les plus importants sont : la structure du bâtiment, son âge et sa hauteur. L'exercice a ainsi distingué environ 200 zones d'habitat homogène, sur l'ensemble de la commune, à l'intérieur desquelles les bâtiments ont une réponse similaire face à des séismes.

Les étapes pour la réalisation d'un scénario sont les suivantes : 1) zonage photographique (comparaison de photos prises à des dates différentes) pour identifier les zones d'habitat homogènes, 2) classification des zones selon l'occupation du sol (Centre ville, Habitat collectif, Centre historique, Habitat isolé, Lotissements), 3) contrôle du zonage sur le terrain (validation ou modification du zonage), 4) évaluation de la vulnérabilité en appliquant l'indice défini dans le cadre du projet européen RISK-UE, 5) croisement avec d'autres types de cartes (aléa régional et local), 6) détermination du degré de dommage potentiel (**zonage du risque**). À titre de contrôle, l'outil a été testé sur le séisme de Bagnères-de-Bigorre du 17 novembre 2006.

Le scénario de risque sismique ne concerne que les bâtiments de classe B (habitations individuelles, établissements recevant du public des 4^{ème} et 5^{ème} catégories, bâtiments de moins de 28 mètres et accueillant au plus 300 personnes, parcs de stationnement). Une hiérarchisation de la vulnérabilité de certains bâtiments plus sensibles et stratégiques, de classe C et D a été réalisée par le CETE-Méditerranée.

Scénarios départementaux de risque sismique

En ce qui concerne les Pyrénées, on en est au stade du projet pour les départements 65 et 66. L'expérience pilote, réalisée par le BRGM, a été conduite sur le département des Bouches-du-Rhône (13). L'objectif de ce type d'étude est de mieux définir les zones les plus sensibles au risque sismique à l'échelle d'un département de façon à mieux orienter la politique de PPR et à faciliter la sensibilisation des habitants concernés. On procède donc par zonage de l'aléa sismique, analyse de risque sur le comportement des bâtiments et établissement de scénarios de dommages à l'échelle des concentrations urbaines.

14. Spectral analysis of surface waves.

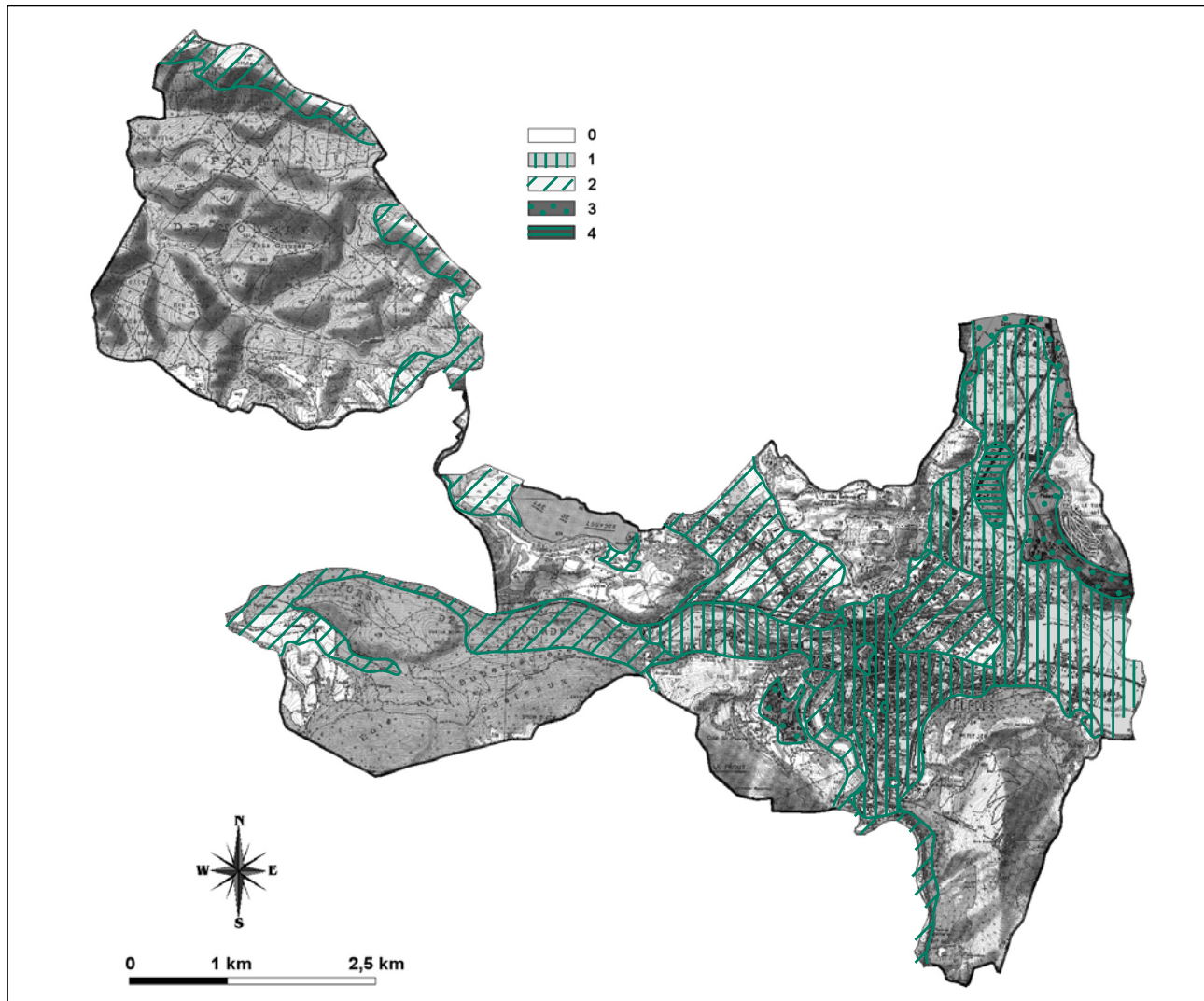


Figure 6. Microzonage sismique de Lourdes, présentation des zones à réponse sismique homogène (document BRGM).

Pour en savoir plus

Références :

- Bernardie S, Delpont G., Dominique P., Le Roy S., Negulescu C., Roullé A., 2006 : Microzonage sismique de Lourdes. BRGM/RP-53846-FR, 234 p., 86 fig., 35 tabl., 12 pl. hors texte, 1 volume d'annexes.
- Coll., 2008 : Rapport final du projet ISARD.[A3]
- Dominique P., Goula X., Colas B., Jara J.-A., Romeu N., Sisagna T., Irizarry J., Sedan O., Figueras S., Roullé A., Olivera C., 2007 : Système transfrontalier de réponse rapide en cas de séisme dans les Pyrénées-Orientales. 7^{ème} colloque national AFPS, École Centrale Paris. Abstract A 143, p. 175.
- Goula X., Équipe de travail participant au projet, 2007 : Projet ISARD : Information Sismique Automatique Régionale des Dommages. 7^{ème} colloque national AFPS, École Centrale Paris. Abstract A 167, p. 183.
- Lambert J. et coll., 1997 : Les tremblements de terre en France. Éditions BRGM.
- Monge O., Irizarry J., Gonzalez M., Taillefer N., 2007 : Scénarios de risque sismique en Cerdagne et Andorre, dédié aux ouvrages stratégiques et aux réseaux. Aspects méthodologiques et résultats du projet ISARD. 7^{ème} colloque national AFPS, École Centrale Paris. Abstract A 017, p. 161.
- Negulescu C., Dominique P., Roullé A., Sedan O., Bernardie S., Delpont G., Le Roy S., 2007 : Évaluation du risque sismique de la ville de Lourdes. 7^{ème} colloque national AFPS, École Centrale Paris. Abstract A 129, p. 174.
- Olivera C., Redondo E., Lambert J., Riera Melis A., Roca A.,

- 2006 : Els terratrèmols dels segles XIV i XV a Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya, 407 p. (Fournit beaucoup de détails sur les grands séismes catalans).
- Rigo A., Souriau A., Dubos N., Sylvander M., Ponsolles C., 2005 : Analysis of the seismicity in the central part of the Pyrenees (France), and tectonic implications. *Journal of Seismology*, 9, 211-222.
 - Secanell R., Martin C., Goula X., Susagna T., Tapia M., Bertil D., Dominique P., Carbon D., Fleta J., : 2007 : Évaluation probabiliste de l'aléa sismique dans la région transfrontalière pyrénéenne. 7^{ème} colloque national AFPS, École Centrale Paris. Abstract A 152, p. 49.
 - Secanell R., Bertil D., Martin C., Goula X., Susagna T., Tapia M., Dominique P., Carbon D., Fleta J., 2007. Probabilistic seismic hazard assessment of the Pyrenean. En preparation pour *Journal of Seismology*.
 - Souriau A., Sylvander M., 2004 : Les séismes dans les Pyrénées. Éditions Loubatières, 166 p. (À noter les développements sur les grands séismes intervenus dans la partie française des Pyrénées).
 - Souriau A. et coll., 2001 : Sismotectonique des Pyrénées : principales contraintes sismologiques. *Bull. Soc. Géol. France*, 172, 1, 25-39.
- Sites internet :**
- BRGM : www.brgm.fr
 - OMP : www.obs-mip.fr
 - RAP : www-rap.obs.ujf-grenoble.fr
 - SisFrance : www.sisfrance.net
 - IGC : www.igc.cat
 - ISARD : isard.brgm.fr