



Observations sismologiques, sismicité de la France en 2003, 2004 et 2005

Michel Cara, Antoine Schlupp, Christophe Sira

► To cite this version:

Michel Cara, Antoine Schlupp, Christophe Sira. Observations sismologiques, sismicité de la France en 2003, 2004 et 2005. Bureau central sismologique français; Ecole et observatoire des sciences de la terre; Université Louis Pasteur. 2007. <hal-05278416>

HAL Id: hal-05278416

<https://hal.science/hal-05278416v1>

Submitted on 23 Sep 2025

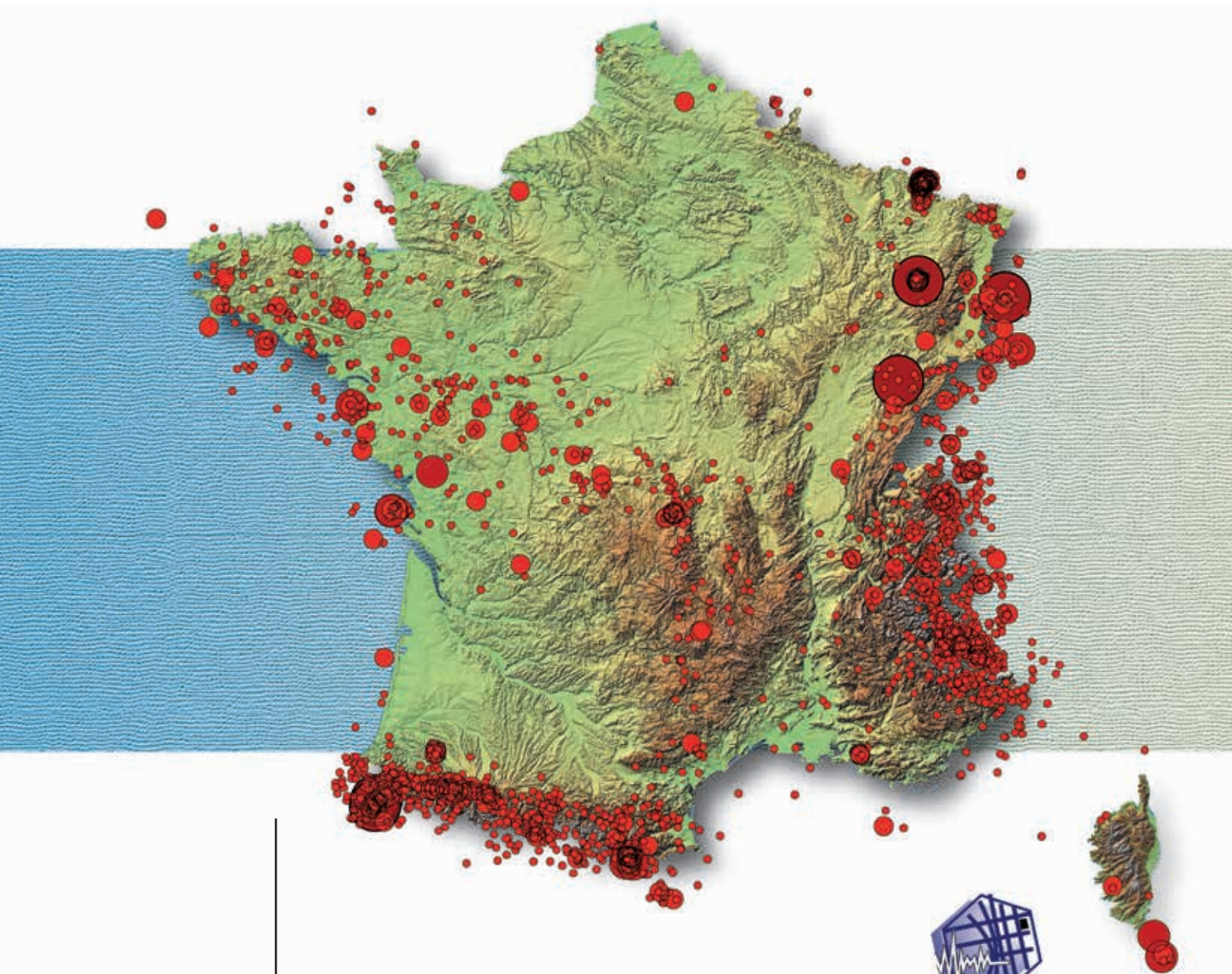
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Observations sismologiques



Sismicité de la France
en 2003, 2004 et 2005



BCSF

**Bureau Central
Sismologique
Français**

Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre



Pour citer cette publication :

Cara, M., Schlupp, A. et C. Sira, 2007. Observations sismologiques : sismicité de la France en 2003, 2004, 2005, Bureau central sismologique français, ULP/EOST - CNRS/INSU, Strasbourg.

BCSF 5, rue René Descartes, 67084 Strasbourg cedex

tél. : 03 90 24 00 85

Fax : 03 90 24 01 25

Courriel : bcsf@eost.u-strasbg.fr

site internet : <http://www.franceseisme.fr>

SOMMAIRE

1 - Introduction	p.5
2 - Localisation des séismes de magnitude locale supérieure à 3,5 ressentis sur le territoire métropolitain	p.7
3 - Sismicité instrumentale	p.10
4. Sismicité régionale et contextes tectoniques	
- 4.1 Région Sud-Ouest	p.17
- 4.2 Région Nord-Ouest	p.22
- 4.3 Région Nord-Est	p.26
- 4.4 Région Sud-Est	p.30
5 - Fiches séismes	p.35
6 - Publications (de 2003 à 2005) : Sismicité et tectonique active en France	p.161
7 - Annexes	
■ Annexe I : échelle d'intensité EMS98	p.166
■ Annexe II : formulaires d'enquêtes macrosismiques	p.169
■ Annexe III : Quelle magnitude ?	p.179
■ Annexe IV : coordonnées des stations de surveillance sismique en France métropolitaine	p.182
■ Annexe V: contacts des réseaux sismologiques	p.192
■ Annexe VI : glossaire des sigles	p.195

1. Introduction

Le Bureau central sismologique français (BCSF) a pour mission de collecter les observations sur les séismes en France et d'en faciliter la diffusion. Les données dont nous faisons état ici portent sur la sismicité de 2003 à 2005 en métropole. Un volume dédié à la sismicité des Antilles de 2000 à 2005 est en cours de préparation.

Les données sur lesquelles se fondent les résultats présentés dans ce volume sont acquises sur fonds publics. Certaines sont détenues par le BCSF à Strasbourg et sont d'accès libre hormis celles provenant de témoignages individuels qui sont protégées par l'accord conclu avec la CNIL. D'autres données sont détenues par différents centres de données ou laboratoires des universités et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), d'autres enfin sont détenues par le Département analyse surveillance environnement du Commissariat à l'énergie atomique (CEA-DASE).

Les données portant sur la sismicité instrumentale (épicentre, profondeur, magnitude) proviennent essentiellement du Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS) et du réseau du Laboratoire de détection et de géophysique du CEA-DASE (LDG). Les cartes de synthèse présentées en début de publication correspondent aux localisations du BCSF qui combinent les données du RéNaSS et du LDG, la taille des symboles étant fonction des magnitudes locales M_L du RéNaSS. Dans les « fiches séismes » qui suivent, afin de donner l'information la plus complète possible, nous reportons également les localisations d'hypocentres estimées par les centres régionaux qui peuvent intégrer des données provenant de services étrangers ou des données complémentaires à celles des réseaux nationaux. Les épicentres sont, dans ce cas, référencés comme provenant d'un « réseau régional ». Enfin, pour certains événements, nous rapportons également des données du Réseau accélérométrique permanent (RAP) et des paramètres déterminés par d'autres organismes français ou étrangers (mécanismes au foyer, magnitude de moment M_W - voir l'annexe III pour la définition des magnitudes).

Les données macrosismiques sont recueillies directement par le BCSF. Elles proviennent des enquêtes menées sur le terrain par les Services interministériels de défense et de protection civile (SIDPC) avec des compléments provenant des réponses aux enquêtes individuelles suscitées par le BCSF. Les réponses à ces dernières enquêtes sont des témoignages spontanés de particuliers qui parviennent au BCSF essentiellement via son site Internet grand public <http://www.franceseisme.fr>. Pour tout événement de magnitude locale supérieure à 3,5 (RéNaSS) le BCSF propose de lancer une enquête préfectorale et fait un appel à témoignages auprès des media. Lorsque les données recueillies sont exploitables, les résultats sont présentés dans les fiches séismes.

Comme dans la précédente publication couvrant la période 2000-2003, les commentaires sur le contexte sismotectonique général font l'objet d'une présentation par grand secteur géographique (chapitre 4). Une carte donnant l'ensemble des mécanismes au foyer disponibles sur la période 2003-2005 précède cette présentation synthétique (chapitre 3). Les éléments sismotectoniques plus spécifiques à chaque séisme sont présentés dans les fiches du chapitre 5.

La localisation dite « BCSF » présentée dans chaque fiche est calculée en prenant, lorsque cela est possible, les données d'au moins 8 stations du RéNaSS et du LDG situées à moins de 100 km de l'épicentre avec deux lectures d'ondes S au minimum. Cette dernière solution est la plus homogène car la même procédure est appliquée à l'ensemble du territoire. Elle ne s'appuie toutefois que sur les stations françaises et des biais peuvent apparaître pour les séismes situés à proximité des frontières. En général la solution dite BCSF est la plus précise car elle s'appuie sur un maximum de données proches de l'épicentre.

Dans chaque fiche séisme, les intensités macrosismiques sont indiquées sur une carte distincte de celle présentant les différentes localisations de l'épicentre et le mécanisme au foyer lorsqu'il a été déterminé. Comme dans la précédente publication, nous avons utilisé un tracé semi-automatique des

courbes isoséistes avec utilisation de plages couleurs superposées aux valeurs d'intensité par commune qui sont explicitement inscrites sur la carte. Nous avons ajouté à la fin de chaque fiche un graphe donnant, par tranche de distances épicentrales, la moyenne des valeurs d'intensité macrosismique ainsi que le nombre d'intensités déterminées et utilisées pour son calcul.

En complément des fiches du chapitre 5 une annexe constituée d'un CD-ROM contient l'ensemble des événements localisés, quelle que soit leur magnitude, ainsi que les temps d'arrivées des différentes phases sismiques utilisées pour leurs localisations. Les enregistrements provenant des stations reliées au site central du RéNaSS sont par ailleurs accessibles via le site Internet du RéNaSS (<http://renass.u-strasbg.fr>). Les données accélérométriques sont quant à elles disponibles sur le site Internet du RAP (<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>).

Enfin, comme dans la précédente publication, on trouvera ici une liste de l'ensemble des publications de la période 2003-2005 concernant la sismicité de la France et des zones limitrophes issues de laboratoires français (Chapitre 6), ainsi qu'une liste de toutes les stations sismologiques situées sur le territoire métropolitain et connues à ce jour du BCSF (annexe IV).

De la maintenance des instruments sur le terrain au traitement des enregistrements, de la collecte des témoignages au traitement des enquêtes macrosismiques, le travail dont les résultats se trouvent regroupés dans cette publication n'est rendu possible que grâce à la participation de nombreux acteurs : personnels des universités, du CNRS, du CEA et du LCPC pour les données instrumentales ; personnels des Services interministériels de défense et de protection civile des préfectures, services des mairies, gendarmeries, directions départementales de l'équipement et casernes de sapeurs-pompiers pour les données macrosismiques communales collectives ; personnels du BRGM et de l'IRSN pour les enquêtes menées sur le terrain en 2003 et 2004. Que tous soient ici remerciés pour leur contribution.

Michel Cara ¹
Michel Granet ²

Directeur de l'Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre,
et du Bureau central sismologique français.

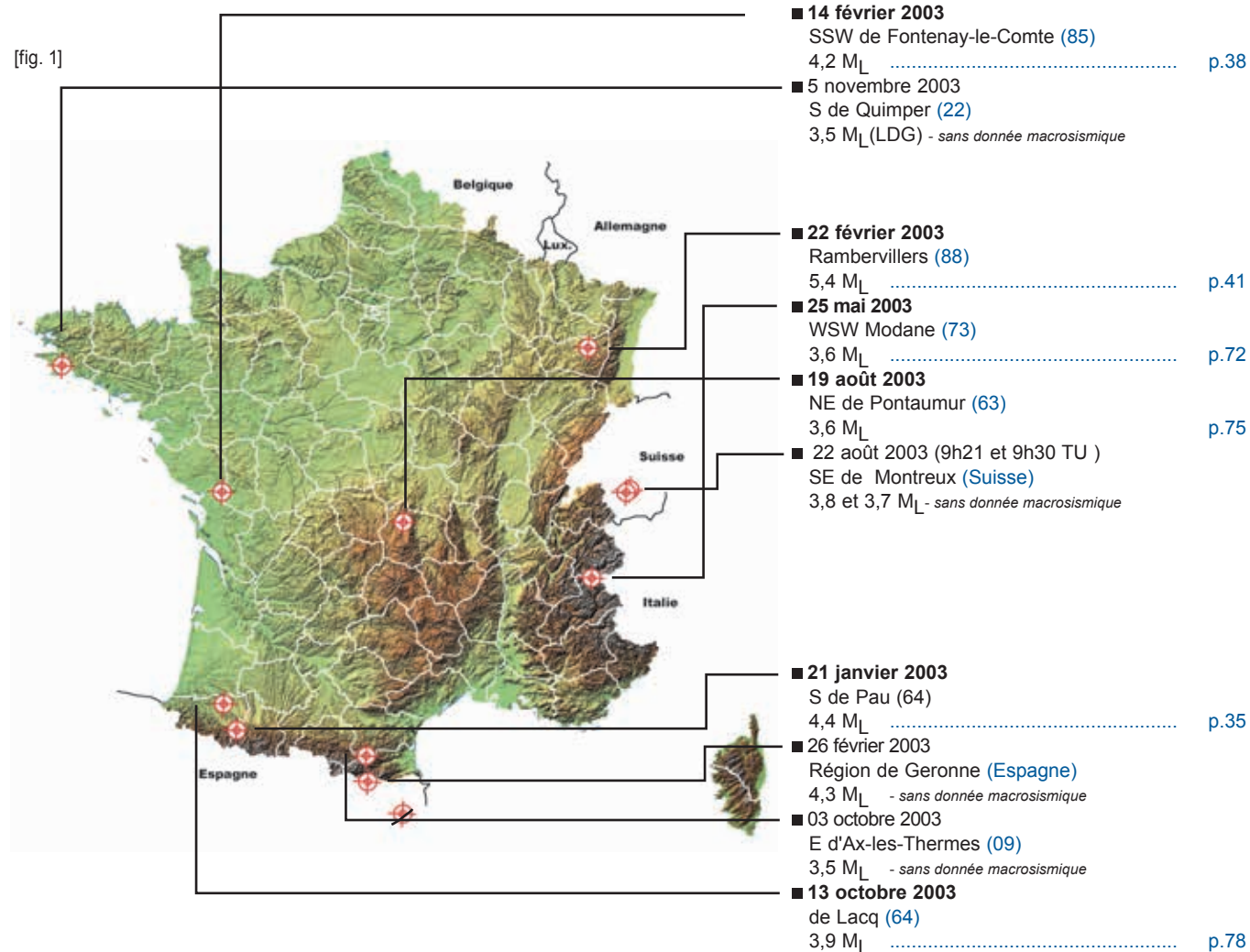
¹ directeur du BCSF jusqu'au 31 décembre 2007 et de l'EOST avant le 1er septembre 2007,
² directeur du BCSF à compter du 1er janvier 2008 et de l'EOST depuis le 1er septembre 2007.

2. Localisation des séismes de magnitude locale supérieure à 3,5, ressentis sur le territoire métropolitain

Les magnitudes locales indiquées ici sont les valeurs calculées par le RéNaSS. Les séismes sans donnée macrosismique ou dont l'épicentre est situé à l'étranger, à plus de 50 km des frontières, ne comportent pas de description dans cette publication. Plusieurs raisons peuvent avoir été à l'origine du manque de données macrosismiques : un décalage important entre l'épicentre instrumental préliminaire et définitif, une absence de lancement d'enquête préfectorale, un trop faible retour des données de la part des mairies, des conditions d'enquête défavorables comme la superposition d'un autre phénomène naturel (inondations) au même moment, ou enfin des effets trop faibles pour cartographier des résultats significatifs.

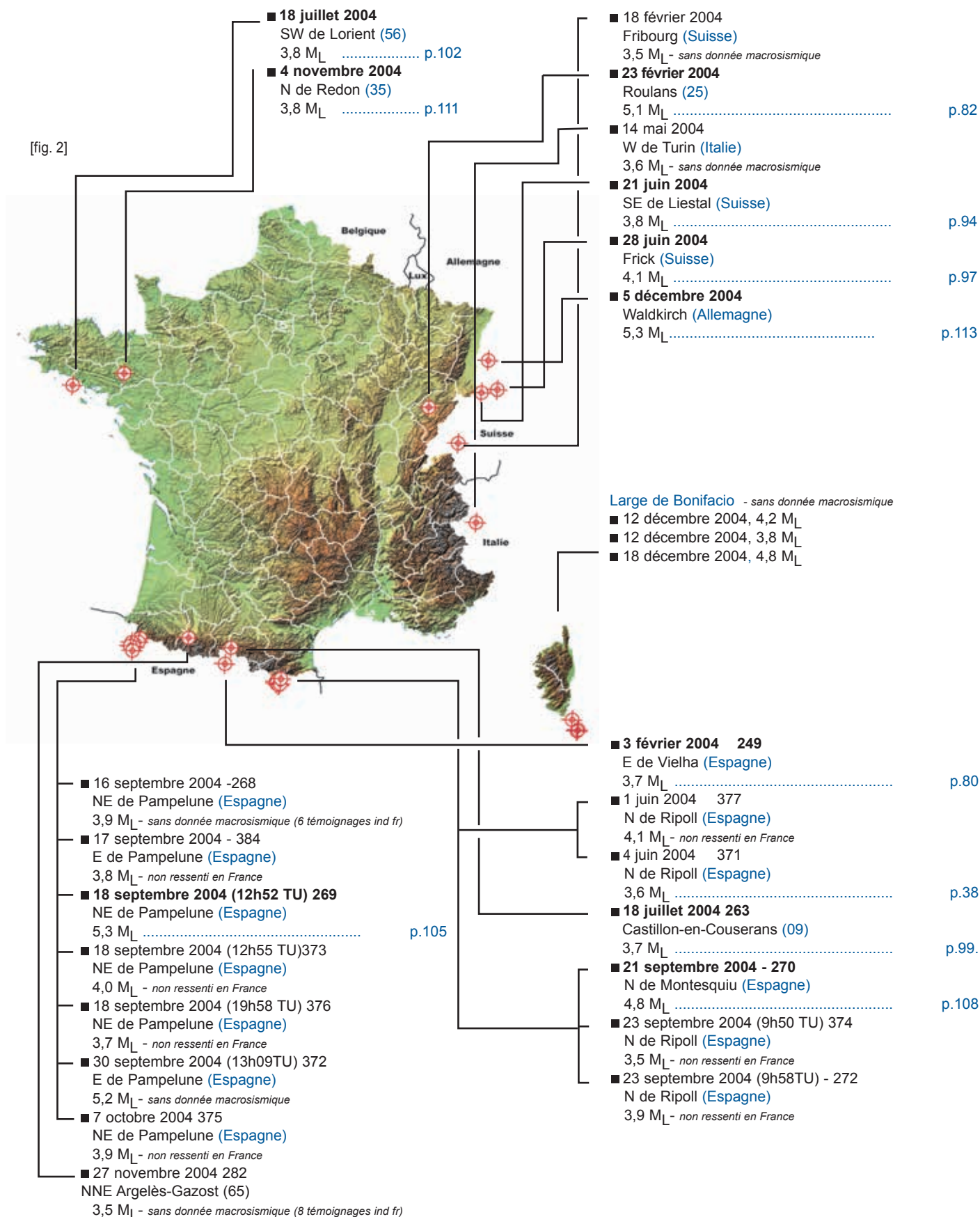
2003

[fig. 1]



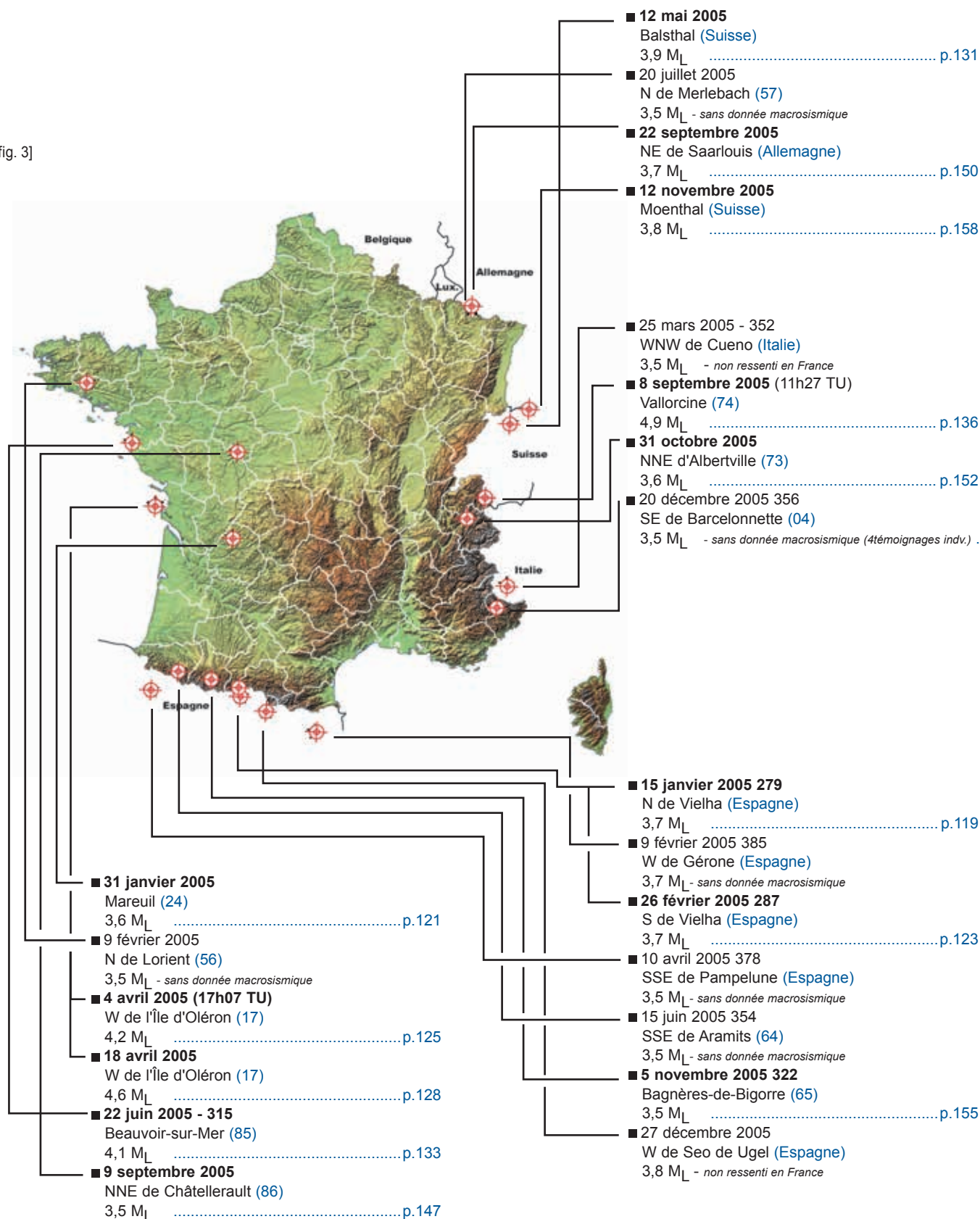
2004

[fig. 2]



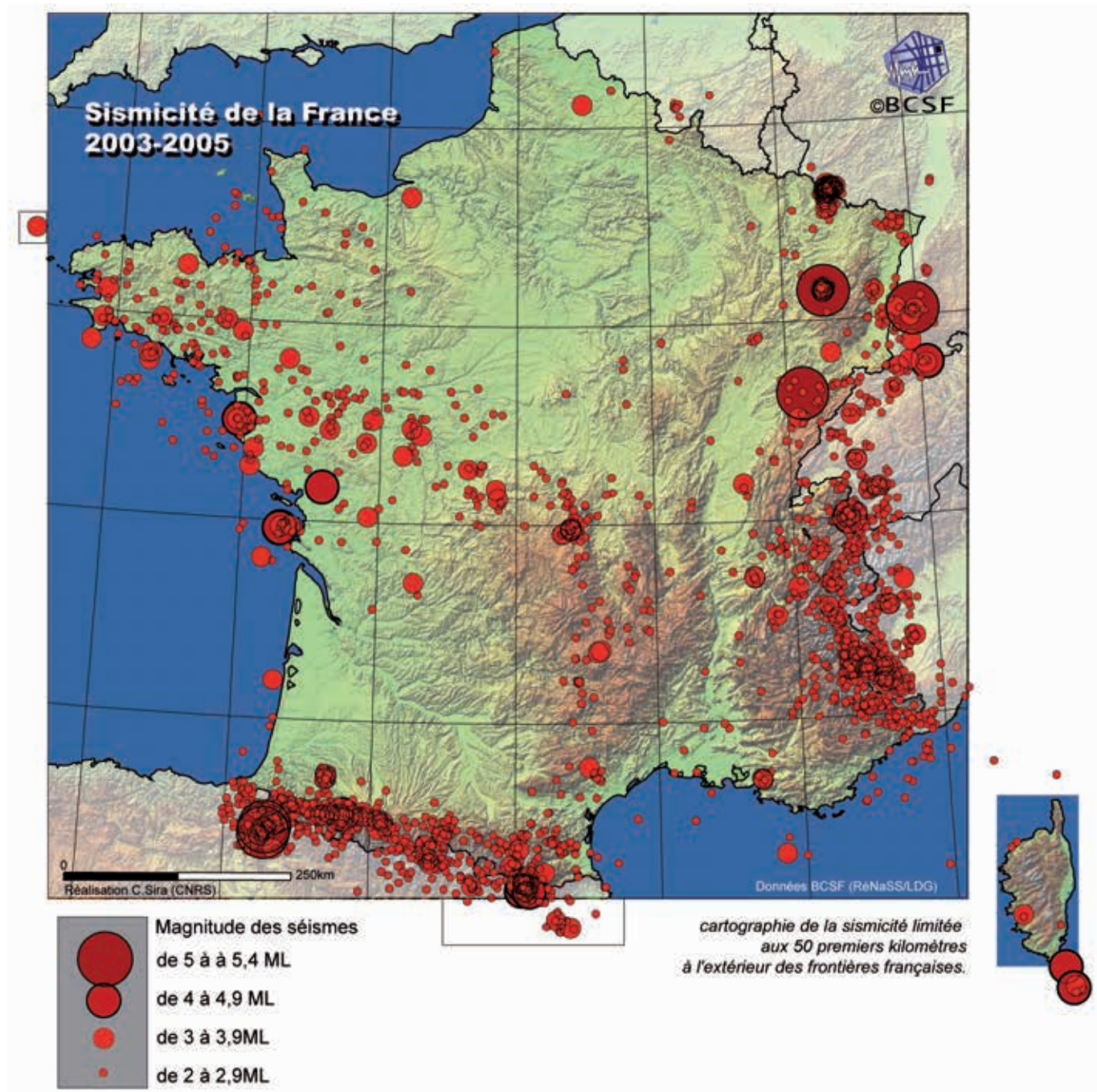
2005

[fig. 3]



3. Sismicité instrumentale

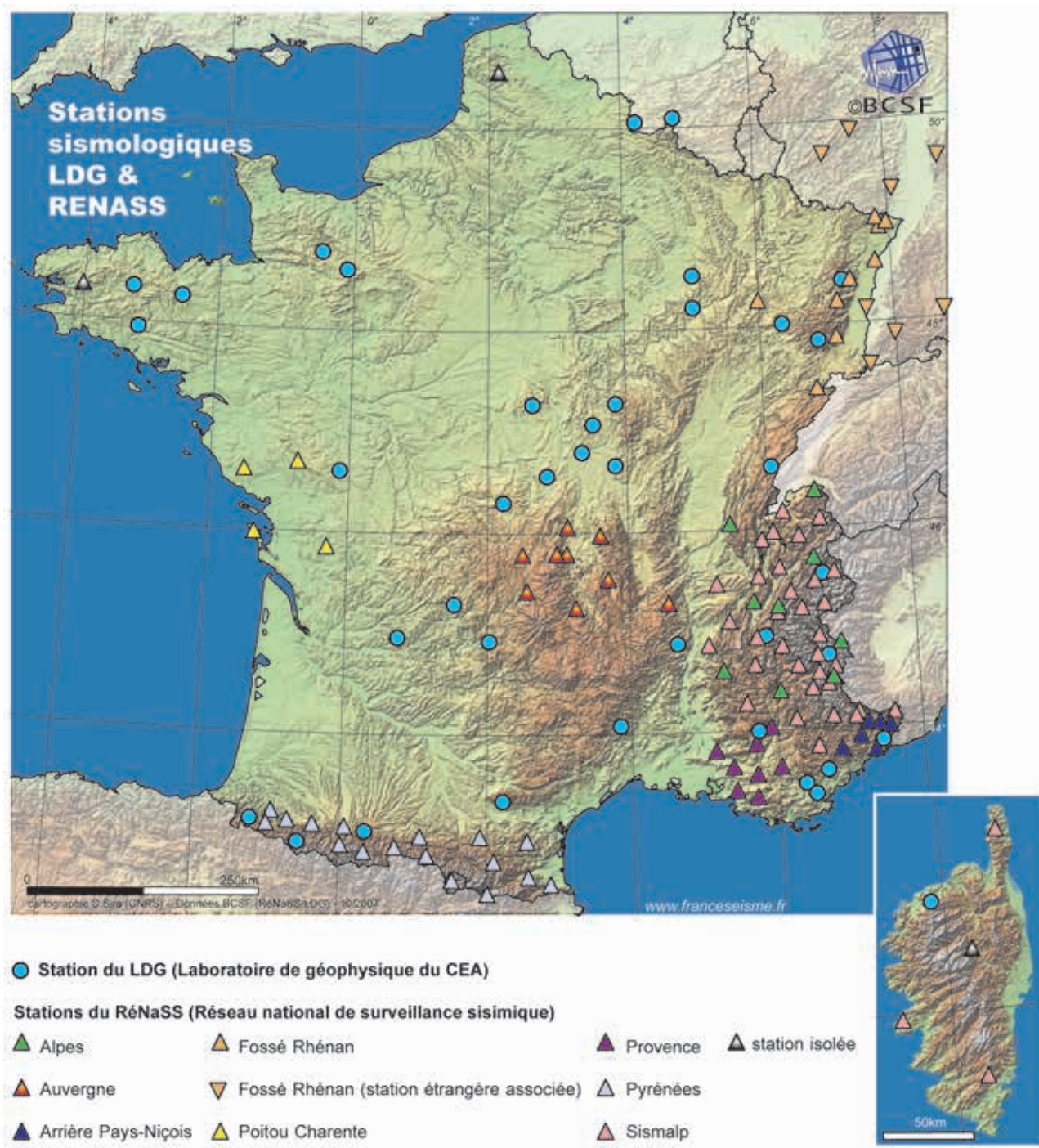
[fig. 4] Sismicité de la France 2003-2005



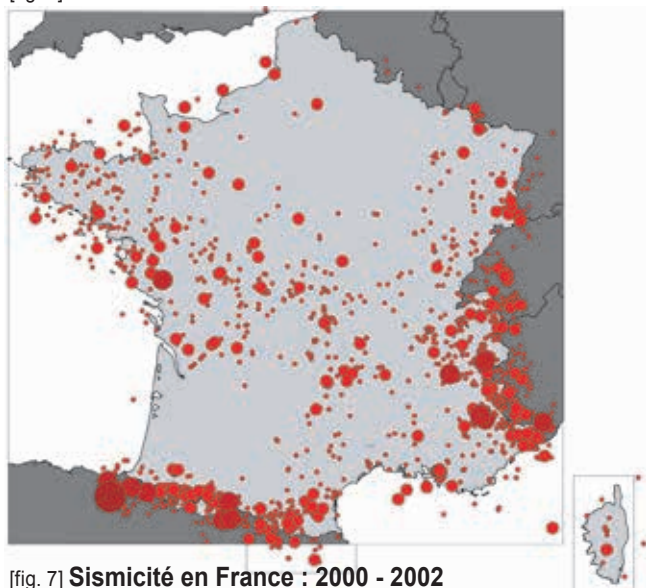
Les épicentres reportés sur la carte ci-dessus et dont les caractéristiques figurent dans le CD-ROM, sont calculés à partir des seules données du RéNaSS et du LDG (solution dite BCSF dans les fiches «séisme» de ce volume). La règle générale retenue pour ces localisations est de restreindre les données aux stations situées à moins de 100 km de l'épicentre et dont deux au moins ont donné lieu à des lectures d'ondes S. Lorsque le nombre de stations est inférieur à 8, la règle est soit relâchée pour inclure des don-

nées de stations situées à plus de 100 km de l'épicentre lorsque cela est possible, soit ignorée. La profondeur est soit laissée libre lors du calcul soit fixée à 5 ou 10 km lorsque la solution diverge. La magnitude locale utilisée pour cette carte est celle du RéNaSS. Elle est calculée à partir de la formule originale de Richter utilisant l'amplitude des signaux mesurés sur la composante verticale des stations courte-période après correction instrumentale (cf annexe III).

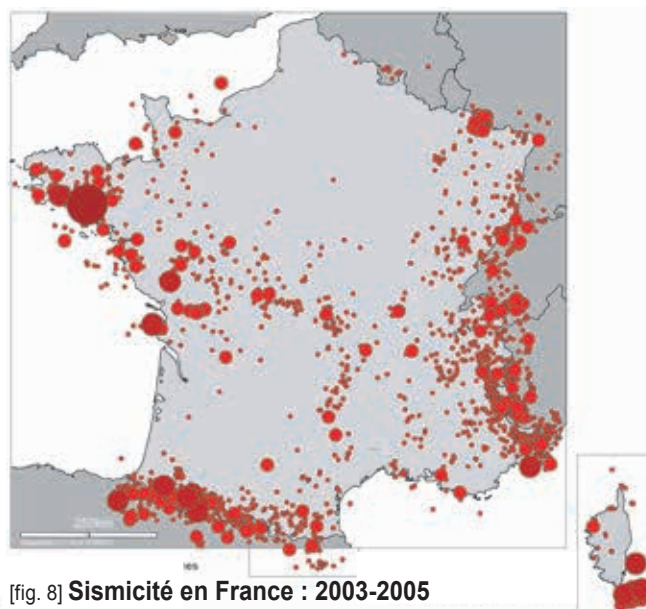
[fig. 5] Stations sismologiques utilisées par "la solution BCSF" au 01/10/2007



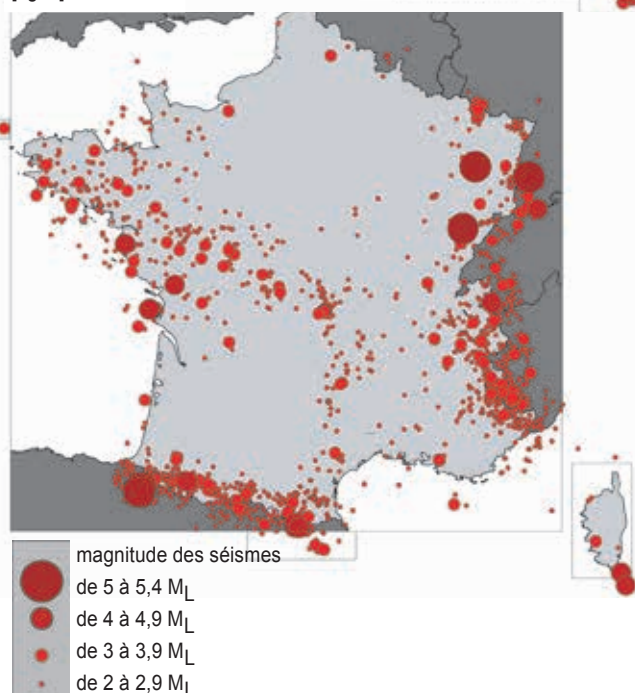
[fig. 6] Sismicité en France : 1997 - 1999



[fig. 7] Sismicité en France : 2000 - 2002



[fig. 8] Sismicité en France : 2003-2005



Evolution de la sismicité en France métropolitaine de 1997 à 2005.

Bien que la présente édition ne couvre que la période 2003-2005, nous montrons ci-contre l'évolution de la sismicité instrumentale sur une période plus longue, de 1997 à 2005. En dehors des Pyrénées, la géométrie des réseaux sismologiques du RéNaSS et du LDG n'a pas évolué entre 1997 et 2005 et la méthode de localisation des épicentres du BCSF est restée la même. Le niveau de détection et la précision des localisations n'ont donc pas changé et les cartes 1997-1999, 2000-2002 et 2003-2005 peuvent être comparées. Pour les Pyrénées, la redéfinition du réseau depuis 2000 permet de mieux détecter et localiser les événements.

Les grandes régions géographiques connaissant une activité sismique sont restées les mêmes, à savoir les Pyrénées, les Alpes, le Massif Armoricaire, le Massif Central, le Jura et le système Vosges-Fossé Rhénan. On peut ajouter à cela la Provence et la mer Ligure à proximité, ainsi que la Corse. Le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain constituent quant à eux deux grands ensembles restant presque asismiques. Les différences se situent plutôt dans la répartition spatiale des petits et des plus forts séismes. Les petits séismes, dont la magnitude locale M_L est inférieure à 3, sont plus ou moins bien répartis sur l'ensemble des régions actives. Certains de ces petits événements sont liés aux activités anthropiques (mines, carrières, exploitation du gisement de gaz de Lacq près de Pau, stimulation hydraulique du site géothermique de Soultz-sous-Forêts au nord de Strasbourg). D'autres sont liés aux répliques des séismes les plus importants. Les événements de magnitude inférieure à 3 peuvent être ressentis localement mais – sauf circonstances très exceptionnelles – ils ne créent pas de dégâts et ne font pas l'objet d'enquête macrosismique. Ils signent cependant assez bien les régions pouvant générer des séismes.

Au nord est de la France (la région Jura, Vosges – Fossé Rhénan), on observe une activité diffuse et de faible magnitude sur les périodes 1997-1999 ainsi que 2000-2002. Par contre, entre 2003 et 2005, trois événements importants, de magnitude locale entre 5 et 5,4 (M_L RéNaSS), y ont eu lieu (Rambervillers le 22-02-2003 dans les Vosges, Roulans le 23-2-2004 sur le front nord du Jura et Waldkirch le 5-12-2004 en Forêt Noire – Allemagne). Seuls deux autres événements de cette taille ont été ressentis en France sur la période récente. Il s'agit de deux séismes (19 et 30 septembre 2004), très proches l'un de l'autre, au sud des Pyrénées occidentales. Sur la période 2000-2002, un seul séisme de magnitude supérieure à 5 a eu lieu, celui d'Hennebont le 30/09/2002 ($M_L = 5,4$), à proximité de Lorient, dans le massif Armoricaire, alors qu'aucun séisme de magnitude supérieure à 5 n'a eu lieu dans l'ouest pour la période 1997-1999.

Cette augmentation du nombre de séismes de magnitude supérieure à 5 entre 2003 et 2005 concerne le nord-est du territoire métropolitain. En termes de sismicité, l'augmentation n'est toutefois qu'apparente. Elle est moins marquée si l'on fixe le seuil à $M_L = 4,5$ puisqu'il y a eu 4 événements sur la période 1997-1999, 8 sur 2000-2002 et 9 sur 2003-2005.

Les différences majeures en termes de nombre de séismes pour les trois périodes sont dues aux répliques du séisme de Rambervillers, aux répliques des séismes de la région de Pampelune ainsi qu'à une activité microsismique soutenue proche de Barcelonnette sur la période 2003-2005. Mais la majeure partie de cette évolution est due à la meilleure détection des événements dans les Pyrénées avec seulement 640 événements détectés sur la période 1997-1999 et plus de 1700 sur 2003-2005. Pour l'ensemble du territoire métropolitain, on passe de 2300 événements environ sur 1997-1999 à près de 3000 sur 2000-2002 et plus de 4000 sur 2003-2005. Les séismes de magnitude comprise entre 2 et 3 représentent 90 à 95 % de cette sismicité.

Ces cartes qui couvrent 9 ans d'observations sismologiques soulignent bien l'ensemble des régions sismiques du territoire métropolitain et montrent que la répartition des événements de magnitude $M_L > 5$ a été restreinte au nord-ouest et au nord-est. Contrairement à la décennie précédente, les événements les plus forts n'ont pas été concentrés dans les régions Alpines et Pyrénéennes où la sismicité générale – toutes magnitudes confondues - reste la plus forte. Par contre, l'activité sismique générale couvre les mêmes régions.

De fin 2005 à novembre 2007 date de mise sous presse de cette publication, la répartition de l'activité sismique couvre les mêmes régions. On ne compte toutefois que trois événements de magnitudes supérieures à 4,5 (M_L RéNaSS) dont un seul événement de magnitude supérieure à 5. Celui-ci (5,4 M_L) a eu lieu dans la partie sud des Pyrénées, le 10 juin 2006 au sud d'Oviedo, (nord de l'Espagne). Le plus fort en France métropolitaine sur cette période est celui du 17 Novembre 2006, à proximité d'Aucun (Pyrénées) avec une magnitude de 4,9 M_L .

Mécanismes au foyer des principaux événements sismiques (2003-2005)

Les mécanismes au foyer qui ont été calculés pour les principaux événements de la période 2003-2005 sont regroupés sur la carte ci-dessous et leurs paramètres résumés dans le tableau suivant. Les solutions "SED-ETH" résultent de l'analyse des données large-bande européennes (ETH, Zurich, Suisse, <http://www.seismo.ethz.ch/mt/>). Les solutions "Geoazur" sont obtenues par la modélisation de formes d'ondes à partir des enregistrements accélérométriques et large-bande (Bertrand Delouis, Geoscience Azur, Nice, <http://geoazur.unice.fr/SEISME>). La solution "IPGS" est obtenue à partir des polarités d'onde P provenant de stations françaises (RéNaSS et LDG), allemandes, autrichiennes et belges, (Jacques et al., 2004). La solution "IPGS-2" est obtenue à partir de la modélisation des données accélérométriques du réseau RAP avec 4 stations à une distance épacentrale inférieure à 60 km (Jacques et al., 2004). Les solutions "HRV CMT" (Harvard Centroid-Moment-Tensor) sont obtenues par inversion des formes d'onde à partir du réseau Global FDSN et GéoScope (The Global CMT Project, USA, <http://www.globalcmt.org/>)

(fig. 9) Mécanismes au foyer des principaux événements couverts par la présente publication sont regroupés sur la carte ci-dessous.

Références : Jacques E., J. Van der Woerd, L. Dorbath, H. Vasquez, L. Rivera, H. Haessler, B. Delouis, M. Frogneux, M. Meghraoui et M. Cara, Preliminary results of the 22 February 2003 Rambervillers (Vosges, France) earthquake sequence, rapport EU _ projet SAFE, 6 p., (2004)

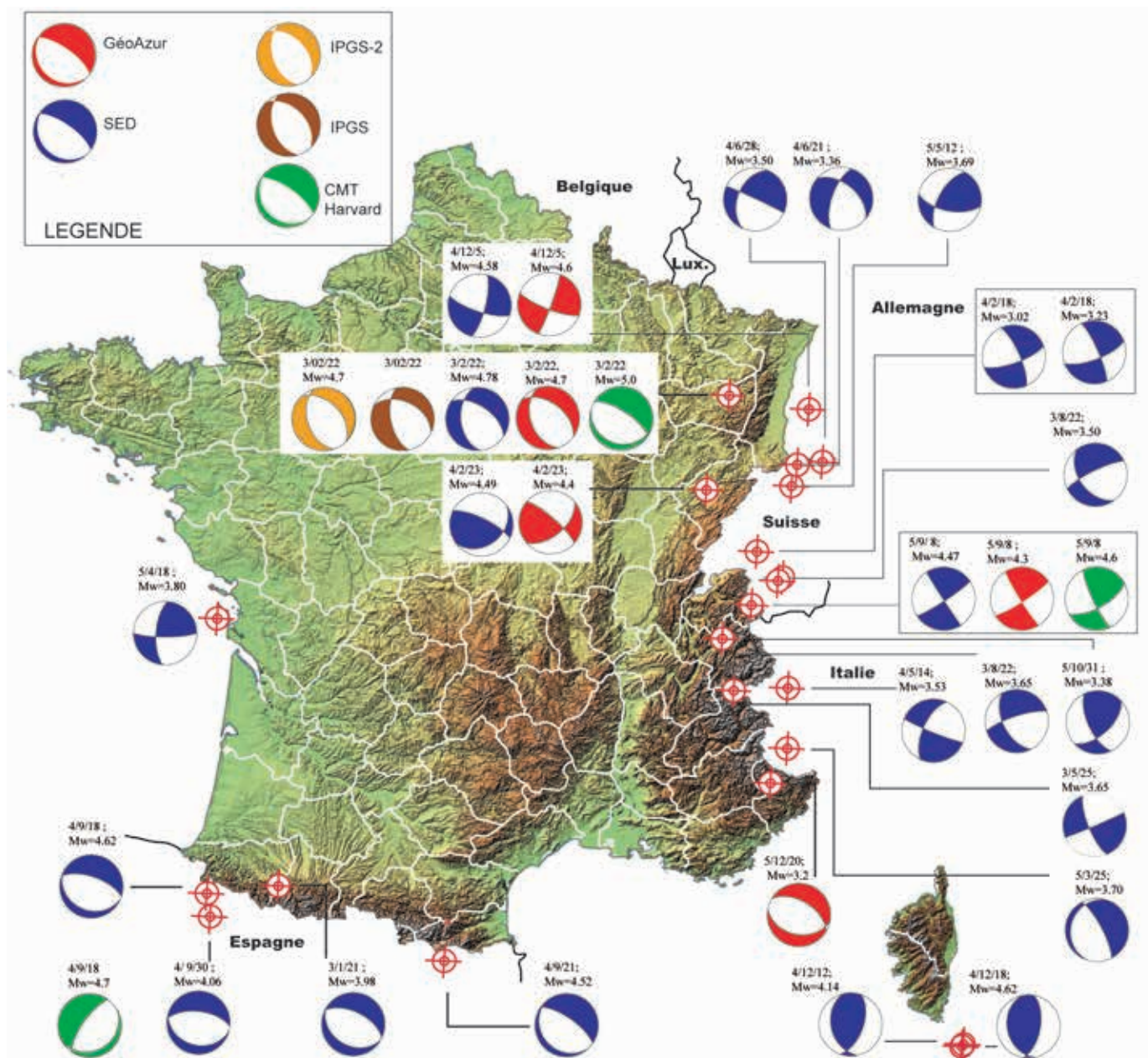


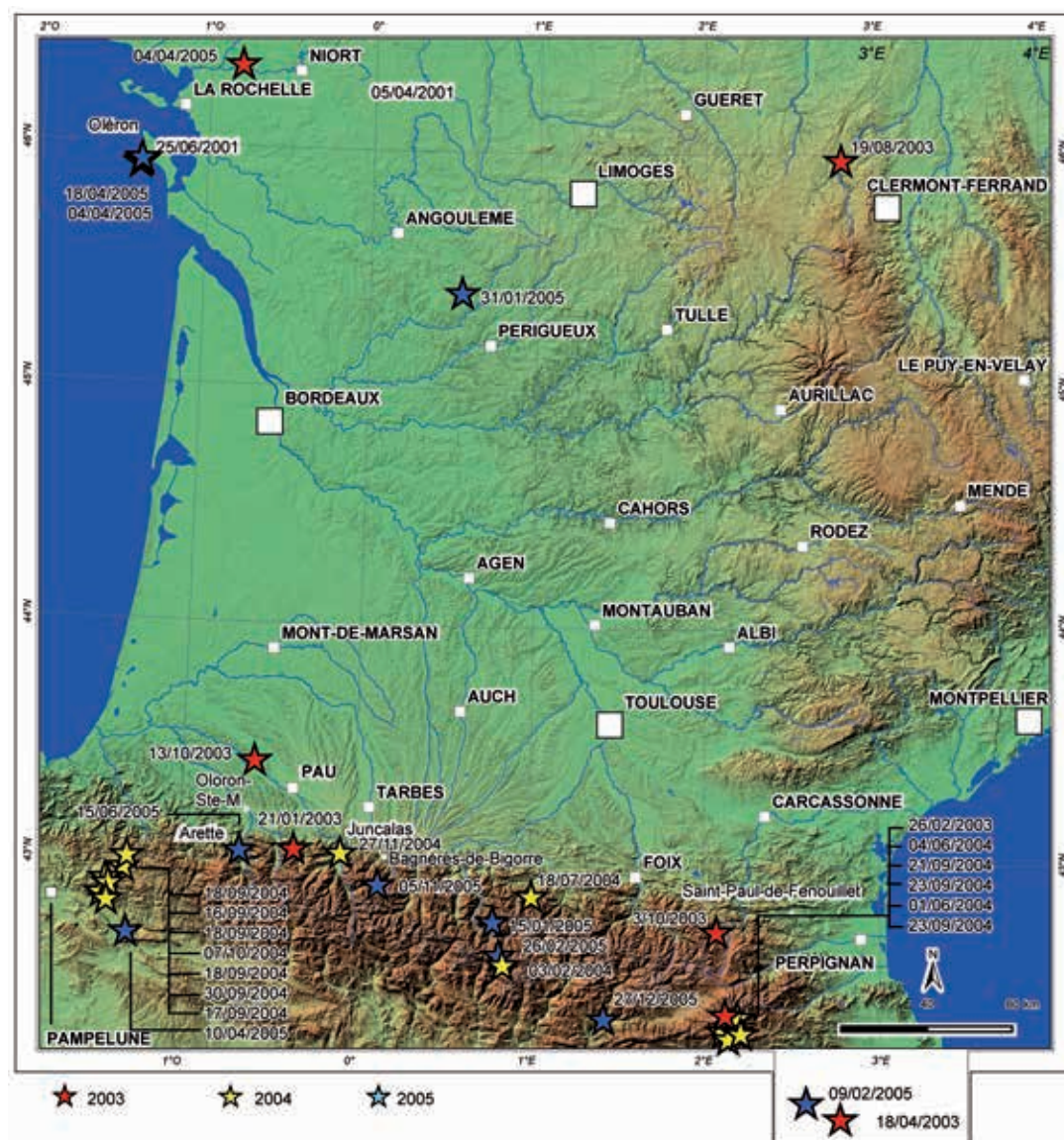
Tableau des mécanismes au foyer

Année	Mois	Jour	hh:mm:ss TU	M _W	Azimut (φ)	Pendage (δ)	Glissement (λ)	origine
2003	1	21	18:01:01	M _W =3,98	296	58	-92	SED
2003	2	22	20:41:03	M _W =4,78	304	56	-124	SED
2003	2	22		M _W =4,7	160	45	-65	GéoAzur
2003	2	22	20:41:09	M _W =5,0	109	20	-103	HRV - CMT
2003	5	25	23:03:32	M _W =3,65	67	88	-16	SED
2003	8	22	09:30:09	M _W =3,50	244	79	-136	SED
2003	8	22	09:21:31	M _W =3,65	252	77	-144	SED
2004	2	18	14:31:58	M _W =3,23	336	80	-19	SED
2004	2	18	14:26:01	M _W =3,02	336	75	-17	SED
2004	2	23		M _W =4,4	50	55	15	GéoAzur
2004	2	23		M _W =4,7	315	45	-110	IPGS-2
2004	2	23		M _W =4,7	296	44	-133	IPGS
2004	2	23	17:31:21	M _W =4,49	296	74	119	SED
2004	5	14	00:30:35	M _W =3,53	112	85	-27	SED
2004	6	21	23:10:02	M _W =3,36	199	66	-43	SED
2004	6	28	23:42:30	M _W =3,50	295	88	-134	SED
2004	9	18	12:52:16	M _W =4,62	289	65	-92	SED
2004	9	18	12:52:17	M _W =4,72	15	72	-98	HRV-CMT
2004	9	21	15:48:04	M _W =4,52	305	71	-94	SED
2004	9	30	13:09:05	M _W =4,06	277	61	-94	SED
2004	12	5		M _W =4,6	20	85	-13	GéoAzur
2004	12	5	01:52:37	M _W =4,58	14	75	-16	SED
2004	12	12	11:52:32	M _W =4,14	20	57	110	SED
2004	12	18	09:12:48	M _W =4,62	10	59	102	SED
2005	3	25	23:19:28	M _W =3,70	332	77	-103	SED
2005	4	18	06:42:50	M _W =3,80	90	80	156	SED
2005	5	12	01:38:05	M _W =3,69	209	61	34	SED
2005	9	8		M _W =4,3	148	85	8	GéoAzur
2005	9	8	14:10:02	M _W =2,81	57	85	169	SED
2005	9	8	11:53:10	M _W =2,79	321	75	-21	SED
2005	9	8	11:27:17	M _W =4,47	147	88	6	SED
2005	9	8		M _W =4,6	155	80	24	HRV-CMT
2005	10	31	03:39:59	M _W =3,38	155	65	36	SED
2005	12	20		M _W =3,2	101	38	-106	GéoAzur

4 - Sismicité régionale et contextes tectoniques

4.1 Région Sud-Ouest

(fig. 1) Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2003 - 2005



Les caractéristiques principales de la déformation tectonique et de la sismicité dans la région des Pyrénées

Contexte général

La chaîne des Pyrénées est allongée sur plus de 500 km selon la direction est-ouest et a une largeur nord-sud d'environ 100 km. Elle est le résultat de plusieurs phases de déformation tecto-

nique. Entre -118 et -85 Ma, se produit une phase d'extension liée à la propagation vers le nord de la Ride médio-atlantique qui se traduit par l'ouverture du golfe de Gascogne avec accréation océanique (Mattaue, 1990 ; Choukroune, 1992 ; Sibuet et al., 2004). Il en résulte un mouvement antihoraire et une translation vers l'est de la plaque Ibérie qui se rapproche alors d'environ 400 km de la plaque Eurasie (Sibuet et al., 2004). A partir de -85 Ma, en réponse à la montée vers le nord de l'Afrique, la plaque Ibérie entre en collision avec la

plaque Eurasie induisant la formation de la chaîne des Pyrénées par accréation. La croûte inférieure de l'Ibérie subducte partiellement sous l'Eurasie (Souriau & Granet, 1995 ; Roure et Choukroune, 1998).

Actuellement, la convergence absorbée au travers de la chaîne semble très faible. Le modèle global Nuvel 1 (DeMets et al., 1994) donne une vitesse de convergence de 4 à 6 mm/an entre l'Eurasie et l'Afrique. La majeure partie de cette convergence est absorbée en Afrique du nord. A partir des mesures GPS acquises entre 1996 et 2001, Nocquet et Calais (2003) indiquent que la part absorbée au travers de la chaîne des Pyrénées est inférieure à 0,6 mm/an. Des campagnes de nivellement suggèrent des mouvements verticaux inférieurs à 1 mm/an, avec un soulèvement d'environ 0,6 mm/an dans la partie centrale de la chaîne, et un affaissement d'environ 0,5 à 1 mm/an à l'est et à l'ouest de la chaîne (Platel, 1992). Les accidents tectoniques majeurs de la chaîne des Pyrénées la séparent en trois zones où la sismicité observée apparaît différente. Ce sont, du nord au sud, le chevauchement frontal nord-pyrénéen (CFNP, chevauchant vers le nord), la faille nord pyrénéenne (FNP, au nord de la zone axiale des Pyrénées) et le chevauchement sud pyrénéen (CSP, chevauchant vers le sud).

Les nappes de charriage mises en place lors de la phase de collision sont principalement déversées vers le sud. La FNP, subverticale, est considérée comme la limite de plaque entre l'Eurasie et l'Ibérie. Elle est située à l'aplomb d'une brusque variation de l'épaisseur de la croûte terrestre qui passe de 30 km au nord à 55 km au sud. Elle a joué en faille transformante lors de l'ouverture du golfe de Gascogne (Choukroune et Mattauer, 1978), et a été plus ou moins déformée par la collision continentale (Mattauer, 1990 ; Roure et Choukroune, 1998).

Les CFNP et CSP constituent les limites de la chaîne des Pyrénées (Choukroune, 1992). Le CFNP est distant d'une trentaine de kilomètres de la zone axiale alors que le CSP est à environ 80 km sur les deux tiers de sa longueur. Il en résulte une structure asymétrique de la chaîne avec le versant espagnol nettement moins abrupt que le versant français. Ces trois structures délimitent les principales unités de la chaîne des Pyrénées. La zone nord-pyrénéenne est comprise entre le CFNP, à vergence sud, et la FNP. Dans cette zone affleurent les dépôts de flysch mésozoïques, plissés et déformés, et le socle hercynien, d'âge 90 Ma à Eocène supérieur. D'un point de vue tectonique, c'est une zone d'avant-pays, sous laquelle se propage, vers le nord, le chevauchement frontal. Au NW de la chaîne, la défor-

mation se poursuit loin dans le bassin aquitain, très au nord de la faille Nord Pyrénéenne. Par contre à l'est, le chevauchement frontal est très proche de la faille. La sismicité observée dans l'ensemble de cette zone est faible et de magnitude modérée. Toutefois, c'est dans cette zone, à l'extrémité orientale de la chaîne, que s'est produit un séisme de magnitude M_L (RéNaSS) = 5,6 le 18 février 1996 vers Saint-Paul-de-Fenouillet, sur une faille secondaire orientée est-ouest, au nord de la faille Nord Pyrénéenne (Pauchet et al., 1999) dans le socle hercynien sous le massif de l'Agly (Sylvander et al., 2007).

Au nord du chevauchement Nord Pyrénéen, l'exploitation du gisement de gaz de Lacq induit par ailleurs une sismicité qui est observée depuis 1969. Cette activité est comprise principalement entre 4 et 8 km de profondeur (Wittlinger, 1980 ; Segall et al., 1994). En moyenne un séisme de magnitude supérieure à 3 est ressenti chaque année dans la région de Lacq (Grasso et Wittlinger, 1990). Cette sismicité se poursuit de nos jours.

La zone axiale, au sud de la FNP, comprend les plus hauts sommets de la chaîne. Cette zone est composée de formations paléozoïques déformées par l'orogénèse hercynienne et reprises par l'orogénèse alpine. Dans sa partie ouest, elle est caractérisée par une densité très forte de petits séismes et de plusieurs séismes destructeurs de magnitude supérieure à 5. La sismicité est concentrée sur une bande de 80 km de long et de 10 km de large. A l'ouest, vers Mauléon, la sismicité semble corrélée avec la trace de la faille Nord Pyrénéenne, peu visible en surface, mais bien localisée en profondeur par un saut du Moho. Par contre vers Oloron, la bande sismique s'élargit et pourrait être corrélée à deux structures : la principale à pendage nord et une secondaire à pendage sud, qui rejoint la première vers 3 à 5 km et qui correspondent à des accidents au contact Crétacé-Jurassique. Dans la partie est de cette zone de sismicité dense, l'activité n'est pas uniquement liée aux structures majeures EW mais aussi associée à d'autres structures, orientées NW-SE (Souriau et al., 2001). Bien que la faille Nord Pyrénéenne se poursuive vers l'est, la micro-sismicité y devient très faible. Cette différence de comportement sismique est clairement identifiable à l'échelle de la chaîne, autant à partir des données instrumentales qu'historiques. Dans le Béarn qui a subi 2 séismes de magnitude supérieure à 5 (5,3 M_L (LDG) le 13/08/1967, 5,1 M_L (RéNaSS) le 29/02/1980), la sismicité se répartit sur 2 structures profondes orientées EW limitant des zones géologiques différentes, les failles de Bigorre et de Mauléon (Gagnepain et al., 1980, 1982).

La zone sud pyrénéenne, composée de sédiments mésozoïques et cénozoïques, est limitée au sud par le CSP, à vergence nord, chevauchant le bassin de l'Ebre où les séries cénozoïques reposent sur un socle hercynien (Choukroune, 1992). Elle est limitée au nord par les roches métamorphiques de la zone axiale. Tectoniquement, c'est l'arrière pays de la chaîne, avec un épaississement fort de la lithosphère ibérique induit par des chevauchements intra-crustaux. La sismicité générale de cette zone est assez faible sauf dans sa partie ouest où plusieurs séismes se sont produits dans la région de Pampelune. Un séisme de magnitude M_L (RéNaSS) = 4,9 s'y est produit le 27/10/1998 ainsi que deux autres, les 18 et 30 septembre 2004 de magnitude M_L (RéNaSS) = 5,2 et 5,3. Le champ de contrainte dans les Pyrénées apparaît très hétérogène. Les mécanismes au foyer sont principalement décrochants, associés à une composante verticale soit inverse soit normale (Nicolas et al., 1990 ; Delouis et al., 1993). Dans la région d'Arette, dans la partie ouest de la chaîne, les mécanismes au foyer, bien que très variables, sont en général compatibles avec un axe de compression NW-SE (Gagnepain et al., 1980 ; Alasset 2005). Des mécanismes en compression NW-SE sont visibles ailleurs dans la chaîne (Cansi et al., 1988 ; Nicolas et al., 1990 ; Delouis et al., 1993), mais avec d'autres en compression EW (Nicolas et al., 1990), et en extension EW à WNW-ESE. Les mécanismes déterminés pour les 4 principaux événements de la période 2003-2005 sont tous en extension sur des plans de failles EW à NW-SE (pour des magnitudes M_w comprises entre 4 et 4,7). Si l'on considère l'orientation principale EW des structures de la chaîne, la composante

décrochante apparaît dextre dans la partie ouest de la chaîne (Gagnepain - Beyneix et al., 1982) et senestre dans la partie est comme l'atteste le mécanisme au foyer du séisme de St-Paul-de-Fenouillet en 1996, montrant un mouvement senestre sur un plan de faille EW subvertical associé à une petite composante normale (Rigo et al., 1997). Entre ces deux zones, la faille de l'Adour (ou de Bigorre), de direction NW-SE, pourrait être une structure de transition entre un régime dextre à l'ouest avec une sismicité dense et un régime senestre à l'est où la sismicité est réduite. Sur la période historique, les plus forts séismes connus dans la région sont localisés au SE des Pyrénées avec une intensité épicentrale de IX. Il s'agit des événements du 15 mai 1427 et 2 février 1428 au nord de la Catalogne (séismes d'Olot et de Puigcerdà).

Plusieurs séismes historiques d'intensité épicentrale comprise entre VIII et IX ont eu lieu dans les Pyrénées, deux dans la région ouest de la faille Nord Pyrénéenne en Bigorre (Bagnères, I_o = VIII-IX en 1660 et Juncalas, I_o = VIII en 1750), deux dans la partie centrale de la chaîne au sud de la faille Nord Pyrénéenne (Ribagorça, I_o = VIII-IX en 1373 et Viella, I_o = VIII en 1923). Une estimation des magnitudes des séismes historiques de Bigorre, par comparaison entre les observations macrosismiques historiques et celles faites sur des séismes récents, donne une magnitude 6,1 (M_w) pour celui de 1660 et de 5,8 (M_w) pour celui de 1750 (Cara et al., 2008).

Sismicité 2003-2005

La région du sud-ouest a été marquée par une sismicité continue, fréquente mais de magnitude très modérée en dehors de ceux de la région de Pampelune. Concernant les séismes de magnitude 3,5 M_L et plus, hormis le séisme de Lacq du 13/10/2003, ils ont tous eu lieu dans la chaîne des Pyrénées. Seuls deux événements ont dépassé la magnitude de 5 dans les Pyrénées espagnoles, au nord-est de Pampelune, (5,3 et 5,2 M_L (RéNaSS) les 18 et 30 septembre 2004). Cette région a été marquée par une série d'événements, de magnitude 3,5 M_L et plus, au cours du mois de septembre 2004 qui s'alignent sur une direction NNW. Une autre séquence a eu lieu dans le secteur de Vielha (Espagne - 3 février 2004, 15 janvier et 26 février 2005). Du côté nord de la chaîne, aucun séisme n'a dépassé la magnitude 4 M_L . Parmi les événements les plus forts, quatre ont eu lieu entre Arette et Bagnère-de-Bigorre (21 janvier 2003, 27 novembre 2004, 15 juin et 5 novembre 2005), et deux autres à proximité d'Ax-les-Thermes (03 octobre 2003) et de Castillon-en-Couserans (18 juillet 2004). Le séisme du 21 janvier 2003 s'est produit au voisinage de la terminaison ouest de la faille Nord-Pyrénéenne, dans une bande de sismicité allant de l'Adour jusqu'au-delà d'Arette (Souriau et Pauchet 1998 ; Souriau et al., 2001). Il termine une séquence de séismes ayant affecté la région fin 2002 - début 2003 avec deux autres séismes comparables (4,4 et 4,6 M_L (RéNaSS) les 11 et 12 décembre 2002).

Sur la période 2003 - 2005, les séismes de magnitude 3,5 M_L et plus dans la région du sud-ouest et des Pyrénées sont :

21 janvier 2003 au sud de Pau (64), 4,4 M_L
 26 février 2003 dans la région de Gérone (Espagne), 4,3 M_L - sans donnée macrosismique
 03 octobre 2003 à l'est d'Aix-les-Thermes (09), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique
 13 octobre 2003 au nord-est de Lacq (64), 3,9 M_L
 3 février 2004, à l'est de Vielha (Espagne), 3,7 M_L
 1 juin 2004, au nord de Ripoll (Espagne), 4,1 M_L - non ressenti en France
 4 juin 2004 au nord de Ripoll (Espagne), 3,6 M_L
 18 juillet 2004 au sud de Castillon-en-Couserans (09), 3,7 M_L
 16 septembre 2004 au nord-est de Pampelune (Espagne), 3,9 M_L - sans donnée macrosismique (6 témoignages individuels en France)
 17 septembre 2004 à l'est de Pampelune (Espagne), 3,8 M_L - non ressenti en France
 18 septembre 2004 (12h52 TU), au nord-est de Pamplona (Espagne), 5,3 M_L
 18 septembre 2004 (12h55 TU) au nord-est de Pampelune (Espagne), 4,0 M_L - non ressenti en France
 18 septembre 2004 (19h58 TU) au nord-est de Pampelune (Espagne), 3,7 M_L - non ressenti en France
 21 septembre 2004 au nord de Montesquiou (Espagne), 4,8 M_L
 23 septembre 2004 (9h50 TU) au nord de Ripoll (Espagne), 3,5 M_L - non ressenti en France
 23 septembre 2004 (9h58 TU) au nord de Ripoll (Espagne), 3,9 M_L - non ressenti en France
 27 novembre 2004 au nord-est d'Argelès-Gazost (65), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique (8 témoignages individuels en France)
 30 septembre 2004 (13h09 TU) à l'est de Pampelune (Espagne), 5,2 M_L - sans donnée macrosismique
 7 octobre 2004 au nord-est de Pampelune (Espagne), 3,9 M_L - non ressenti en France
 15 janvier 2005 au nord de Vielha (Espagne), 3,7 M_L
 9 février 2005, à l'ouest de Gérone (Espagne), 3,7 M_L
 26 février 2005 au sud de Vielha (Espagne), 3,7 M_L
 10 avril 2005 au sud-est de Pampelune (Espagne), 3,5 M_L
 15 juin 2005 au sud-est d'Aramits (64), 3,5 M_L
 5 novembre 2005 au sud de Bagnères-de-Bigorre (65), 3,5 M_L
 27 décembre 2005 à l'ouest de Seo de Ugel (Espagne), 3,8 M_L - non ressenti en France

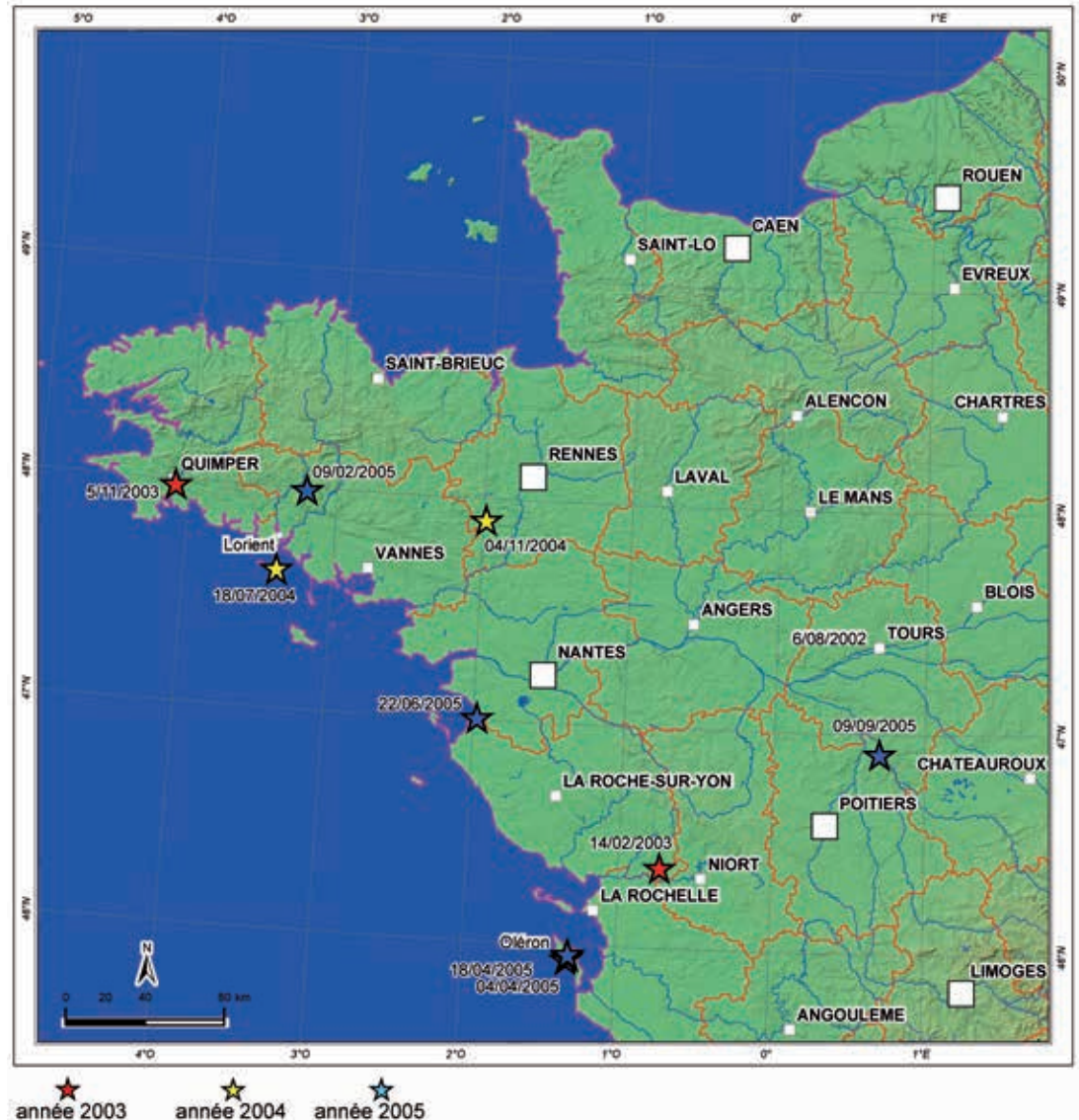
Références citées :

- Alasset P. J., Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente: cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme de Zemmouri (MW=6,9, Algérie) du 21 Mai 2003, Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 228 p., (2005).
- Cansi Y., Y. Menechal et J. P. Santoire, Sismicité des Pyrénées 1962-1995, LDG/TD-G/390/88, CEA, Bruyères le Châtel, (1988).
- Cara, M., P.J. Alasset et C. Sira, Richter magnitude determination: from historical macroseismic data to seismic waveform modelling, in *Modern approaches in historical seismology: interdisciplinary studies of past and recent earthquakes*, Fréchet, J., M. Meghraoui et M. Stucchi, eds., Springer-verlag special volume, in press. (2008)
- Choukroune P. et M. Mattauer, Tectonique des plaques et Pyrénées: sur le fonctionnement de la faille transformante nord-pyrénéenne; comparaison avec des modèles actuels., *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, 20, 698-700, (1978).
- Choukroune P., F. Roure, B. Pinet et Ecors Pyrenees team, Main results of the ECORS Pyrenees profile, *Tectonophysics*, 173, 411-423, (1990).
- Choukroune P., Tectonic evolution of the Pyrenees, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 20, 143-158, (1992).
- Delouis B., H. Haessler, A. Cisternas et L. Rivera, Stress tensor determination in France and neighbouring regions, *Tectonophysics*, 221, 413-437, (1993).
- DeMets C., R. G. Gordon, D. F. Argus et S. Stein, Current plate motions, *Geophysical Journal International*, 101, 425-478, (1990).
- Gagnepain J., T. Modiano, A. Cisternas, J. C. Ruegg, M. Vadell, D. Hatzfeld et J. Mezcua, Sismicité de la région d'Arette (Pyrénées-Atlantiques) et mécanismes au foyer, *Annales Geophysicae*, 36, 4, 499-508, (1980).
- Gagnepain-Beyneix J., H. Haessler et T. Modiano, The pyrenean earthquake of February 29, 1980: an example of complex faulting, *Tectonophysics*, 85, 273- 290, (1982).
- Grasso J. R. et G. Wittlinger, Ten years of seismic monitoring over a gas field, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 80, 2, 450-473, (1990).
- Mattauer M., Une autre interprétation du profil ECORS Pyrénées, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 6, 307-311, (1990).
- Nicolas M., J. P. Santoire et P. Y. Delpech, Intraplate seismicity: new sismotectonic data in Western Europe, *Tectonophysics*, 179, 27-53, (1990).
- Nocquet J. M. et E. Calais, Crustal velocity field of western Europe from permanent GPS array solutions, 1996-2001,

- Geophysical Journal International, 154, 72-88, (2003).
- Olivet J. L., La cinématique de la plaque Ibérique, Bull Centre Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine Production, 20, 1, 131-195, (1996).
- Pauchet H., Sismicité de la chaîne pyrénéenne: Image générale et analyse de la crise de Saint-Paul de Fenouillet (Février 1996). Implications tectoniques., Thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse, 155 p., (1998).
- Pauchet H., A. Rigo, L. Rivera et A. Souriau, A detailed analysis of the February 1996 aftershock sequence in the eastern Pyrenees, France, Geophysical Journal International, 137, 107-127, (1999).
- Platel J. P., Carte Géologique 1/50 000 feuille de BELIN, BRGM, (1992).
- Rigo A., A. Souriau, N. Dubos, M. Sylvander et C. Ponsolles, Analysis of the seismicity in the central part of the Pyrenees (France), and tectonic implications., Journal of Seismology, 9, 2, 211-222, DOI: 210.1007/s10950-10005-12775-10951, (2005).
- Rigo A., H. Pauchet, A. Souriau, A. Grésillaud, M. Nicolas, C. Olivera et S. Figueras, The February 1996 earthquake sequence in the eastern Pyrenees: first results, J. Seismology, 1, 1, 3-14, (1997).
- Roure F. et P. Choukroune, Contribution of the ECORS seismic data to the Pyrenean geology: crustal architecture and geodynamic evolution of the Pyrenees, Mém. Soc. géol. Fr, 173, 37-52, (1998).
- Segall P., J. R. Grasso et A. Mossop, Poroelastic stressing and induced seismicity near the Lacq gas field, southwestern France, J Geophys. Res, 99, 15423- 15438, (1994).
- Sibuet J.-C., S. H. Srivastava et W. Spakman, Pyrenean orogeny and plate kinematics, Journal of Geophysical Research, 109, 10.1029/2003JB002514, (2004).
- Souriau A. et M. Granet, A tomographic study of the lithosphere beneath the Pyrenees from local and teleseismic data, Journal of Geophysical Research, 100, B9, 18 117-118 134, (1995).
- Souriau, A. et Pauchet, H., A new synthesis of the Pyrenean seismicity and its tectonic implications. Tectonophysics, 290, 221-244, 1998.
- Souriau A., M. Sylvander, A. Rigo, J. F. Fels, J. M. Douchain et C. Ponsolles, Sismotectonique des Pyrénées: principales contraintes sismologiques, Bull. Soc. Géol. Fr., 172, 1, 25-39, (2001).
- Souriau A. et M. Sylvander, Les séismes dans les Pyrénées, éditions Loubatieres., Porter sur Garonne, France, 192 p., (2004).
- Sylvander M., B. Monod, A. Souriau et A. Rigo, Analyse d'un essaim de sismicité (mai 2004) dans les Pyrénées orientales: vers une nouvelle interprétation tectonique du séisme de Saint-Paul-de-Fenouillet (1996), Comptes rendus Géoscience, 339, 1, 75-84, (2007).
- Wittlinger G., Etude de la sismicité en champ proche par un réseau sismologique à faible ouverture: application au Frioul (Italie) et au gisement de Lacq (France), Thèse d'Etat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 261 p., (1980).

4.2 Région Nord-Ouest

[fig. 2] Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2003 - 2005



Les caractéristiques principales de la déformation tectonique et de la sismicité dans le domaine armoricain

Nous regroupons dans cette région le massif armoricain proprement dit, ses marges océaniques de la Manche occidentale et de l'Atlantique ainsi que ses prolongements orientaux sous le Bassin parisien et sous le Bassin aquitain. L'essentiel du Massif armoricain au sens strict, comprenant le Cotentin et les îles anglo-normandes, correspond à un socle protérozoïque (âgé de plus de 540 Ma), plissé et traversé de granites, et à sa couverture paléozoïque. La limite sud du domaine armoricain correspond à la suture d'une collision au Silurien-Dévonien, peu visible au niveau des affleurements en surface,

mais identifiable sur les profils sismiques, gravimétriques et magnétiques (Lefort et Poulpiquet, 1990). On peut définir trois domaines : les domaines Nord Armoricain (DNA), Centre Armoricain (DCA) et Sud Armoricain (DSA) qui sont séparés par deux zones de cisaillement majeur : les zones de cisaillement Nord Armoricain (ZCNA) et Sud Armoricain (ZCSA) d'âge hercynien (plus de 300 Ma) (Rolet, 1994). La ZCSA se divise en deux branches lesquelles sont, entre la Pointe du Raz et la région de Lorient, proches et orientées EW. Vers l'Est, la branche nord se prolonge vers Angers alors que la branche sud s'oriente vers le SE en direction de Nantes. Plus au sud-est, la branche sud se divise en plusieurs structures en direction de Poitiers et de Niort. À l'inverse des domaines Nord-Armoricain et Centre-Bretagne à

structures cadomiennes (-660 à -450 Ma), orientées SW-NE (Brun et Bale, 1990 ; Rabu et al., 1990), le domaine Sud-Armoricain est caractérisé par une structuration NW-SE dans la chaîne varisque développée au cours du Paléozoïque supérieur (-360 à -250 Ma) (Brun et Burg, 1982). Au cours du Crétacé moyen (~ -120 Ma) se produit l'ouverture du Golfe de Gascogne séparant le massif armoricain de la plaque Ibérie (Montadert et al., 1977). A partir du Cénozoïque, (-65 Ma) la région est en compression due à la collision Europe – Afrique (Vigneresse, 1988).

La déformation depuis le Cénozoïque est peu connue. Le massif armoricain apparaît comme un domaine intraplaque soulevé faisant partie de la lithosphère ouest-européenne, extension des avant pays des Pyrénées et des Alpes (Ziegler et al., 1995).

Les vitesses de soulèvement restent imprécises. Par exemple, l'incision des rivières au cours du dernier million d'années, observée sur de grandes distances, indique des vitesses de l'ordre de 0,05 mm/an (Bonnet 1998, Bonnet et al., 2000). D'autre part, en se basant sur des mesures de nivellement disponibles uniquement pour le siècle dernier, l'estimation des variations verticales est de 0,2 à 0,6 mm/an, avec localement environ 1,1 mm/an (Lenôtre et al., 1999).

Cependant, la part que l'on peut attribuer au soulèvement tectonique reste inconnue. Au cours des 2 derniers millions d'années, les accidents vieux de 200 à 300 Ma, tels la ZCSA [N110°] ou la faille du Quessoy - Nort-sur-Erdre [N140°], sont associés à des basculements de blocs en liaison avec un bombement suite à une compression NESW (Bonnet, 1998 ; Bonnet et al., 2000).

Cette déformation récente est attestée par des reprises d'érosion. La ZCSA apparaît comme une structure profondément enracinée dans la lithosphère, contrairement à la ZCNA (Judenherc et al., 2002), ce qui pourrait expliquer l'activité sismique plus forte qui y est observée (Perrot et al., 2005). De plus, la trace topographique très nette du Cisaillement Sud Armoricaire, associée à un abaissement relatif du compartiment sud, entre Nantes et Lorient, suggère une activité de cette faille pendant le Quaternaire. Bien qu'apparemment diffuse à l'échelle du Massif Armoricaire, la sismicité ne se répartit pas de façon uniforme (Arroucau, 2006). En particulier, les séismes apparaissent plus nombreux et plus densément distribués dans les zones où l'épaisseur crustale, déduite de l'interprétation des cartes d'anomalies gravimétriques (Lefort et Agarwal, 2002) est de l'ordre de 34 km. D'autre part, la comparaison de la sismicité aux données de flux de chaleur disponibles (Vasseur, 1982 ; Vigneresse et al., 1989 ;

Pollack et al., 1993) montre que les séismes de cette région se répartissent préférentiellement dans les zones où celui-ci est compris entre 70 et 90 mW/m².

« L'Armorique » a connu un passé sismique notoire avec des intensités épicentrales de VII-VIII atteintes lors des séismes de Ste-Maure-de-Touraine le 15/02/1657, du Poitevin le 06/10/1711 (environs de Loudun), ou de Bouin en Vendée le 25/01/1799. Une autre crise sismique notable, appelée « Rouillac » (Charente), s'est produite entre le 18 juillet 1935 et le 24 août 1936, l'événement principal étant celui du 28 septembre 1935 (Io=VII). Son épicentre est situé entre Angoulême et Cognac. On peut noter que les épicentres des séismes du 9 janvier 1930 (près de Vannes, Io=VII) et du 2 janvier 1959 (près de Quimper, Io=VII) étaient situés à proximité de la branche sud du Cisaillement Sud Armoricaire. La sismicité instrumentale de la région ouest est régulière et relativement importante à l'échelle du territoire métropolitain. Le contraste d'activité est très fort avec les bassins aquitain et parisien où la sismicité est quasi inexistante. Elle est surtout concentrée sous forme de mouvements décrochants (Nicolas et al., 1990 ; Amorèse et al., 2000) le long des accidents tardi-hercyniens caractéristiques du massif armoricain. Il s'agit de la zone de cisaillement Nord-armoricaine [ZCNA], des branches nord et sud de la zone de Cisaillement Sud Armoricaire [ZCSA], ou encore de la faille de Nort-sur-Erdre et leurs prolongements orientaux au niveau de l'Anjou, la Touraine, la Brenne, le Poitou et la Marche. Depuis 1962, seule une dizaine de séismes a dépassé M_L (LDG)=4. Dans le nord-ouest de la région, les mécanismes au foyer montrent un mouvement décrochant sénestre sur les structures N60 à N85 associé à une composante inverse alors que dans la ZCSA ils montrent un mouvement normal décrochant dextre sur des structures N90 – N130. La compression maximale horizontale est orientée NW-SE dans le DNA (Amorèse et al., 2000) et dans le DSA (Nicolas et al., 1990) alors que l'extension est globalement orientée NE-SW (Nicolas et al., 1990, Delouis et al 1993, Amorèse et al., 2000 ; Mazabraud et al., 2005). Le champ de contrainte est encore mal connu. Si l'axe de contrainte minimale est NE-SW, l'axe de contrainte maximale est soit vertical soit NW-SE. Les contraintes horizontales pourraient être induites par la compression due d'une part à l'expansion océanique au niveau de la ride médio-océanique de l'Atlantique, et d'autre part à la compression alpine (Gölke et Coblenz, 1996). Cependant, pour expliquer la composante extensive de la déformation, on doit

faire appel à d'autres forces telles que par exemple la compensation isostatique depuis la dernière déglaciation mais cette influence n'est pas clairement établie pour cette partie de l'Europe (Arroucau, 2006).

Le séisme d'Oléron est le séisme majeur de la région armoricaine prise au sens large sur la période instrumentale (I_0 =VII, M_L (LDG)=5,7 le 7/9/1972) avec un mécanisme décrochant dextre et une faible composante normale en considérant un plan de faille de direction armoricaine (Nicolas et al., 1990). Les répliques s'alignent selon un axe N50 (Delhay, 1976) et il est probable que le séisme principal se soit produit sur une faille crustale (faille d'Oléron) située au sud de la suture Sud-

Armoricaine. C'est l'événement principal d'une activité sismique locale importante, marquée par trois crises : 1958, de 1972 à 1973 et de 1976 à 1977. Le séisme d'Hennebont (30 septembre 2002, M_L =5,4), à proximité de la ZCSA, est l'événement le plus fort enregistré dans le nord-ouest de la France depuis le séisme du 7 septembre 1972. Il paraît être à la jonction, en profondeur, entre la branche nord (à pendage d'environ 60° vers le SO) et la branche sud (subverticale) du CSA, à une profondeur d'environ 13 km (Perrot et al., 2005). Les mécanismes au foyer montrent un mouvement normal dextre sur un plan orienté environ N 120 avec un pendage d'environ 60° vers le sud-ouest (Mazabraud et al., 2005 ; Perrot et al., 2005).

Sismicité 2003-2005

Les séismes de magnitude 3,5 et plus sur la période sont peu nombreux et de magnitudes modérées. Il n'y a eu que 4 événements de magnitudes comprises entre 3,9 et 4,6 M_L dont deux dans la région d'Oléron laquelle a été marquée par une sismicité récurrente durant le mois d'avril 2005. Les deux autres sont situés à proximité de Châtellerauld (9 septembre 2005) et Beauvoir-sur-Mer (22 juin 2005).

Les séismes ayant affecté cette région au cours des années 2003 à 2005 (M_L (RéNaSS)≥3,5) sont:

14 février 2003, au sud-ouest de Fontenay-le-Comte (85), 4,2 M_L
 5 novembre 2003, au sud de Quimper (22), 3,5 M_L (LDG) - sans donnée macrosismique
 18 juillet 2004, au sud-ouest de Lorient (56), 3,8 M_L
 4 novembre 2004, au nord de Redon (35), 3,8 M_L
 31 janvier 2005, à l'est de Mareuil (24), 3,6 M_L
 9 février 2005, au nord de Lorient (56), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique
 4 avril 2005 (17h07 TU), à l'ouest de l'Île d'Oléron (17), 4,2 M_L
 4 avril 2005 (17h11 TU), à l'ouest de l'Île d'Oléron (17), 3,7 M_L - sans donnée macrosismique
 18 avril 2005, à l'ouest de l'Île d'Oléron (17), 4,6 M_L
 22 juin 2005, à l'ouest de Beauvoir-sur-Mer (85), 4,1 M_L
 9 septembre 2005, au nord-est de Châtellerauld (86), 3,5 M_L

Les séismes de magnitude 3,5 et plus sur la période sont peu nombreux et de magnitudes modérées. Il n'y a eu que 4 événements de magnitudes comprises entre 4 et 4,6 M_L dont deux dans la région d'Oléron qui a été marquée par une sismicité récurrente durant le mois d'avril 2005.

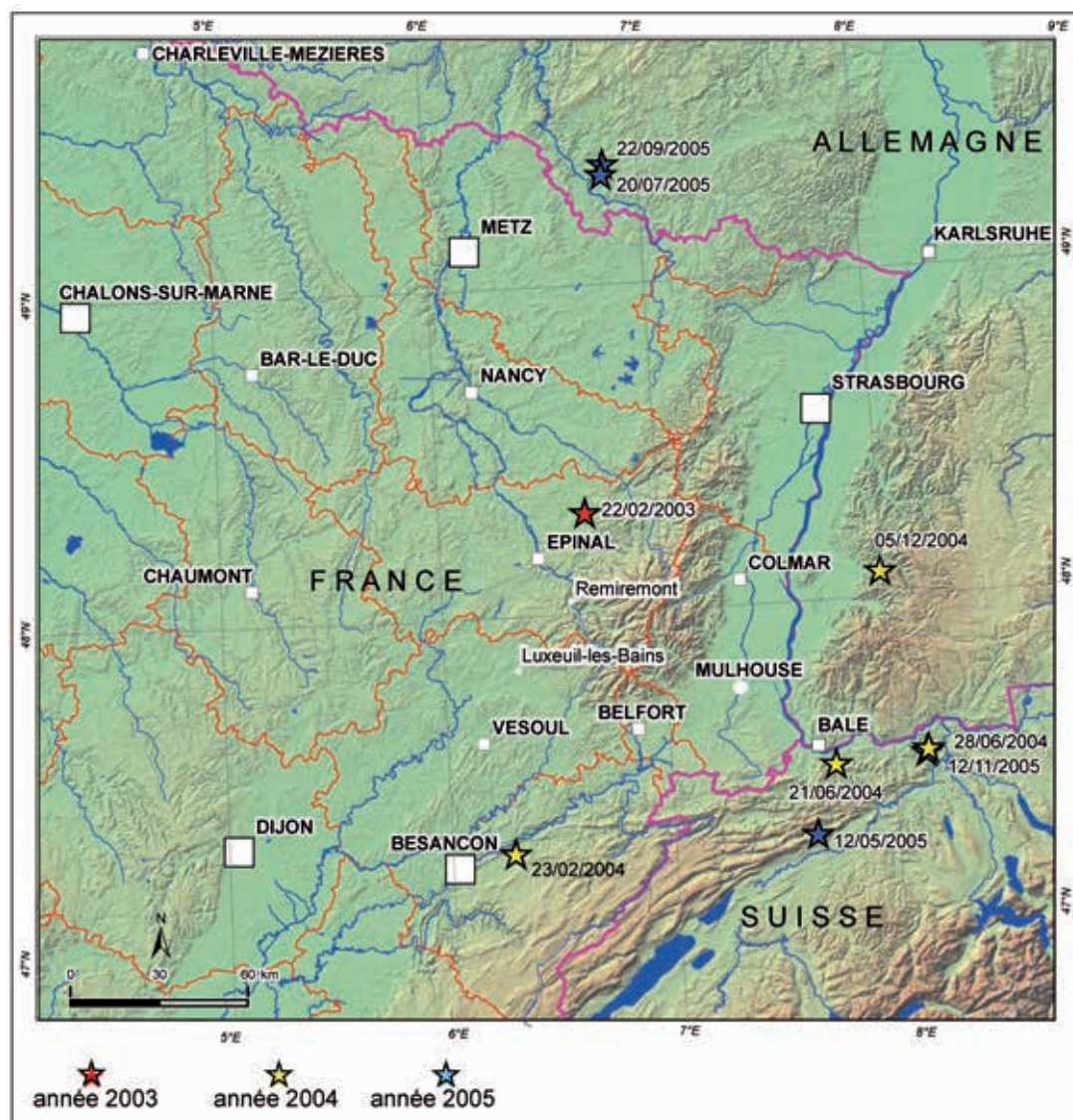
Références citées :

- Amorèse D., A. Walker, J. L. Lagarde, J. P. Santoire, P. Volant, M. Font et M. Lecornu, New seismotectonic data from an intra-plate region: focal mechanisms in the Armorican Massif (northwestern France), *Geophys. J. Int.*, 143, 837-846, (2000).
 Arroucau P., Sismicité du Massif Armoricaïn: relocalisations et interprétation tectonique, Thèse, Université Nantes, 3 ann., 190 p., (2006).
 Bonnet S., F. Guillocheau, J. P. Brun et J. V. d. Driessche, Large-scale relief development related to Quaternary tectonic uplift of a Proterozoic-Paleozoic basement: The Armorican Massif, NW France, *J. Geophys. Res.*, 105, 19273-19288, (2000).
 Bonnet S., Tectonique et dynamique du relief: le socle armoricaïn au Pléistocène, Thèse, Université Rennes I, Rennes, 352 p., (1998).
 Brun J. P. et P. Bale, Cadomian tectonics in northern Brittany, in *Cadomian Orogeny*, edited by R. A. Strachan, C. G. Topley and R. S. D'Lemos, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 51, p. 95-114, (1990).
 Brun J. P. et J. P. Burg, Combined thrusting and wrenching in the Ibero-Armorican arc., *Earth planet. Sci. Lett.*, 61, 319-332, (1982).
 Delhay A., Etude de la sismicité récente de la région d'Oléron, Thèse, Université Paris VI, Paris, p., (1976).
 Delouis B., H. Haessler, A. Cisternas et L. Rivera, Stress tensor determination in France and neighbouring regions, *Tectonophysics*, 221, 413-437, (1993).

- Gölke M. et D. Coblenz, Origins of the European regional stress field, *Tectonophysics*, 226, 11-24, (1996).
- Judenherc S., M. Granet, J. P. Brun, G. Poupinet, J. Plomerová, A. Mocquet et U. Achauer, Images of lithospheric heterogeneities in the Armorican segment of the Hercynian range in France, *Tectonophysics*, 358, 121-134, (2002).
- Lefort J. P. et J. D. Poulpiquet, Corrélations entre les profils de sismique réflexion profonde ECORS-Gascogne et ECORSNord de la France au travers de la suture sud-armoricaine, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 12, 8, 321-330, (1990).
- Lefort J. P. et B. N. P. Agarwal, Topography of the Moho undulations in France from gravity data: their age and origin, *Tectonophysics*, 350, 193-213, (2002).
- Lenôtre N., P. Thierry et R. Blanchin, Current vertical movement demonstrated by comparative leveling in Brittany (northwestern France), *Tectonophysics*, 301, 333-344, (1999).
- Mazabraud Y., N. Béthoux, J. Guilbert et O. Bellier, Evidence for short scale field variations within intraplate central-western France, *Geophys. J. Int.*, 160, 161-178, (2005).
- Montadert L., D. G. Roberts, G. A. Auffret, W. Bock, P. A. DuPeuble, E. A. Hailwood, W. Harrison, H. Kagami, D. N. Lumsden, C. Muller, D. Schnitker, R. W. Thompson, T. L. Thompson et P. P. Timofeev, Rifting and subsidence on passive continental margins in the North East Atlantic, *Nature*, 268, 305-309, (1977).
- Nicolas M., J. P. Santoire et P. Y. Delpech, Intraplate seismicity: new seismotectonic data in Western Europe, *Tectonophysics*, 179, 27-53, (1990).
- Perrot J., P. Arroucau, J. Guilbert, J. Déverchère, Y. Mazabraud, J. Rolet, A. Mocquet, M. Mousseau¹ et L. Matias, Analysis of the Mw 4.3 Lorient earthquake sequence: a multidisciplinary approach to the geodynamics of the Armorican Massif, westernmost France, *Geophys. J. Int.*, 162, 935-950, (2005).
- Pollack H. N., S. J. Hurter et J. R. Johnson, Heat flow from the Earth's interior: analysis of the global dataset, *Rev. Geophys.*, 31, 267-280, (1993).
- Rabu D., J. Chantaine, J. J. Chauvel, E. Denis, P. Bale et P. Bardy, The Brioverian (Upper Proterozoic) and the Cadomian Orogeny in the Armorican Massif, in *Cadomian Orogeny*, edited by R. A. Strachan, C. G. Topley and R. S. D'Lemos, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 51, p. 81-94, (1990).
- Rolet J., The Armorican Massif, Structure and Metamorphism, Introduction, in *Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas*, edited by J. Keppe and S. Verlag, Berlin, p. 177-178, (1994).
- Vasseur G., Synthèse des résultats de flux géothermique en France, *Ann. Geophys.*, 38, fasc. 2, 189-201, (1982).
- Vignerresse J. L., La fracturation post-hercynienne du Massif Armoricaïn d'après les données géologiques, *Géol. Fr.*, 4, 3-10, (1988).
- Vignerresse J. L., M. Cuney, J. Jolivet et G. Bienfait, Selective heat-producing element enrichment in a crustal segment of the mid-european variscan chain, *Tectonophysics*, 159, 47-60, (1989).
- Ziegler P. A., S. Cloething et J. D. V. Wees, Dynamics of intraplate compressional deformation: the Alpine foreland and other examples, *Tectonophysics*, 252, 7-59, (1995).

4.3 Région Nord-Est

(fig. 3) Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2003 - 2005



Les caractéristiques principales de la déformation tectonique et de la sismicité dans le nord-est de la France.

Contexte général

Le secteur Nord-Est regroupe ici les Vosges, le Fossé Rhénan et le Jura. Le Fossé Rhénan appartient au système de rifts cénozoïques européens dont la formation a débuté à la fin de l'Eocène (~40 Ma).

Ce système de rift s'étend depuis la Mer du Nord jusqu'à la Méditerranée (Brun et al., 1991 ; Echtler, Lüschen et Mayer, 1994). Au Pliocène, le front du Jura se plisse comme le démontre la mise en place du Jura de Ferrette (Sud de Bâle) au Pliocène moyen (~ 4 Ma, Nivière et al., 2000). La poussée du Jura se poursuit jusqu'à l'actuel.

Le réseau hydrographique jeune incisant des terrasses quaternaires au front du Jura (SE de la Serre, Forêt de Chaux) témoigne de la surrection récente de cette région. Dans le SW du fossé Rhénan et dans le fossé Bressan, on observe au Pliocène une phase de subsidence entraînant le dépôt de matériaux d'origine alpine. A partir du Pléistocène (~ 1 Ma) débutent la surrection du Horst de Mulhouse, la formation du fossé de Sierentz et le basculement des plateaux de l'Ajoie vers le NE (Theobald et al., 1977).

La dynamique récente de la région (fin quaternaire) montre des mouvements verticaux relatifs, traduisant l'influence conjuguée de la déformation des « Vosges - Fossé Rhénan - Jura Souabe » et de la poussée du Jura. Vogt (1980) estime à 400 m le relèvement absolu des Vosges au Quaternaire, sur les 2 derniers millions d'années.

Les dépôts tertiaires et quaternaires au sein du Fossé Rhénan atteignent une épaisseur de plus de 3300 m. Les terrasses fluviales rhénanes sont basculées vers le nord et les cailloutis du Sundgau sont plissés selon des axes E-W (Meyer et al., 1994 ; Nivière et al., 2000 ; Giamboni et al., 2004). Bien que cette région soit l'une des plus active de France, la vitesse de déformation horizontale au travers de la région est très faible, estimée à moins de 0,6 mm/an à partir des mesures GPS (Nocquet et Calais, 2003). Ceci est confirmé par Rozsa et al. (2005) qui indiquent un déplacement horizontal inférieur à 0.5-1.0 mm/an au travers du Fossé Rhénan supérieur selon une orientation globalement NS.

La vitesse de déformation verticale actuelle reste mal connue. Elle a été estimée localement entre 0,11 et 0,27 mm/an sur la faille de Bâle-Reinach (Ferry et al., 2005) respectivement au cours du Quaternaire et depuis le Pléistocène. Actuellement la contrainte maximale horizontale régionale, déduite des mécanismes au foyer de petits séismes, est orientée NW-SE ($N135^\circ$) et la contrainte minimale horizontale est orientée $N45^\circ$. Ce tenseur de contraintes indique un régime de déformation favorable au décrochement senestre sur des failles N-S et dextre sur des failles E-W. Dans le sud du Fossé Rhénan la contrainte maximale horizontale tend à s'orienter $N160^\circ$ (Plenefisch and Bonjer, 1997). Dans la couverture sédimentaire du Jura, la contrainte maximale horizontale Sh , découplée du socle (Becker et al., 1987), s'oriente radialement par rapport au front interne du Jura. L'évolution tectonique actuelle de la région apparaît ainsi dominée par la poussée Alpine qui entraîne le décollement et le plissement du Jura et une réactivation du Fossé Rhénan se traduisant par le relèvement des Vosges du sud (et de la forêt Noire) et la subsidence relative du Fossé Rhénan. La région des Vosges est caractérisée par une sismicité distribuée principalement le long de l'axe Epinal – Remiremont - Luxeuil-les-Bains. Elle présente une forte sismicité instrumentale et historique, qui n'a jusqu'alors jamais pu être corrélée clairement à une rupture en surface (Blès et al., 1991; Haessler and Hoang-Trong, 1985; Plantet and Cansi, 1988). Après relocalisation il ressort que cette sismicité semble suivre un axe de direction N0-10 depuis le NE de Luxeuil-les-Bains, où s'est produit le séisme de 1682 ($Io = VIII$) jusqu'au nord-est d'Epinal (Audin et al., 2002). Les plus importants séismes historiques connus qui ont marqué cette région sont ceux du 18/02/849 et du 12/05/1682, d'intensité épicentrale estimée à VIII. Pour la période instrumentale, il y a eu trois crises sismique majeures, les crises de l'année 1973 dominées par l'événement du 22/02/1973 (M_L

(LDG) = 4,1), la crise de Remiremont de décembre 1984 avec son paroxysme le 29/12/1984 ($Io = VI$, M_L (LDG) = 4,8) et le séisme de Rambervillers (22 février 2003, 5,4 M_L RéNaSS, d'intensité épicentrale VI-VII EMS98 – Cara et al., 2005) qui est l'événement majeur de cette région depuis 1682. Les séismes de 849, 1682 et 1984 se répartissent géographiquement du sud au nord. La crise sismique de 1984 a été enregistrée par un réseau local permettant des relocalisations précises de l'événement majeur et des répliques. Elles sont alignées sur 3 km de longueur et entre 6 et 8 km de profondeur le long d'un plan orienté $N03^\circ$, en cohérence avec le mécanisme au foyer de l'événement principal (décrochement senestre pur selon un plan NS vertical sub-méridien (Haessler et al., 1985)). Le séisme de 2003, qui fait l'objet d'une fiche détaillée, a été ressenti à près de 650 km de l'épicentre (Cara et al. 2005). Il a été suivi de nombreuses répliques, dont environ 600 dans les trois premiers mois (magnitudes comprises entre 0 et 3.4), qui se poursuivent encore plus de 4 ans plus tard (3,5 M_L le 26 mai 2007). La relocalisation des répliques a permis de déterminer que le segment de faille qui a rompu lors du choc principal est orienté $N296^\circ$ à pendage de 44° vers le NE à une profondeur entre 9,5 et 12,5 km (Haned 2007) selon un mécanisme normal décrochant senestre (Jacques et al. 2004). Il s'agit ainsi d'une faille antithétique aux grandes failles à pendage sud présentes dans la région. Les mécanismes aux foyers déterminés pour ces séismes sont compatibles avec une contrainte compressive à grande échelle orientée NW-SE, perpendiculaire à l'arc alpin.

L'activité sismique du Fossé Rhénan est diffuse et difficilement corrélable à des accidents en surface. Le graben du Rhin et ses structures associées (Vosges et Forêt Noire) présente une activité sismique associée à des mécanismes au foyer décrochants. La zone du Fossé Rhénan est limitée au sud par les plis et chevauchements du Jura Frontal et le seuil Rhin-Saône. La sismicité augmente dans la zone de transition entre le Fossé Rhénan et le Jura. L'événement marquant du Fossé Rhénan est le séisme de Bâle (Suisse) du 18/10/1356, ($Io = IX$), l'un des plus importants séismes ressentis en France et le plus important connu au nord des Alpes. La région du Sundgau subit une forte activité sismique comme en témoigne la crise de Mulhouse de 1980 à proximité du horst de Mulhouse-Altkirch, avec l'événement principal du 15/07/1980, M_L (LDG) = 4,9, $Io = VI-VII$. La sismicité historique, plus diffuse (1239, 1784, 1444, 1372), est située le long du flanc ouest du horst et à proximité des failles normales orientées NS à $N30^\circ$.

Déformation récente et sismicité du Jura

La structuration du Jura a commencé au Miocène supérieur (~ 10 Ma).. Au Pliocène (-2 à -5 Ma.), le front nord du Jura commence à se plisser comme le démontre la mise en place du Jura de Ferrette au sud de Bâle (Nivière et Winter, 2000). Le Jura est caractérisé par une tectonique tangentielle compressive, localement décrochante, liée à la poussée alpine orientée NW-SE et au décollement de la couverture au niveau des évaporites du Trias. Cette zone est limitée au sud par le chevauchement interne à la bordure du bassin molassique et au nord par le chevauchement frontal. Dans la couverture sédimentaire du Jura, la contrainte maximale horizontale, découplée du socle (Becker et al., 1987), s'oriente radialement par rapport au front du Jura. En surface, la déformation est accommodée par des plis et chevauchements (orientés N90° à l'est et s'orientant NS vers l'ouest) et des décrochements orientés N160, probablement associés à des accidents du socle donnant à certains plis une allure sigmoïdale. La morphologie souligne clairement les plis et les décrochements associés au chevauchement. Le mouvement relatif au travers du Jura par rapport à la plaque Eurasienne indique une convergence inférieure à 1 mm/an ($\pm 0,2$ à $0,5$ mm/an) (Walpersdorf et al. 2006). La sismicité apparaît plus importante au voisinage des chevauchements internes et frontaux et reste diffuse au sein même du domaine.

L'ensemble du Front du Jura est actif et marqué par une sismicité instrumentale moyenne et une sismicité historique assez bien corrélée aux accidents frontaux, essentiellement un chevauchement relayé localement par des plis faillés, où des mouvements récents sont reconnus. Les plus forts séismes connus dans la région du Jura sont proches de la zone frontale. Il s'agit des séismes du 18/01/1155, $I_o = VII$, Jura, (Lons le Saunier) région où l'on observe actuellement un essaim de micro-sismicité, du 30/10/1828, $I_o = VII$, aux environs de Besançon. Le séisme de Roulans, au nord-est de Besançon, (23 février 2004 - $5,3 M_L$ - ressenti à plus de 350 km - I_{max} V-VI) est le séisme le plus fort observé sur la période instrumentale au front nord du Jura. Il a eu lieu sur une faille, orientée soit EW soit NE-SW, inverse décrochante crustale, l'hypocentre étant entre 14 et 16 km de profondeur alors que la couverture plissée ne dépasse pas 3-4 km d'épaisseur. Dans la zone interne du Jura, le séisme principal est celui du 21/06/1971, M_L (LDG) = 4,8, $I_o = VII$, « barrage de Vouglans », dont le mécanisme au foyer montre un décrochement senestre sur une faille N10 à pendage 45° ouest (Lachaize, 1982). Le reste de l'activité sismique se distribue principalement aux limites de contact avec les Alpes. On relève notamment dans la partie sud du Jura une concentration de séismes historiques localisés aux abords des Alpes dont le plus important est celui de Bugey-Chantagne du 19/02/1822, $I_o = VII-VIII$.

Sismicité sur la période 2003-2005

La sismicité du secteur Nord-Est a été particulièrement forte au cours de la période couverte par cette publication. Trois événements de magnitude supérieure à 5 ont affecté la région. Rambervillers le 22 février 2003 ($5,4 M_L$), Roulans le 23 février 2004 ($5,1 M_L$) et Waldkirch le 5 décembre 2004 ($5,3 M_L$ - Allemagne). Des précisions sont apportées dans leurs fiches respectives. Les séismes de Rambervillers (bordure ouest des Vosges) et de Waldkirch (bordure ouest de la Forêt Noire) font partie du système "Vosges-Fossé Rhénan- Forêt Noire" alors que le séisme de Roulans a eu lieu au front nord du Jura. Tous les autres séismes sont de magnitude inférieure à $4,1 M_L$ et leurs épicentres sont tous localisés dans les pays voisins mais proches de nos frontières (Allemagne et Suisse). En Suisse, quatre séismes de magnitude modérée ont eu lieu, tous ressentis en France avec une Intensité atteignant IV. Parmi eux, deux événements proches, les 28 juin 2004 ($4,1 M_L$ en décrochement inverse) et 12 novembre 2005 ($3,8 M_L$), ont eu lieu dans la région de Frick – Moenthal (extrémité NE du Jura), un à proximité de Bâle le 21 juin 2004 ($3,8 M_L$ en décrochement normal) et un autre le 12 mai 2005 dans la région de Rumisberg (à proximité du front sud du Jura - $3,9 M_L$ en faille inverse) localisé dans la croûte inférieure sous le Jura (Deichmann et al., 2006).

Les séismes de la région nord-est ayant dépassé la magnitude 3.5 M_L sont :

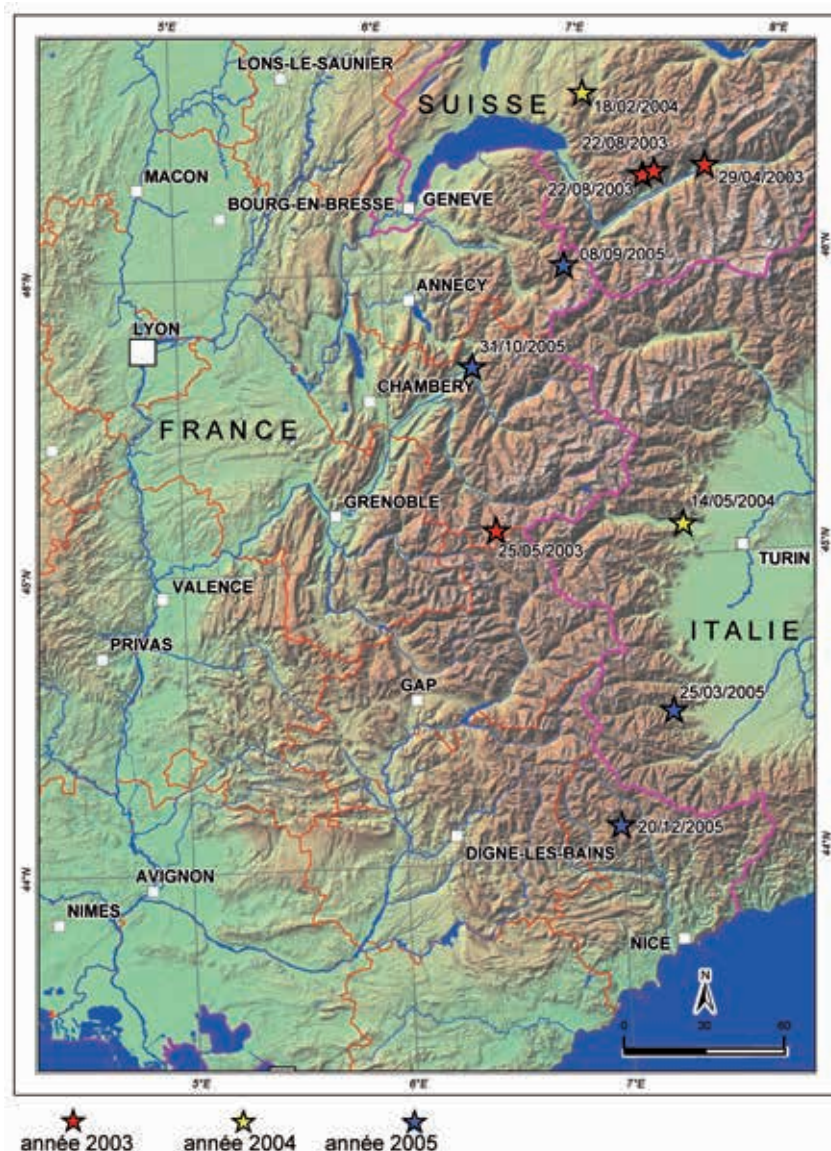
22 février 2003, à l'est de Rambervillers (88), 5,4 M_L
 22 août 2003 (9h21 TU), au sud-est de Montreux (Suisse), 3,8 M_L - sans donnée macrosismique
 22 août 2003 (9h30 TU), au sud-est de Montreux (Suisse), 3,7 M_L - sans donnée macrosismique
 23 février 2004, au sud-est de Roulans (25), 5,1 M_L
 21 juin 2004, au sud-est de Bâle (Suisse), 3,8 M_L
 28 juin 2004, région de Frick (Suisse), 4,1 M_L
 5 décembre 2004, région de Waldkirch (Allemagne), 5,3 M_L
 12 mai 2005, région de Rumisberg (Suisse), 3,9 M_L
 20 juillet 2005, au nord de Merlebach (57), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique
 22 septembre 2005, au nord-est de Saarlouis (Allemagne), 3,7 M_L
 12 novembre 2005, région de Moenthal (Suisse), 3,8 M_L

Références citées

- Audin L., J. P. Avouac, M. Flouzat et J. L. Plantet, Fluid-driven seismicity in a stable tectonic context: The Remiremont fault zone, Vosges, France, *Geophysical Research Letters*, 29, 6, 15-18, (2002).
- Becker A., P. Blümling et W. H. Müller, Recent stress field and neotectonics in the Eastern Jura Mountains, Switzerland, *Tectonophysics*, 135, 277-288, (1987).
- Blès J. L., A. Colleau, J. Fourniguet, P. Godefroy, N. Lenôtre, B. Sauret, P. Combes, J. Y. Dubié, P. Vaskou et R. G. G. d. R. G. d. I. I. e. Néotectonique), Proposal for classification of fault activity in an intraplate collision setting: Definitions and examples, *Tectonophysics*, 194, 279-293, (1991).
- Brun J. P., F. Wenzel et Ecors-Dekorp team, Crustal scale structure of the southern Rhine graben from ECORS DEKORP seismic reflection data, *Geology*, 19, 758-762, (1991).
- Cara M., W. Brüstle, M. Gisler, P. Kästli, C. Sira, C. Weihermüller et J. Lambert, Transfrontier macroseismic observations of the $M_L=5.4$ earthquake of February 22, 2003 at Rambervillers, France, *Journal of Seismology*, 9, 317-328, (2005).
- Deichmann N., M. Baer, J. Braunmiller, S. Husen, D. Fäh, D. Giardini, P. Kästli, U. Kradolfer et S. Wiemer, Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 2005., *Ecol. geol. Helv*, 99, 443-452, (2006).
- Echtler H. P., E. Lüschen et G. Mayer, Lower crustal thinning in the Rhine graben: Implication for recent rifting, *Tectonics*, 13, 342-353, (1994).
- Ferry M., M. Meghraoui, B. Delouis et D. Giardini, Evidence for Holocene palaeoseismicity along the Basel-Reinach active normal fault (Switzerland): a seismic source for the 1356 earthquake in the Upper Rhine graben, *Geophys. J. Int.*, 160, 554-572, (2005).
- Giamboni M., K. Ustaszewski, S. M. Schmid, M. E. Schumacher et A. Wetzel, Plio-Pleistocene transpressional reactivation of Paleozoic and Paleogene structures in the Rhine-Bresse transform zone (northern Switzerland and eastern France), *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 93, 207-223, (2004).
- Haessler H. et P. Hoan-Trong, La crise sismique de Remiremont (Vosges) de décembre 1984: Implications tectoniques régionales Série II, *Acad. Sc. Paris*, 14, 671-675, (1985).
- Haned A., La séquence des répliques du séisme de Rambervillers du 22 Février 2003, Master 2 GER Sciences de la Terre, Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 29 p., (2007).
- Jacques E., J. Van der Woerd, L. Dorbath, H. Vasquez, L. Rivera, H. Haessler, B. Delouis, M. Frogneux, M. Meghraoui et M. Cara, Preliminary results of the 22 February 2003 Rambervillers (Vosges, France) earthquake sequence, rapport EU _ projet SAFE, 6 p., (2004).
- Jacques E., J. Van der Woerd, L. Dorbath, H. Vasquez, L. Rivera, H. Haessler, B. Delouis, M. Frogneux, M. Meghraoui et M. Cara, Preliminary results of the 22 February 2003 Rambervillers (Vosges, France) earthquake sequence, *EGU04, Geophysical Research Abstracts*, Vol. 6, 06168, (2004).
- Lachaize M., La sismicité instrumentale (1962-80) de la région: Limagnes - Jura Souabe et ses implications tectoniques, Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 114 p., (1982).
- Meyer B., R. Lacassin, J. Brulhet et B. Mouroux, The Basel 1356 earthquake: which fault produced it? *Terra Nova*, 6, 54-63, (1994).
- Nivière B., T. Winter et M. Giamboni, Propagation active du Jura vers le Nord au sud du fossé rhénan supérieur. Conséquences sismotectoniques. Résumé RST 2000, paper presented at 18^{ème} réunion des Sciences de la Terre, Paris, 17 au 20 avril 2000, (2000).
- Nocquet J. M. et E. Calais, Crustal velocity field of western Europe from permanent GPS array solutions, 1996-2001, *Geophysical Journal*
- Plantet J.L. et Y. Cansi, Accurate epicenters location with a large network example of the 1984/1985 Remiremont Sequence, in: *Seismic hazard in Mediterranean Regions*, 347-358, (1988).
- Rozsa S., M. Mayer, M. Westerhaus, K. Seitz et B. Heck, Towards the determination of displacements in the Upper Rhine Graben area using GPS measurements and precise antenna modelling, *Quaternary Science Reviews*, 24, 427-440, (2005).
- Theobald N., H. Vogt et O. Wittmann, Néotectonique de la partie méridionale du bloc rhénan, *Bull. BRGM,(2ème série), Section IV*, 2, 121-140, (1977).

4.4 Région Sud-Est

(fig. 4) Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2003 - 2005



Les caractéristiques principales de la déformation tectonique et de la sismicité dans le domaine alpin : du Jura à la mer Ligure

La formation des Alpes est le résultat de la convergence Afrique-Europe laquelle implique la plaque adriatique, promontoire de la plaque africaine, qui correspond actuellement à l'Italie. Cette histoire débute dès le Trias, entre -245 Ma et -205 Ma, avec la dislocation du méga-continent de la Pangée. Le mouvement vers l'est du bloc africain par rapport au bloc européen s'accompagne de l'ouverture de l'océan atlantique et du bassin liguro-piémontais où vont se déposer des sédiments carbonatés. Au cours du Crétacé moyen (il y a environ 100 Ma), la plaque africaine

commence à se rapprocher de l'Europe, ce qui va initier la fermeture du domaine océanique du bassin Liguro-piémontais et la déformation des dépôts carbonatés. La lithosphère de la plaque adriatique chevauche, vers l'ouest, la lithosphère européenne (Roure et al., 1996 ; Sue, 1998 ; Rey et al., 1990) où d'anciennes failles normales, alors reprises en compression, deviennent inverses (Martin et Mercier, 1996). Cette collision va former une succession de plissements et de charriages qui vont former le massif alpin sous forme d'un large arc dont l'extrados est tourné vers l'ouest. Les différentes étapes de la collision progressent des Alpes internes, à l'est, vers les Alpes externes du massif, à l'ouest et au nord-ouest.

Déformation récente et sismicité des Alpes occidentales

Dans la chaîne des Alpes, le régime de contrainte, déduit des mécanismes au foyer, est radial et en éventail. Il apparaît aujourd'hui extensif dans les Alpes internes et compressif dans la chaîne externe (Sue et al., 2002; Sue et al., 1999; Grellet et al., 1993; Delouis et al., 1993; Nicolas et al., 1990; Bergerat, 1987). Au front des massifs cristallins, le régime est compressif à transpressif. Les mesures GPS (Nocquet et Calais, 2003), bien que récentes et encore peu précises, suggèrent aussi un régime en extension dans la partie centrale des Alpes occidentales (extension inférieure à 2,4 mm/an) et une compression NS à NW-SE dans les Alpes du sud et la Provence. Le raccourcissement NS accommodé par les Alpes occidentales apparaît modéré. Il est estimé à moins de 2 mm/an. La sismicité du sud des Alpes internes est marquée par de nombreux petits séismes répartis de façon assez homogène mais où les magnitudes supérieures à 5 sont rares. Dans le nord des Alpes internes, la sismicité est plus faible et regroupée sous forme de crises. Les événements principaux connus dans les Alpes internes du sud sont le séisme historique de Torre Pellice du 2 avril 1808, (I_0 =VIII) en Italie et le séisme instrumental du 5 janvier 1980 (M_L (LDG) = 5,3) au sud ouest de Turin. Dans les Alpes internes du nord, l'événement connu le plus important est le séisme du Valais près de Visp en Suisse (I_0 =IX du 25 juillet 1855).

Les massifs cristallins externes (Mont Blanc, Aiguilles rouges, Belledonne, Pelvoux, Argentera) sont caractérisés par une faible sismicité sauf à leur bordure ouest où le mouvement sur les failles est soit décrochant dextre (Martinod et al., 1996; Thouvenot, 1996) soit inverse. Deux séismes importants sur la période instrumentale ont eu lieu dans la région du Mont Blanc, "Chamonix" le 29 avril 1905 (magnitude 5,5 à 6, Alasset 2005) et "Vallorcine" le 8 septembre 2005 (M_L (RéNaSS) = 4,9) qui a été ressenti en France (I_{max} =V) mais aussi très largement en Suisse (Deichmann et al., 2006) et dont le mécanisme est décrochant dextre sur une faille orientée N60.

Les chaînes subalpines, qui correspondent en France au Vercors, à la Chartreuse, aux Aravis et au Chablais, sont marquées par une tectonique de couverture sédimentaire présentant de nombreux plis concentriques et des chevauchements qui s'enracinent sur un décollement en rampe situé à une profondeur de 5 à 10 km. La relocalisation précise de la sismicité montre que cette rampe et la couverture sédimentaire qui la recouvre sont actives et sismogènes (Nicolas et

al., 1998). Le séisme connu le plus important de cette chaîne subalpine est le séisme de Lucerne (10 septembre 1774, I_0 =VIII). Dans le même secteur se situe le séisme du 14 mars 1964, le plus fort séisme sur la période instrumentale (M_L (LDG) = 5,4). On peut noter les séismes à la bordure ouest du Vercors (M_L (LDG) = 4,4 et 4,2 des 17 et 19 avril 1984) décrochants dextres selon une direction environ N20 ou senestre selon N110. La crise de Corrençon en Vercors (Grasso et al., 1992), dont le choc principal a eu lieu le 25 avril 1962 (M_L (LDG) = 5,3) à quelques kilomètres au sud de Grenoble, est associée à plusieurs autres crises sismiques observées au cours de l'année suivante. Celles-ci, bien que peut-être provoquées par la mise en charge du barrage de Monteynard sur la rivière du Drac, correspondent bien à des séismes tectoniques. Par ailleurs, l'arc alpin est recoupé par des failles décrochantes qui traversent plusieurs domaines. Par exemple la faille du Vuache traverse le sud du bassin molassique et en partie le Jura et les Alpes Externes. Le séisme d'Epagny près d'Annecy, du 15 juillet 1996, de magnitude M_L (RéNaSS) = 5,2 a eu lieu sur cette structure décrochante senestre jouant le rôle de relais entre plusieurs chevauchements. D'autres structures comparables traversent ces domaines, comme la faille de Culoz près de laquelle s'est produit un séisme le 19 février 1822 (I_0 =VII-VIII).

Déformation récente et sismicité du sud des Alpes externes et de la mer Ligure Au sud, la région des Alpes externes regroupe le Dévoluy qui a la particularité de présenter une très faible sismicité et les chaînes de Haute Provence (du front de la nappe de Digne à l'Argentera).

Cette zone se caractérise par une tectonique de couverture, affectant les dépôts mésozoïques et cénozoïques. Ceux-ci sont décollés sur les évaporites du Trias supérieur induisant des plis à vergence sud ou des chevauchements tels que l'arc de Castellane et la nappe de Digne. Cette région forme la transition entre le massif de l'Argentera et le bassin Ligure. Plusieurs failles décrochantes, orientées NE-SW à NW-SE et associées à des indices de déformation actuelle, recoupent ces structures (Larroque et al., 2001). De même, une activité sismique observée en décembre 2000 à l'aide d'un réseau temporaire de stations sismologiques a permis de découvrir une structure active (faille de Blausac) (Courboulex et al., 2003). Cependant, la prolongation de ces structures sur la marge continentale et leur relation avec les structures du bassin de la mer Ligure restent des questions ouvertes. La mer Ligure correspond à la partie nord-est du bassin algéro-provençal. L'ouverture du Bassin Liguro-Provençal, de forme

triangulaire (rifting continental), entre 35 et 20 Ma, est suivie par une océanisation laquelle est accompagnée, entre - 21 et -17,5 Ma (Montigny et al., 1981, Edel et al., 2001) par la rotation antihoraire de 20-30° de la microplaque Corso-Sarde (Westphal et al., 1973 ; Réhault et al., 1974). Pris en étau entre les marges nord africaine et du sud de l'Europe, qui convergent à 5-7mm/an, le bloc Corso-Sarde est comprimé entre les marges italiennes et de Provence. Cependant, les récentes mesures GPS (Vigny et al., 2002 ; Nocquet et Calais, 2003) suggèrent un mouvement actuel négligeable entre le bloc Corso-Sarde et les Alpes occidentales. D'après les mécanismes au foyer disponibles dans la région, la marge Ligure et l'arrière-pays niçois sont soumis à un régime décrochant dont la contrainte maximale est orientée NNW-SSE (Baroux et al., 2001). La contrainte maximale dans cette région apparaît homogène depuis le Pliocène, avec une orientation NS, mais sous un régime de contrainte compressif

(Ritz 1992 ; Rebaï et al., 1992). En mer Ligure, le régime de contrainte déduit des mécanismes au foyer est compressif et avec une contrainte maximale orientée WNW-ESE (Baroux et al., 2001). Cependant, on observe aussi des failles normales de direction NE-SW à pendage SE, qui montrent une activité quaternaire, suggérant une flexuration de la marge Ligure laquelle induirait une déformation d'intrados en compression et d'extrados en extension (Chaumillon et al., 1994). Ce bassin océanique se singularise ainsi, comparativement à la sismicité du territoire métropolitain, par une assez forte activité sismique. Les événements enregistrés depuis quelques décennies sont concentrés sur la partie nord du bassin. Le plus fort séisme connu est celui d'Imperia du 23 février 1887 ($I_0=IX$) avec une magnitude estimée à environ 6,2 (Ferrari, 1991 ; Eva et Rabinovich, 1997 ; Scotti et Levret, 2000). Sur la période instrumentale, le plus important est celui de Vintimille du 21 avril 1995 (M_L (RéNaSS) = 4,7).

Sismicité 2003-2005

La sismicité des Alpes est restée très modérée sur la période 2003-2005 alors qu'elle constitue une des régions du territoire métropolitain où la sismicité est la plus forte. Seulement deux séismes de magnitudes comprises entre 4,5 et 5 ont eu lieu (au large de Bonifacio le 18-11-2004, $M_L=4,8$ et à Vallorcine le 8-9-2005, $M_L=4,9$). Deux autres séismes modérés ont eu lieu à proximité de Modane, dans l'Arc briançonnais (Alpes Internes), et Albertville au front des massifs cristallins externes. Il est à noter une intense activité sismique au nord-est de Barcelonnette, dans la vallée de l'Ubaye mais de très faible magnitude (inférieure à 2,7 M_L). En effet, à l'aide de stations du réseau permanent Sismalp, plus de 16 000 séismes ont été détectés au cours des années 2003 et 2004 répartis dans une région de 9 km de long et 3 à 8 km de profondeur avec un paroxysme de juin à septembre 2003 (Jenatton et al. 2004).

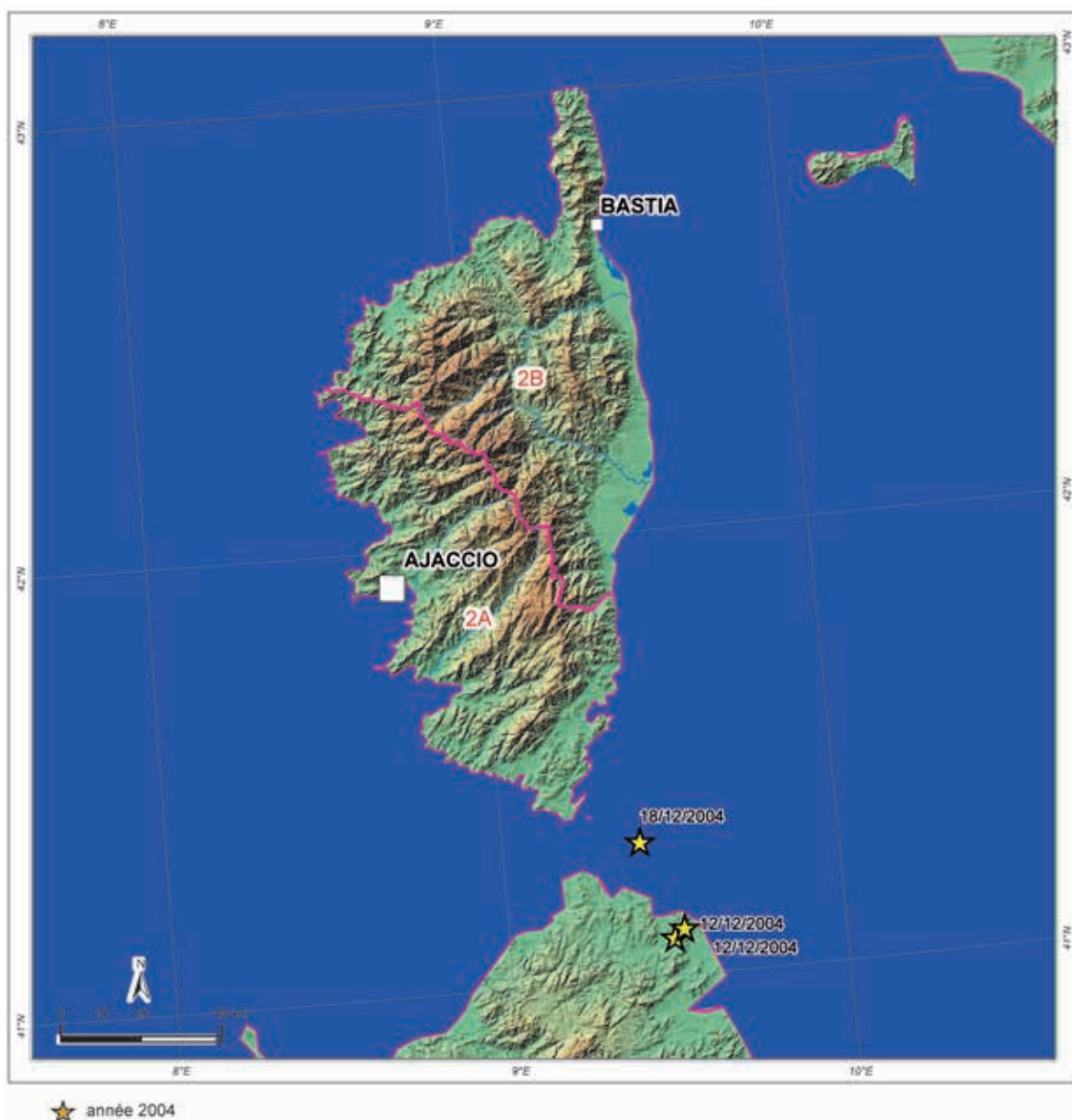
Les événements de magnitude M_L supérieure à 3,5 qui ont eu lieu dans cette région sont :

- 29 avril 2003 à l'est de Sion (Suisse) , 3,9 M_L , - sans donnée macrosismique
- 25 mai 2003, sud-ouest de Modane (73), 3,6 M_L
- 22 août 2003 (9h21 TU), sud-est de Montreux (Suisse), 3,8 M_L - sans donnée macrosismique
- 22 août 2003 (9h30 TU), sud-est de Montreux (Suisse), 3,7 M_L - sans donnée macrosismique
- 18 février 2004, région de Fribourg (Suisse), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique
- 18 novembre 2004, 4,8 M_L , Large de Bonifacio - sans donnée macrosismique
- 12 décembre 2004, 3,8 M_L (11h33 TU) , Large de Bonifacio - sans donnée macrosismique
- 12 décembre 2004, 4,8 M_L (11h53 TU), Large de Bonifacio - sans donnée macrosismique
- 18 décembre 2004, 4,8 M_L , Large de Bonifacio - sans donnée macrosismique
- 25 mars 2005 – 352, nord-ouest de Cueno (Italie), 3,5 M_L - non ressenti en France
- 8 septembre 2005 (11h27 TU), à Vallorcine (74), 4,9 M_L
- 31 octobre 2005, nord-est d'Albertville (73), 3,6 M_L
- 20 décembre 2005, sud-est de Barcelonnette (04), 3,5 M_L - sans donnée macrosismique (4 témoignages individuels.)

Références citées :

Alasset P. J., Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente: cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme

(fig. 5) Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2003 - 2005



- de Zemmouri (MW=6.9, Algérie) du 21 Mai 2003, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 228 p., (2005).
- Becker A., P. Blümling et W. H. Müller, Recent stress field and neotectonics in the Eastern Jura Mountains, Switzerland, *Tectonophysics*, 135, 277-288, (1987).
- Bergerat F., Stress fields in the European platform at the time of Africa-Eurasia collision, *Tectonics*, 6, 2, 99-132, (1987).
- Courboulex F., C. Larroque, A. Deschamps, C. Gélis, J. Charreau et J. F. Stéphan, An unknown active fault revealed by microseismicity in the south-east of France, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 15, 1782, (2003).
- Deichmann N., M. Baer, J. Braunmiller, S. Husen, D. Fäh, D. Giardini, P. Kästli, U. Kradolfer et S. Wiemer, Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 2005., *Eclog. geol. Helv.*, 99, 443-452, (2006).
- Delouis B., H. Haessler, A. Cisternas et L. Rivera, Stress tensor determination in France and neighbouring regions, *Tectonophysics*, 221, 413-437, (1993).
- Edel J. B., D. Dubois, R. Marchant, J. Hernandez et M. Cosca, La rotation miocène inférieure du bloc Corso-Sarde; nouvelles contraintes paléomagnétiques sur la fin du mouvement, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 3, 275-283, (2001).

- Eva C. et A. B. Rabinovich, The February 23, 1887 tsunami recorded on the Ligurian coast, western Mediterranean, *Geophys. Res. Lett.*, 24, 2211-2214, (1997).
- Ferrari G., The 1887 Ligurian earthquake : A detailed study from contemporary scientific observations, *Tectonophysics*, 193, 131-139, (1991).
- Grasso J. R., F. Guyoton, J. Fréchet et J. F. Gamond, Triggered Earthquakes as Stress Gauge : Implication for the Uppercrust Behavior in the Grenoble Area, France, *PAGEOPH*, 139, 579-605, (1992).
- Grellet B., P. Combes, T. Granier et H. Philip, Sismotectonique de la France métropolitaine, *Mém. Soc. géol. France*, 164, ed., 24 pl., 21 cartes, 76 p., (1993).
- Jenatton L., R. Guiguet, F. Thouvenot et N. Daix, The 16,000-event 2003-2004 earthquake swarm in Ubaye (French Alps), *J. geophys. Res.*, 112, B11304, (2007).
- Lachaize M., La sismicité instrumentale (1962-80) de la région : Limagnes - Jura Souabe et ses implications tectoniques, Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 114 p., (1982).
- Larroque C., N. Bethoux, E. Calais, F. Courboullex, A. Deschamps, J. Deverchere, J. F. Stephan, J.-F. Ritz et E. Gilli, Active and recent deformation at the Southern Alps-Ligurian Basin junction, *Netherland Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw*, 80, 255-272, (2001).
- Martin J. et E. Mercier, Héritage distensif et structuration chevauchante dans une chaîne de couverture : apport de l'équilibrage par modélisation géométrique dans le Jura nord-occidental, *Bull. Soc. Géol. France*, 167, 101-110, (1996).
- Martinod J., F. Jouanne, J. Taverna, G. Ménard, J. F. Gamond, X. Darmendrail, J. C. Notter et C. Basile, Present-day deformation of the Dauphiné Alpine and Subalpine massifs (SE France), *Geophys. J. Int.*, 127, 189-200, (1996).
- Nicolas M., J. P. Santoire et P. Y. Delpech, Intraplate seismicity: new seismotectonic data in Western Europe, *Tectonophysics*, 179, 27-53, (1990).
- Nicolas M., N. Béthoux et B. Madeddu, Instrumental Seismicity of the Western Alps: A Revised Catalogue, *Pure and Applied Geophysics*, 152, 707-731, (1998).
- Nivière B. et T. Winter, Pleistocene northwards fold propagation of the Jura within the southern Upper Rhine Graben: seismotectonic implications, *Global Planet. Change*, 27, 263-288, (2000).
- Nocquet J. M. et E. Calais, Crustal velocity field of western Europe from permanent GPS array solutions, 1996-2001, *Geophysical Journal International*, 154, 72-88, (2003).
- Rebaï S., H. Philip et A. Taboada, Modern tectonic stress field in the Mediterranean region: evidence for variation in stress direction at different scales, *Geophys. J. Int.*, 110, 106-140, (1992).
- Rey D., T. Quarta, P. Mougé, M. Miletto, R. Lanza, A. Galdeano, M. T. Carozzo, R. Bayer et E. Armando, Gravity and aeromagnetic maps of the western Alps : contribution to the knowledge of the deep structures along the ECORS-CROP seismic profile, *Mém. Soc. Géol. France*, 156, 107-121, (1990).
- Ritz J. F., Tectonique récente et sismotectonique des Alpes du Sud, analyse en terme de contraintes, *Quaternaire*, 3, 111-124, (1992).
- Roure F., F. Bergerat, B. Damotte, J. L. Mugnier et R. Polino, The ECORS-CROP Alpine seismic traverse, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 170, 5 pl., 113 p., (1996).
- Scotti O. et A. Levret, How to calculate seismic parameters for large offshore historical earthquakes, paper presented at Abstracts, ESC XXVII general assembly, Lisbon, Portugal, 10-15 September 2000, (2000).
- Sue C., Dynamique actuelle et récente des Alpes occidentales internes. Approche structurale et sismologique, Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble, 326 p., (1998).
- Sue C., F. Thouvenot, J. Fréchet et P. Tricart, Widespread extension in the core of the Western Alps revealed by earthquake analysis, *J. Geophys. Res.*, 104, 25611-25622, (1999).
- Sue C., J. R. Grasso, F. Lahaie et D. Amitrano, Mechanical behavior of western alpine structures inferred from statistical analysis of seismicity, *Geophysical Research Letters*, 29, 8, DOI: 10.1029/2001GL014050, (2002).
- Thouvenot F., Aspects géophysiques et structuraux des Alpes occidentales et de trois autres orogènes (Atlas, Pyrénées, Oural), Thèse d'Etat, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 378 p., (1996).
- Vigny C., J. Chery, T. Duquesnoy, F. Jouanne, J. Ammann, M. Anzidei, J. P. Avouac, F. Barlier, R. Bayer, P. Briole, E. Calais, F. Cotton, F. Duquenne, K. Feigl, G. Ferhat, M. Flouzat, J. F. Gamond, A. Geiger, A. Harmel, M. Kasser, M. Laplanche, M. L. Pape, J. Martinod, G. Menard, B. Meyer, J. C. Ruegg, J. M. Scheubel, O. Scotti et G. Vidal, GPS network monitors the western Alps: deformation over a five-year period: 1993-1998, *J. of Geodesy*, 76, 63-76, (2002).
- Walpersdorf A., S. Baize, E. Calais, P. Tregoning et J. M. Nocquet, Deformation in the Jura Mountains (France): First results from semi-permanent GPS measurements, *Earth and Planetary Science Letters*, 245, 365-372, (2006).

5 - Fiches séismes

Séisme du 21 janvier 2003 Arudy (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE
temps universel :
18h00min
temps légal : 19h00min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,4 M_L
LDG : 4,6 M_L
RSSP : 4,3 M_L

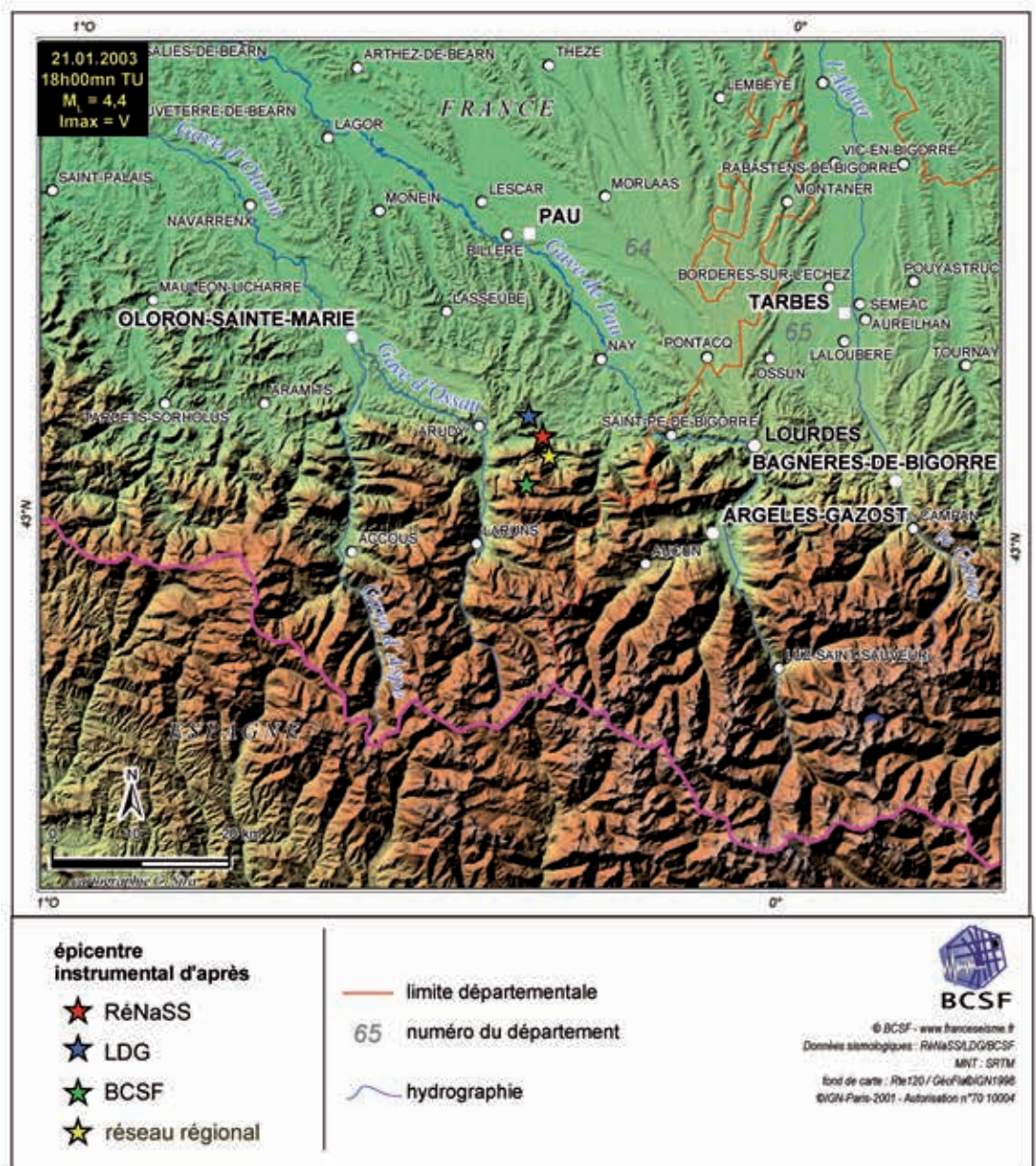
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,1° N
long. : 0,34° W
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 43,12° N
long. : 0,36° W
profondeur : 5 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 43,08° N
long. : 0,33° W
profondeur : 9 km

BCSF
lat. : 43,05° N
long. : 0,36° W
profondeur : 10 km



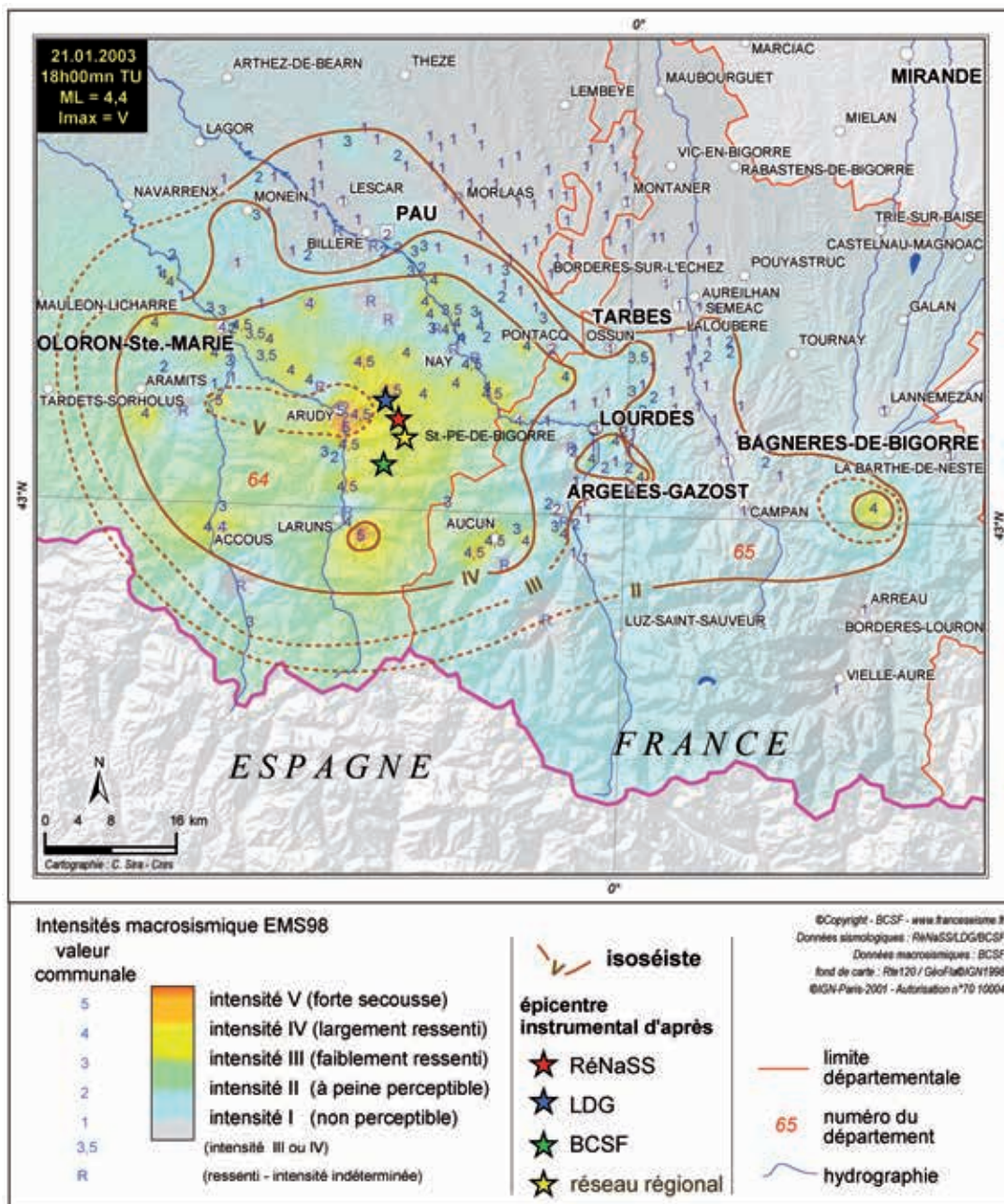
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMI- QUES

intensité
maximale : V
formulaires
collectés : 343
collectifs : 252
individuels : 92
secousse ressentie
dans 117 communes
françaises

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
surface : 2606 km²
population :
124900 h.
communes : 171

Dégâts signalés
11 communes



(fig. 2)

Observations macrosismiques

Après les événements du 11 et 12 décembre 2002, le Béarn est à nouveau le siège d'une secousse tellurique en ce début d'année 2003 avec un séisme de magnitude égale à celui du 11 décembre (4,4 M_L) et pratiquement localisé au même endroit, sur le flanc est de la vallée d'Ossau. Il termine une séquence de séismes ayant affecté la région fin 2002 - début 2003.

Comme pour les deux séismes précédents, les intensités maximales sont estimées à V (forte secousse) et des témoins d'Arudy soulignent la frayeur provoquée par cette vibration.

C'est dans la vallée d'Ossau et plus précisément

dans le secteur des communes d'Arudy, Louvie-Juzon que l'intensité maximale V a été atteinte. Les plus fortes valeurs d'intensité s'y trouvent concentrées. Compte tenu des lacunes d'intensité sur cette zone épicentrale (zone montagneuse), il n'est pas certain que l'isoséiste V dessinée sur la carte n'ait pas une extension plus grande.

Détachée de cette zone, une intensité V est estimée à la station thermale des Eaux-Bonnes (Haut-Ossau) à 9 km au sud de l'épicentre du BCSF et 15 km d'Arudy.

Le rayon d'enquête de 40 km autour de l'épicentre est insuffisant à l'ouest pour déterminer avec certitude la limite des isoséistes III et II.

Le séisme a été ressenti jusqu'à Heches à 59 km

à l'est de l'épicentre. L'intensité IV est d'ailleurs atteinte pour cette commune. Ce qui fait remonter la courbe moyenne d'intensités au-delà des 50 km (voir fig. 3). Aucune information sur cette commune ne nous avait été transmise lors des 2 précédents séismes pour obtenir des éléments de comparaison.

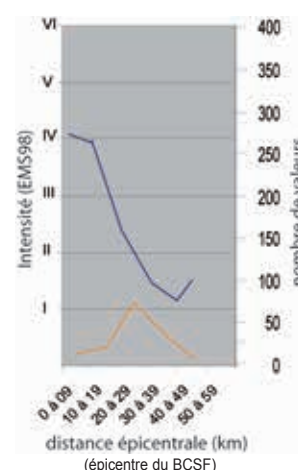
L'isoséiste III (faiblement ressenti), couvrant près de 2600 km², orientée NW-SE, atteint dans sa grande longueur près de 65 km, valeur tout à fait comparable aux 70 km du séisme du 11 décembre 2002 de même magnitude.

Onze communes relèvent des dégâts légers de niveau 1 (fissures fines à larges en petit nombre) sur les deux départements des Hautes-Pyrénées et des Pyrénées Atlantiques. A 13 km au nord de l'épicentre un témoin de Rébenacq signale un grondement suivi d'un coup de tonnerre ayant entraîné la chute de tuiles.

Dès 25 km au nord de l'épicentre et de façon habituelle pour ce type de magnitude dans les Pyrénées, l'intensité décroît rapidement. Ainsi à Pau (intensité II), de rares personnes ont ressenti le séisme, le plus souvent par l'agitation de plan-

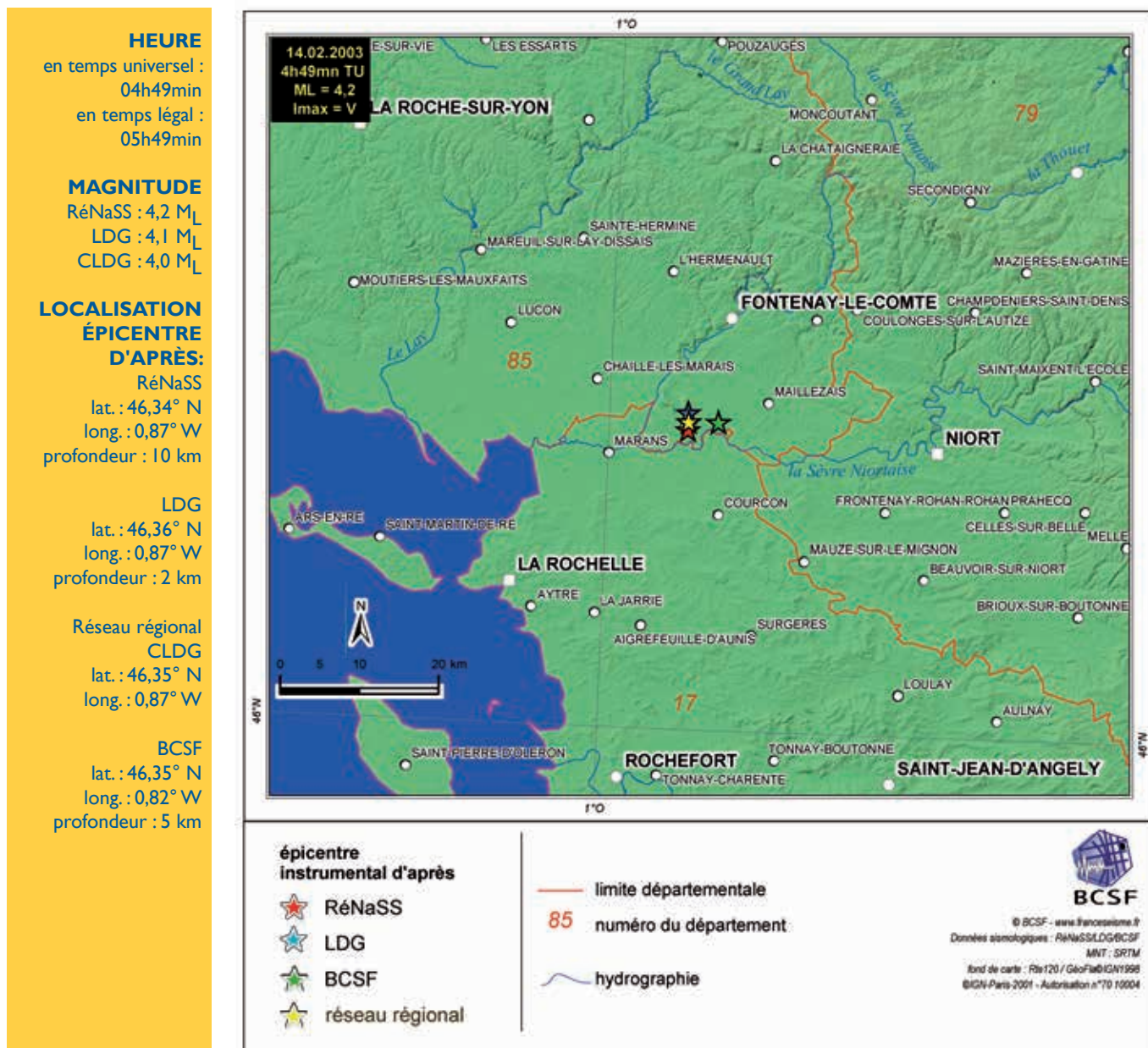
tes d'intérieur, ou une très légère vibration d'objets. Le bruit n'a pas toujours accompagné ces effets et a été fréquemment couvert par les bruits de l'environnement.

Deux répliques ont été ressenties par des témoins, à 21h35 sur la commune d'Arudy et à 22h25 dans les communes de Gœs, Nay et ses environs (sans vibration).



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 14 février 2003 sud-sud-ouest Fontenay-le-Comte (Vendée)



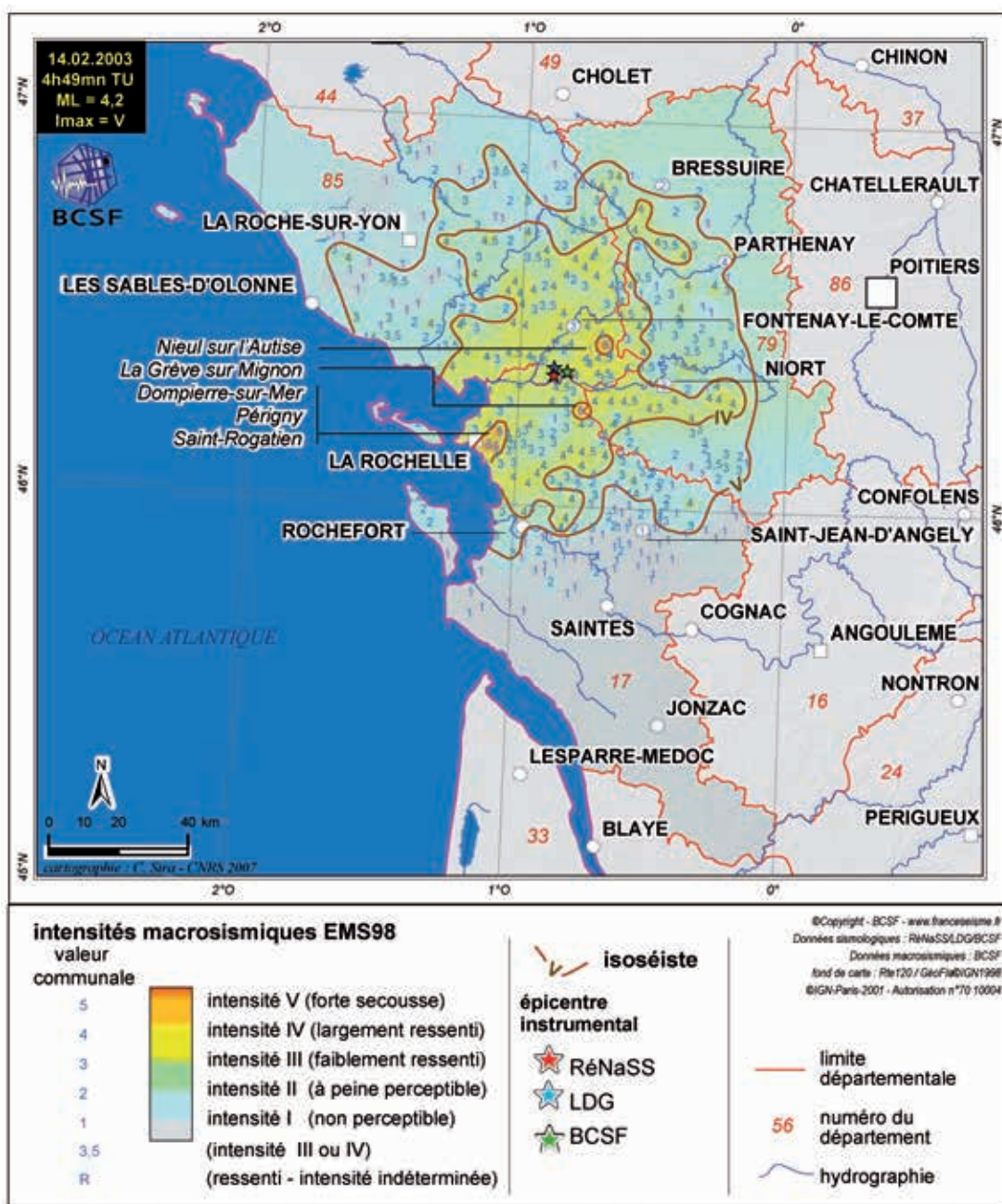
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 513
secousse ressentie
dans 283 communes

Paramètres de
l'isoséisme
d'intensité III
surface : 8568 km²
population :
640000 h.
communes : 458

Dégâts signalés
en France
13 communes



(fig.2)

Observations macrosismiques

Ce séisme est localisé dans le département de la Vendée, dans la partie est du marais poitevin au sud de la Plaine de Fontenay (13 km de Fontenay-le-Comte). L'enquête du BCSF menée sur les 3 départements de Vendée, Charente-Maritime et des Deux-Sèvres a permis d'estimer l'intensité pour 414 communes.

L'intensité maximale V (forte secousse) a été observée à 13 km au SE de l'épicentre du BCSF, dans la commune de Nieul-sur-l'Autise (Vendée), et 11 km au SSE dans la commune de La Grève-sur-Mignon, (Charente-Maritime). Trois autres communes atteignent également cette intensité à plus de 25 km au sud ouest de l'épicentre, au nord est de La Rochelle : Dompierre-sur-Mer, Saint-

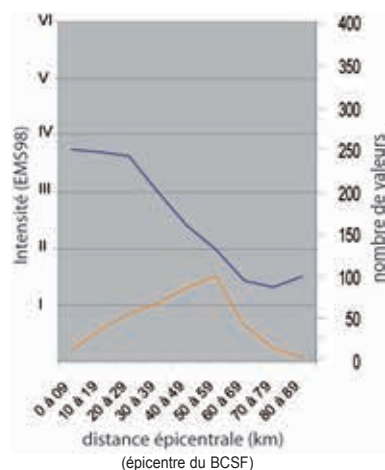
Rogatien, Périgny (Charente-Maritime).

L'intensité IV-V a été observée jusqu'à 44 km de l'épicentre du BCSF (St. Hilaire le Vouhis, dép. 85), l'intensité IV (La Mothe-Achard - dép. 85) à 71 km, et l'intensité III à 78 km (Mormaison, dép. 85).

Les valeurs d'intensités sont assez dispersées. La courbe de décroissance de l'intensité moyenne avec la distance indique que l'intensité III est limitée aux 40 premiers kilomètres. Certaines zones marquent une nette atténuation de l'intensité par rapport à la courbe moyenne comme les Pays du Rochefortais et de la Saintonge Romane à une quarantaine de kilomètres de l'épicentre (intensité I à II). A l'inverse une extension de l'intensité IV est observée à plus de 50 km dans le pays Niortais à l'est de la ville de Niort.

Les services de secours n'ont eu que 6 appels provenant de la population. Les habitants, régulièrement soumis à ce type de secousses dans la région depuis 2 à 3 ans, ont gardé leur calme. Peu de communes ont signalé des dégâts sur les constructions (13 au total), ceux-ci restent principalement de niveau 1 (fissures fines en petit nombre).

Les effets sur les constructions ne semblent pas toujours en adéquation avec le degré de sévérité de la secousse décrite par les autres indicateurs de l'intensité sur ces communes. Il est possible qu'un dommage ancien, remarqué après le séisme lui ait été directement attribué.



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 22 février 2003 Rambervillers (Vosges)



HEURE
en temps universel :
20h41min
en temps légal :
21h41min

MAGNITUDE M_L
RéNaSS : 5,4
LDG : 5,9

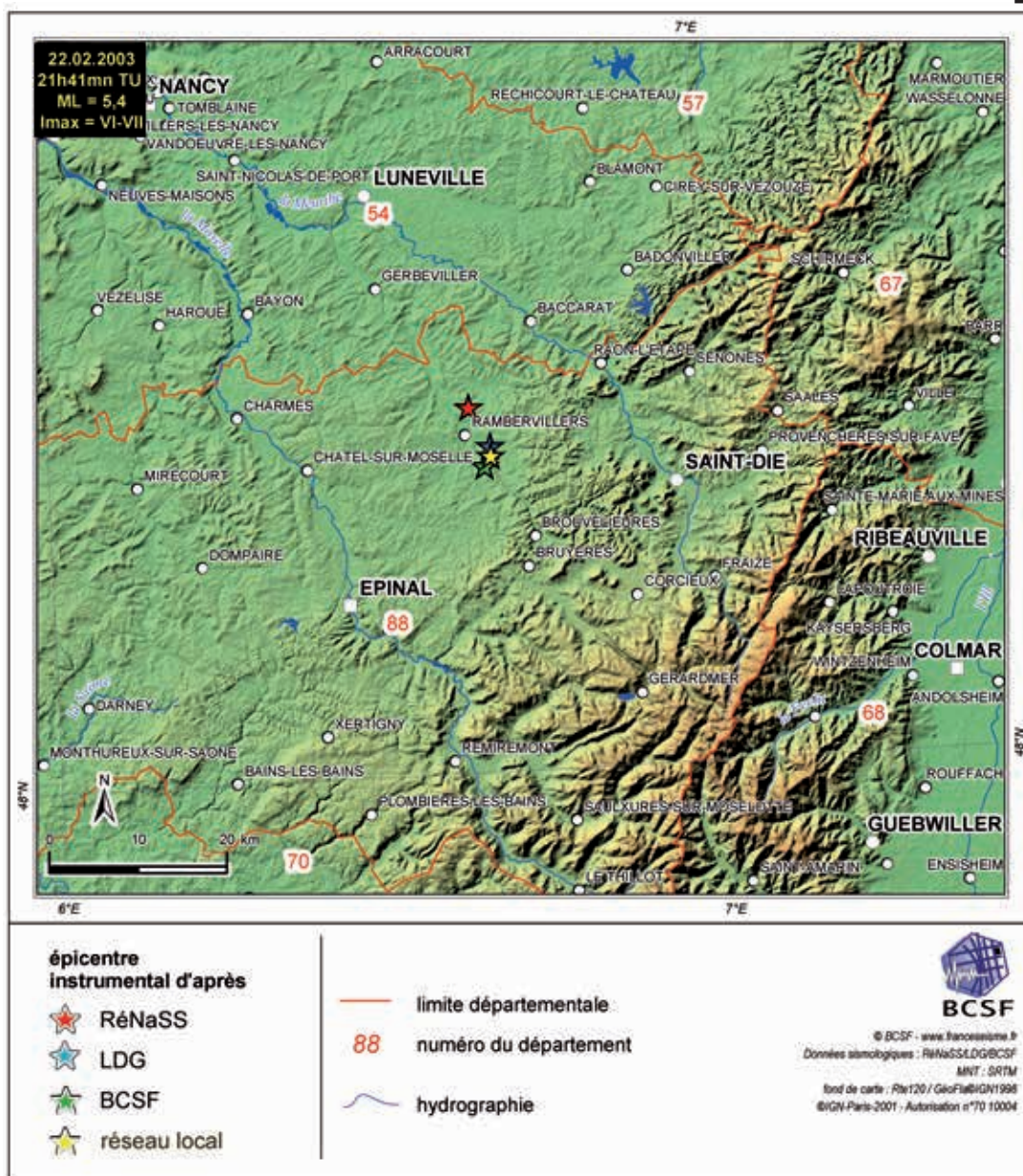
MAGNITUDE M_W
Géosciences-Azur : 4,8
ETH (Zurich) : 4,8

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**
RéNaSS
lat. : 48,37° N
long. : 6,64° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 48,33° N
long. : 6,67° E
profondeur : 12 km

BCSF
lat. : 48,31° N
long. : 6,66° E
profondeur : 10 km

Réseau local :
lat. : 48,32° N
long. : 6,67° E



(fig.1)

Contexte sismotectonique

Le séisme de magnitude 5,4 M_L (RéNaSS) qui s'est produit à l'ouest de St-Dié (48,34°N ; 6,67°E) le samedi 22 février 2003 à 21h41 (heure légale) a été suivi de nombreuses répliques dont, une de magnitude 3,4 M_L moins d'un quart d'heure après (21h54), une de magnitude 3,1 M_L le lendemain matin (5h54) ; au total six séismes de magnitude $M_L > 3$. Ce séisme principal a été ressenti très

largement en dehors des Vosges et du Fossé Rhénan, au-delà de Paris et de Lyon, jusque dans la Manche à près de 650 km de l'épicentre, mais aussi en Belgique, Allemagne et en Suisse. Le dernier séisme important connu dans la région avait atteint la magnitude de 4,8 M_L en 1984 (Haessler et Hoang Trong, 1985).

Le séisme du 22 février a son épïcéntré au nord d'une zone relativement sismique (Audin et al., 2002), où avait eu lieu le tremblement de terre historique de Remiremont de 1682 (intensité épi-

centrale VIII estimée au Val d'Ajol, Vogt, 1993; Lambert, 1997). Cette zone sismique s'étend sur un axe NNE-SSW de 80 km de long et 20 de large allant de Lure au sud à Thaon-les-Vosges au nord. Elle se situe grossièrement à la limite entre les Vosges cristallines et la couverture sédimentaire secondaire. La sismicité instrumentale dans cette zone est distribuée en «essaims» allongés de direction NNE-SSW et NS, comme la crise de 1984 (Haessler et Hoang Trong, 1985), mais aussi de direction NW-SE, comme la crise de 1971-1974. Les mécanismes aux foyers déterminés pour ces séismes sont soit de type décrochant sénestre NS (Haessler et Hoang Trong, 1985), soit normal décrochant (sénestre NNE-SSW ou dextre NW-SE, comme en 1974), soit encore chevauchant NE-SW (crise de 1974). L'ensemble est compatible avec une contrainte compressive à grande échelle orientée NW-SE, perpendiculaire à l'arc alpin.

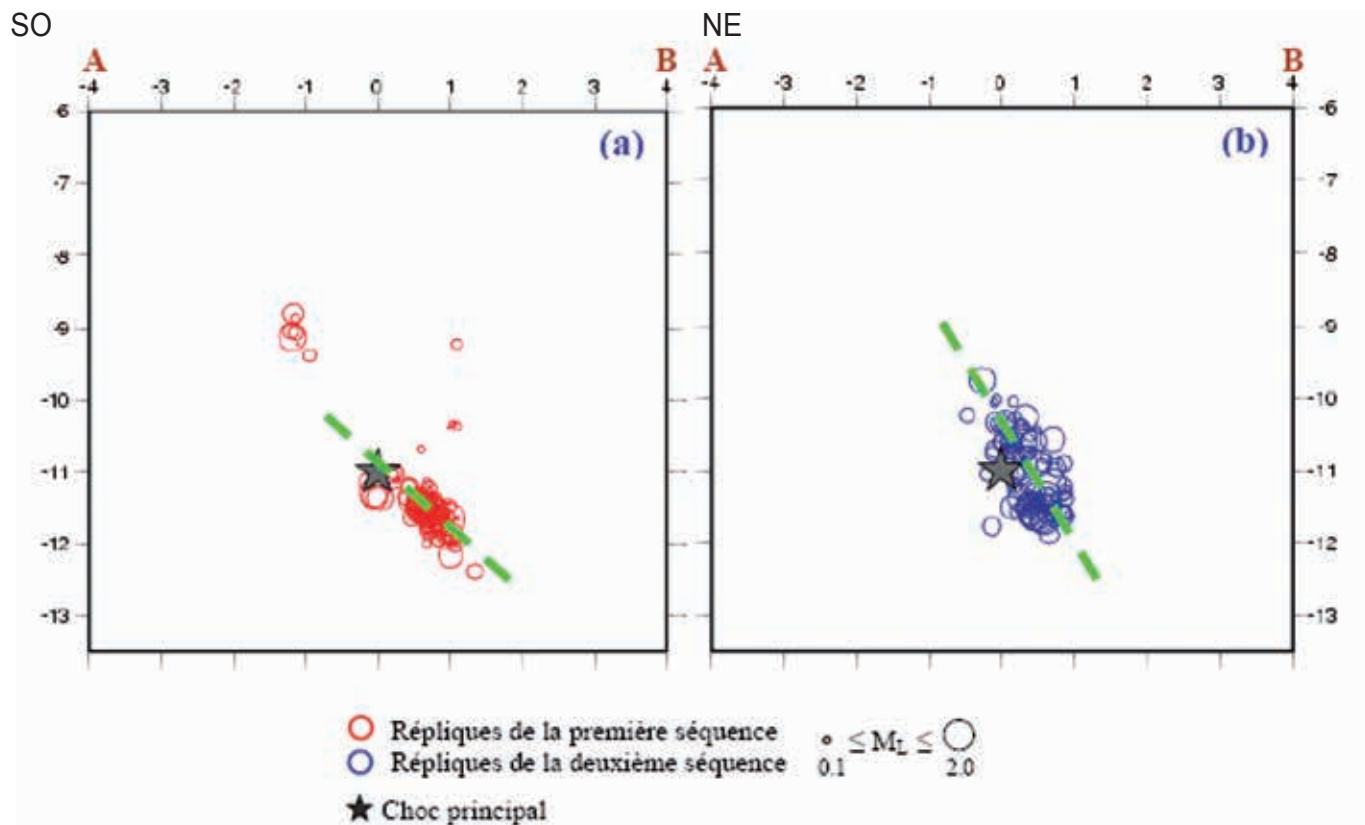
Ces mouvements sont également compatibles avec un rejeu de l'ancien décrochement ductile du socle de Sainte-Marie-aux-Mines dans un sens sénestre (plan N 25) comme le suggère un mécanisme au foyer sur cette faille.

Le séisme de Rambervillers du 22 février 2003, de magnitude $M_L=5,4$ (RéNaSS) et d'intensité estimée à VI-VII (Echelle EMS98), est le deuxième plus important séisme qui a affecté la région des Vosges. Historiquement, le plus fort événement connu dans les Vosges est celui de Remiremont du 12 mai 1682.

Le mécanisme au foyer du choc principal a été calculé par plusieurs organismes et, hormis celui de "HRV CMT", ils sont tous similaires (cf carte des "Mécanismes au foyer des principaux événements sismiques (2003-2005)" dans cette publication). Il permet d'identifier deux composantes normales décrochantes, l'une normale sénestre sur plan NS à pendage ouest et l'autre normale dextre sur un plan NW-SE à pendage nord. Ces mécanismes sont calculés soit en utilisant les polarités d'arrivée d'ondes P aux stations françaises, allemandes et belges (Jacques et al. 2004) soit par l'analyse des données large-bande européennes (ETH, Zurich, Suisse, <http://www.seismo.ethz.ch/mt/>) soit par la modélisation de formes d'ondes à partir des enregistrements accélérométriques et large-bande (Geoscience Azur, Nice, <http://geoazur.unice.fr/SEISME> et IPGS - Jacques et al. 2004). Le mécanisme HRV CMT" (Harvard Centroid-Moment-Tensor) obtenu par inversion des formes d'onde à partir du réseau Global FDSN et Géoscope (The Global CMT Project, USA, <http://www.globalcmt.org/>) est

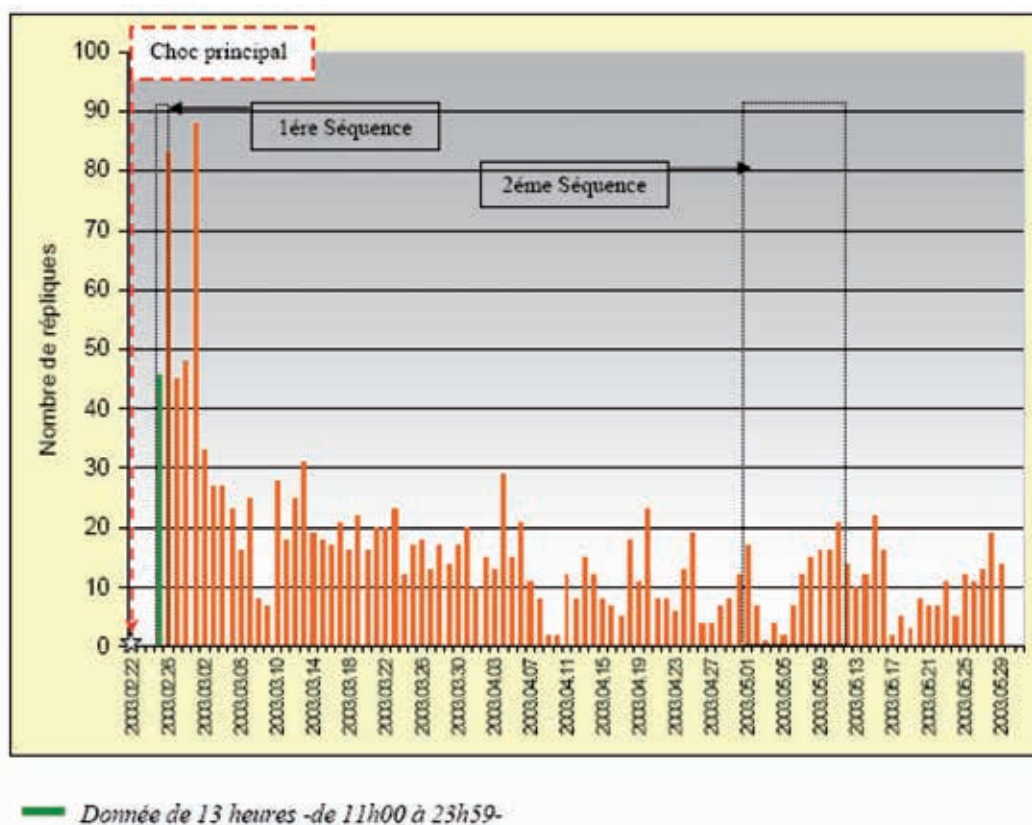
quant à lui avec des plans dont le pendage est soit plus fort vers le sud soit plus faible vers le nord. Un autre mécanisme calculé par l'INGV (Rome) donne une faille normale d'azimut NW-SE sans composante décrochante (<http://www.bo.ingv.it/RCMT/2003/R022203A.html>). L'étude des mécanismes au foyer, montre que le régime tectonique est globalement dominé par des jeux en faille normale, avec une composante décrochante plus ou moins prononcée. Ces mécanismes au foyer sont en accord avec un champ de contraintes où la contrainte maximale horizontale régionale, déduite des mécanismes au foyer, est orientée NW-SE et la contrainte minimale horizontale est orientée N45°. De plus, le mécanisme du choc principal est compatible avec les mécanismes au foyer des principaux séismes survenus dans la région des Vosges, qui sont soit décrochant sénestre NS (crise sismique de Remiremont, 1984), soit normal décrochant (sénestre NNE-SSW ou dextre NW-SE, comme en 1974), soit encore chevauchant NE-SW (crise de 1974), l'ensemble étant compatible avec une contrainte compressive à grande échelle orientée NW-SE. Le séisme de Rambervillers a été enregistré par la plupart des stations du Réseau Accélérométrique Permanent RAP, depuis celles du Réseau Fossé-Rhénan (RAP-EOST), jusqu'à celles du Réseau Alpes (RAP-LGIT) et du Réseau Provence-Pyrénées (RAP-BRGM et RAP-OMP).

Le Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS) dispose de 10 stations dans un rayon de 200 km autour de l'épicentre. Ces stations sont essentiellement localisées au sud et à l'est de l'épicentre (réseau Fossé Rhénan), la plus proche étant située à 40 km de l'épicentre. Trois autres stations du Commissariat à l'énergie atomique sont également à proximité, à moins de 100 km au sud et à l'est. Une des stations du RéNaSS se trouve à l'ouest, à environ 50 km et une station du LDG-CEA est au sud-ouest. Huit autres stations étrangères associées au RéNaSS sont situées dans un rayon de 250 km, en Allemagne et en Suisse, à l'est et au nord. Ainsi près de 21 stations se trouvent à moins de 250 km. La couverture azimutale est donc bonne exceptée vers le nord ouest. Un réseau temporaire de 11 stations 3 composantes a été disposé par les équipes de recherche de l'IPGS dans les jours qui ont suivi le choc principal autour de la zone épicentrale déterminée par le RéNaSS (fig.1). Le maillage de ce réseau était relativement dense (5 à 12 km entre stations) et couvrait une aire de 20 x 20 km environ. Ce réseau a fonctionné pendant environ 3 mois et a été remplacé par un réseau de



(fig. 2) : Distribution spatiale des hypocentres suivant une section orientée NW 30° (représentée sur la figure 2a), première et deuxième séquences séparées. a) section verticale A-B, montrant que les hypocentres de la première séquence s'organisent autour d'un plan moyen (trait vert discontinu) plongeant de 45° vers le NE.; b) section verticale A-B, montrant que les hypocentres de la deuxième séquence s'organisent autour d'un plan moyen (trait vert discontinu) plongeant de 60° vers le NE.

(fig.3) Nombre d'événements par jours du 26 février au 29 mai 2003

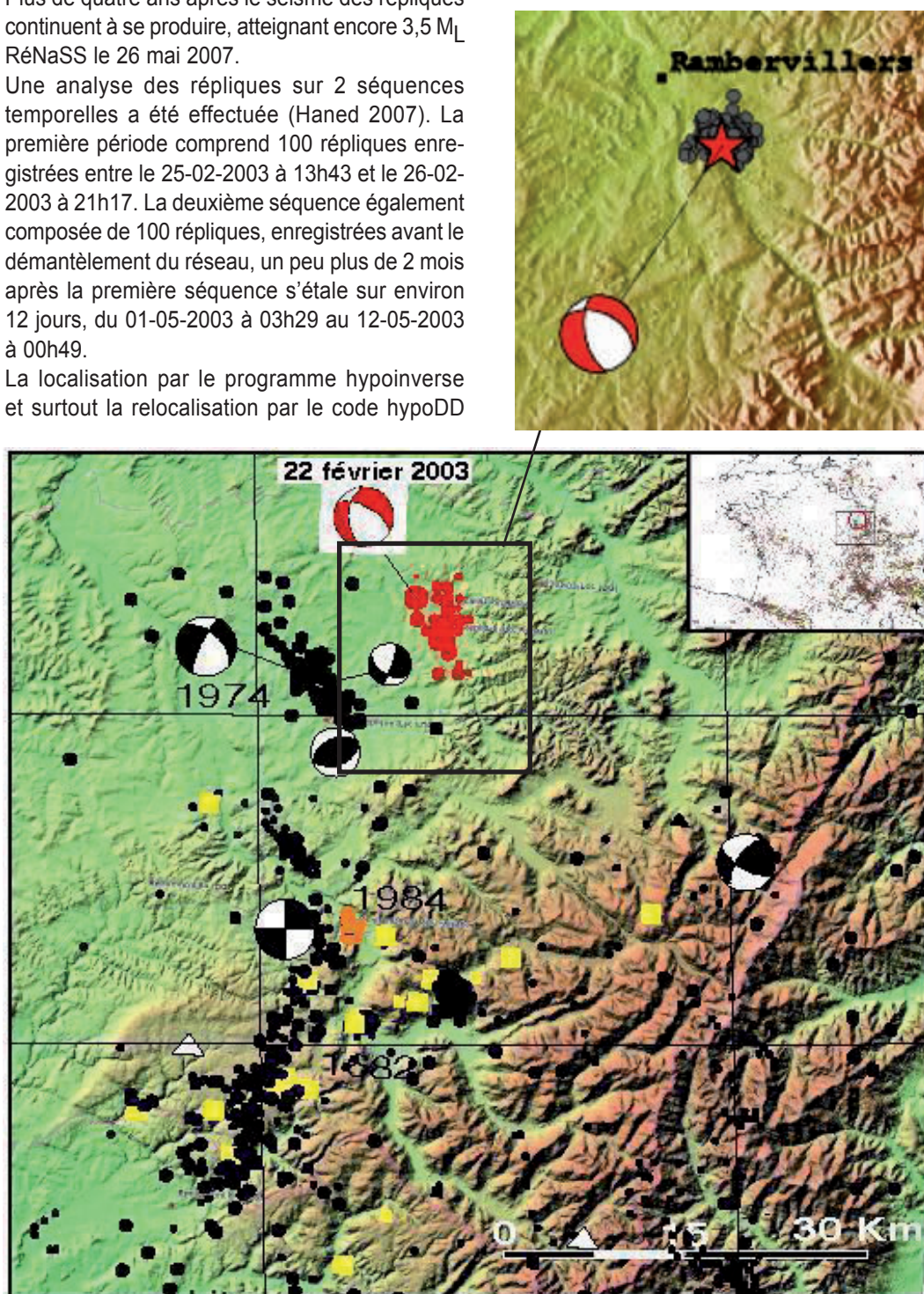


4 stations 3 composantes plus autonomes qui a fonctionné jusqu'au mois de juillet 2004. Pendant les trois premiers mois, le RéNaSS a détecté et enregistré un total de 180 répliques à partir du réseau permanent alors que le réseau temporaire permettait d'en enregistrer environ 4 à 5 fois plus, c'est-à-dire environ 600 répliques dont les magnitudes sont comprises entre 0 et 3,4 M_L RéNaSS. Plus de quatre ans après le séisme des répliques continuent à se produire, atteignant encore 3,5 M_L RéNaSS le 26 mai 2007.

Une analyse des répliques sur 2 séquences temporelles a été effectuée (Haned 2007). La première période comprend 100 répliques enregistrées entre le 25-02-2003 à 13h43 et le 26-02-2003 à 21h17. La deuxième séquence également composée de 100 répliques, enregistrées avant le démantèlement du réseau, un peu plus de 2 mois après la première séquence s'étale sur environ 12 jours, du 01-05-2003 à 03h29 au 12-05-2003 à 00h49.

La localisation par le programme hypoinverse et surtout la relocalisation par le code hypoDD

de 200 événements, a permis de montrer qu'ils sont organisés selon une direction NW-SE, et que les profondeurs s'échelonnent entre 9.5 et 12.5 km. Les hypocentres des événements du 25 et 26-02-2003 sont distribués dans une zone d'environ 2.5x1.5 km, ce qui est tout à fait compatible avec les dimensions d'un séisme de magnitude M_L 5, et s'organisent autour d'un plan moyen



(fig. 4) Carte de la sismicité régionale (d'après Audin et al., 2002) et localisation préliminaire (en rouge) de la crise sismique de Rambervillers. L'encart montre le résultat de la re-localisation de cette crise sismique à l'aide des données du réseau de stations temporaires (Haned, 2007).

plongeant de 45° vers le NE. L'allongement des répliques, ainsi que leur pendage, sont compatibles avec le plan N 296° à pendage de 44° vers le NE du choc principal obtenu à partir de la solution focale de l'IPGS qui est donc le plan de faille du choc principal. Il s'agit ainsi d'une faille

antithétique aux grandes failles à pendage sud présentes dans la région. L'activité sismique correspondant à la 2^{ème} séquence s'étale davantage vers l'ouest, dans une région où il n'y avait pas d'événements lors de la première séquence de répliques. La distribution spatiale des événe-

(fig. 5) Tableau des paramètres des mécanismes au foyer

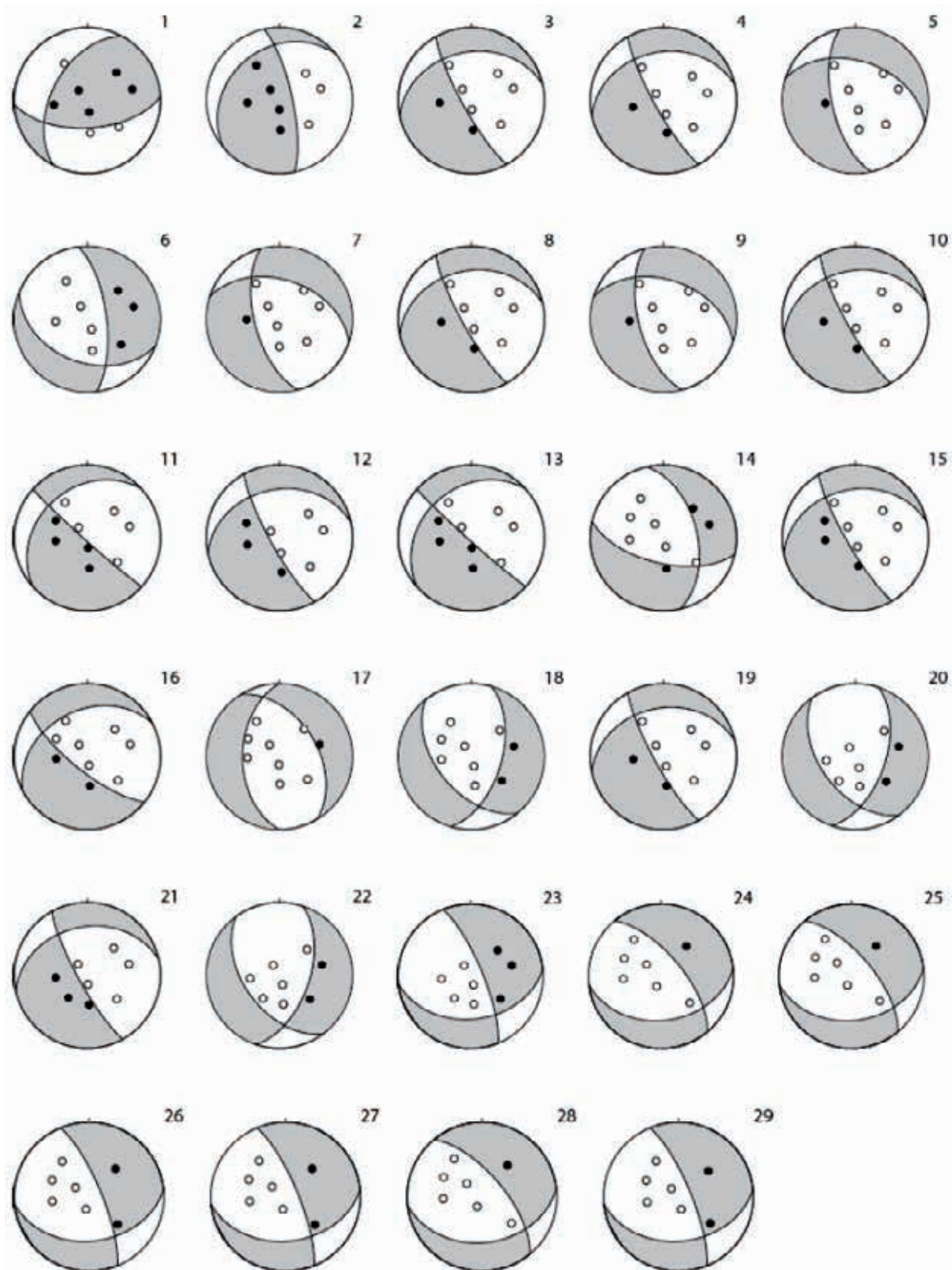
Temps d'origine (TU)			Hypocentre			M _L	Plan 1			Plan 2			Donnée
N	JJ/MM/AAAA	hh:mm:ss	Lat.(N)	Long.(E)	Dep(km)		St	Dp	Rk	St	Dp	Rk	UD
1	25/02/2003	16:14:49.42	48,323°	6,676°	10,686	0,4	207,80	49,30	42,60	86,90	59,10	130,60	8
2	25/02/2003	18:09:11.18	48,325°	6,672°	11,451	1,2	347,90	75,40	64,80	229,70	28,90	148,50	8
3	25/02/2003	18:52:06.71	48,325°	6,673°	11,540	1,6	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
4	25/02/2003	23:03:39.55	48,316°	6,677°	11,290	1,4	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
5	25/02/2003	23:39:32.06	48,324°	6,680°	11,679	1,0	287,90	44,70	-140,60	167,60	63,50	-52,60	8
6	26/02/2003	00:04:32.12	48,327°	6,680°	10,370	0,4	337,60	76,30	-51,90	84,30	40,10	-158,50	8
7	26/02/2003	00:34:30.17	48,328°	6,667°	11,528	0,7	287,90	44,70	-138,10	165,40	62,00	-53,60	8
8	26/02/2003	01:14:13.70	48,326°	6,677°	11,638	1,2	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
9	26/02/2003	01:15:43.33	48,326°	6,667°	11,404	1,3	287,90	44,70	-138,10	165,40	62,00	-53,60	8
10	26/02/2003	04:19:30.33	48,325°	6,674°	11,733	1,1	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
11	26/02/2003	07:55:06.56	48,325°	6,674°	11,477	0,9	227,50	31,70	-173,60	132,00	86,60	-58,50	9
12	26/02/2003	09:05:01.71	48,315°	6,676°	11,142	0,7	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
13	26/02/2003	09:27:20.18	48,324°	6,672°	11,507	1,3	227,50	31,70	-173,60	132,00	86,60	-58,50	9
14	26/02/2003	10:45:15.32	48,326°	6,680°	10,333	0,3	347,00	51,50	-38,00	102,90	61,20	-134,70	9
15	26/02/2003	11:16:50.31	48,326°	6,678°	11,707	0,5	257,50	33,70	-160,00	150,00	80,00	-57,80	9
16	26/02/2003	11:41:36.27	48,326°	6,677°	11,581	0,8	242,40	36,30	-151,30	128,60	73,50	-57,20	9
17	26/02/2003	11:47:09.22	48,326°	6,672°	11,792	0,5	328,50	46,60	-113,10	180,30	48,10	-67,50	9
18	26/02/2003	13:27:28.66	48,322°	6,681°	11,621	0,9	140,80	50,30	-132,80	16,30	55,60	-50,70	9
19	26/02/2003	13:55:27.14	48,326°	6,677°	11,665	1,7	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
20	26/02/2003	18:00:19.03	48,321°	6,681°	11,483	1,0	143,50	50,00	-133,00	18,90	55,90	-50,90	8
21	26/02/2003	19:21:20.76	48,325°	6,672°	11,485	1,6	257,50	33,70	-160,00	151,20	79,50	-57,80	8
22	26/02/2003	19:24:51.83	48,322°	6,682°	11,702	0,4	143,50	50,00	-133,00	18,90	55,90	-50,90	8
23	26/02/2003	19:40:10.85	48,323°	6,680°	11,799	1,0	337,60	76,30	-51,90	84,30	40,10	-158,50	8
24	06/05/2003	21:28:18.54	48,327°	6,660°	10,365	0,2	320,10	66,40	-58,80	83,50	38,40	-139,90	7
25	07/05/2003	00:30:29.18	48,328°	6,660°	10,605	1,2	320,10	66,40	-58,80	83,50	38,40	-139,90	7
26	07/05/2003	11:08:18.83	48,323°	6,665°	10,759	0,6	337,60	76,30	-51,90	84,30	40,10	-158,50	7
27	07/05/2003	11:08:52.20	48,323°	6,665°	10,795	1,2	337,60	76,30	-51,90	84,30	40,10	-158,50	7
28	07/05/2003	12:38:14.88	48,328°	6,660°	10,445	0,4	320,10	66,40	-58,80	83,50	38,40	-139,90	7
29	08/07/2003	09:45:42.59	48,319°	6,678°	11,525	0,8	337,60	76,30	-51,90	84,30	40,10	-158,50	7

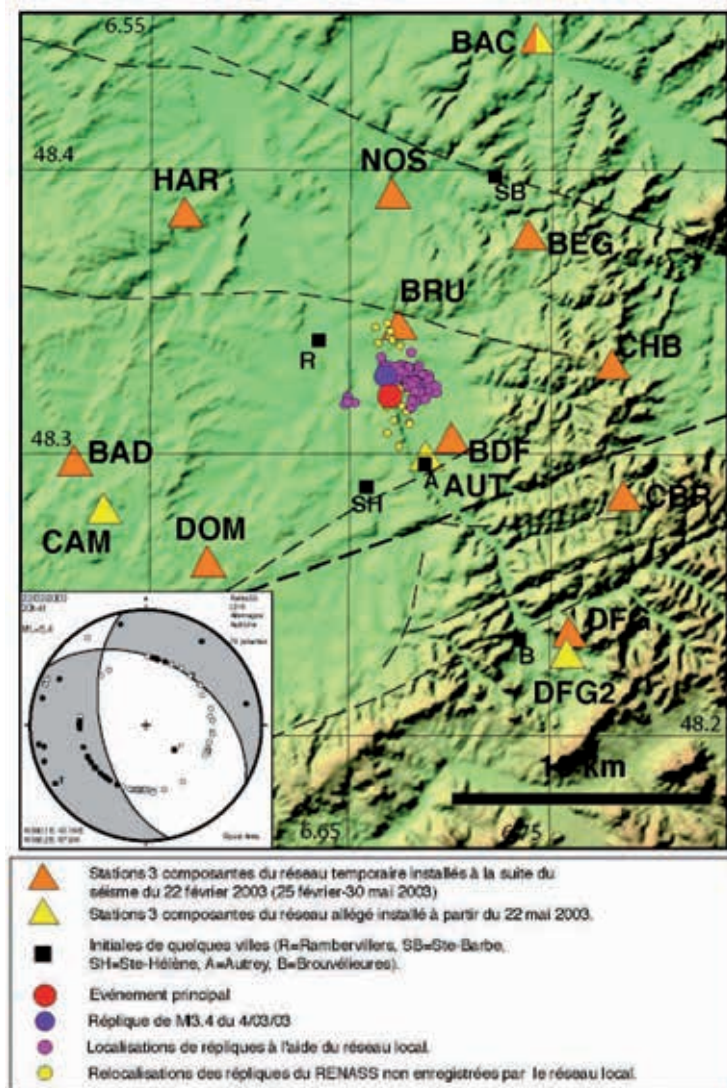
N : Numéro du mécanisme au foyer. Dep : Profondeur. M_L : Magnitude locale. St : Azimut. Dp : Pendage. Rk : Plongement. UD : Nombre de polarité d'onde P.

(fig. 6) - Représentation des 29 mécanismes au foyer, avec les polarités d'onde P.

N° 1 à 23 : Première séquence.

N° 24 à 29 : Deuxième séquence.





ments des deux séquences, suivant une section verticale d'azimut N0 30°, montre en outre une migration globale vers la surface des hypocentres de la deuxième séquence par rapport à ceux de la première séquence. Les hypocentres des répliques de la 2^{ème} séquence présentent une plus grande dispersion et s'organisent autour d'un plan moyen plongeant de 60° vers le NE.

(fig.7) - Réseau temporaire sismologique déployé autour de la zone épiscopale et localisation des événements sismiques

Date-heure UTC	Lat	Long	Prf	Magnitude (M _L)	Localisation
22/02/2003-20:41:05,84	48,31	6,66	10	5,4	M _L NE EPINAL(88)
22/02/2003-20:54:25,50	48,32	6,68	10	3,4	W SAINT-DIE(88)
22/02/2003-21:06:44,71	48,36	6,66	10	2,8	WNW SAINT-DIE(88)
22/02/2003-21:34:24,50	48,36	6,67	10	2,7	WNW SAINT-DIE(88)
23/02/2003-00:16:41,96	48,30	6,64	10	3,1	NE EPINAL(88)
23/02/2003-03:39:50,87	48,33	6,68	10	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
23/02/2003-04:53:47,81	48,30	6,66	10	3,2	NE EPINAL(88)
23/02/2003-22:58:21,15	48,35	6,66	10	2,8	WNW SAINT-DIE(88)
23/02/2003-23:58:52,53	48,30	6,65	10	3,4	NE EPINAL(88)
24/02/2003-00:35:41,95	48,30	6,64	10	3,1	NE EPINAL(88)
26/02/2003-13:55:26,69	48,35	6,68	10	2,6	WNW SAINT-DIE(88)
26/02/2003-23:24:33,50	48,36	6,68	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
01/03/2003-06:51:19,11	48,35	6,66	5	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
03/03/2003-07:54:25,32	48,34	6,66	10	2,7	WNW SAINT-DIE(88)
04/03/2003-19:08:11,88	48,33	6,66	10	3,4	WNW SAINT-DIE(88)
05/03/2003-02:28:06,58	48,35	6,68	10	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
05/03/2003-02:52:59,08	48,35	6,68	10	2,7	WNW SAINT-DIE(88)
17/03/2003-05:24:13,58	48,34	6,69	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
01/04/2003-09:15:06,78	48,34	6,67	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
25/04/2003-23:19:50,42	48,33	6,67	10	2,7	WNW SAINT-DIE(88)
04/05/2003-11:21:58,80	48,34	6,67	5	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
24/05/2003-17:53:45,19	48,33	6,65	5	2,6	NE EPINAL(88)
11/06/2003-23:08:20,56	48,35	6,66	5	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
20/06/2003-17:57:17,46	48,33	6,65	5	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
29/06/2003-11:00:35,91	48,34	6,66	5	2,8	WNW SAINT-DIE(88)
29/06/2003-11:23:31,17	48,34	6,67	5	2,7	WNW SAINT-DIE(88)
11/08/2003-21:56:04,78	48,33	6,65	5	2,4	W SAINT-DIE(88)
31/10/2003-15:59:20,57	48,35	6,63	5	2,8	NE EPINAL(88)
03/11/2003-18:04:46,00	48,33	6,64	10	3,0	NE EPINAL(88)
13/11/2003-18:31:08,43	48,34	6,68	5	3,0	WNW SAINT-DIE(88)
13/11/2003-22:18:31,79	48,33	6,65	5	3,0	W SAINT-DIE(88)
04/12/2003-06:43:34,48	48,34	6,68	10	2,6	W SAINT-DIE(88)
08/12/2003-09:58:42,64	48,33	6,64	10	2,8	NE EPINAL(88)
17/01/2004-18:39:40,20	48,35	6,66	10	2,9	WNW SAINT-DIE(88)
23/01/2004-20:36:16,53	48,32	6,67	10	2,6	W SAINT-DIE(88)
14/02/2004-16:41:51,42	48,33	6,65	10	2,8	W SAINT-DIE(88)
16/02/2004-09:58:27,98	48,32	6,67	10	3,3	W SAINT-DIE(88)
31/03/2004-08:12:43,96	48,32	6,65	10	2,6	W SAINT-DIE(88)
12/04/2004-19:14:15,60	48,34	6,64	10	2,6	NE EPINAL(88)
01/05/2004-06:25:43,63	48,31	6,65	10	3,0	NE EPINAL(88)
26/05/2004-09:37:49,37	48,32	6,65	10	2,7	NE EPINAL(88)
10/01/2005-07:58:01,84	48,32	6,65	10	2,4	W SAINT-DIE(88)
10/04/2005-07:38:31,26	48,31	6,67	10	2,5	W SAINT-DIE(88)
08/06/2005-10:21:05,35	48,34	6,62	10	3,3	NE EPINAL(88)
09/06/2005-23:58:32,79	48,32	6,65	10	2,9	NE EPINAL(88)
22/06/2005-08:19:51,88	48,34	6,64	10	2,4	NE EPINAL(88)
20/07/2005-15:21:06,17	48,33	6,66	15	2,9	WNW SAINT-DIE(88)
21/11/2005-13:53:50,83	48,34	6,65	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
04/05/2006-11:29:50,64	48,32	6,66	10	2,4	W SAINT-DIE(88)
19/07/2006-03:53:26,16	48,32	6,67	10	2,5	W SAINT-DIE(88)
17/10/2006-10:32:31,30	48,34	6,66	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
16/03/2007-09:29:43,73	48,34	6,67	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
01/04/2007-19:33:21,39	48,34	6,67	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
03/04/2007-13:43:20,96	48,34	6,67	10	2,9	WNW SAINT-DIE(88)
07/04/2007-05:41:18,10	48,34	6,67	10	2,6	WNW SAINT-DIE(88)
08/04/2007-19:30:11,96	48,34	6,67	10	2,9	WNW SAINT-DIE(88)
17/05/2007-03:34:57,25	48,33	6,64	10	3,1	NE EPINAL(88)
26/05/2007-13:40:22,82	48,33	6,66	10	3,5	WNW SAINT-DIE(88)
26/05/2007-15:33:56,96	48,33	6,68	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
27/05/2007-01:50:26,75	48,34	6,66	10	2,5	WNW SAINT-DIE(88)
10/06/2007-05:00:48,11	48,34	6,66	10	2,5	W SAINT-DIE(88)
26/07/2007-15:34:25,69	48,32	6,65	10	2,5	NE EPINAL(88)
27/07/2007-14:14:11,67	48,33	6,64	10	2,4	NE EPINAL(88)
28/07/2007-16:55:49,28	48,34	6,65	10	2,4	WNW SAINT-DIE(88)
07/08/2007-06:46:15,35	48,32	6,65	10	2,7	NE EPINAL(88)
07/08/2007-06:50:36,50	48,32	6,68	10	2,4	W SAINT-DIE(88)
07/08/2007-14:41:59,19	48,32	6,67	10	2,4	M _L W SAINT-DIE(88)
13/08/2007-06:00:20,13	48,34	6,66	10	2,6	WNW SAINT-DIE(88)
17/08/2007-05:43:01,96	48,33	6,66	10	2,9	W SAINT-DIE(88)
19/08/2007-07:32:54,57	48,33	6,64	10	3,6	NE EPINAL(88)
05/09/2007-10:30:23,57	48,33	6,66	10	2,5	W SAINT-DIE(88)

Données accélérométriques

Ce séisme est le plus fort en France métropolitaine depuis le déploiement du Réseau Accélérométrique Permanent (RAP). La station accélérométrique la plus proche de l'épicentre est située à 41 km, sur la commune de Dommartin-les-Remiremont (88), et a enregistré l'accélération maximale égale à $0,42 \text{ m/s}^2$, soit $0,04g$ (g =accélération de la pesanteur, soit $9,81 \text{ m/s}^2$). Cette accélération est 2,5 fois inférieure à celle donnée par l'arrêté du 29 mai 1997 pour les ouvrages à risque normal (maison individuelle), pour la zone (sismicité très faible mais non négligeable) dans laquelle le séisme s'est produit. La décroissance avec la distance des accélérations enregistrées se situe dans la gamme de valeurs prédites par les lois d'atténuation utilisées en Europe. D'autre part, les spectres de réponse calculés à partir des enregistrements du RAP se situent en dessous des spectres réglementaires Eurocodes 8, pour toutes les classes de sol (A= Rocher à E = Sédiments mous). Les données accélérométriques obtenues lors de ce séisme et les spectres qui en découlent ont été comparés aux lois d'atténuation existantes (Scherbaum et al. 2007) et sont bien modélisés par les équations de Berge-Thierry et al. (2003).

geable) dans laquelle le séisme s'est produit. La décroissance avec la distance des accélérations enregistrées se situe dans la gamme de valeurs prédites par les lois d'atténuation utilisées en Europe. D'autre part, les spectres de réponse calculés à partir des enregistrements du RAP se situent en dessous des spectres réglementaires Eurocodes 8, pour toutes les classes de sol (A= Rocher à E = Sédiments mous). Les données accélérométriques obtenues lors de ce séisme et les spectres qui en découlent ont été comparés aux lois d'atténuation existantes (Scherbaum et al. 2007) et sont bien modélisés par les équations de Berge-Thierry et al. (2003).

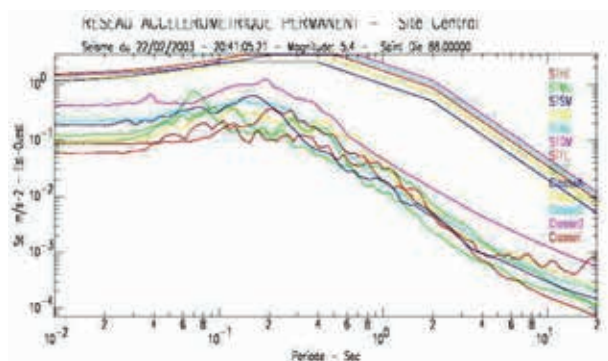
Données Rap
(Philippe Gueguen)



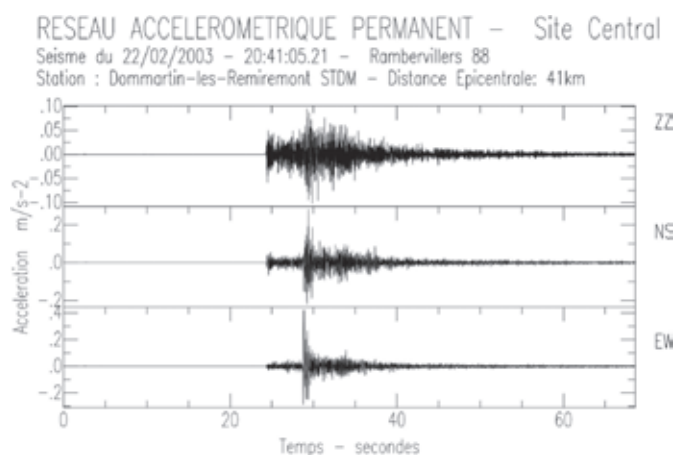
(fig.8) Localisation des stations du RAP-EOST (Fossé-Rhénan) par rapport au séisme de Rambervillers (étoile).

Accélérations maximales verticales (Z), horizontales (N-S et E-W) enregistrées par les stations RAP-EOST.

Station	Distance épicentrale (km)	Type de sol	Z % g	NS % g	EO % g
Dommartin les R. STDM	41	C	1.04	2.88	4.31
Sainte Marie / Mines STSM	42	A	1.22	3.52	1.91
Bussang STBU	56	C	1.68	1.68	2.20
Böllwiller STBO	73	C	0.33	1.06	0.98
Strasbourg STMU	87	C	0.47	1.69	1.25
Brunstatt STBR	88	C	0.56	2.04	1.68
Uffheim STUF	100	C	0.88	1.51	0.94
Fournets-Luisans STFL	106	C	0.56	0.64	0.88
Hesingue STHE	111	C	0.33	0.46	0.59



(fig.9) Spectres de réponse de la composante Est-Ouest calculés à partir des données du RAP-EOST et comparaison aux spectres réglementaires EC8 pour les différentes classe de sol.



(fig.10) Accélérations enregistrées à la station Dommartin-les-Remiremont (88)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : VI-VII
formulaire
français collectés :
20463
dont :
7375 collectifs
13088 individuels

secousse
ressentie en France
dans
4404 communes
51 départements

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface totale :
157 523 km²
population française :
habitants : 7 476 000
communes
françaises : 7789

Dégâts signalés en France

2528 communes
(d'après formulaires
collectifs)

Observations macrosismiques

Le 22 février 2003, à 21h41 heure locale, la région de la plaine sous-vosgienne au sud du pays de Lunéville a été secouée par un séisme de magnitude 5,4, immédiatement détecté par les réseaux de surveillance sismiques français (Réseau national de surveillance sismique, Laboratoire de détection géophysique du CEA). Ce séisme a été très largement ressenti et de nombreux appels arrivent dans les services de l'Etat (Codis, Préfectures, Réseaux de surveillance, BCSF) : le Codis du département des Vosges (Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours) centralisant les appels sur le n°18 a compté, par exemple, près de 950 appels en 3 heures.

A 21h54 une réplique de magnitude 3,4 M_L (RéNaSS) se produit. Elle n'est perçue par la population que dans les 30 premiers kilomètres autour de l'épicentre.

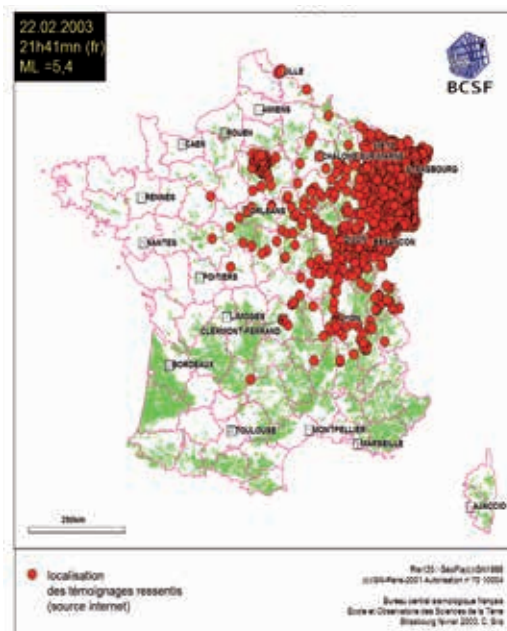
Dans les Vosges, il faut remonter au séisme de Remiremont de 1984 (4,8 M_L) pour trouver un événement largement ressenti. Historiquement, le plus fort événement connu est celui du 12 mai 1682. L'intensité de ce dernier avait atteint la valeur épicentrale VIII. Il avait été ressenti vers l'est en Allemagne jusqu'à Stuttgart, Francfort, et Nuremberg, en Suisse jusqu'à Genève et Zurich, vers le sud jusque dans le Dauphiné et en Savoie, vers l'ouest jusqu'à Paris.

L'enquête macrosismique montre que ce séisme a été très largement ressenti par la population du quart nord-est de la France et par quelques personnes jusqu'à plus de 500 voir 650 km de l'épicentre comme dans les régions de Basse-Normandie, Centre, Auvergne et la région Rhône-Alpes.

L'isoséiste V (fig. 14) s'étend sur une distance d'une cinquantaine de kilomètres autour de l'épicentre dans la direction globalement E-W, alors que vers le sud elle s'étend jusque dans le pays de Lure, allant même très certainement jusqu'à Besançon à plus de 120 km de l'épicentre. La zone cartographiée montre que l'isoséiste d'intensité III est incertaine dans la partie sud, mais elle ne semble cependant pas dépasser le pays lyonnais, s'arrêtant très certainement au nord de celui-ci dans les monts du Beaujolais et dans les pays des Dombes et de Bugey au sud de Bourg-en-Bresse.

L'isoséiste II est incomplète. Bien documentées en France et en Belgique grâce aux témoignages individuels déposés sur le site internet du BCSF, les données sur ces faibles intensités sont très limitées en Allemagne, Suisse et Italie.

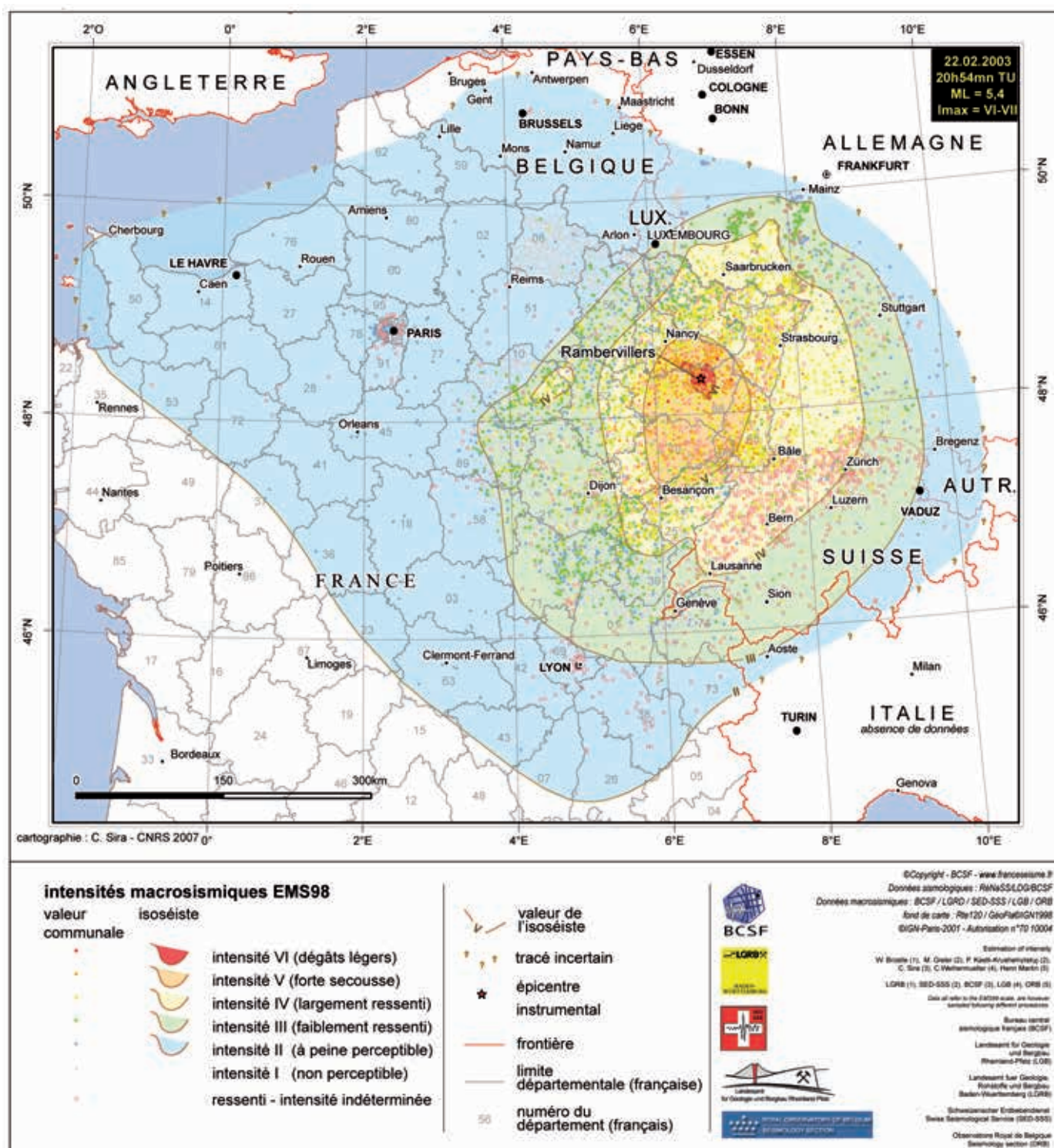
(fig.11) - Carte de localisations des témoignages positifs le 24/02 à 8h00 - Séisme de Rambervillers (Dép.88)



L'intensité épicentrale maximale VI-VII a été relevée sur les communes de Sainte-Hélène (3 km de l'épicentre) et de Destord (6 km de l'épicentre) du département des Vosges et pour une partie des villes de Baccarat et de Deneuvre (16 et 15 km de l'épicentre) du département de la Meurthe et Moselle.

Ces deux dernières communes ont subi des dommages importants. Le fait que la plupart des communes à des distances identiques de l'épicentre, voire à des distances plus proches, n'aient pas subi de dommages de même niveau laisse penser à des effets locaux dont la cause n'a pas été identifiée.

Dans ces 4 communes les bâtiments de classe A et B (pierres brutes, maçonnerie, pierres de taille) ont subi de nombreux dégâts de niveau 1 (fissures fines sur murs porteurs et cloisons) et dans une moindre mesure des dégâts de niveau 3 voire 4 (fissures larges, défaillance de murs en moellons, chute de quelques cheminées ou couronnes de cheminées). Quelques bâtiments de classe C (béton armé) ont subi des dégâts de niveau 1. La chute de quelques cheminées (Rambervillers, Baccarat, Destord, Jeanménil...) ; la fissuration généralisée de certaines maisons particulières (Jeanménil, Seranville, Cirey-sur-Vezouze...), ou encore de certaines églises, ou bâtiments publics (Deneuvre, Sainte-Hélène, Vezelise...) constituent les dégâts les plus importants observés dans le département des Vosges. Certains bâtiments publics ont été fermés par les Maires.



(fig.12) - Carte macrosismique

Aucun village visité lors de la mission de terrain du BCSF ne présente de dégâts généralisés sur l'ensemble des bâtiments. Le bâti ancien en moellons et pierres brutes, souvent majoritaire dans les communes, a subi les dommages les plus importants et les plus fréquents.

Compte tenu de la magnitude élevée du séisme ($5,4 M_L$ RéNaSS, $4,8 M_W$ Geosciences Azur) ; on peut s'étonner du faible niveau des dégâts en

général, lié vraisemblablement à la bonne qualité des constructions. Plusieurs témoignages montrent par exemple que des cheminées et des toitures ont été refaites à la suite de la tempête de 1999. On peut voir dans beaucoup de villages des cheminées entièrement gainées en acier galvanisé ce qui a contribué à une meilleure résistance de ces structures aux secousses modérées.

Les églises ont été les bâtiments les plus endommagés dans la zone épiscopale, le rapport à l'élancement étant un élément important dans la résistance à la secousse. On retrouve assez régulièrement de légères fissurations aux ouvertures (niveau 1), et plus rarement des dommages plus graves comme à Sainte-Hélène, où de larges fissures (niveau 2 à 3) sur les clochers ont obligé les Maires à interdire l'accès des bâtiments au public en attendant les réparations.

Procédure d'enquête macrosismique

Les intensités macrosismiques de ce séisme ont été évaluées en utilisant différentes procédures d'enquête dans chacun des pays concernés par cet événement (Belgique, Allemagne, Suisse). Le détail de ces procédures a fait l'objet d'une publication (Cara et al., 2005). Nous décrivons ci-dessous la procédure française.

A minuit, le site internet du BCSF comptait près de 600 témoignages de particuliers, permettant très rapidement de délimiter une zone de perception principale du séisme.

Le périmètre d'enquête macrosismique a été arrêté le lendemain vers 12h avec plus de 1900 témoignages de particuliers localisés, qui se rajoutaient alors aux informations collectées auprès des Codis des différents départements.

Le BCSF a diffusé près de 13000 formulaires collectifs par l'intermédiaire des services des préfectures pour la collecte des effets constatés dans les 20 départements suivants : Ain, Ardennes, Aube, Bas-Rhin, Côtes-d'Or, Doubs, Haute-Marne, Haut-Rhin, Haute-Savoie, Haute-Saône, Jura, Marne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Nièvre, Saône-et-Loire, Territoire-de-Belfort, Vosges, Yonne.

Un troisième réseau a été activé pour collec-

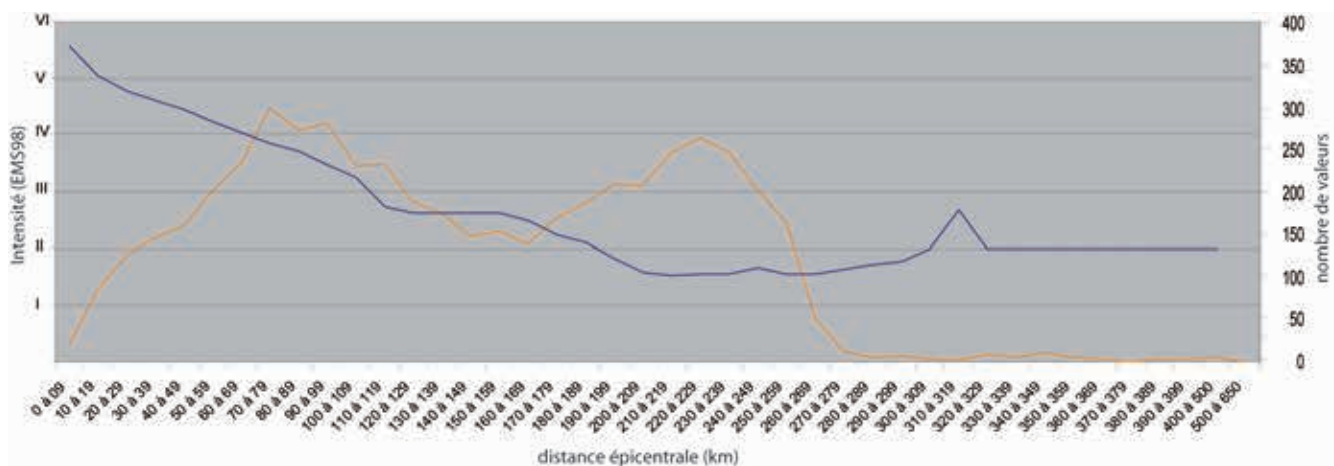
ter des informations auprès des particuliers. La Poste a mis en place dans les 50 bureaux les plus proches de l'épicentre une urne, une affiche promotionnelle de l'enquête et des formulaires individuels à disposition du public. 2000 témoignages ont ainsi été collectés complétant les données individuelles reçues par Internet sur la zone proche de l'épicentre.

A partir du 26 février, le BCSF a réalisé une mission post-sismique en collaboration avec le BRGM et l'IRSN.

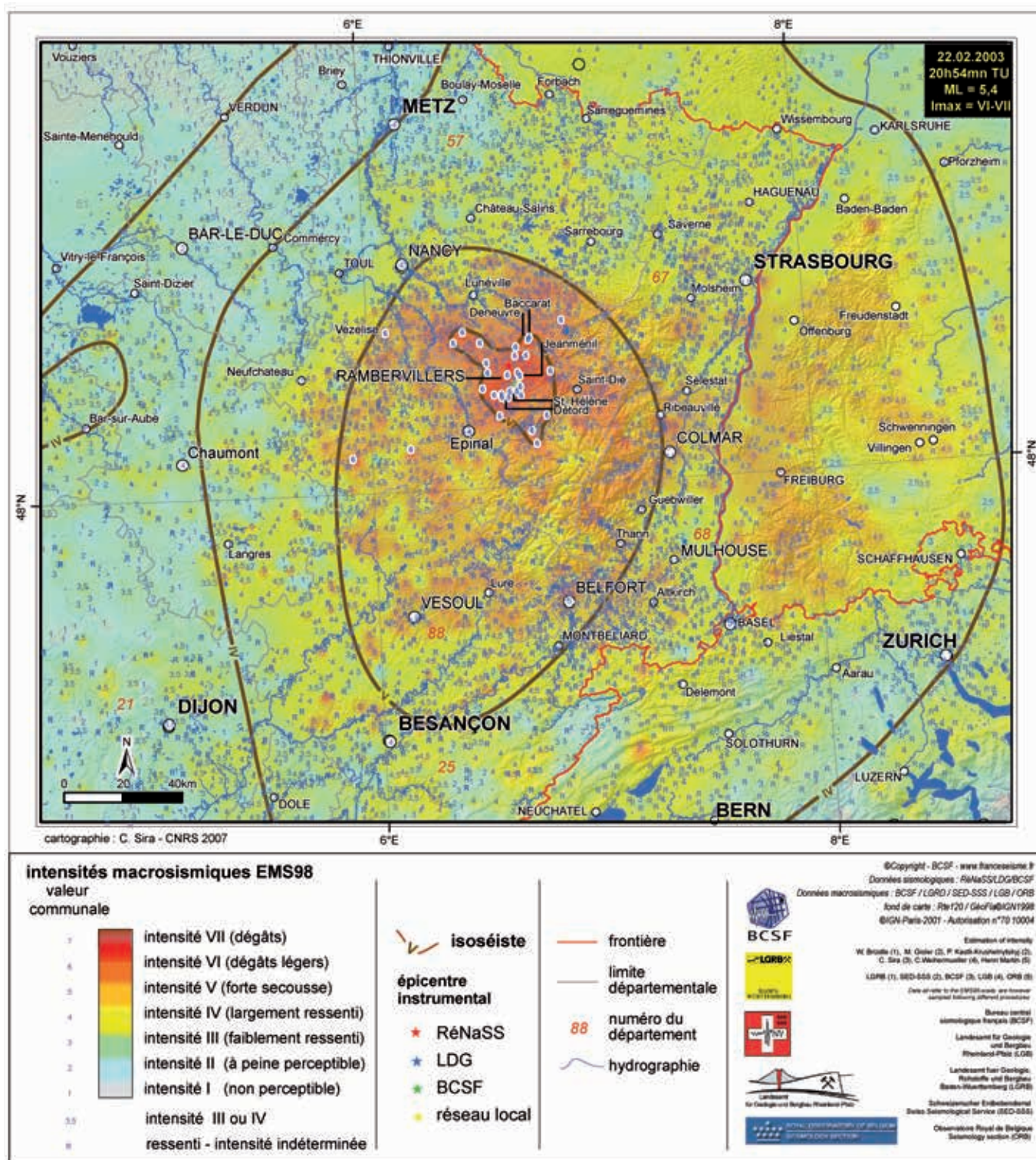
Durant 6 jours, une équipe de 4 personnes a effectué une mission sur la zone épiscopale pour établir les intensités les plus fortes. Les nombreux élus, responsables de services techniques et particuliers rencontrés au cours de cette mission, ont permis d'évaluer avec précision les intensités des villages les plus touchés. Pour chacune des communes, la démarche a été de rencontrer un élu ou un responsable en relation avec la population, de faire un état précis de l'ensemble des effets générés par la secousse (personnes, objets, environnement, constructions), d'établir une typologie bâimentaire sur les communes, pour évaluer le niveau de sévérité de la secousse. Une valeur d'intensité EMS98 a été estimée à partir de l'ensemble de ces indicateurs.

Les communes suivantes ont été visitées par l'équipe macrosismique : Anglemont, Autrey, Aydoilles, Azerailles, Baccarat, Ban-de-Laveline, Bult, Deneuvre, Destord, Dompierre, Etival-Clairefontaine, Frémifontaine, Girecourt-sur-Durbion, Grandvillers, Housseras, Jeanménil, Menil-sur-Belvitte, Mortagne, Ortencourt, Padoux, Pierrepont, Romont, Saint-Benoît-la-Chipotte, Grandvillers, Rambervillers, Roville-aux-Chênes, Saint-Dié, Nonzeville, Saint-Genest, Saint-Gorgon, Sainte-Hélène, Saint-Remy, Schirmeck, Sercœur, Vaumecourt-de-Rambervillers.

(fig.13) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épiscopales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange)



Epicentre : réseau local temporaire)



(fig.14) - Carte macrosismique

Outre les intensités des villes précédemment citées, les valeurs des autres communes ont été établies sur la base de formulaires collectifs confortés par les témoignages individuels collectés par Internet ou par le réseau de La Poste, ainsi qu'avec les nombreuses informations parvenues au BCSF.

Les données d'intensités utilisées sur les cartes macrosismiques (fig. 12 et 14) sont les données répondant aux critères de qualité supérieure de l'estimation (A, B) pour chacun des pays. Pour les autres communes ayant reçu la qualité C ou simplement le signalement d'effets ressentis sans détermination possible d'intensité, la lettre R a été utilisée. Cette valeur n'a pas été prise en compte dans l'analyse colorée des cartes.

**VOSGES
MEURTHE-et-
MOSELLE**
Effets macrosismiques principaux
**Sainte-Hélène - intensité VI-VII
(dép. 88, distance épicentrale* : 3 km)**

Dans la commune de Sainte-Hélène (400 habitants), presque toute la population s'est retrouvée dans la rue, très paniquée. Le bruit accompagnant la secousse a ressemblé pour de nombreuses personnes à celui d'une forte explosion accompagnée d'un très fort grondement. Certaines d'entre elles ont pensé que la toiture allait s'effondrer. Le séisme a secoué l'ensemble des structures et des objets, entraînant parfois leur chute (des personnes parlent d'ondulation des murs). Les vitres et les portes ont également vibré fortement. Les poutres et planchers ont craqué. Il n'a pas été relevé d'ouverture de porte ou de fenêtre mais quelques mobiliers lourds ont été déplacés. Ainsi au 1^{er} étage d'une maison, un réfrigérateur a avancé d'un mètre, et le haut d'un vaisselier a connu un léger déplacement, brisant quelques verres. Dans

cet appartement, les effets ont été si forts que les occupants n'ont pas souhaité dormir chez eux le soir même. L'appartement a été fissuré entre les parois murales et le plafond, ainsi qu'au dessus des fenêtres.

Les animaux ont également été paniqués à l'intérieur des bâtiments.

Dans cette commune, 80% des bâtiments sont de vulnérabilité A (moellons, pierres sèches) et 20% de vulnérabilité B (maçonnerie, aggro). Des fissures fines ou superficielles ont été retrouvées en grand nombre sur les structures porteuses et non porteuses. 70 déclarations de dégâts concernant des maisons anciennes et 10 des maisons de moins de 30 ans. Un mur de type moellon a subi des dégâts de niveau 4. Un mur de la façade de l'atelier municipal s'est largement désolidarisé des autres parties de la structure (niveau 3). Des fissures larges ont été également relevées en grand nombre sur la commune.

(photo 15) Sainte-Hélène (dép.88) Défaillance d'un mur en moellons brutes considéré comme un dégât de niveau 4 sur l'EMS98 .



(photo 18) Sainte-Hélène (dép.88) Renversment de stèles dans le cimetière autour de l'église

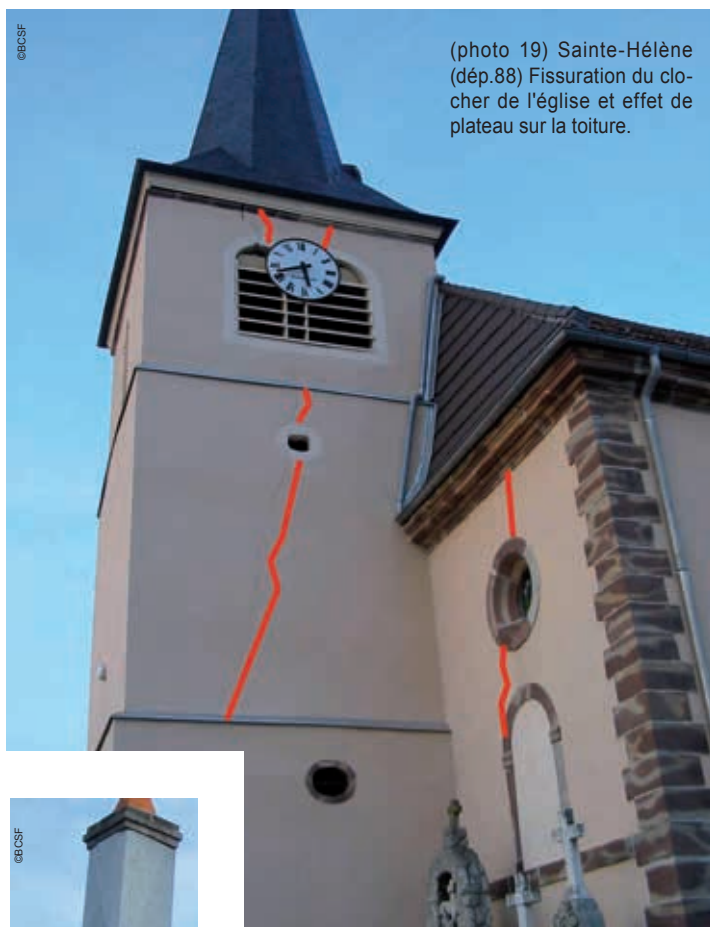


(photo 16) Sainte-Hélène (dép.88) Rotation de la Marianne à la mairie

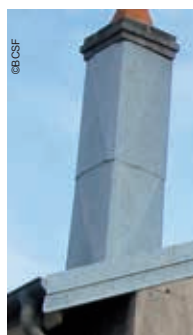


(photo 17) -Sainte-Hélène (dép.88)
Déplacement d'un réfrigérateur
au 1^{er} étage d'une maison.

* épicentre recalculé par le
réseau local temporaire



(photo 19) Sainte-Hélène (départ.88) Fissuration du clocher de l'église et effet de plateau sur la toiture.



(photo 20) Exemple d'un chemisage en acier galvanisé ayant protégé de nombreux éléments de ce type sur la région.



(photo 21) Sainte-Hélène Fissuration généralisée au raccordement des tympans et des structures contreventées.

Quelques chutes de tuiles ont été signalées. Les cheminées n'ont pas été endommagées, leur renforcement par un chemisage en acier galvanisé a probablement préservé ces éléments habituellement fragiles.

L'église de Sainte-Hélène, comme quelques églises de la région épiscopale, a connu une fissuration large de son clocher. On peut souligner ici une faiblesse de sa conception dans l'ouverture sur un faux doubleau. Le jambage central manquant à cette ouverture n'a pas permis une bonne répartition du poids de la toiture. Celle-ci a subi par ailleurs "un effet de vrille" ou "effet de plateau" avec rotation autour de l'axe du clocher. Les tympans du cœur de l'église (partie rapportée à la structure de l'église) ont été systématiquement fissurés au niveau de leur raccord à la voûte qui semble avoir bien résisté. Deux fissures sur l'arc séparant la nef du cœur sont apparues ne remettant pas en cause la stabilité du bâtiment.

Dans le cimetière, deux stèles sont tombées et trois croix ont été cassées dans leur partie supérieure par un effet de "fouet", malgré un ferrailage interne.

Les répliques à 1h16 (3,1 M_L) et 5h53 (3,2 M_L) du 23 février ainsi que celle de 00h58 (3,4 M_L) le 24 février ont été ressenties. L'intensité III semble avoir été atteinte à Sainte Hélène pour ces 3 répliques.

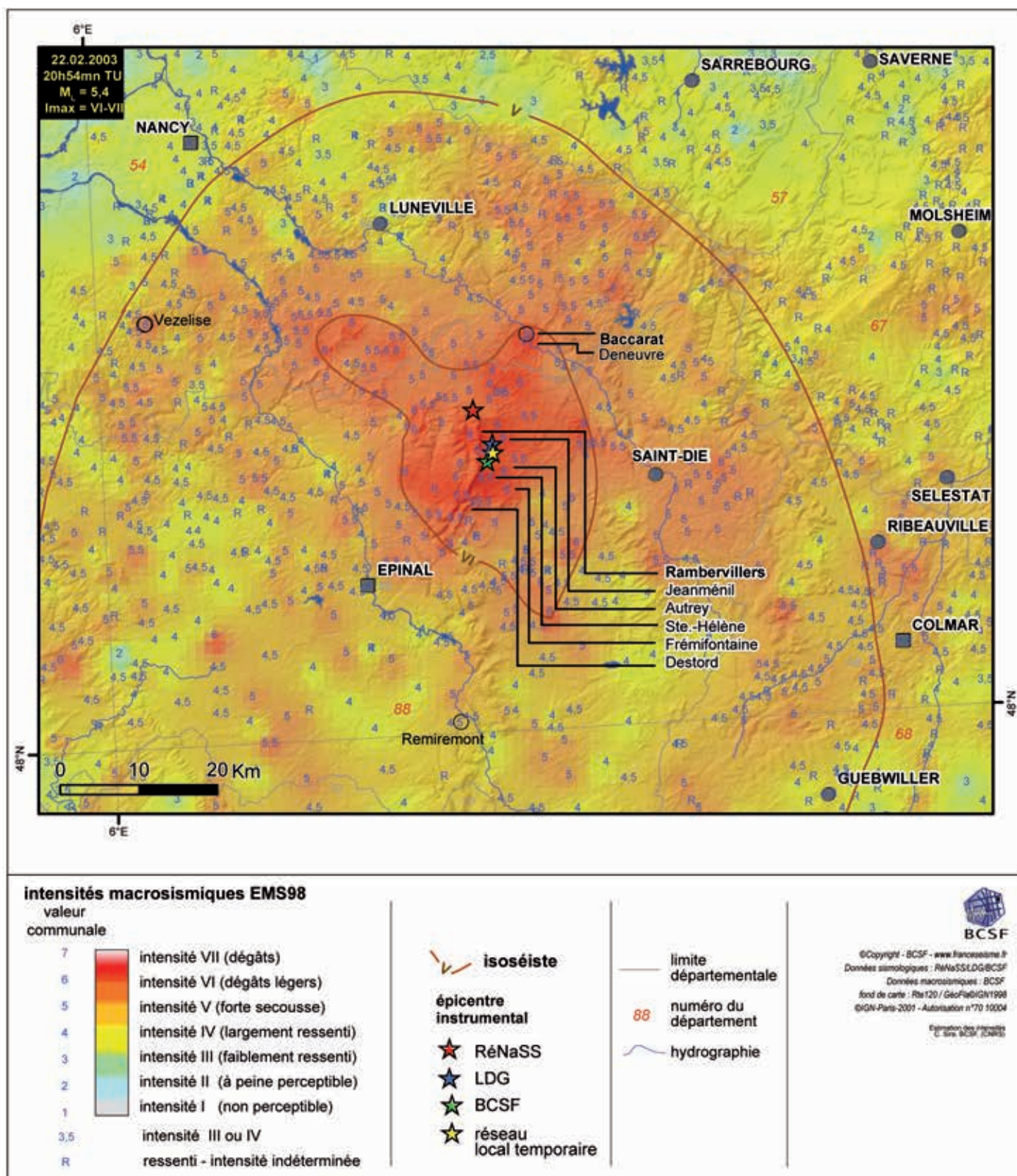


(photo 22) Sainte-Hélène Fissuration au niveau du toit de la nef et de l'arc principal.

(photo 23) Sainte-Hélène (départ.88) Chute de petits morceaux de plâtre à proximité du clocher



(photo 24) Sainte-Hélène Rotation de la croix



(fig.25) Carte macrosismique - zone épicentrale



(photo 26) Destord
Déplacement d'un poêle en faïence



(photo 27) Destord
Ouverture d'un meuble à tiroirs

Destord - intensité VI-VII (dép. 88, dist. épiscopale : 6 km)

Sur la commune de Destord (200 habitants), tous les habitants du village ont été paniqués et se sont retrouvés dans la rue. Quelques enfants sont sortis en criant. La forte "explosion" décrite a souvent été comparée à un crash d'avion ou à l'explosion d'une chaudière. Elle a été accompagnée d'un très fort grondement venant du sol. La secousse a engendré une oscillation importante des objets suspendus et une vibration forte de petits objets et du mobilier léger. Certains tiroirs ou portes d'armoires se sont ouverts, laissant parfois tomber des verres. Des étagères ont été décrochées. Quelques objets lourds ont été déplacés comme un poêle en faïence (200 kg) déplacé de 10cm. Les cadres ont connu un désordre généralisé. Une armoire fragilisée sur son pied par une mauvaise réparation est tombée sur un lit au 1^{er} étage d'une maison ancienne. Quelques petits objets instables, comme des lampes de chevets ou des réveils, sont tombés.



(photo 28) Destord
Ouverture de portes, chutes et bris d'objets

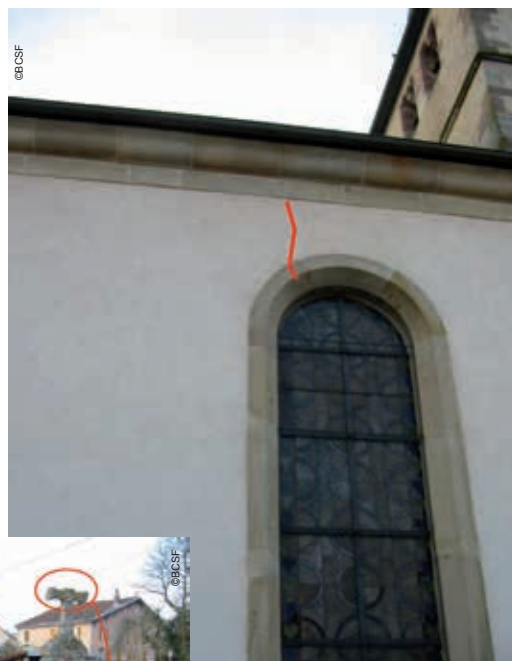


Les bâtiments de la commune sont principalement de vulnérabilité A. Des fissures fines ou superficielles ont été relevées en grand nombre, des fissures larges en nombre plus restreint. Deux murs en moellons ont connu une défaillance. De rares chutes de cheminées ou de tuiles ont été notées. Les quelques maisons en "agglomération" de la commune n'ont eu que des fissures fines en petit nombre.

L'église soumise à des contraintes d'oscillation, a été fissurée légèrement au dessus de chaque ouverture de la nef. A l'intérieur, la séparation entre la nef et le cœur est fissurée, comme le sont aussi les raccords des tympans à la structure.

Les répliques de 21 h 54 (3,4 M_L) un quart d'heure après le choc principal, de 1 h 16 (3,1 M_L) et le lendemain de 5 h 53 (3,2 M_L) ont été ressenties.

(photo 29) Destord
Fissuration systématique aux ouvertures de la nef



(photo 30) Destord
Cisaillement de la croix d'une pierre tombale

(photo 31) Destord
Défaillance d'un mur en moellons au niveau des panes de la toiture.



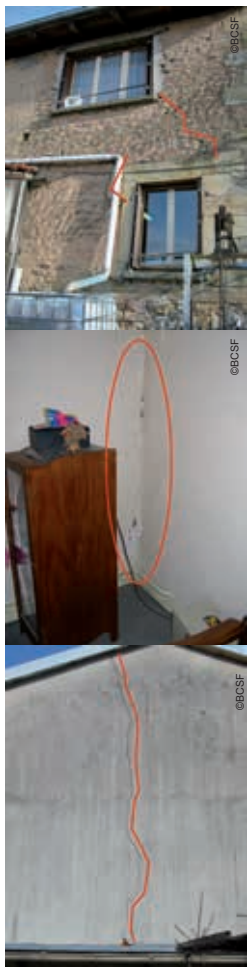
(photo 32) Destord
Fissuration au raccordement des tympans avec la voûte

Jeanménil - intensité VI (dépl. 88, dist. épiscopale : 2 km)

L'ensemble des habitants de la commune de Jeanménil (1000 habitants), est également sorti dans la rue effrayé par le bruit d'explosion et de grondement fort. Dans la commune, de nombreux objets ont oscillé, vibré ou tremblé. Beaucoup d'entre eux sont tombés à terre, des tiroirs se sont ouverts. Il n'a pas été noté de chute de mobilier lourd ou léger. Un habitant du centre du bourg a rapporté qu'il avait retenu son armoire. La verrière a connu quelques bris de pièces à l'intérieur des vaisseliers. Quatre chapeaux de cheminées ont été endommagés et trois d'entre elles sont tombées. Les tuiles n'ont pas connu de désordre notable.

Le village a été très largement reconstruit après 1944 (près de 80%), le bâti est donc plutôt de vulnérabilité B. Cependant les fissures fines sont en grand nombre et quelques fissures larges ont été relevées ne traversant toutefois que rarement

le mur de part en part. La répartition des effets sur les bâtiments connaît géographiquement une répartition assez homogène sur l'espace de la commune (une trentaine de déclarations en mairie). Au lieu-dit "Larifontaine", une habitation de plus de cent ans (vulnérabilité A) a connu des fissurations généralisées, aux angles de murs et aux planchers, certaines étant visibles à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. Les habitants n'ont pas connu de perte d'équilibre lors du séisme, ni relevé d'ouverture de porte ou de fenêtre, mais ils ont constaté la chute du chapeau de cheminée et de quelques objets à l'intérieur de leur maison. La description de la secousse est visiblement semblable à celle vécue par l'ensemble de la commune, mais la plus forte vulnérabilité du bâtiment a semble-t-il aggravé les effets.



(photo 33) Jeanménil
Lieu-dit Larifontaine - fissuration généralisée sur bâtiment de vulnérabilité A.



(photo 34) - Jeanménil
Lieu-dit Larifontaine - fissuration entre mur et plafond



(photo 35) - Jeanménil
Lieu-dit Larifontaine
fissuration intérieure et extérieure



Frémifontaine - intensité VI (dép. 88, distance épicentrale : 5 km)

L'ensemble des 300 habitants de cette commune est sorti des bâtiments. Ils ont eu l'impression que le mouvement était parallèle à la départementale 70 qui traverse la ville (N-S). Le bruit a été ressenti comme un roulement par certains, d'autres ont cru à une chute d'avion ou une chaudière qui explose. Beaucoup de petits bibelots sont tombés, ainsi que des bouteilles dans les caves.

Le bâti est constitué d'environ 2/3 de maisons anciennes (150 maisons environ). Les dégâts nombreux concernent des fissures en façade et en intérieur (chutes de plâtre).

Dans la salle de classe d'un bâtiment récent accolé au bâtiment plus ancien de l'école/mairie, des fissures apparaissent au niveau de la voûte sur laquelle repose le toit. Deux maisons parmi les plus touchées ont été évacuées. Elles présentaient de larges fissures intérieures et extérieures. Les maisons récentes n'ont été affectées que de fissures plus fines.



(photo 36) Frémifontaine (dép88)
Intérieur de la salle de classe de l'école de Frémifontaine



(photo 37) - Frémifontaine (dép. 88)
Fissure extérieure sur bâtiment



(photo 38) Frémifontaine (dép. 88)
Fissure extérieure fine sur bâtiment



(photo 39) - Frémifontaine (dép. 88)
Fissure extérieure sur bâtiment



(photo 40) Frémifontaine (dép.88)
Maison évacuée, exemple de fissure sur un coin





(photo 41) - Rambervillers (dépt. 88) - Elargissement d'une fissuration sur bâtiment en cours de démolition.

Rambervillers - intensité VI (dépt. 88, distance épicentrale : 4 km)

La grande majorité des 6126 habitants de la commune de Rambervillers, angoissée par ce bruit d'explosion et ce grondement soudains est sortie dans la rue. L'inquiétude (on parle d'angoisse) des habitants a été augmentée par le retentissement de la sirène juste après le séisme. Les objets ont connu un large balancement, les vitres et vitrines une forte vibration. De nombreux objets se sont cassés en chutant. Les animaux, effrayés se sont très souvent enfuis.

La commune est composée, selon les élus, de



(photo 42) Rambervillers (dépt. 88) - Chute d'une cheminée non chemisée.



(photo 43) - Rambervillers (dépt.88) - Fissuration large et écoulement partiel de cheminées.

10% des bâtiments en vulnérabilité A, 70% en vulnérabilité B et 20% en vulnérabilité C. Les bâtiments sont principalement de faible hauteur (généralement RC+2). Quelques cheminées ont été cassées au ras du toit sur des bâtiments anciens. De nombreux chapeaux de cheminées ont été soumis à un désordre important. De nombreuses fissures fines ou superficielles sont apparues dans l'ensemble des bâtiments. Les fissures plus larges ont été peu nombreuses mais ont touché quelques bâtiments de vulnérabilité B. De nombreux témoins signalent des difficultés à réouvrir leurs portes après le jeu de la structure au moment de la secousse. La "Maison du peuple" a connu une fissuration au niveau du raccord des murs porteurs avec la charpente. Un vieux garage particulièrement fragile et en cours de démolition s'est effondré. Dans le même ensemble, un bâtiment fragile a connu l'élargissement d'une fissure existante sur son mur extérieur.

Les répliques de 00 h 16 (3,1 M_L) et 5 h 53 mn (3,2 M_L) le 23 au matin ont été ressenties plus faiblement.



(photo 44) - Rambervillers (dépt.88)- Chute de cheminée sur bâtiment en mauvais état.



(photo 45) - Rambervillers (dépt.88) - Fissuration large de part en part d'un mur porteur en aggro.



(photo 46) - Rambervillers (dépt.88)- Fissuration large, vraisemblablement due à un effet de "claquage" sur le crépis.

(photo 47) Rambervillers (dépt.88) - Fissuration légère sur maison particulière.





(photo 48) Abbaye Notre Dame d'Autrey (dépt. 88)



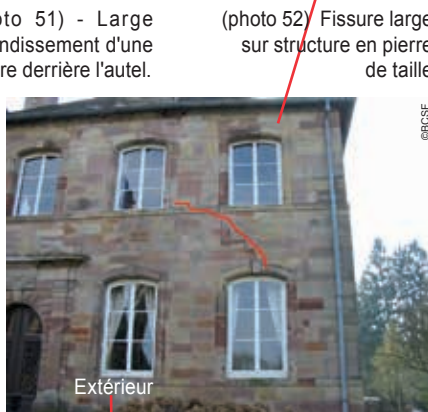
(photo 49) Façade sud, corps du bâtiment



(photo 50) Bâtiments de l'Abbaye Notre Dame d'Autrey



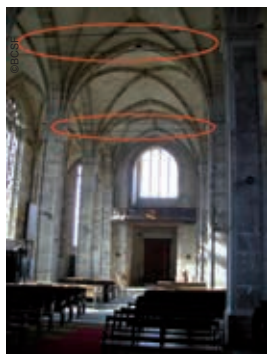
(photo 51) - Large agrandissement d'une fissure derrière l'autel.



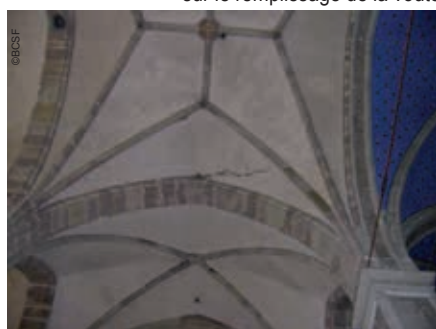
(photo 52) Fissure large sur structure en pierre de taille

(photo 53) Fissurations entre murs et plafonds

(photo 54) Tiges d'acier de renforcement des voûtes



(photo 55) Fissuration large sur le remplissage de la voûte



Autrey intensité VI

(dépt. 88, distance épacentrale : 2 km)

La secousse associée à un bruit "d'explosion de chaudière" a effrayé et paniqué la centaine d'habitants de cette commune qui s'est précipitée dans la rue. Des enfants ont crié dans le village. Des portes d'armoires ont été ouvertes, l'eau d'un aquarium a débordé. Les objets suspendus se sont fortement balancés. Quelques objets instables ou mal fixés ont été déplacés ou ont chuté, comme ce fut le cas pour quelques mobiliers plus lourds. Quelques fissures fines se sont produites sur des bâtiments de vulnérabilité A et B. Une coupure d'électricité a eu lieu durant 5 minutes. L'abbaye Notre Dame d'Autrey du 12^e siècle, a été fortement secouée. Le père Benoît-Joseph a bien ressenti sous ses pieds "comme une vague qui soulevait tout sur son passage se propageant dans le sens sud-nord". Pas de bris de vaisselle, mais le déplacement et la chute d'objets légers ont affecté cette abbaye. Quelques portes se sont ouvertes. Une cheminée a été fendue, et l'oscillation des murs (en pierres) a dégagé dans le réfectoire une poussière importante. Sur l'ensemble des bâtiments de l'abbaye, des fissures fines ou larges sont apparues en grand nombre, notamment sur un des bâtiments rattaché au corps principal par un passage haut. Malgré son élancement, l'abbaye en elle-même a bien résisté à la secousse. Il faut indiquer que cet édifice a bénéficié d'un renforcement de sa structure par les services des Monuments Historiques, consistant à placer une pince métallique au-dessus des voûtes de la nef et des tiges d'acier empêchant l'écartement des murs. Dans le sens longitudinal le déplacement lors de la secousse (témoins en ciment) semble relativement faible au vu de la hauteur de l'édifice. Dans le sens transversal à la nef, par contre le mouvement est plus visible et les fissures sont plus larges engendrant selon les Monuments Historiques de lourds travaux de rénovation. Il est fort probable que l'abbaye aurait subi des dommages plus graves encore sans ces renforcements. Sur l'une des fenêtres, les vitraux sont gondolés de haut en bas, et derrière l'autel une fissure a été largement agrandie. Les lustres volumineux ont également oscillé largement comme l'indique le découpage du câble de soutien dans le plâtre du remplissage de la voûte.

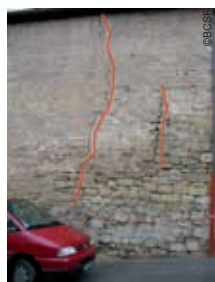
(photo 56)
Deneuvre (dépt. 54)
Vue panoramique
du presbytère
et hauteur du
surplomb.



(photo 57) - Deneuvre (dépt. 54)
Plan général de l'église



(photo 58) - Agrandissement
de fissures existantes



(photo 59) - Fissuration
sur ancienne ouverture



(photo 60) Chute de décor
en plâtre

(photo 61) Fissure large du clocher



(photo 62)
Désordre
de cheminée



(photo 63) Chaînage
du haut du clocher
ayant maintenu la
structure



(photo 64)
Affaissement d'une
clef de voûte

Deneuvre - intensité VI (dépt. 54, distance épicentrale : 15 km)

Le Maire de cette commune nous a signalé une forte vibration et une explosion "de l'ordre de 100 décibels", suivie d'un grondement sourd provenant du sous-sol. Les objets ont vibré et oscillé les entraînant parfois à la chute. Plus de 200 produits d'un supermarché situé en contre-bas du centre du village sont tombés des étagères. Il n'a pas été signalé d'ouverture de porte et de fenêtre, ni de déplacement de mobilier lourd.

Deneuvre est une commune de 571 habitants avec près de 230 maisons principalement de vulnérabilité A (90%). Les déclarations de dégâts concernent près de 25% des habitations. Sur 59 dommages déclarés, 50 concernent des bâtiments de type moellons et pierres brutes majoritairement situés en haut du village, 10 concernent des maisons plus modernes de type maçonnerie situées en contre-bas. La commune de Deneuvre située à 15 km de l'épicentre, proche de Baccarat semble être le siège d'une amplification. 30 m de dénivelé abrupt séparent le rocher du haut du village et le contrebas où coule la Meurthe. Cette position particulièrement dominante en rapport au reste des terrains pourrait induire une amplification de la secousse comparé à d'autres communes plus proches et moins touchées comme Menil-sur-Belvitte.

Une dizaine de cheminées en brique non renforcées sont tombées dans la commune. Une maison de plus de cent ans a été fortement endommagée. Le sol d'un particulier a connu un affaissement. La secousse a mis en évidence les défauts des constructions vieillissantes, comme le presbytère.

Dans le chœur de l'église (en bon état général), les chutes des décors en stuc ont été impressionnantes mais elles ne sont pas aussi significatives de l'ampleur de la secousse que la large fissuration qui a affecté le clocher de haut en bas (niveau 2 à 3). Comme le montre les photos ci-contre, la fissure (2 à 3 cm de large), se retrouve à l'intérieur de l'édifice. Le chaînage relativement récent en béton armé réalisé au sommet de la structure, sous la charpente a joué un rôle prépondérant dans la cohésion de l'ensemble du clocher, diminuant l'ampleur des effets. Les répliques ressenties les jours suivants ont continué à produire des effets sur les bâtiments.



(photo 65) Fissures d'angle sur
une maison proche de l'église

Baccarat - intensité VI (dép. 54, distance épicentrale : 16 km)

Beaucoup d'habitants sur les 5000 que compte cette commune sont sortis dans la rue à la suite du bruit assourdissant et de la grosse secousse créés par le séisme.

A la salle des fêtes de Baccarat, les lustres se sont balancés, du plâtre est tombé, un mouvement de panique a gagné les 250 personnes présentes. Une coupure d'électricité durant 1 minute a accru le sentiment d'angoisse des personnes et «tout le monde s'est mis à hurler» nous rapporte un témoin... «certains sont sortis en courant... c'était la panique.» Le téléphone a connu quelques dérangements.

De nombreuses fissures ont été remarquées sur de les bâtiments anciens, dont plusieurs bâtiments publics, essentiellement dans le centre historique de Baccarat. Les dommages ont été concentrés sur la rive gauche de la Meurthe, comme l'ont confirmé les pompiers et les témoignages individuels. Quelques cheminées au centre ville sont tombées où sont devenues dangereuses, en raison de la présence de fissures. Quatre voitures



(fig. 66) - Extrait carte géologique

ont d'ailleurs été endommagées par la chute de pierres provenant des cheminées.

La nappe phréatique a été souillée. Le taux de turbidité était 6 fois plus élevé qu'habituellement. Le retour à la normale n'a été effectif qu'une semaine après le séisme. Quelques fuites aux canalisations d'eau potable (suite au gel/dégel mais peut-être également au séisme) ont été notées en plus grand nombre qu'en période équivalente sur les autres années.

La carte ci-dessus montre la géologie de Baccarat. L'ellipse rouge est centrée sur la zone la plus endommagée de la commune. On voit clairement que cette zone correspond à des dépôts alluvionnaires sur la rive gauche de la Meurthe. Ceci laisse penser que dans cette zone où l'intensité a pu atteindre localement à VI-VII, des effets de site dus à la présence d'un bassin alluvionnaire ont pu avoir lieu. Sur le grès, les dommages sont moins importants. La cristallerie de Baccarat par exemple, est située sur des grès (en orange sur la carte) et n'a subi aucun dommage. Il y a cependant des bâtiments construits également sur le grès qui ont subi des dommages importants, mais leur localisation se trouve être à la limite de la zone alluvionnaire.

(photo 67) Baccarat (Dép.54)
Endommagement
de cheminées



(photo 68)
Baccarat (Dép. 54)
Fissuration large sur mur
extérieur



(photo 70)
Intervention des pompiers
sur une cheminée menaçante



(photo 71) Dégâts structuraux
verticaux de niveau 3



(photo 69) Fissuration fine sur
mur extérieur



(photo 72)
Baccarat (dépt. 54)
Fissuration large
sur mur extérieur



(photo 73) Fissuration large sur mur extérieur



(photo 74) Désordre sur cheminée.

Autres observations relevées sur les départements de Meurthe-et-Moselle et des Vosges.

Au-delà des observations faites lors de notre mission de terrain, d'autres effets nous ont été signalés dans les deux départements de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges.

Sur ces deux départements, la population n'a pas toujours pensé à un séisme mais plus fréquemment à un crash d'avion, ou une explosion de chaudière. A des distances plus éloignées de l'épicentre (la Bresse 38 km, Gérardmer 31 km) le bruit été semblable à un "glissement de neige sur le toit".

Dans le département des Vosges, les communes de Ménil-sur-Belvitte, Frémifontaine, Jeanménil, Neuville-sous-Châtenois ont mis en place un arrêté de mise en péril sur des maisons particulières.

Dans le département de la Meurthe-et-Moselle, les communes de Baccarat, Deneuvre, Sérerville,

Saint-Maurice-aux-Forges, Cirey-sur-Vezouze, Verdental, Vezelise, Remenoville ont établi la même procédure dans des maisons particulières ou des églises.

Ces dernières ont d'ailleurs été les édifices les plus touchés. C'est ainsi que l'église de Vézelize a été fermée au public dès le lundi suivant l'événement, madame le Maire ayant constaté des élargissements de fissures et quelques chutes de plâtres provenant de la voûte d'une hauteur de 19 mètres.

Dans les bâtiments hauts comme certains immeubles d'Epinal, ou de Nancy, les oscillations ont créé de grandes frayeurs chez les particuliers, même à des distances importantes de l'épicentre.

Certains particuliers décrivent à des distances assez éloignées de l'épicentre, comme à Bains-

les-Bains (35 km), des dégâts de niveau 2 ou 3 de type fissures larges sur des murs porteurs ou sur les fondations de leur maison. Cependant les effets restent ponctuels et ne reflètent pas la sévérité générale de la secousse. D'autres effets très importants, comme à Borville (intensité VI) se sont produits dans la semaine qui a suivi le séisme du 22 février (photo 115). La structure fragilisée a-t-elle travaillé après le séisme ? Les répliques, même de faible magnitude, ont-elles suffi à provoquer ce type de dommage ?

Sous l'égide des préfectures, les sites sensibles tels que les barrages, les centrales électriques et industries sensibles ont été inspectées sans que ne soient décelés de désordres particuliers.

(photo 75) Borville - Intensité VI
(dép.54 - 24 km de l'épicentre)

Le mur d'une maison ancienne de type A, avait subi un "gonflement" lors du séisme sans s'ouvrir complètement. Les dégâts ne sont apparus que lors de la semaine suivante. Le dimanche 2 mars au matin il a été constaté des modifications de la structure ; l'après-midi l'effondrement s'est produit sur l'ensemble du mur de la façade, la toiture n'a été retenue que par les étais placés par un artisan en prévention de l'éboulement. (sans visite BCSF - image envoyée par le propriétaire)



(photo 76) Bains-les-Bains - Intensité VI (dép. 88 - 35 km de l'épicentre)
Fissurations sur maison particulière, atteignant les fondations selon le propriétaire (sans visite BCSF - images envoyées par le propriétaire)
Nombreuses fissures sur le bâtiment, dont fissure large descendant jusque dans les fondations (pierres fendues).
Un mur porteur coupé de part en part.
Mouvement généralisé de l'ensemble du bâtiment entraînant des difficultés à l'ouverture des fenêtres.



Dans le Haut-Rhin (68)

Des milliers d'appels sont arrivés en deux-heures selon le Centre opérationnel d'incendie et de secours (CODIS), ne donnant lieu qu'à une vingtaine d'interventions. L'ensemble du Haut-Rhin a ressenti largement les effets du séisme qui a produit quelques dégâts sur les constructions les plus fragiles.

On observe fréquemment la résurgence de fissures auparavant recouvertes par des peintures ou des crépis, ces derniers n'ayant pas résisté aux mouvements alternatifs du bâtiment, comme l'ont constaté les cabinets d'expertises. D'autres fissures sont issues directement de la désolidarisation des interfaces entre les matériaux de nature différente ou de réalisation distante dans le temps. Ces fissures n'affectent pas, dans leur très grande majorité, la structure des bâtiments.

A la centrale nucléaire de Fessenheim située dans le Haut-Rhin à 90 km de l'épicentre, aucune anomalie n'a été constatée par l'exploitant (EDF) et aucune baisse de puissance de la centrale n'a été nécessaire.

Pour les habitants de Colmar (I = IV-V, distance 58 km), ville de 65000 habitants du sud de l'Alsace, le bruit produit a été décrit comme "un gros souffle" semblable à une avalanche, un "emballement de machine à laver", un "passage de chars" devant la maison (J'ai pensé à 5 ou 6 chars militaires qui rentraient de manœuvre et qui passaient dans ma rue... Le 152^{ème} RIMECA n'est pas très loin....), ou encore plus rarement à "l'explosion d'une chaudière". Dans les étages supérieurs l'amplification est directement liée à la réponse de la structure du bâtiment et varie d'un site à l'autre. Les cas de panique sont relativement rares ; le sentiment général de la population se place entre inquiétude et frayeur.

2% des 11837 bâtiments de la ville ont connu un endommagement léger (niveau 1), ce qui reste un effet mineur à l'échelle de la commune et nous conduit à affecter une intensité EMS98 comprise entre IV et V.

Ces effets représentent néanmoins un nombre non négligeable de bâtiments (environ 270). Les principaux dégâts ont été des fissures fines en petit nombre ou l'agrandissement de fissures pré-existantes. Si l'intensité de la secousse n'a pas atteint le seuil des dégâts significatifs, quelques dégâts ont causé de réelles inquiétudes pour les propriétaires qu'ils soient privés ou publics, notamment lors de la chute de cheminées, rue de Neuf-Brisach, rue des Accacias, ou encore sur l'ancien bâtiment des jeunes et de la culture qui

a occasionné des dégâts sur la toiture, le rebord d'une fenêtre et la vitre du rez-de-chaussée. Pour de plus rares habitations les fissures sont apparues en grand nombre. Une quinzaine de bâtiments ont été affectés par quelques chutes de crépis provenant de parements, de balcons, de façades, de plafonds ou de cheminées. On peut citer notamment le clocher de l'église Sainte-Marie dont une partie du parement est tombée, la structure proprement dite de l'édifice n'a pas été affectée. Une quinzaine de témoignages ont signalé des effets sur les carrelages (soulèvements, fissures, décollements) et des fissures plus larges. Aucun bâtiment n'a été mis en péril. 48 familles ont été évacuées d'un immeuble de 14 étages voué à être démolie en 2004 dans le cadre du réaménagement urbain du quartier par la Colmarienne du logement. Les mesures d'évacuation ont été prises par soucis de précaution en attendant le passage des experts. Ceux-ci ont conclu que seuls les balcons présentaient une fragilisation, mais les habitants ont été particulièrement choqués des effets de la secousse sur leur immeuble.

Les bâtiments fragilisés par le passé ont subi les dégâts les plus importants. Une dizaine de constructions semblent avoir connu une modification de leur soubassement par tassement de terrain. Dans ces cas les portes ont eu du mal à s'ouvrir et les planchers ou plafonds ont parfois été décalés de quelques centimètres. Les chutes de tuiles n'ont pas été significatives (5 cas signalés). Une dizaine de toitures ont été endommagées suite à l'oscillation du bâtiment (fissuration de poutre, ou déplacement des éléments de charpente), comme sur le bâtiment Rudolphi au sein du lycée professionnel rue Saint Jean. Deux murs se sont effondrés sans que l'on ait d'information sur le type et l'état de ces constructions (rue des Platanes et Grand rue).

L'enrobé du Pont du Général de Gaulle a été fissuré de façon importante et 4 canalisations d'eau ont été sectionnées, rue Schauenberg, rue du Nord, impasse du 17 décembre et quai Pfleger. Il y a peu de témoignages de chutes d'objets.

A Saint-Louis (I=IV-V, dist. 58 km), 49 logements d'un immeuble de 12 étages situé rue de la Gare ont présenté des fissures dans les dalles des balcons, localisées systématiquement à mi-longueur du balcon. Compte tenu de la régularité, l'origine semble selon les experts due à un défaut d'exécution des joints secs recoupant les balcons en leur milieu.

Dans cette agglomération proche de l'aéroport, le bruit a parfois été assimilé à la chute d'un avion. L'aéroport EuroAirport a fonctionné normalement

et n'a subi aucun dommage. Sur cette commune, peu de maisons semblent avoir été affectées par des dégâts.

A Thann (I=IV-V, dist. 65 km), un pan de roche d'une cinquantaine de tonnes sur les flancs de l'Engelbourg a menacé une habitation située en contrebas. Des experts ont pris en charge ce délicat travail sur cette zone déjà connue pour son instabilité. Les pompiers Thannois sont également intervenus pour sécuriser une cheminée présentant des fissures place de Lattre-de-Tassigny. Mais là encore peu de bâtiments ont été affectés par la secousse.

Sur la commune d'Orbey (68, I=V-VI, dist. 42 km), une cheminée cassée a endommagé le toit d'une maison.

Les habitants de Ribeauvillé (I=V-VI, dist. 50 km), ont observé les ondulations des bâtiments lors du passage des ondes sismiques. Celles-ci ont d'ailleurs produit quelques effets sur les constructions (descellement de 2 chapeaux de cheminées, et des fissures dans quelques maisons).

A Mulhouse, (I=IV-V, dist. 81 km), la secousse a été largement ressentie par la population. Deux secousses successives ont été perçues à quelques secondes d'intervalle, variant de "la bourrasque de vent" au "passage d'un gros camion", sans engendrer de mouvements de panique. Les sapeurs-pompiers sont intervenus pour une cheminée fragilisée rue Gutenberg mais la ville compte très peu de dégâts sur les bâtiments (une cinquantaine environ, principalement de niveau 1). La tour de l'Europe, bâtiment haut de la ville de Mulhouse (100 m) n'a marqué qu'un balancement léger d'ouest en est.

D'autres villes ont connu des effets sur leurs constructions (très majoritairement des fissures fines - dommages de niveau 1) en plus ou moins grand nombre. Parmi les plus significatives, relevons les communes d'Horbourg-Wihr, Labaroche, Morschwiller-le-Bas, Pulversheim, Sainte-Marie-aux-Mines et Wintzenheim.

De rares dégâts de niveau 2 sont relevés dans ces communes.

Dans le du Bas-Rhin (67)

Les pompiers ont reçu environ 1000 appels. Les dégâts ont été limités à des fissures plus ou moins larges ou l'agrandissement de fissures existantes, dans 25 villes du département.

A Strasbourg (I=IV-V, dist. ép. 85 km), l'ensemble de la population Strasbourgeoise a largement ressenti le séisme, les lustres ont bougé, quelques objets sont tombés, mais l'inquiétude est le sentiment le plus représentatif sur la ville. Hormis l'évacuation de l'Opéra qui aura marqué les mélomanes comme les esprits, c'est dans les tours de grande hauteur comme à l'esplanade ou dans les HLM de la cité de HautePierre que le séisme aura produit les effets les plus importants sur les personnes.

Très peu de dégâts ont été déclarés en mairie sur l'agglomération (une cinquantaine environ). Rue des Pontonniers, le service des eaux a dû intervenir pour réparer une canalisation, ainsi que rue d'Obserhausbergen à Eckbolsheim, commune de l'agglomération Strasbourgeoise.

En Centre-Alsace les habitants de Sélestat (I=IV-V, dist. 58 km) ont eu quelques frayeurs. Le bruit précédant la secousse a été comparé à "l'essorage d'une machine à laver le linge", ou à "des personnes sautant fortement sur les planchers des étages supérieurs".

A Obernai (I=V, dist. ép. 62), comme à Barr (I=IV, dist. ép. 58) certains habitants ayant vécu le séisme à l'origine de la catastrophe d'Izmit de 1999 (Turquie), ont été particulièrement effrayés par cette secousse. Le reste de la population ne semble pas avoir réagi avec le même niveau d'inquiétude.

La commune de Ranrupt (I=V, dist. 40 km) signale des fissures sur l'église.

Un rocher situé sur une falaise surplombant trois pavillons à Schaeferhof (annexe de la commune du Dabo - I=IV-V, dist. 85 km), a menacé les habitants. Des travaux d'expertises et de consolidations ont été menés.

En Moselle (57)

A Boulay-en-Moselle (I=III, dist. 97 km), route d'Ottoville, à l'ancienne décharge publique, des milliers de mètres cubes de remblais en provenance de démolitions déposés au cours des dernières années ont décroché sur 100 m de front débordant jusque sur des terrains communaux, heureusement sans faire de dégât. Effet du dégel ou du séisme, la raison n'est pas certaine, mais

l'addition des deux phénomènes en est probablement la cause.

Pour le nord de la Franche-Comté, l'un des sites sensibles pouvait être le barrage de Champagny. Aucun dégât n'a été constaté. Il faut noter qu'il n'était rempli qu'à la moitié de sa capacité de 13 millions de mètres cubes d'eau.

Dans le Territoire de Belfort (90)

A Belfort (I=V, dist. épic. 77), la secousse souvent comparée à une explosion lointaine a marqué les esprits. Les habitants se sont très souvent retrouvés dehors assez inquiets. En une heure, le centre d'alerte belfortain a reçu près de 280 appels. Les pompiers ont sécurisé une cheminée rue Valencienne. Les personnes habitant les tours semblent ici aussi avoir été les plus effrayées par la secousse. Après identification du phénomène la plupart des habitants ont regagné leurs habitations. Seule une cinquantaine d'habitations a été affectée de fissures légères sur les façades, sur les plafonds et sur quelques murs.

A Bessoncourt (ressenti, dist. épic. 78) un affaissement de plancher d'une habitation a été signalé. Dans la commune de Giromagny quelques effets plus importants ont été indiqués comme la chute d'un plafond, quelques fissures de murs ou de façades et quelques chutes de tuiles. Sans les citer de manière exhaustive, c'est en tout une cinquantaine de communes du territoire de Belfort qui ont été affectées par quelques dégâts de niveau 1 à 2 sur quelques habitations, comme les communes de Bavillers, Bourogne, Charmois, Delle, Offemont, Roppe, Rougemont-le-Château, ou Valdoie.

Dans la Haute-Saône (70)

Les résidents des tours d'un quartier du Montmarin à Vezoul sont sortis des immeubles, effrayés par le balancement de leur bâtiment. A Héricourt, un quartier a été coupé d'électricité.

Dans le Doubs (25)

A Besançon (I=IV, dist. épic. 129), des patrouilles de gendarmes sont allées sur le terrain pour rassurer la population, mais la ville n'a connu que très peu d'effets sur les constructions, 4 au total déclarés en Préfecture. A Montbéliard, (I=III, dist. épic. 90) une cinquantaine d'habitations a été fissurée et une dizaine à Mandœuvre. Une chute de cheminée a été signalée à Flangebouge et dans la commune de l'Isle-sur-le-Doubs malgré une

intensité relativement modérée.

Dans le département du Jura (39)

Seules huit communes ont signalé en préfecture des effets aux constructions concernant pour chacune, une à deux habitations, touchées par des fissures, un décollement de carrelage ou la chute de tuiles.

En Saône-et-Loire (71)

Un même constat est fait pour ce département où seules cinq communes signalent à la préfecture des dommages aux constructions.

En Rhône-Alpes (69)

Les pompiers ont été submergés d'appels de personnes inquiètes mais aucun dégât n'a été observé.

En région parisienne

Le central du CODIS a été lui aussi submergé d'appels. Dans l'heure qui suivie le séisme, 700 appels avaient été comptabilisés sur Paris, provenant principalement des arrondissements de la couronne est de Paris : 13^{ème}, 19^{ème}, 20^{ème}, 12^{ème}, 13^{ème} et 14^{ème} arrondissements. Mais la secousse qui a duré environ 5 à 7 secondes n'a fait aucun dégât. Les personnes les plus effrayées étaient situées dans les tours de grande hauteur, certaines souhaitant la visite d'experts en bâtiment pour vérifier les structures de leurs habitations. Mais les témoignages sont également provenus des étages inférieurs voir jusqu'au rez-de-chaussée.

Observations complémentaires

Selon les témoignages reçus par internet, ce séisme a été ressenti sur 51 départements, de l'Alsace à la région parisienne et des Ardennes à la Drôme et à la Savoie. De rares témoignages sur des localisations distantes ont été rapportés des départements de Seine-Maritime, Manche, Mayenne, Sarthe, Indre et Loire-et-Cher, principalement dans des étages élevés d'immeubles mais aussi en rez-de-chaussée où les balancements lents ont inquiété les témoins de ce phénomène.

Centres de secours

En France, les interventions des sapeurs-pompiers, hormis dans les départements des Vosges

et de la Meurthe et Moselle ont été peu nombreuses, mais des milliers d'appels leurs sont parvenus. Le réconfort moral a été l'occupation principale des agents des services publics.

Dans les départements du Territoire de Belfort de la Haute-Saône et du Haut-Rhin quelques interventions pour mise en sécurité de bâtiments ont été réalisées. Quelques reconnaissances ont été faites dans le Doubs, la Côte d'Or, la Marne,

l'Yonne.

Sur les départements du 01, 08, 10, 52, 55, 57, 58, 71, 74 aucune intervention n'a été faite.

Ce séisme a également été ressenti en Belgique, en Allemagne dans le Bade-Wurtemberg, et en Suisse de Zurich à Olten et de Bâle à Berne (fig. 12).

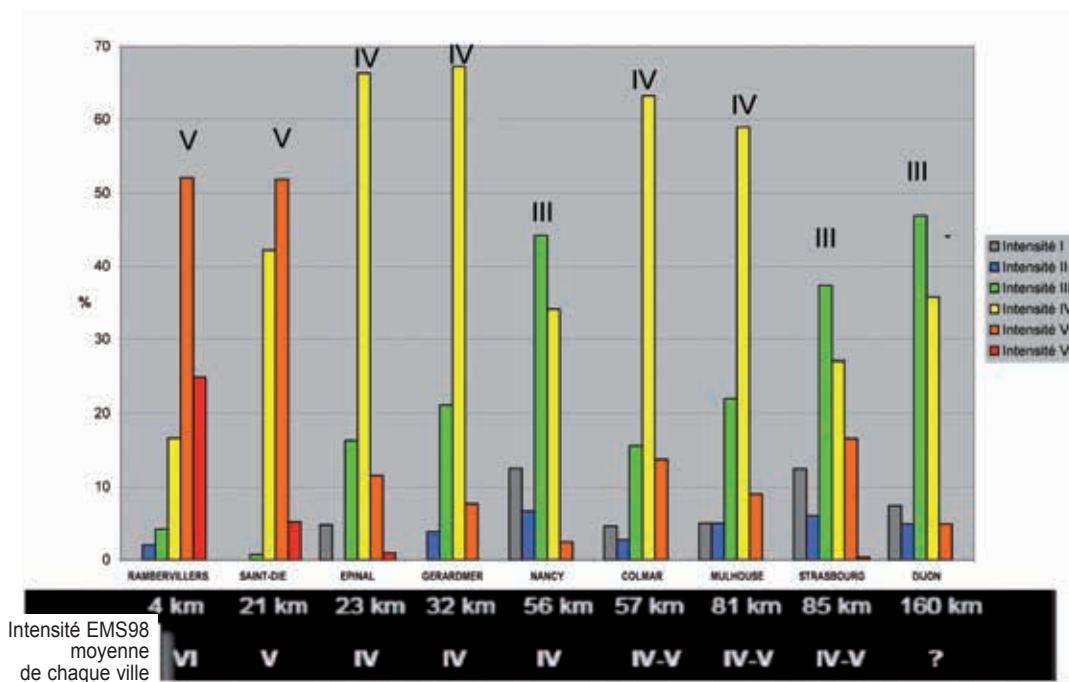
Eléments d'analyse statistique des données macrosismiques.

Le séisme de Rambervillers du 22 février 2003 a fait l'objet d'une enquête très vaste, définie de façon à répondre aux exigences de l'EMS98 pour la détermination des intensités. De plus, il a donné lieu à un très important retour de témoignages individuels, type d'enquête mise en place depuis 2001 par le BCSF, avec 13 088 formulaires remplis (cf formulaires collectifs et individuels en annexe). Ainsi, c'est l'évènement pour lequel le BCSF possède actuellement des données macrosismiques les plus nombreuses. Les témoignages recueillis essentiellement par Internet paraissent objectifs et de bonne qualité, la plupart des témoins étant chez eux au moment de la secousse. Grâce à ces données uniques, le BCSF a engagé un travail d'analyse détaillé des effets observés lors de cet évènement (Schlupp et al. 2006, Houbbron 2007, Cara et al. 2007) afin de mieux comprendre les origines de la variabilité des intensités macrosismiques et du mouvement du sol lors d'un tel séisme.

Analyse et comparaison des données individuelles et collectives

Ignorant les degrés d'intensité élevés ($I < VI$ EMS-98) pour lesquels la prise en compte des dommages aux constructions nécessite une analyse sur le terrain, chaque témoignage individuel relatif à un site donné est traduit en pseudo intensité. Le qualificatif « pseudo » signifie que la statistique des effets sur une zone est absente au niveau du témoignage individuel. Un tel témoignage est localisé à l'adresse et l'intensité est ramené au sol en diminuant de 1° la valeur déterminée au-dessus du 2e étage et en ne tenant pas compte des témoignages au-dessus du 4e étage conformément aux recommandations de l'EMS-98 (Grünthal et al., 1998).

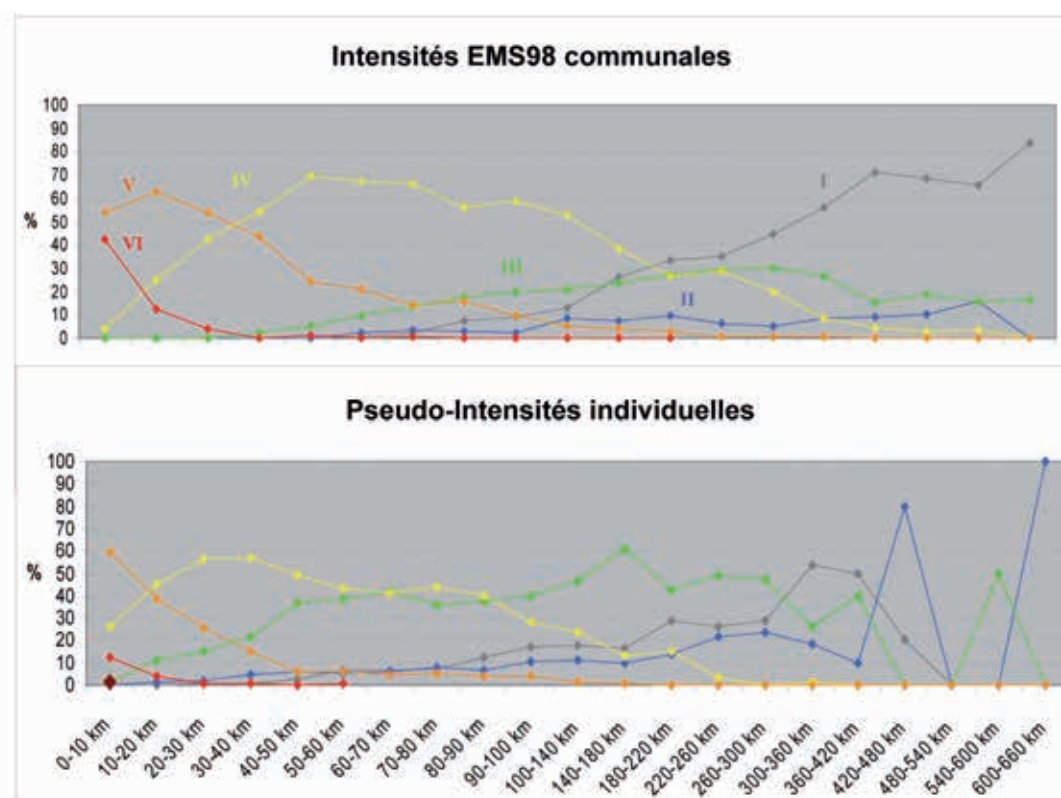
(fig. 77) Pseudo-intensité (nombre de témoignages par classe d'intensité)



La figure 77 montre que les pseudos intensités présentent généralement une grande dispersion au sein de chaque localité. On notera toutefois une assez bonne cohérence entre les valeurs des pseudos intensités correspondant au maximum de chaque histogramme et les valeurs finales EMS-98 attribuées par le BCSF à partir des formulaires collectifs essentiellement. Les écarts dépassant le demi degré d'intensité sont observés dans les localités suivantes: Rambervillers où les dommages aux constructions signalés par les témoins sont plus faibles que ceux constatés sur le terrain par l'équipe BCSF-BRGM ; Nancy (56km) où le maximum est centré sur l'intensité III

mais l'histogramme présente une asymétrie marquée vers les plus grandes valeurs ; Strasbourg (85km) qui présente la même asymétrie qu'à Nancy. L'accord est remarquable à Epinal (23km) et Gérardmer (32km). On peut penser à première vue que la variabilité des pseudos intensités dans une localité est due au manque de fiabilité des témoignages individuels mais la cohérence des réponses laisse penser que ce ne doit pas être le seul facteur. La variabilité locale des secousses sismiques due aux interférences dans le champ d'ondes sismiques et aux effets de site est aussi très probablement présente dans ces valeurs de pseudo intensité.

(fig. 78) - Moyenne par tranche de distance des intensités communales et des pseudo-intensités provenant des témoignages individuels.

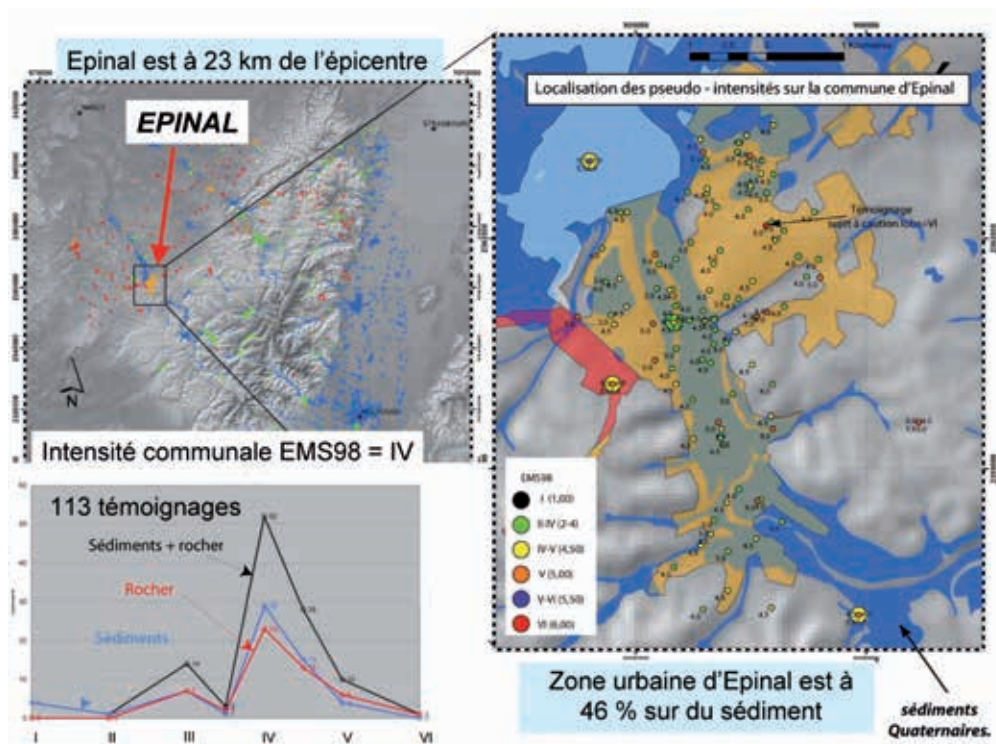


La figure 78 représente le pourcentage d'intensité EMS98 (figure du haut) et de pseudo intensité (figure du bas) pour une classe de distances donnée. Elle montre qu'il existe dans les deux cas plusieurs degrés d'intensité pour une classe de distances donnée. Ces valeurs montrent une évolution régulière de chaque niveau d'intensités avec la distance sous la forme d'une distribution entrelacée des différents degrés d'intensité suivant 3 phases. Pour chaque niveau d'intensité on observe une phase en augmentation suivie d'une phase en plateau plus ou moins étendue et une phase en décroissance. L'entrelacement

des courbes montre qu'à une distance donnée, une intensité domine en pourcentages et est dans une phase plateau alors que la représentation du degré supérieur est en décroissance et celle du degré inférieur est en croissance. Cette analyse statistique préliminaire montre que la variabilité des effets ressentis à une distance donnée reflète probablement un processus physique plutôt qu'une variabilité aléatoire dans les réponses comme cela était considéré préalablement.

Répartition des intensités en fonction de la géologie dans une commune

(fig. 79)



La figure 79 montre une analyse qui a pu être faite sur la commune d'Epinal (Schlupp et al. 2006) où nous disposons de nombreuses données individuelles. La figure en haut à gauche montre la proportion de la surface urbanisée qui est sur des sédiments meubles (rouge=75 à 100 % au rocher, vert= 75 à 50 % au rocher, orange = 50 à 25 % au rocher, bleu = 25 à 0 % au rocher). Ceci montre que l'on ne peut pas faire de classification d'une commune de façon binaire entre rocher et sédiments. La figure en haut à droite montre la répartition des pseudo-intensités déduites des témoignages individuels sur la commune urbanisée d'Epinal (orange) avec en transparence (bleu) la partie sur des sédiments meubles. La figure en bas à gauche montre la répartition des valeurs de pseudo intensités en fonction du lieu d'observation, au rocher ou au sédiment. On observe qu'il n'y a pas de différence entre les observations au rocher ou au sédiments. Ainsi, trois cas sont possibles; soit les données ne permettent pas de mettre en évidence des effets de site liés à la géologie (séparation rocher – sédiments), soit ils

n'existent pas à ce niveau d'intensité, soit enfin il n'y a pas d'effet de site dans la configuration d'Epinal. Au final, il semble que les effets de site ne sont qu'un élément parmi d'autres de la variabilité importante du mouvement sismique.

L'exploitation des réponses aux formulaires d'enquête individuelle pour le séisme de Rambervillers du 22 février 2002 montre que certains champs de questions donnent lieu à des réponses très cohérentes lorsqu'on les analyse par rapport à la distance épacentrale. Ceci est encourageant pour mener plus loin les analyses en recherchant les écarts à la moyenne des réponses sur une localité. L'intérêt de ce type de données macrosismiques est de pouvoir couvrir les zones urbanisées avec un échantillonnage spatial beaucoup plus dense que ce qui est envisageable avec les données instrumentales du Réseau Accélérométrique Permanent RAP.

Références citées

- Audin, L., J.-P. Avouac, M. Flouzat et J.-L. Plantet, Fluid-driven seismicity in a stable tectonic context: The Remiremont fault zone, Vosges, France, *Geophysical Research Letters*, 29, 6, 15-18, (2002).
- Berge-Thierry C., F. Cotton, O. Scotti, D. A. Griot-Pommeret et Y. Fukushima, New empirical response spectral attenuation laws for moderate European earthquakes., *J. Earthquake Engineering*, 7, 193-222, (2003).
- Betbeder-Matibet, J., et Bour, M., Lois d'atténuation pour les valeurs du pic de mouvement, *Cahier Technique AFPS*, 23, 23-56, (2002).
- Cara M., A. Schlupp, A. Houbon et Ch. Sira: Intensités macrosismiques et témoignages individuels : une piste pour détecter les effets de site? 7eme Colloque National AFPS 2007, Ecole Centrale Paris, Châtenay Malabry 4 - 6 juillet (2007)
- Cara, M., W. Brüstle, M. Gisler, P. Kästli, C. Sira, C. Weihermüller et J. Lambert., Transfrontier macroseismic observation of the ML= 5.4 earthquake of february 22, 2003 at Rambervillers, France, *J. Seismology*, 9, 317-328. (2005)
- Grünthal, G. (ed.), European macroseismic scale 1998 EMS-98, *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, vol.15, Luxembourg, 99 p, (1998).
- Haessler, H., et P. Hoang-Trong, La crise sismique de Remiremont (Vosges) de décembre 1984 : Implications tectoniques régionales, *Compte-Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 300, II, 14, (1985).
- Haned, A., La séquence de répliques du séisme de Rambervillers du 22 février 2003, rapport de stage de Mastern Université Louis Pasteur EOST - Strasbourg, 29, (2007).
- Houbon A. Analyse des témoignages individuels macrosismiques, Rapport de Master 2 Géosciences Environnement Risques Spécialité Sciences de la Terre, ULP Strasbourg.(2007).
- Lambert, J., Les tremblements de terre en France, *Mémoire du BRGM*, 43-47, (1997).
- Scherbaum F., F. Cotton et P. Smit, On the use of response spectral reference data for the selection of ground motion models for seismic hazard analysis: the case of rock motion, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 2164-2185, (2004).
- Schlich, R. et Rothé, J.P., Observations sismologiques – la sismicité de la France entre 1971 et 1977, publication du BCSF, Strasbourg, 208p. (1983).
- Schlich, R., Observations sismologiques, sismicité de la France en 1984, 1985 et 1986, publication du BCSF, Strasbourg 229p. (1990).
- Schlupp A, M. Cara et C. Sira, Estimation des effets de site inclus dans les intensités macrosismiques observées. Applications sur des données récentes et historiques, Rapport d'étude du contrat ILL réf: CAS ESP CDC ILL 05-01 Ind. A, En collaboration avec le CEA/DASE/LDG: Marc Nicolas, Alain Gachon. 66 pages, (2006).
- Vogt, J., Les tremblements de terre en France, *Mémoire du BRGM*, 96, 179-188, (1979).

Sites Internet utilisés

<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>
<http://www.prim.net>

Séisme du 25 mai 2003 ouest-sud-ouest de Modane (Savoie)



HEURE
en temps universel :
23h03min TU
(25/05/2003)
en temps légal :
1h03min
(26/05/2003)

MAGNITUDE M_L
RénaSS : 3,6
LDG : 4,0
SISMALP : 3,3

MAGNITUDE M_W
ETH (Zürich) : 3,7

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 45,15° N
long. : 6,51° E
profondeur : 2 km

LDG
lat. : 45,14° N
long. : 6,48° E
profondeur : 4 km

Réseau régional
SISMALP
lat. : 45,01° N
long. : 6,5° E
profondeur : 4 km

BCSF
lat. : 45,12° N
long. : 6,5° E
profondeur : 5 km

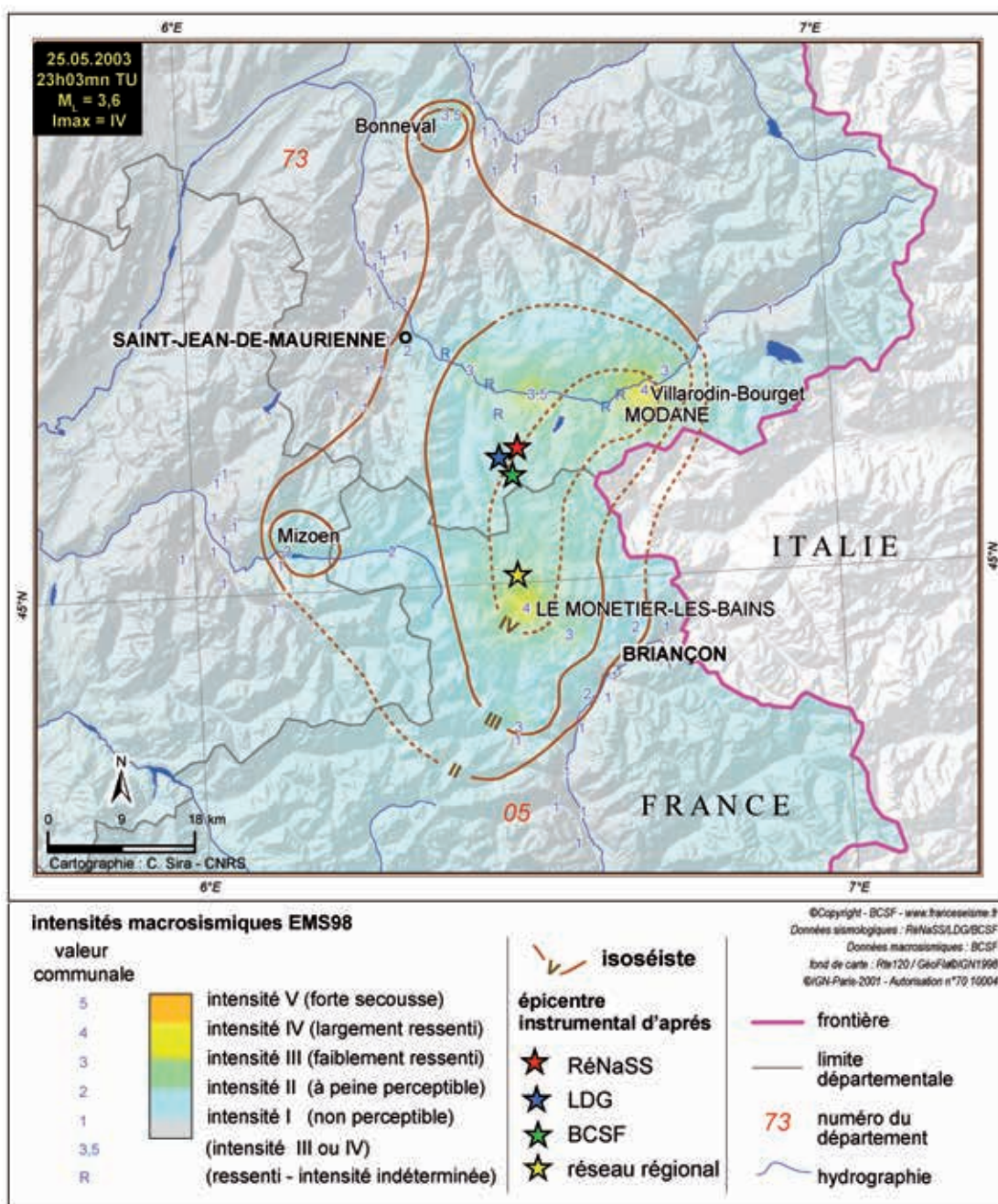


(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 131
secousse ressentie
dans 18 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface : 1155 km²
population : 17400 h.
communes : 22
**Aucun dégât
signalé**



(fig.2)

Observations macrosismiques

Ce séisme localisé dans le département de la Savoie a surpris les habitants dans leur sommeil (1h03 heure locale). D'après les localisations du BCSF, du RéNaSS et du LDG, ce séisme a eu lieu au sud de la vallée de la Maurienne en montagne dans une zone sans village. L'intensité maximale observée pour cet événement, avec une enquête menée dans les 30 km autour de l'épicentre et sur trois départements limitrophes (dépt. 73, 38, 05), ne correspond donc vraisemblablement pas à la valeur réelle. On peut par ailleurs observer que la magnitude locale (M_L) du RéNaSS est intermé-

diaire entre les magnitudes (M_L) de Sismalp et du LDG très proches de la magnitude (M_W) de l'ETH-SED. La valeur IV a été déterminée sur les deux communes de Monétiers-les-Bains (dépt. 05) et de Villarodin-Bourget (dépt. 73) respectivement à 15 et 19 km de l'épicentre du BCSF. La surface couverte par l'isoséiste III est de 1155 km². L'absence de données italiennes ne permet pas d'avoir la forme complète des isoséistes dans leur partie est. Tenant compte de ce biais, on peut néanmoins observer une orientation nord-sud des isoséistes.

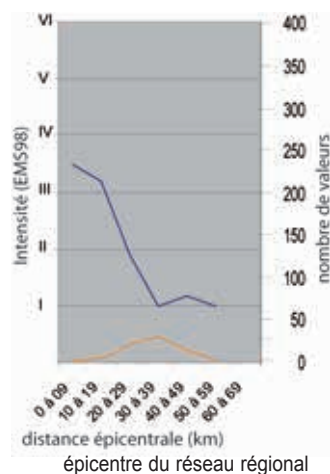
A Modane (dépt. 73, 16 km de l'épicentre du BCSF), la secousse, accompagnée par un fort

grondement, a duré 5 à 6 secondes générant une vibration croissante, suivie d'un balancement nord-sud.

A 23 km de l'épicentre dans la commune de Val des Près, le bruit ressemblait au passage d'un camion dans la rue accompagné durant 3 à

4 secondes par de faibles vibrations.

Ce séisme ressenti au plus loin à 45 km de l'épicentre du BCSF (intensité III-IV Bonneval, dép. 73), n'a fait aucun dégât.



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué en (trait orange).

Séisme du 19 août 2003 nord-est de Pontamur (Puy-de-Dôme)



HEURE
en temps
universel :
19h53min
en temps légal :
21h53min

MAGNITUDE
RéNaSS : 3,6 M_L
LDG : 3,8 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 45,96° N
long. : 2,85° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 45,98° N
long. : 2,8° E
profondeur : 5 km

BCSF
lat. : 45,98° N
long. : 2,81° E
profondeur : 5 km



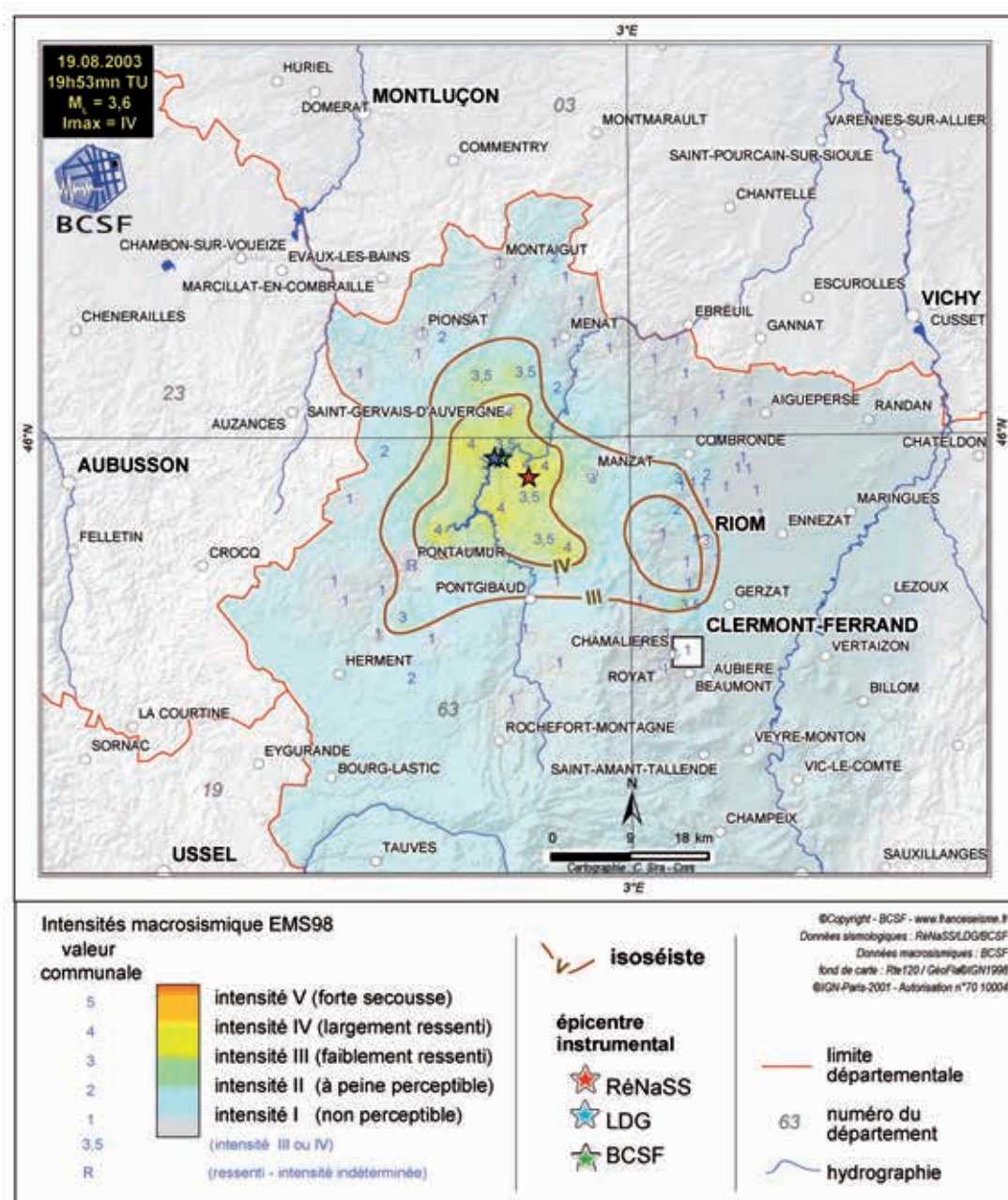
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 89
secousse ressentie
dans 21 communes

**Paramètres de
l'isoséiste III**
surface : 616 km²
population : 17500 h.
communes : 21

**Aucun dégât
signalé**



(19.4)

Observations macrosismiques

Ce séisme a été localisé dans le département du Puy-de-Dôme, dans la Combraille auvergnate à 17 km de Pontaumur. L'enquête du BCSF menée sur ce département a permis d'estimer l'intensité de 79 communes.

L'enquête préfectorale sur les trente premiers kilomètres autour de l'épicentre du BCSF n'a été déployée que sur le département du Puy-de-Dôme. On peut s'interroger sur d'éventuels effets sur la Creuse ou l'Allier, bien qu'aucun témoignage individuel ne nous soit parvenu de ces deux départements limitrophes. L'intensité maximale IV (largement observé) a été estimée pour 7 communes réparties dans les 13 premiers kilomètres autour de l'épicentre du BCSF. 6 autres communes ont subi une intensité III-IV, dont 5 situées dans les 11 premiers kilomètres et 1

(Blanzat) à 27 km.

Quelques appels ont été enregistrés par les services de secours du département de Puy-de-Dôme (Riom, Les Ancizes...). Des répliques ont été ressenties durant le mois de septembre par les habitants sans avoir plus de précision sur les dates et heures de ces répliques. A Pontaumur (16 km de l'épicentre du BCSF) un témoin rapporte qu'il a entendu un grondement sourd, et toute la maison s'est mise à trembler sans que le séisme ne fasse de dégât. Les occupants sont sortis en courant de l'habitation.

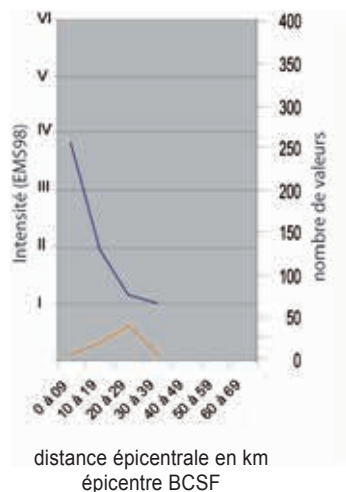
A Saint-Georges de Mons (5 km de l'épicentre du BCSF) deux témoignages rapportent d'autres secousses durant la journée du 19 août avant le séisme 19h53 (TU), semblables "au passage d'un avion à réaction, générant des vibrations du sol". A Pontaumur un témoin signale qu'il a ressenti deux

autres secousses avant le choc principal.

6 événements ont effectivement été enregistrés avant ce séisme dans la même journée :

- 2 h 03 TU : 2,4 M_L
- 2 h 57 TU : 2,8 M_L
- 5 h 30 TU : 3,1 M_L
- 17 h 12 TU : 3,3 M_L
- 18 h 22 TU : 2,9 M_L
- 19 h 26 TU : 1,7 M_L

Sur une zone de 25 km autour de l'épicentre on enregistre annuellement une faible mais régulière activité sismique (2 M_L en moyenne). Avec le séisme du 24 octobre 1981 (3,6 M_L), ce séisme reste le plus important depuis l'année 1980. De nombreuses répliques ont à la suite de l'événement du 19 août 2003 été enregistrées sur cette zone jusqu'à la fin de l'année 2004 (magnitude moyenne à 2 M_L). Les plus importantes étant encore enregistrées le 23 août 2003 (3,3 M_L), le 6 juin 2004 (3 M_L) et le 16 novembre 2004 (3,1 M_L).



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué en (trait orange).

Séisme du 13 octobre 2003

Lacq

(Pyrénées-Atlantiques)



13.10.2003
3h28 TU
ML = 3,9
Imax = ND

HEURE

en temps universel :
03h28 min
en temps légal :
05h28 min

MAGNITUDE

RéNaSS : 3,9 M_L
LDG : 4,0 M_L
RSSP : 3,7 M_L

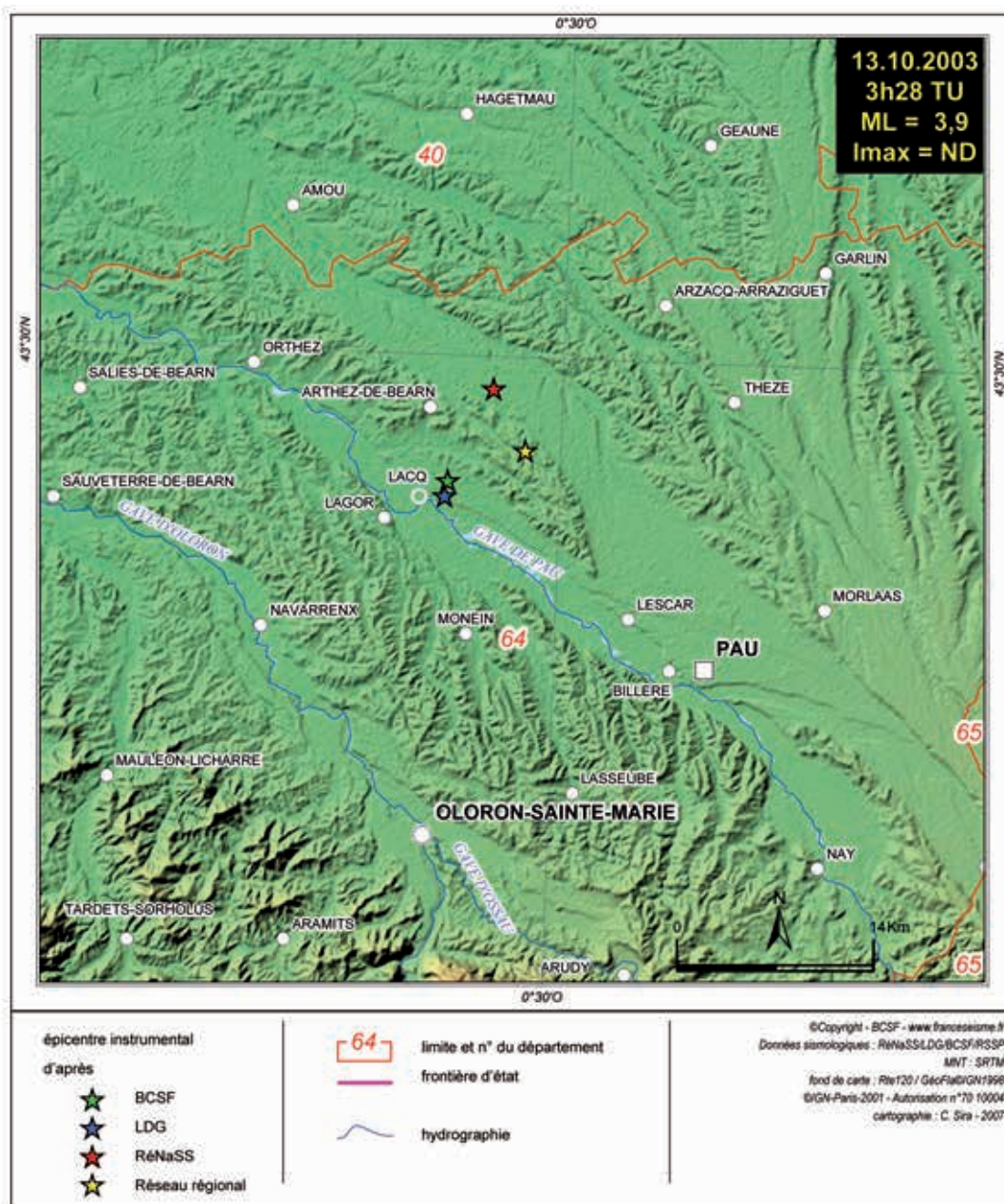
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat.: 43,48° N
long.: 0,56° W
profondeur : 2 km

LDG
lat.: 43,41° N
long.: 0,6° W
profondeur : 5 km

Réseau régional
RSSP
lat.: 43,44° N
long.: 0,53° W
profondeur : - km

BCSF
lat.: 43,42° N
long.: 0,6° W
profondeur : 5 km

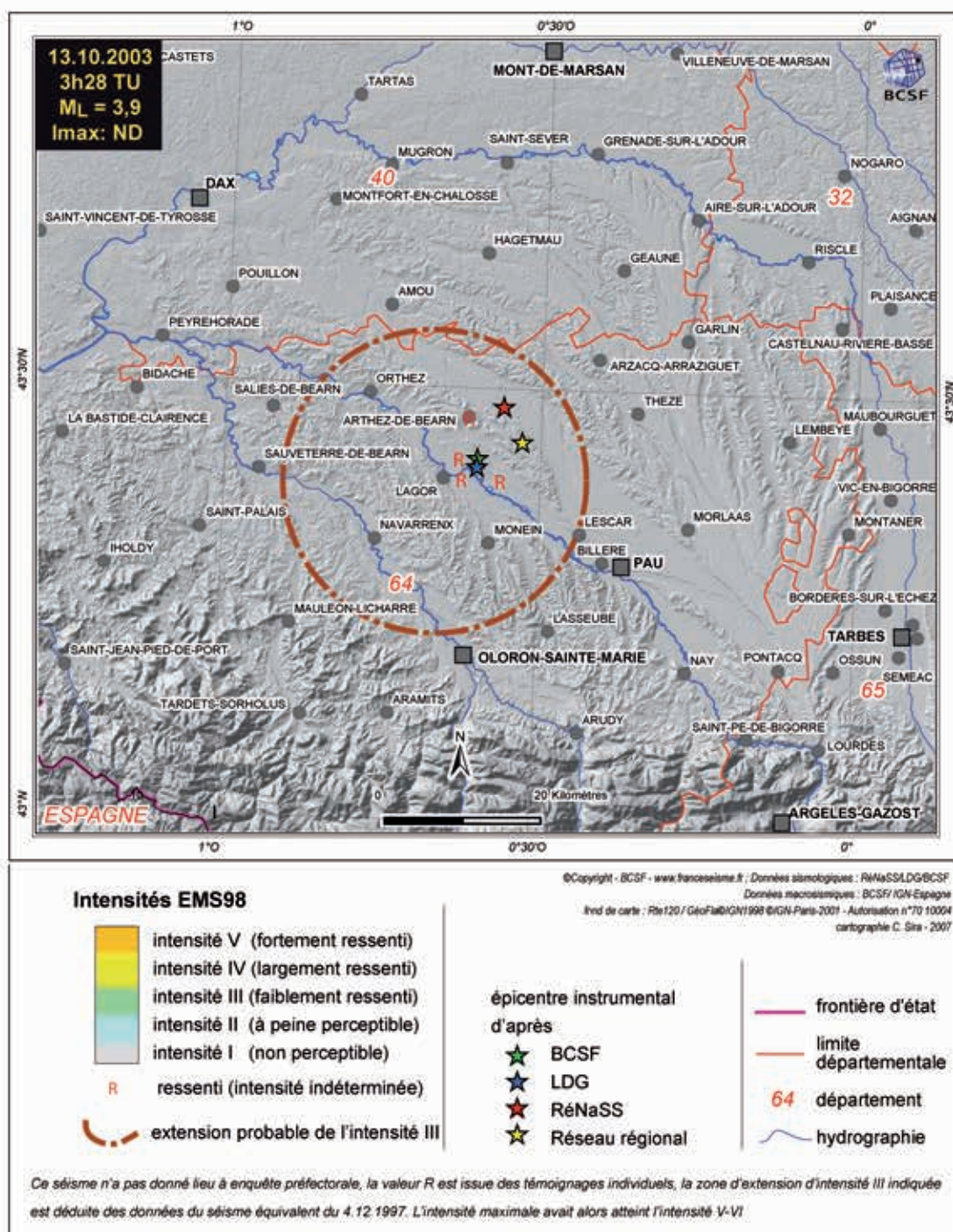


(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : ND
formulaires
collectés : 5
secousse ressentie
dans 4 communes

Aucun dégât
signalé



(fig. 2)

Observations macrosismiques

Localisé près des communes de Lacq et Arthez-de-Béarn dans le département des Pyrénées-Atlantiques, ce séisme n'a pas pu faire l'objet de l'enquête préfectorale. Au vu du séisme de magnitude équivalente du 4 décembre 1997, il est fort probable que l'intensité maximale ait atteint

V-VI. En effet, malgré une magnitude enregistrée modérée, ce séisme est peu profond (5 km selon le réseau de l'Université du Pays de l'Adour de Pau). La surface de l'isoseiste III avait été en 1997 équivalente à 681 km² (voir "vol.1, Observations sismologiques de 1997, 1998, 1999, p.29).

Séisme du 3 février 2004 est de Vielha (Espagne)



HEURE
en temps universel :
21h16mn TU
en temps légal :
22h16mn

MAGNITUDE
RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,7 M_L
RSSP : 3,7 M_L

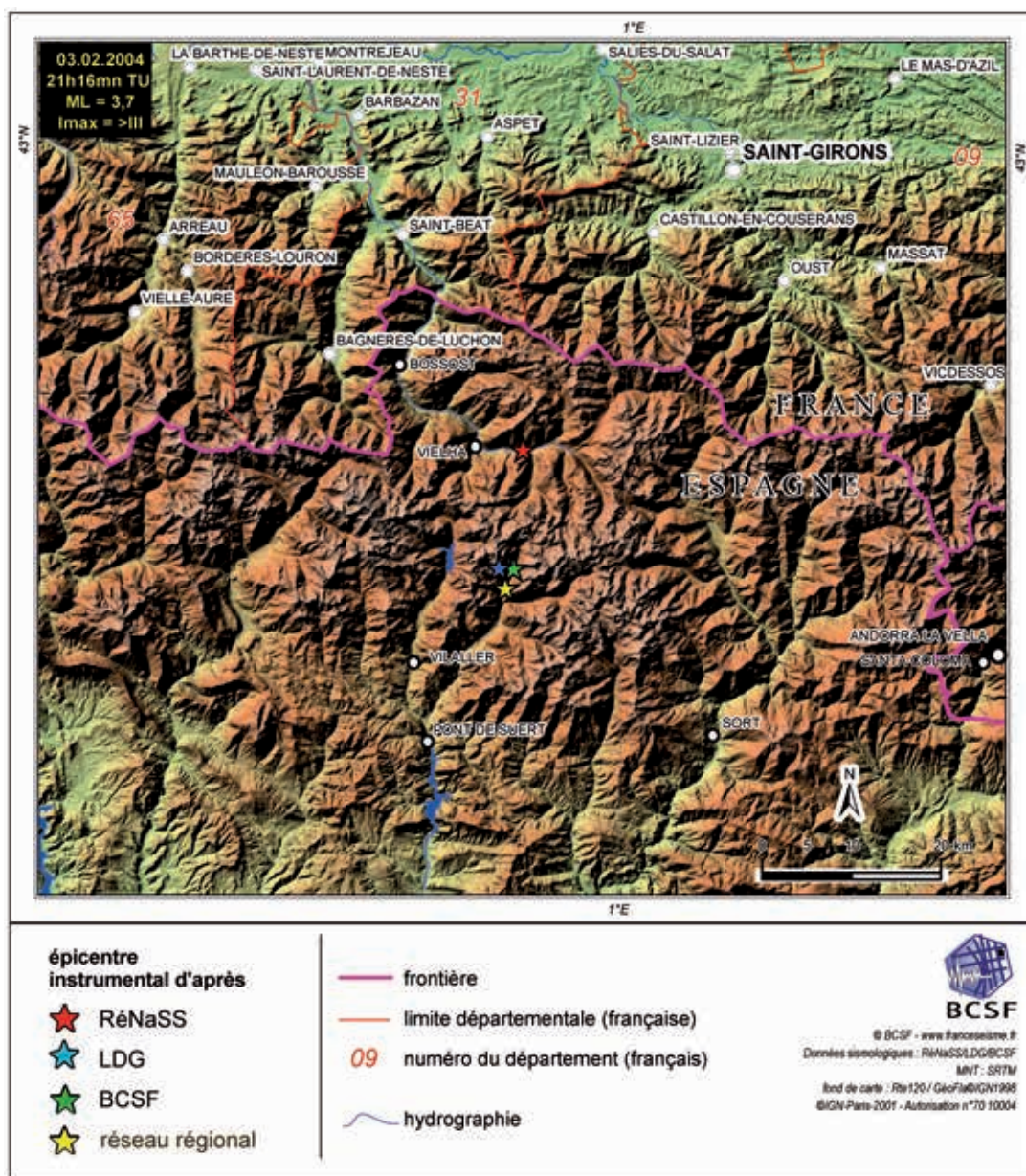
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 42,7° N
long. : 0,86° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 42,58° N
long. : 0,83° E
profondeur : 3 km

RSSP
lat. : 42,56° N
long. : 0,84° E
profondeur : 11 km

BCSF
lat. : 42,58° N
long. : 0,85° W
profondeur : 10 km



((fig.1))

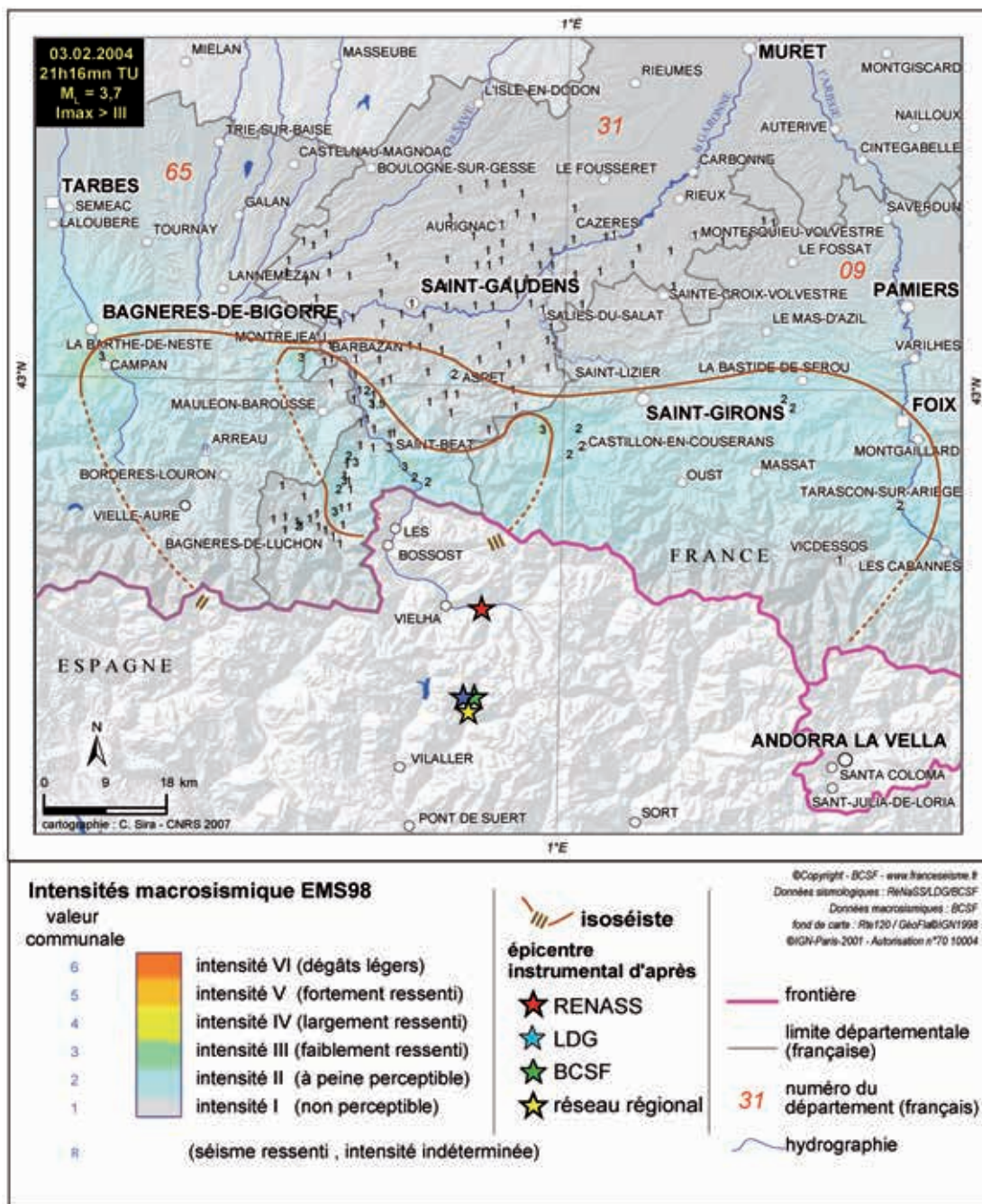
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité maximale :
> III
formulaires
collectés : 429
séisme ressenti dans
24 communes
françaises

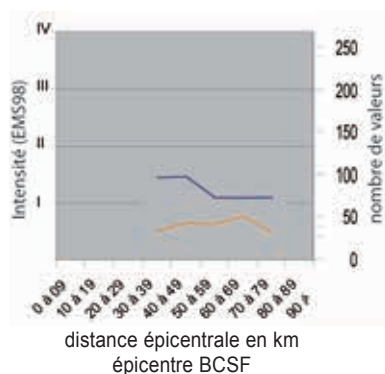
**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface incomplète
isoséiste ouverte
561 km²

population française
habitants : 9600
communes : 80

Dégâts signalés
2 communes



(fig.2)



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épïcéntrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Observations macrosismiques

Localisé à proximité du Val d'Aran à l'est de Vielha en Espagne, ce petit séisme de début de nuit n'a eu que peu d'effets sur la population française aux environs de Saint-Béat dans la Haute-Garonne distante (40 kilomètres de l'épicentre du BCSF). Dans sa grande longueur (est-ouest) l'isoséiste III (faible secousse) n'a pas dépassé la quarantaine de kilomètres. L'intensité maximale, non établie côté espagnol, a sans doute atteint IV. Côté français, les villages de cette étroite vallée de la Garonne où est situé Saint-Béat n'ont pas tous ressenti le séisme de la même façon. La localisation de ces villages, les uns en fond de vallée, les autres à flanc de montagne explique peut-être cette différence de perception. Seuls dégâts connus du BCSF côté français : un mur de clôture et de soutènement en pierres sèches sans doute assez vulnérable s'est écroulé à Saint-Béat et des désordres qui ont été constatés à Seintein (09) au niveau des voûtes de l'église. Ce séisme précèdera d'un an, 2 événements de même magnitude localisés sur cette même zone en janvier et février 2005.

Séisme du 23 février 2004

Roulans (Doubs)



HEURE
 en temps universel :
 17h31 min
 en temps légal :
 18h31 min

MAGNITUDE M_L
 RéNaSS : 5,1
 LDG : 5,5

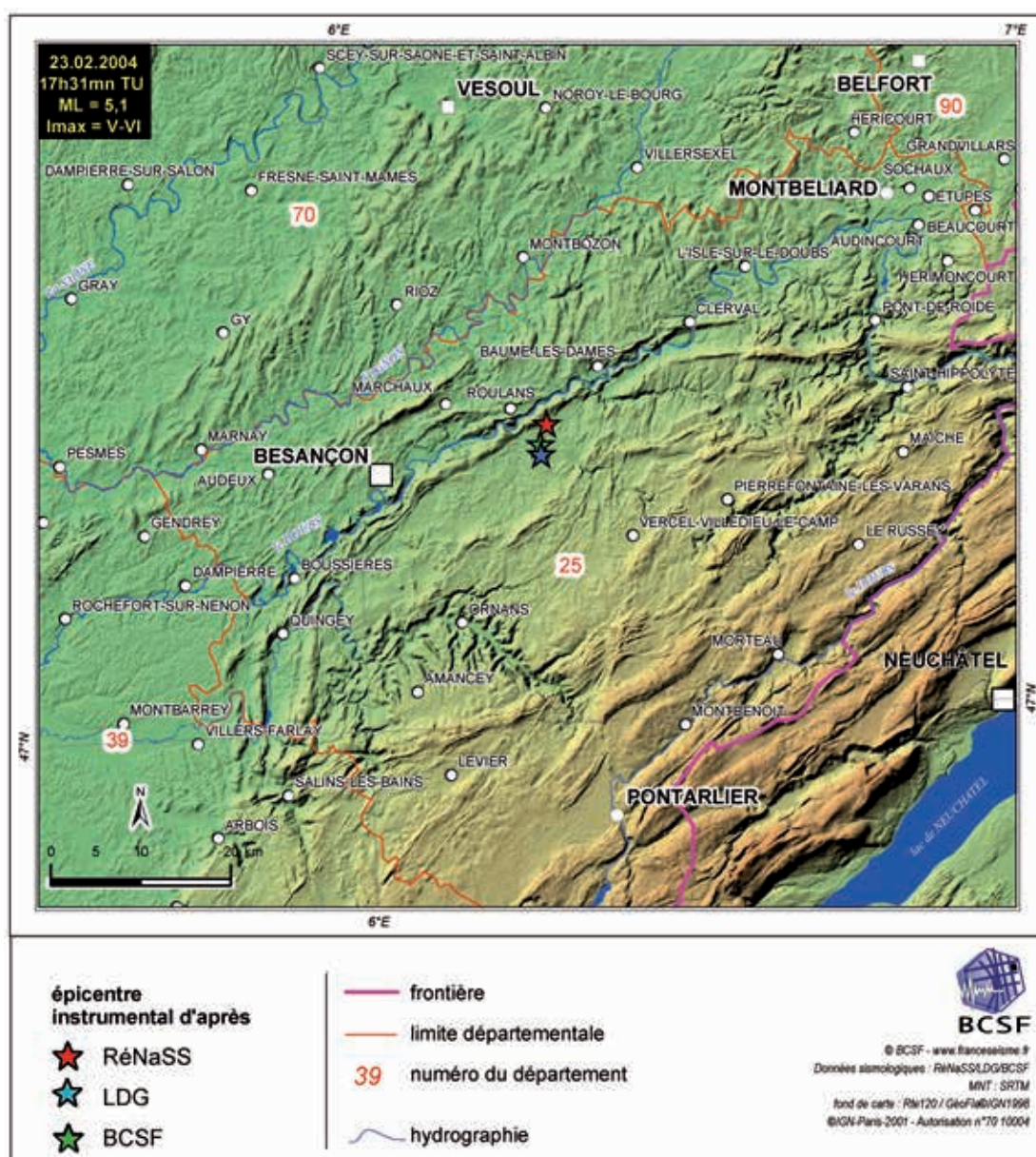
MAGNITUDE M_W
 GéoAzur : 4,4
 ETH (Zürich) : 4,5

**LOCALISATION
 ÉPICENTRE
 D'APRÈS:**

RéNaSS
 lat. : 47,3° N
 long. : 6,28° E
 profondeur : 10 km

LDG
 lat. : 47,27° N
 long. : 6,27° E
 profondeur : 17 km

BCSF
 lat. : 47,28° N
 long. : 6,27° E
 profondeur : 10 km

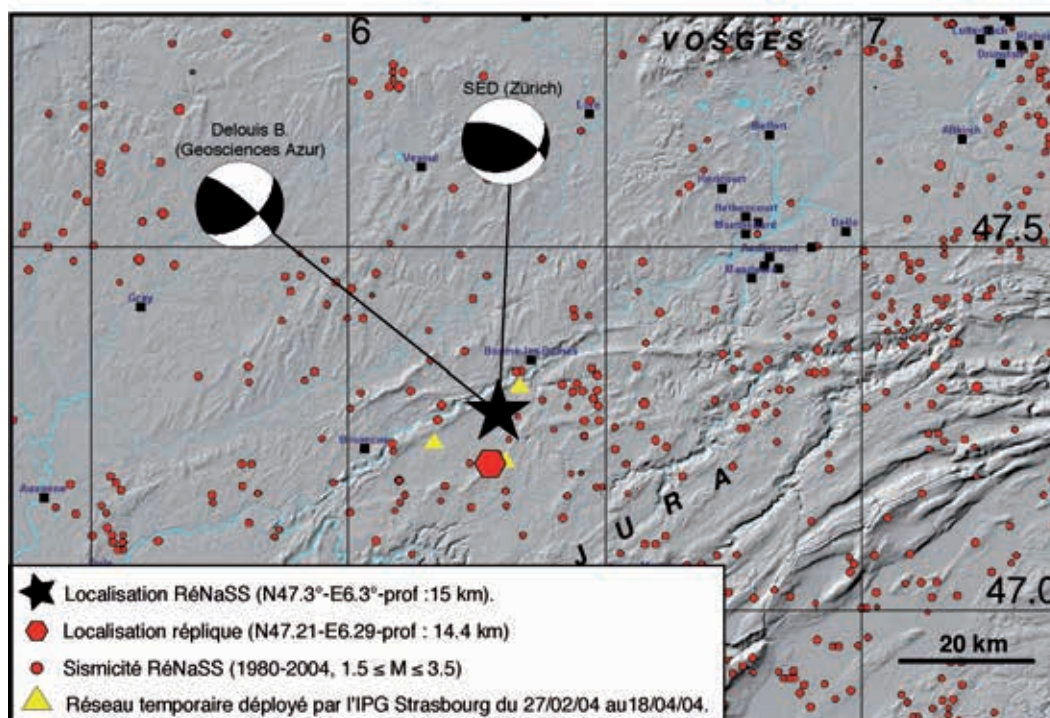


(fig.1)

Contexte tectonique

Le séisme de magnitude 5.1 M_L (RéNaSS) qui s'est produit au nord-est de Besançon (47,3°N, 6,3°E RéNaSS), le lundi 23 février 2004 à 18h31 (heure locale) a provoqué peu de dégâts significatifs (>niveau 2). Un an après le séisme vosgien de Rambervillers (5,4 M_L), ce séisme de magnitude proche (5,1 M_L) a été ressenti durant

plusieurs secondes principalement par la population d'Alsace, de Lorraine, de Franche-Comté, de Bourgogne, et en Rhône Alpes, de même qu'en Suisse et dans le sud-ouest de l'Allemagne. Une seule réplique de magnitude 2,3 M_L a été enregistrée dans la zone épicentrale par le RéNaSS, le 26 février. Contrairement à la crise sismique de Rambervillers (2003, dép.88) qui, un an après, produisait encore des répliques, ce séisme de



(fig.2) Carte de localisation des épicentres instrumentaux (par organisme) et mécanismes au foyer
(Jérôme Van der Woerd - UMR7516 – EOST)

magnitude légèrement plus faible et plus profond est donc resté très pauvre en répliques. La région a connu dans le passé des séismes de magnitude comparable ou supérieure, comme les tremblements de terre de Thise (octobre 1828 ; $Io=VI-VII$), du Jura Suisse (janvier 1925 ; $Io=VI-VII$), ou encore de Remiremont plus au nord (1682 ; $Io=VIII$) et de Bâle à l'est (1356, $Io=X$). Les derniers séismes de magnitude comparable les plus proches sont celui de Rambervillers (22 février 2003, $M_L=5,4$ (RéNaSS) ; $Io=VI$) situé à 120 km au nord et celui de Remiremont de 1984 (4,8 M_L (LDG); $Io=VI$) à 90 km au nord.

Complétant les réseaux permanents du RéNaSS, du LDG, du RAP et les stations suisses de l'ETH, trois stations ont été temporairement déployées le 27 février pour une durée de deux mois par les équipes de Strasbourg autour de la zone épicentrale. Une seule réplique a été enregistrée par les stations temporaires pendant cette période.

Un mécanisme au foyer a été calculé par le Centre Sismologique Suisse de Zurich par modélisation de formes d'ondes (<http://seismo.ethz.ch/>). Ce mécanisme indique que ce séisme a eu lieu soit sur une faille inverse-sénestre N64 à pendage faible vers le sud (35°), soit sur une faille inverse-dextre N115 à pendage vers le nord (67°). Ce mécanisme est très proche de la détermination effectuée indépendamment par inversion des données accéléromé-

triques (RAP) par B. Delouis (Geosciences Azur), avec cependant un plan N115-130 plus vertical. Selon le plan de glissement choisi, le mouvement pourrait être purement sénestre sur un plan N50-60 à pendage faible, ou bien dextre sur un plan N115-130.

L'hypocentre est profond pour un événement crustal en France, entre 14 et 16 km, selon les différentes agences (RéNaSS, LGIT, LDG). L'enregistrement et la localisation de l'unique réplique du 8 mars (47,207°N - 6,288°E - prof : 14,5 km) par le réseau temporaire dans la zone épicentrale confirme la profondeur de l'hypocentre.

La région épicentrale se situe dans la partie septentrionale du Jura, sur la bordure nord-est du plateau de la Saône, presque à l'aplomb de la vallée du Doubs, à environ 20 km au NE de Besançon. Ici, la couverture plissée du Jura n'atteint probablement pas 3 km d'épaisseur, ce qui situe la zone de décollement jurassique à quelques kilomètres de la surface. Le foyer du tremblement de terre étant profond, il s'agit très probablement d'un accident du socle primaire qui aurait rejoué. Ceci serait compatible avec la réactivation de failles hercyniennes ou oligocènes de direction N60 identifiées dans le socle. Une partie du mouvement inverse dans le socle pourrait s'être propagé en surface et être à l'origine

des plis localisés du front du Jura.

Le séisme de Roulans a été enregistré par la plupart des stations du Réseau Accélérométrique Permanent RAP, (<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>), depuis celles du Réseau Fossé-Rhénan

(RAP-EOST), jusqu'à celles du Réseau Alpes (RAP-LGIT) et du Réseau Sud-Est (RAP-AZUR), (fig.3).

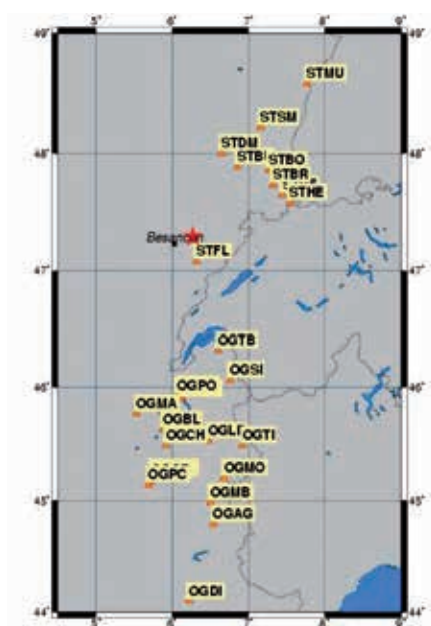
Accélérométrie

Accélérations maximales

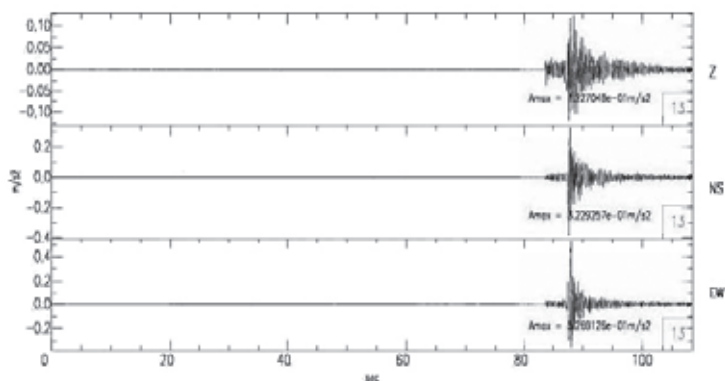
La station la plus proche de l'épicentre, située à 24 km sur la commune de Fournets-Luisans, a enregistré une accélération maximale égale à 0.53 m/s^2 , soit $0.05g$ (g =accélération de la pesanteur, soit 9.81 m/s^2), (fig.3). Suivant le zonage sismique de la France défini par les règles parasismiques PS92 (<http://www.prim.net>), cette station se situe dans la zone 0 (sismicité négligeable mais non nulle) pour laquelle aucune accélération réglementaire n'est à prendre en compte pour la construction parasismique.

Lois d'atténuation

La décroissance avec la distance des accélérations enregistrées se situe dans la gamme de valeurs prédites par les lois d'atténuation utilisées en Europe, établies pour un type de magnitude et un rang de distance épicentrale.



(fig.3) Localisation de l'épicentre (étoile rouge) et des stations du RAP ayant enregistré le séisme.



(fig.4) Enregistrement de l'accélération du sol observée à la station STFL (RAP-EOST) située à 24km de l'épicentre.

Accélérations du sol en
m/s² enregistrées par les
stations du RAP

Stations	Distance épicentrale (km)	ZZ m/s ²	NS m/s ²	EW m/s ²
STFL	24	0,123	0,381	0,527
STBU	79	0,117	0,175	0,150
STDM	84	0,058	0,086	0,097
STBR	93	0,046	0,175	0,176
STUF	97	0,113	0,139	0,218
STBO	98	0,020	0,030	0,054
STHE	101	0,046	0,048	0,049
STSM	123	0,031	0,029	0,039
STMU	182	0,087	0,099	0,047
OGTB	111	0,017	0,020	0,037
OGSI	142	0,009	0,011	0,013
OGEP	152	0,038	0,067	0,066
OGPO	153	0,022	0,049	0,043
OGAN	155	0,016	0,024	0,023
OGAP	155	0,093	0,231	0,263
OGMA	179	0,079	0,152	0,163
OGBL	188	0,052	0,091	0,058
OGLE	197	0,010	0,012	0,019
OGCH	203	0,027	0,035	0,037
OGTI	207	0,004	0,003	0,004
OGFB	236	0,007	0,007	0,008
OGFH	236	0,025	0,037	0,029
OGMO	235	0,008	0,007	0,005
OGCU	236	0,024	0,039	0,033
OGMU	237	0,018	0,023	0,029
OGSR	239	0,025	0,025	0,043
OGDH	240	0,044	0,063	0,063
OGPC	244	0,009	0,018	0,016
OGMB	258	0,003	0,007	0,007
OGAG	280	0,003	0,004	0,004
OGDI	356	0,002	0,003	0,003

Effets de site

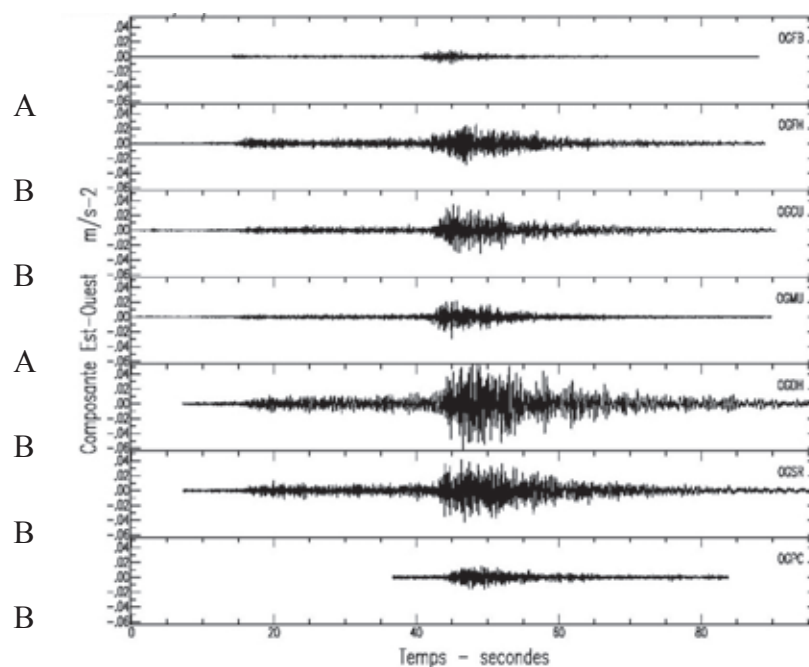
Malgré la distance, le séisme a été particulièrement bien ressenti dans la région grenobloise, à environ 240 km au sud de l'épicentre (remarque faite par l'équipe du site central du RAP à Grenoble). La configuration particulière du bassin de Grenoble, un bassin profond rempli de sédiments peu consolidés encastrés dans des massifs montagneux particulièrement rigides, joue le rôle de caisse de résonance pour les ondes sismiques. Le mouvement au centre de la vallée a donc été amplifié par rapport au mouvement enregistré par une station placée sur le rocher proche.

(fig.5) Composante Est-Ouest des
accélérations du sol enregistrées dans
la région de Grenoble (38).

A : Stations au rocher

B : Stations dans le bassin

Site Web : <http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>



**DONNÉES
MACROSISMQUES**

intensité
maximale :
V-VI
formulaires
collectés : 1 084
dont 4909 formulai-
res collectifs et
6174 individuels

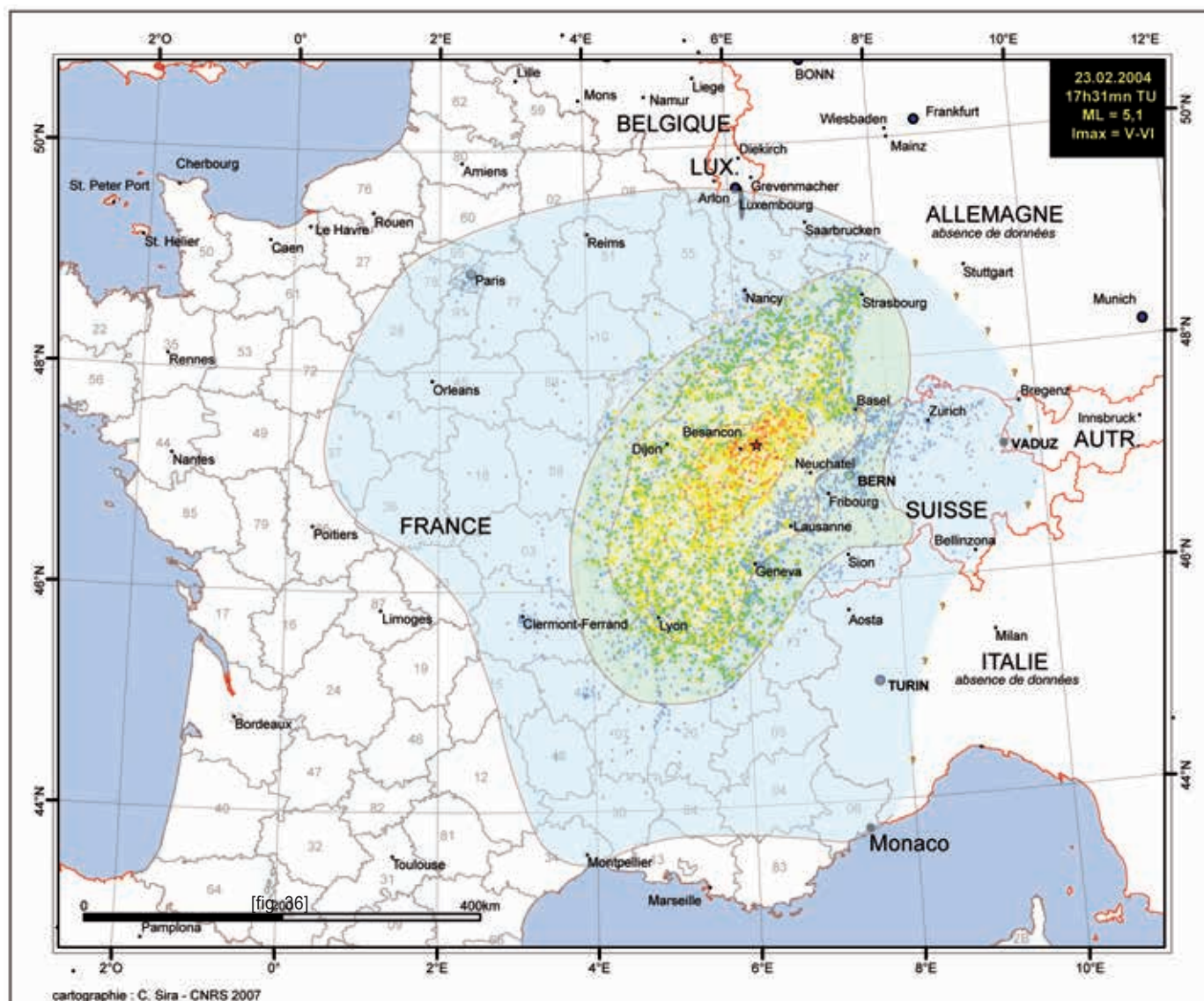
séisme ressenti
dans 3812 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**

surface : 100503 km²
population (partie française) :
8 824 000 h.
6721 communes (partie française)

Dégâts signalés

644 communes françaises
(selon formulaires collectifs)

**intensités macrosismiques EMS98**

valeur
communale

isoséiste



intensité V (forte secousse)
intensité IV (largement ressenti)
intensité III (faiblement ressenti)
intensité II (à peine perceptible)
intensité I (non perceptible)
ressenti - intensité indéterminée

valeur de
l'isoséiste

tracé incertain

★
épïcéntré
instrumental

frontière

limite
départementale (française)

numéro du
département (français)

©Copyright - BCSF - www.francosisme.fr
Données sismologiques : RéNaSSLDG/BCSF
Données macrosismiques : BCSF / SED-SSS
fond de carte : Rhy120 / GeoPAGIGN1998
IGN-Paris 2001 - Autorisation n°70 10004

Estimation of intensity
C. Sira (1), P. Kauder-Krueger (2)
BCSF (1), SED-SSS (2)

Use of data in the English text are however
approved following different procedures

Bureau central
sismologique français (BCSF)
Schweizerischer Erdbebenrat
Swiss Seismological Service (SED-SSS)



(fig.6)

Procédure d'enquête macrosismique

Le BCSF s'est mis en contact avec les organismes d'Etat, EDF, DDE, Sécurité civile, pour collecter les effets produits par le séisme. Au vu des effets ponctuels et modérés sur les constructions, il n'a pas été nécessaire de faire une mission sur le terrain pour estimer des intensités.

L'enquête lancée le soir même de l'évènement a permis de collecter 6174 témoignages individuels par internet, répartis sur 48 départements.

Un nouveau formulaire collectif a été utilisé lors de cette étude permettant d'apprécier la typologie des bâtiments présents sur la commune et d'obtenir une approche quantitative des bâtiments touchés.

Les SIDPC des préfectures des départements suivants ont diffusé le formulaire collectif du BCSF sur tout ou partie de leurs communes selon les cas (mairies, casernes de sapeurs-pompiers, gendarmeries) : l'Ain, le Doubs, l'Isère, le Jura, la Haute-Marne, la Meurthe-et-Moselle, la Moselle, le Bas-Rhin, le Haut-Rhin, le Rhône, la Haute-Saône, la Saône et Loire, la Haute-Savoie, les Vosges. Ce travail a permis d'estimer l'intensité pour 3709 communes, de repérer des effets (sans estimation d'intensités) sur 733 communes complémentaires.

Détails par département

Localisé dans la vallée du Doubs, dans le canton de Roulans, près de Besançon, ce séisme a produit une intensité maximale égale à V-VI, dans 9 communes du Doubs, soit un degré en dessous des intensités maximales observées lors du séisme de Rambervillers en février 2003 à 120 km plus au nord.

L'enquête montre que ce séisme a été très largement ressenti par la population de l'est de la France. La secousse a été identifiée sporadiquement à de grandes distances comme en région parisienne, à Orléans, à Blois, ou encore plus au sud à Avignon soit à plus de 350 km de l'épicentre (avec des témoignages provenant d'étages inférieurs aux 3^e et 4^e).

La forme ellipsoïdale des isoséistes est nettement orientée nord-est sud-ouest, comme la direction

locale des plissements jurassiens.

La propagation de la secousse a été plus importante dans la direction sud-sud-ouest que dans la direction nord-nord-est. Le rayon de l'isoséiste IV est par exemple de 200 km vers le sud-sud-ouest et 150 km seulement vers le nord-nord-est. On retrouve ce rapport pour l'ensemble des isoséistes supérieures à II.

Si l'isoséiste V (forte secousse) est assez bien délimitée sur la carte avec une surface de près de 9000 km² (675 800 habitants) et un rayon (dans sa grande longueur) de près de 90 km, les isoséistes III et IV sont elles, plus difficiles à délimiter avec certitude l'une de l'autre.

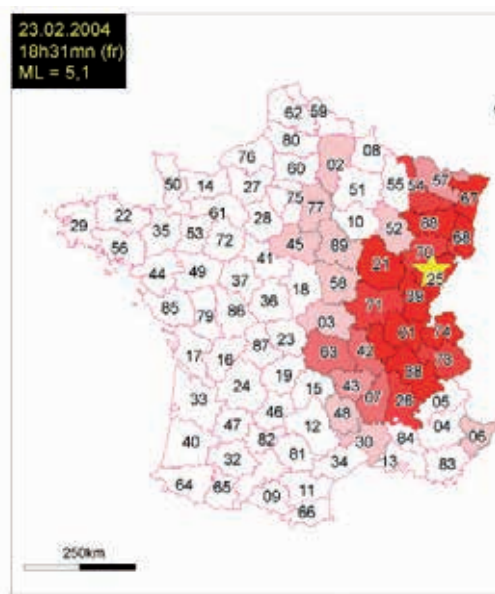
Bien que le rayon d'enquête de 200 km du BCSF (diffusion de formulaires collectifs) semble dépassé dans la partie sud, il est vraisemblable que dans sa grande longueur, le rayon de l'isoséiste III (faible secousse) ait atteint environ 270 km. Celui de l'isoséiste IV atteint quant à lui 200 km.

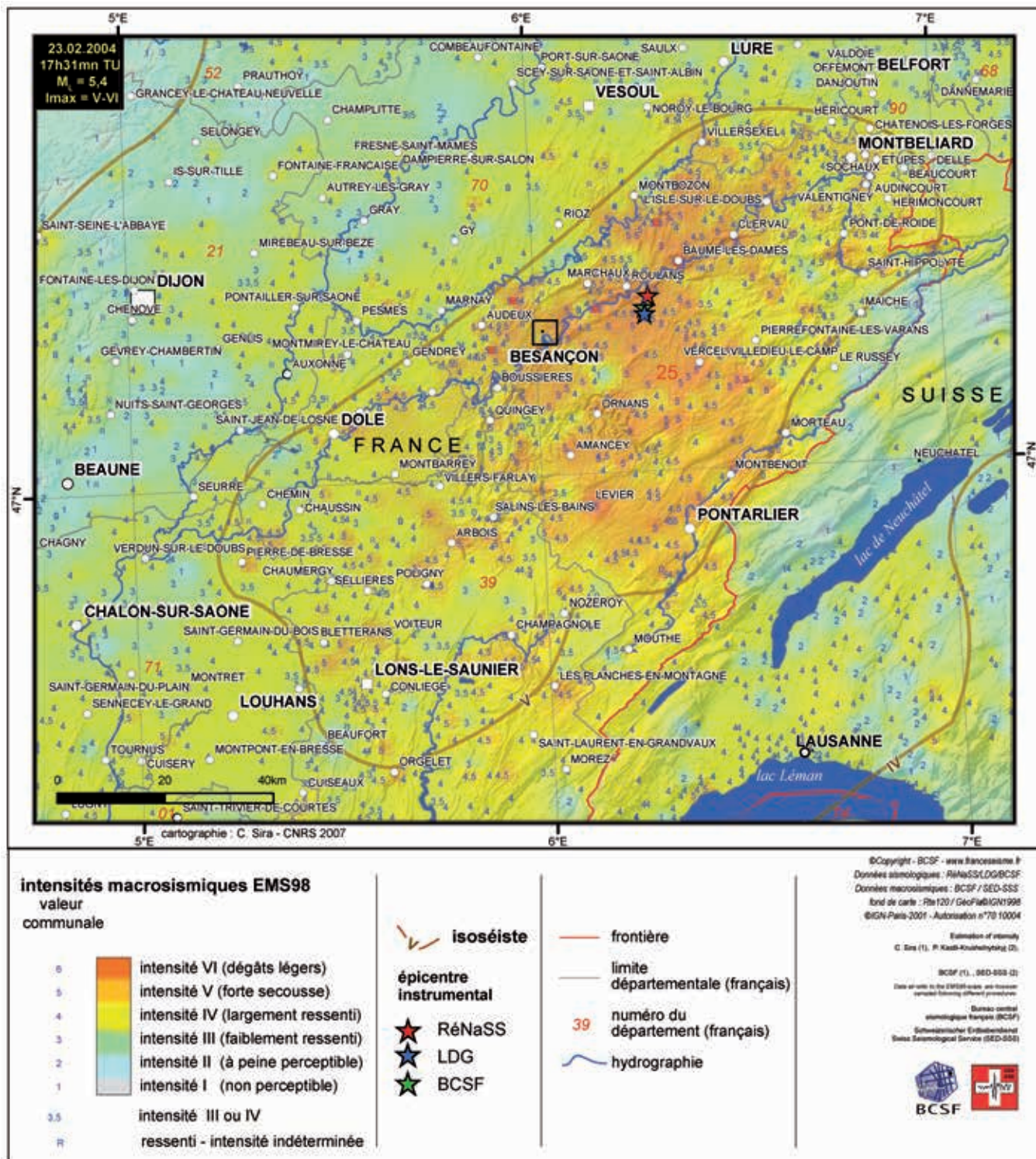
La limite sud de perception ne semble pas avoir dépassé 450 km (Montpellier - dép.34). A l'ouest la distance maximale de perception semble s'arrêter vers 420 km. l'absence de données sur l'Allemagne et l'Italie ne permet pas de connaître les limites est. Cependant au regard des données collectées sur le territoire suisse les effets semblent avoir été propagés sur des distances inférieures. L'intensité maximale (V-VI) atteinte explique le calme relatif de la population lors de cet évènement. Les dégâts restent assez modérés même sur la zone épiscopale. Néanmoins des fissures fines générées par le séisme de Rambervillers ont pu être aggravées par ce dernier tremblement de terre entre Besançon et Montbéliard.

Selon des témoins, la secousse a duré jusqu'à une dizaine de secondes, provoquant une coupure d'électricité dans de nombreuses communes de la zone épiscopale. Les médias ont reçu de nombreux appels de la population, les services d'incendie et de secours n'ont eu que peu d'interventions à effectuer.

La région nord-est de la France comporte plusieurs installations nucléaires de base. Le centre de Valduc (CEA) et la centrale nucléaire de Fessenheim (EDF) sont les installations les plus proches de l'épicentre (respectivement 110 à 120 km). D'après les exploitants de ces installations, le séisme n'a été ressenti par le personnel qu'à Fessenheim, mais le seuil de déclenchement des accéléromètres qui équipent ce site n'a pas été atteint. Au cours des vérifications effectuées, conformément à la procédure, les exploitants n'ont pas constaté d'anomalie. (source Institut de

(fig.7) 1400 témoignages Internet reçus le 24/02/04 à 9h00





(fig.8)

recherche et de surveillance nucléaire; www.irs.fr).

Doubs (25)

Le Codis a enregistré 750 appels entre 18h30 et 19h30. Le rythme habituel étant d'une centaine d'appels, le nombre réel pour le séisme doit approcher des 600. Le centre a effectué 17 interventions, principalement pour des blocages d'ascenseurs liés à la coupure d'électricité de Besançon. Deux fuites

de gaz ont été signalées à Besançon et au Pirey. Pour la panne d'électricité de Besançon, EDF-Besançon a expliqué que l'un des 4 postes de transformation-alimentation (20 000 volts) au sud-est de Besançon au lieu-dit "Près-de-Vaux" a connu l'oscillation de ses bacs d'huile de refroidissement, ce qui a déclenché la mise en sécurité du système et donc la coupure d'électricité de près de 21000 clients sur le centre ville de Besançon et le quartier de la Planose. Trois quarts d'heure à une heure plus tard, seul le lieu-dit de Larnods (450 clients)

n'était pas rétabli, un incident sur la ligne (fibres cassées) s'étant également produit.

Le même phénomène s'est produit sur la commune de Baume-les-Dames mais le poste d'alimentation a été relayé quelques secondes plus tard automatiquement par un autre poste "source".

Du côté du réseau GDF, les alertes sur fuite de gaz lancées dans un premier temps n'ont pas été confirmées par les techniciens venus sur place. Sur le département du Doubs, le téléphone a été perturbé durant environ 2h suite à une surcharge du réseau par les appels en nombre ; un phénomène que les spécialistes ont constaté sur le téléphone fixe comme sur le réseau mobile.

Selon la DDE (Service Gestion infrastructures) aucun dégât n'est apparu sur les ouvrages d'art et les infrastructures gérés par la DDE sur le département du Doubs.

A Besançon, (I = V, distance 20 km), les témoignages diffèrent d'un quartier à l'autre. Si à la piscine municipale, à la gare, en voiture ou à l'extérieur, le séisme n'a pas toujours été perçu, la plupart des habitants de la ville parlent d'une secousse souvent forte et bien ressentie entraînant d'importantes vibrations sur les objets. Dans un supermarché, situé sur la route de Dole, le choc ressemblait à celui d'un "camion heurtant le bâtiment". Avenue Villarceau, les témoins ont cru à une explosion de gaz. Certaines personnes ont été particulièrement choquées suite à cette secousse, ressentant un sentiment d'impuissance et se posant de fortes interrogations durant les vibrations sur la durée des effets et leurs conséquences. Est-ce que cela va recommencer ? L'immeuble va-t-il résister ?

Certains témoins relatent un seul choc violent ; dans d'autres lieux la vibration est plus progressive : "les vibrations viennent du sol progressivement. On pense tout d'abord à un gros camion qui vrombit à en faire trembler le sol, puis à une vibration du type perceuse à percussion qui viendrait du voisin en dessous. Enfin on ressent nettement le balancement de l'immeuble tout ceci en quelques secondes."

Le bruit est quelques fois décrit comme une forte bourrasque ou le glissement de la neige sur le toit.



A Baume-les-Dames (I = V-VI, distance 8 km), le séisme a été généralement ressenti comme un fort grondement, une déflagration. Les témoins ont observé l'oscillation des structures des bâtiments, un

Fissure chaussée RN83 - Baume-les-Dames (Photo DDE)

ébranlement des murs ; certains ont cru un instant à "l'explosion puis l'écroulement de leur cheminée d'appartement", d'autres ont rapproché cela "d'un passage de char à vive allure sur la chaussée", d'autres encore parlent d'une similitude avec une chaudière qui s'emballait. Selon le directeur des services techniques de la ville, la population a dans son ensemble gardé son calme, il n'y a eu ni mouvement de foule, ni panique sur la ville. Le lendemain, la mairie n'a pas connu de déferlement de questions. Des fissures ont été relevées sur la chaussée de la RN 83 (traversée de Baume-les-Dames) par la DDE (Direction départementale de l'équipement). La mairie a signalé 125 bâtiments endommagés par des dégâts principalement de niveau 1, auxquels il faut rajouter selon les témoignages individuels quelques chutes de mortier (3), quelques fissures de joints de poutres (24), quelques chutes de couronnes de cheminées (8), 1 chute de cheminée complète. Le centre ancien de Baume-les-Dames est construit en pierres de maçonnerie traditionnelle, la périphérie de la ville est quant à elle constituée d'un habitat plus récent en parpaings. Les effets aux constructions sont cependant indifféremment localisés sur l'une ou l'autre des parties.

Sur la commune d'Auxon-Dessous (I = V-VI, distance 25 km), l'église a été fermée au public par mesure de sécurité. Le séisme a provoqué la chute d'un médaillon en plâtre au dessus de l'autel, ainsi qu'à la croisée des transepts. Des fissures et la chute de crépis ont été observées sur le plafond de la nef. Quelques déplacements de mobiliers et des chutes d'objets ont été relevés sur la commune.

Sur la commune de Cuse-et-Ardrisans (I = V-VI, distance 22 km), des fissures fines ont été signalées dans des cours pavées et une cheminée est tombée sur la voie publique en détériorant un véhicule en stationnement.

Dans l'église de la commune de Vaire-Arcier (I = V-VI, distance 10 km), la charpente a été déplacée, la rosace est tombée sur la clé de voûte. 18 bâtiments sur 215 ont connu des dommages : fissures fines ou larges, intérieures et extérieures, soulèvements de carrelage, décollement de faïences, désolidarisation de chape, chute de crépis. Dans la commune de Levier (I = V-VI, distance 40 km), d'environ 600 habitations, une cheminée est également tombée. Neuf habitations au total ont connu des dommages, avec de fissures et des chutes de morceaux de plâtre. Quelques vitres ont été brisées.

Le maire de Chemaudin, après enquête auprès des habitants, a rapporté une synthèse intéressante des effets sur sa commune. La secousse a été ressentie de façon très importante, comme si

(photo 9)

"un camion vrombissait sous les maisons". Les objets, cadres, livres, bibelots ont été déplacés mais ne sont pas tombés. Les portes n'ont pas été ouvertes. Les murs ont oscillé très visiblement.

La partie historique du village, située sur le haut de la commune, n'a connu que peu de dégâts sur ses maisons du XIX^e siècle en pierre de taille. Par contre les dommages aux bâtiments semblent situés principalement dans le bas de la commune sur des maisons pourtant classées en moins grande vulnérabilité (parpaings). De nouvelles fissures fines ont été relevées, tandis que les anciennes ont connu un net agrandissement (de l'ordre du cm). Quelques chapeaux de cheminées (3 ou 4), pourtant en bon état ont chuté des toits. Des morceaux de plâtres sont tombés. Des enrobés ont été fissurés. La zone industrielle de la commune où se trouvent localisés des bâtiments en structure métallique n'a pas répondu à l'enquête, mais on peut supposer, compte tenu de leur faible vulnérabilité, qu'il n'y a pas eu de dégât. En tout 70 bâtiments sur les 470 existant ont connu des effets suite à ce séisme. Même si les fissures relevées ne sont pas toujours causées par le séisme, le nombre de bâtiments touchés reste important.

A Rougemont, commune de 1200 habitants, une partie de cheminée a été désolidarisée.

Près de la Commune de Pelousey, à 27 km à l'ouest de l'épicentre, un témoin a remarqué près de son domicile des déformations de terrain suite à l'événement.

Jura (39)

L'impression d'un bruit sourd venant du sous-sol a provoqué quelques frayeurs sur ce département voisin du Doubs, sans générer d'effets majeurs. Le Codis a fait état de 450 appels, principalement de personnes cherchant à comprendre la situation. Trois reconnaissances ont eu lieu dont une nécessitant une intervention rue Tamisier au centre ville de **Lons-le-Saunier** (I = IV-V, distance 89 km), pour une cheminée ayant perdu quelques morceaux de crépis.

EDF a confirmé que le Barrage de Vouglans n'a subi aucun dommage.

A Foucherans (I = V, distance 67 km), comme à Lons-le-Saunier (I=IV-V, distance 89 km), la télévision a été brouillée quelques instants, les meubles et les bibelots se sont mis à trembler, mais rien n'a été cassé. Le réseau téléphonique a connu là aussi quelques saturations pendant un quart d'heure, tout comme à Authume (I = IV, distance 62 km), et à Dole (I = IV, distance 64 km).

Dans la commune de Ney (I = IV-V, distance

69 km), ce sont tout d'abord les animaux domestiques qui ont montré des signes de peur. La secousse n'a pas provoqué de dégât, la neige n'est pas tombée des arbres mais les habitants ont été pourtant impressionnés et ont fait part d'un sentiment d'impuissance.

Dans la commune de Chaussin (I = IV, distance 75 km), les lignes électriques et téléphoniques décrivaient un mouvement d'oscillation. A Lons-le-Saunier un témoin a observé celui des poteaux électriques. Quelques dégâts mineurs ont été relevés, comme la chute d'une brique de cheminée, quelques chutes de morceaux de crépis, ou de rares fissures de niveau 1.

Territoire-de-Belfort (90)

La secousse a été ici globalement moins forte qu'en 2003 lors du séisme de Rambervillers. Le grondement sourd perçu a suscité la curiosité des habitants. Un mouvement ondulatoire des bâtiments a été souvent décrit. Une centaine d'appels sont parvenus au Codis. Les témoins n'ont pas toujours identifié la vibration comme provenant d'un tremblement de terre.

Haute-Saône (70)

Les habitants ne sont pas sortis précipitamment, mais se sont interrogés sur l'origine de ces effets. A Vesoul (I=IV, distance 36 km), la secousse a surpris les habitants. Le Codis a également reçu de nombreux appels provenant notamment du sud du département, plus proche de l'épicentre (communes de Gray et d'Héricourt, 54 et 47 km). Aucune intervention n'a été nécessaire sur le terrain. La population signale nettement deux chocs successifs.

Les communes ayant connu l'intensité la plus forte du département (V) se trouvent, au sud de celui-ci, proche de la limite départementale du Doubs et à une distance maximale de 40 km de l'épicentre : Melecey, Cenans, Villersexel, Monbozon, Granges-le-bourg, Vadans, Chaumercenne, et Etrelles-et-la Montbleuse.

Saône-et-Loire (71)

A l'ouest de l'épicentre, la population a bien ressenti les effets du séisme notamment sur la partie est du département. Le Codis est intervenu par 3 reprises à **Chalon-sur-Saône** (I = II, distance 78 km), dont une pour la chute d'une partie d'un conduit de cheminée de chauffage collectif déjà fragilisé rue Pierre Deliry (Journal Saône-et-Loire). Comme pour l'ensemble des agglomérations comprenant des immeubles de grande

hauteur, c'est dans les étages supérieurs au 5^{ème} que les personnes ont été témoins d'effets plus forts (amplification) engendrant dans certains cas des réactions de panique. Sur ce département la secousse a été largement ressentie et a créé de légers effets de niveau 1 sur les constructions les plus vulnérables (fissures, débris de plâtres). Au centre-ville de Mâcon (I = III, distance 156 km) les verres ont tremblé sur les étagères.

"Cela a duré quelques secondes, c'était un peu comme si un convoi exceptionnel passait juste devant chez nous" rapporte un habitant de La Chapelle-de-Guinchay (distance = 165 km).

Dans la commune de Pierre-de-Bresse (I = V, distance 90 km), la cheminée d'une maison située route de Châlon, s'est écrasée au sol sans faire de victime. Les communes ayant déjà subi les effets de la canicule sur leurs bâtiments ont vu les dégâts s'accroître lors du séisme. Les structures les plus fragiles ont connu quelques fissurations supplémentaires.

Ain (01)

La secousse a été largement ressentie. La vibration a été fréquemment décrite comme une forte bourrasque de vent ou une machine à laver essorant le linge. La population n'a pas été trop effrayée mais l'oscillation des bâtiments a généré un sentiment d'inquiétude, amenant certains habitants à sortir de leurs bâtiments pour tenter de comprendre et de confronter leurs sensations avec leurs voisins. A Bourg-en-Bresse (I = IV distance 146 km), quelques personnes en voiture à l'arrêt ont ressenti une légère oscillation du véhicule.

Côte-d'Or (21)

Le Codis a reçu près de 150 appels mais aucun n'a nécessité d'intervention. La secousse a été principalement ressentie de Beaune (I=III, distance 113 km) à Dijon (I=III, distance 94 km) de façon assez modérée. Même si la secousse a été perceptible à Montbard (I=IV, distance 150 km), la partie nord-ouest du département a connu une décroissance très nette des vibrations. Dans ce secteur de nombreuses communes signalent ne pas avoir ressenti la secousse, ou tout au plus une secousse très faible.

Vosges (88)

Selon la compagnie thermale de Plombières-les-Bains (I = IV-V, distance 75 km), le matin du 23 février à 9h, la station a connu une baisse anormale du débit d'eau. Ce débit est remonté à son

volume habituel la journée d'après et n'a connu dans les mois suivants aucune modification. Sur la moitié sud-est du département, selon une diagonale orientée nord-est sud-ouest et passant par Epinal, la secousse a été largement ressentie. Ce dernier séisme a pu aggraver des fissures pré-existantes dans les bâtiments.

Haute-Marne (52)

C'est principalement la partie sud-ouest du département qui relève une secousse faible à modérée. Très peu de témoignages individuels nous sont parvenus sur ce département (36). La population ne semble pas avoir connu trop d'inquiétude, comme l'atteste le Codis où 2 appels seulement ont été comptabilisés.

Meurthe-et-Moselle (54)

Situé à la limite nord de la zone de perception du séisme, les effets pour ce département ont été mineurs. Une dizaine d'appels sont parvenus aux services de secours mais aucun effet n'a été signalé. Seules quelques communes du sud-est du département ont perçu faiblement la secousse. La commune de Sommerviller (I = IV-V, distance 148 km) au centre du département est la seule à signaler 5 bâtiments endommagés par des fissures fines suite au séisme, pourtant très partiellement ressenti par la population (<10%).

Bas-Rhin (67)

La secousse a été ressentie faiblement et une trentaine d'appels seulement ont été enregistrés par le Codis. Aucune intervention n'a été réalisée par les services de secours.

Plus fortement ressentie dans les étages élevés, les effets sur les objets sont restés très faibles.

Haut-Rhin (68)

Si cette secousse a été largement ressentie (intensité IV), les habitants ont connu une secousse moins importante que celle de février 2003 où de nombreuses personnes étaient descendues dans la rue. Tous n'ont pas immédiatement identifié les effets comme ceux d'un tremblement de terre. Aucune intervention du Codis n'a été nécessaire suite à la centaine d'appels reçus.

Rhône (69)

Les vibrations de basses fréquences perçues sur le département n'ont pas laissé trop de doute pour les nombreux habitants qui en ont été témoins. Au BHV de Lyon la Part Dieu (Lyon -

I = III, distance 203 km), rien ne semble avoir été perçu. C'est principalement dans les étages élevés que la secousse a été le plus ressentie, comme ce fut le cas pour deux témoins au dix-septième étage de la tour du Crédit Lyonnais à **Lyon** (qui en compte 30 en tout), peu rassurés par cette oscillation de quelques secondes. Un autre témoin au cinquième étage de cette tour est sorti du bâtiment ne se sentant pas en sécurité. Rue Cardinal Gerlier, des habitants du dix-huitième étage d'une résidence sont sortis précipitamment pour se retrouver entre voisins au pied de leur bâtiment. Le balancement a été décrit nord-sud par certains habitants. Au grand centre commercial de Lyon la Part Dieu, comme à la gare, aucun mouvement de frayeur n'a été perçu, mais une légère vibration a été ressentie par les personnes plutôt en position statique. De façon fréquente cette secousse est comparée au passage du métro sous leur habitation. Le bruit n'a pas toujours été entendu.

Pour des cas plus rares, comme rue de la Montée du Gourguillon à Lyon dans un immeuble du 16^e siècle, le grondement a paru énorme et les habitants ont craint un instant un glissement de terrain sur la colline de Fourvière. Quelques voitures à l'arrêt ont été chahutées comme par une bourrasque de vent. Sur le département, nombreuses sont les personnes à comparer ces effets au passage d'un train, à l'essorage d'une machine à laver ou à un grand coup de vent. Les dégâts signalés (fissures fines) sont extrêmement rares sur le département.

Haute-Savoie (74)

Le phénomène a été perçu durant 3 à 4 secondes par une partie seulement de la population. Le bruit n'a pas toujours accompagné la vibration. Celle-ci plutôt légère a parfois fait tinter les verres, notamment dans les étages supérieurs. Le balancement des bâtiments a été perçu assez fréquemment, comme à Annemasse (I=III, distance épicentrale 123 km), Annecy-le-Vieux (I=III, distance épi-

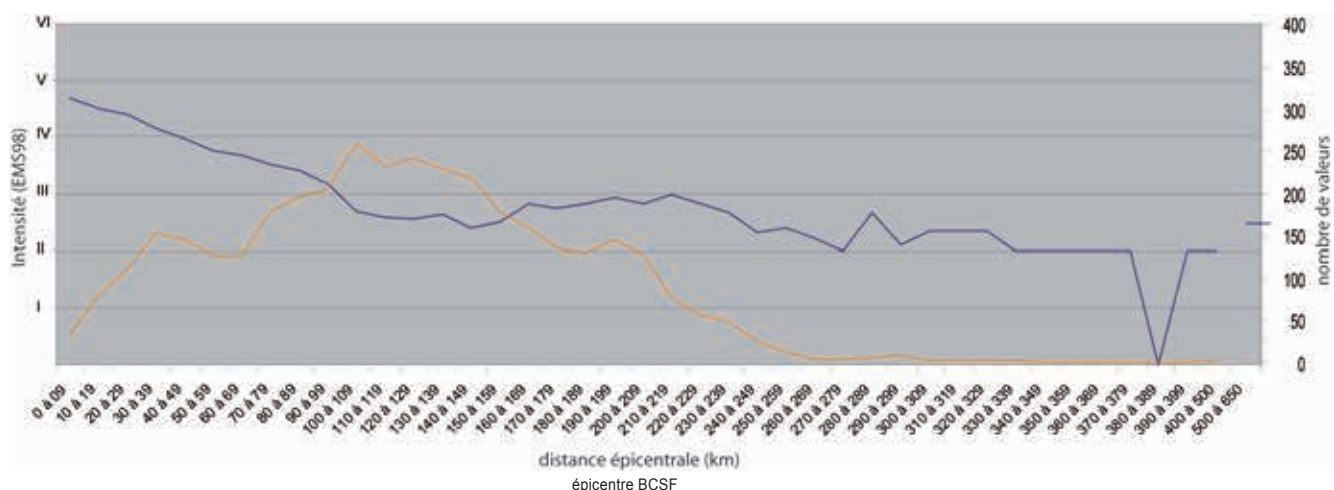
trale 153 km), Cluses (I=Ressenti(R), distance épicentrale 140 km), Viry (I=III-IV, dist. 132 km), Seynod (I=R, distance épicentrale 158 km), ou encore Chamonix (I=II, distance épicentrale 160 km). De nombreux témoins comparent les effets avec une forte bourrasque de vent. Les activités des personnes ont à cette distance de l'épicentre beaucoup joué sur la perception du phénomène. Elles soulignent parfois une sensation d'instabilité lors de 2 secousses, espacées de quelques secondes. Aucun dégât particulier n'a été signalé.

Le téléphone a été coupé durant 5 minutes à Cran-Gevrier (I=II, distance épicentrale 155 km) sans doute là encore par surcharge momentanée du réseau. Le Codis a répondu à quelques 150 appels, mais aucune intervention n'a été nécessaire.

Isère (38)

La mairie de Grenoble (I = III, distance 239 km) indique que ce séisme n'a pas été perçu et seuls 142 témoignages individuels ont été reçus par internet. Ils montrent, en rapport avec la population, que le séisme a été faiblement ressenti sur la commune. La moitié des témoignages se situe dans des bâtiments de grande hauteur, où l'oscillation lente a principalement agité les plantes vertes et soumis la structure des bâtiments à un léger balancement. Dans la grande majorité des cas, ces effets n'ont pas été accompagnés de bruit. Sur les 524 témoignages individuels reçus sur le département la très grande majorité des personnes (97%) n'a marqué qu'une légère inquiétude ou interrogation. A Salaise-sur-Sanne (I= R, dist. 245 km) le balancement a été décrit nord-sud. Très peu d'effets sur les constructions ont été signalés. L'enquête du BCSF n'a porté que sur la moitié nord du département, mais on peut selon les témoignages collectés par internet confirmer que la moitié sud n'a perçu la secousse que dans de rares cas.

(fig.10) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).



Références citées

- Audin, L., J.-P. Avouac, and J.L. Plantet, Fluid-driven seismicity in a stable tectonic context : The Remiremont fault zone, Vosges, France, *Geophysical Research Letters*, 29, 6, 15-18, 2002.
- Becker, A., P. Blüming, W.H. Müller, Recent stress fields and neotectonics in the Eastern Jura mountains, Switzerland, *Tectonophysics*, 135, 277-288, 1987.
- Becker, A., The Jura Mountains – an active foreland fold-and-thrust belt ?, *Tectonophysics*, 321, 381-406, 2001.
- Betbeder-Matibet, J., M. Bour, Lois d'atténuation pour les valeurs du pic de mouvement, *Cahier Technique AFPS*, 23, 23-56, 2002.
- Burckard, M., Aspects of the large-scale Miocene deformation in the most external part of the Swiss Alps (Subalpine Molasse to Jura fold belt), *Eclog. Geol. Helv.*, 83/3, 559-583, 1990.
- Haessler, H., et P. Hoang-Trong, La crise sismique de Remiremont (Vosges) de décembre 1984 : Implications tectoniques régionales, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 300, II, 14, 1985.
- Lambert, J., (Dir), Les tremblements de terre en France, BRGM-Editions, 43-47, 1997.
- Meghraoui, M., B. Delouis, M. Ferry, D. Giardini, P. Huggenberger, I. Spottke, M. Granet, Active normal faulting in the upper Rhine Graben and paleo-seismic identification of the 1356 Basel earthquake, *Science*, 293, 2070-2073, 2001
- Meyer, B., R. Lacassin, J. Brulhet, B. Mouroux, The Basel 1356 earthquake : which fault produced it ?, *Terra Nova*, 6, 56-63, 1994.
- Vogt, J., Les tremblements de terre en France, *Mémoire BRGM*, 96, 1977.

Séisme du 21 juin 2004 sud-est de Liestal (Suisse)



HEURE
en temps universel :
23h10 min
en temps légal : 01h10 min

MAGNITUDE M_L
RéNaSS : 3,8
LDG : 4,1
ETH (Zürich) : 3,6

MAGNITUDES M_w
ETH (Zürich) : 3,4

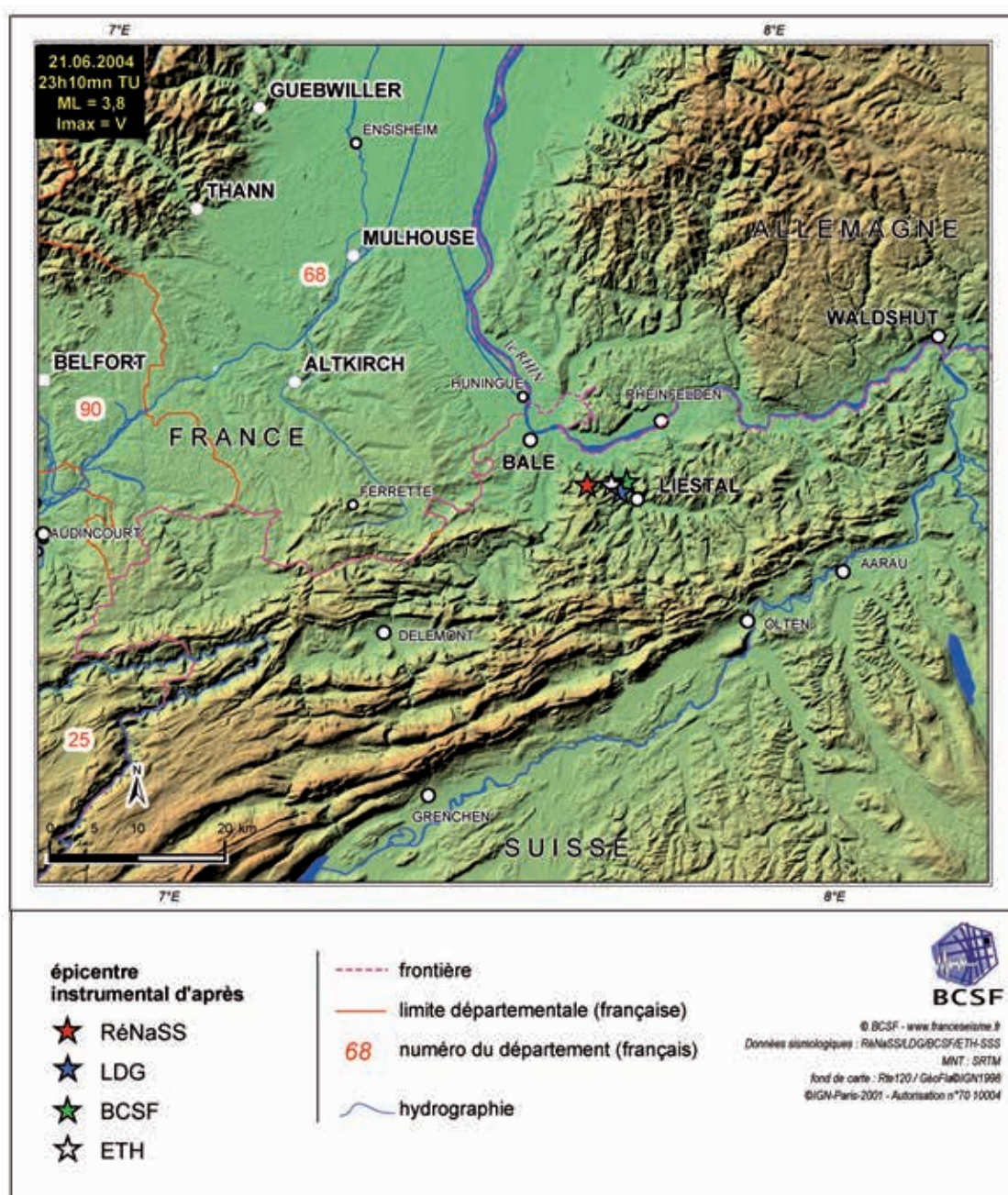
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 45,50° N
long. : 7,67° E
profondeur : 21 km

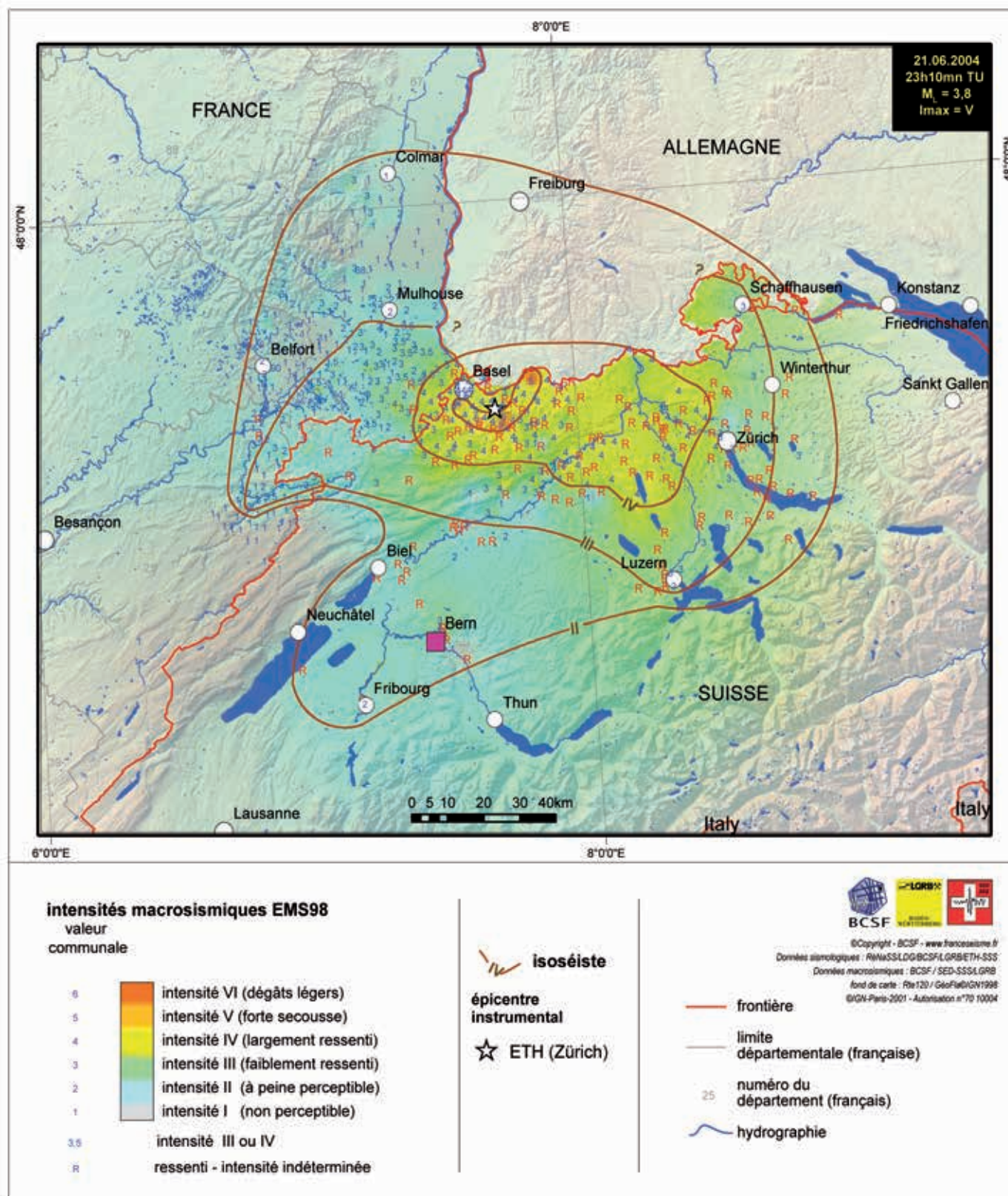
LDG
lat. : 47,49° N
long. : 7,72° E
profondeur : 16 km

BCSF
lat. : 47,50° N
long. : 7,73° E
profondeur : 5 km

ETH (Zürich)
lat. : 47,5° N
long. : 7,7° E
profondeur : 22 km



(fig.1)



(fig.2)

Observations macrosismiques

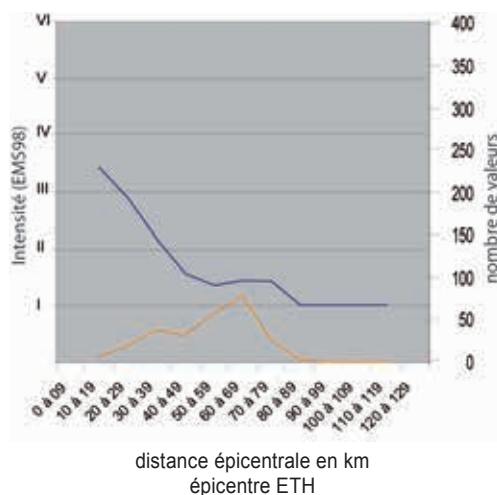
Localisé en Suisse à 4 km au NNW de Liesthal et 14 km au SE de Bâle (épocentre ETH SED), ce séisme de faible magnitude n'aura pas généré d'effets trop importants hormis pour les 5 villes

suisse suivantes d'intensités V (forte secousse) : Moelhin; Liesthal, Dornach, Oberwil, seltisberg et Cressier.

En France les effets auront été perçus dans un rayon de 70 km autour de l'épicentre de l'ETH ; de Montbéliard, à Colmar couvrant ainsi la pointe

nord-est du département du Doubs, le territoire de Belfort et pratiquement l'ensemble du Haut-Rhin. Les intensités relevées sont restées faibles (II, III) dans leur grande majorité ; seule la population des communes localisées à proximité de la frontière suisse (25 km de l'épicentre) a largement perçu cet événement par des effets modérés

(I=IV) : Altkirch, Hagenthal-le-Haut, Biederthal, Folgensbourg, Durmenach et Village-neuf. La Commune de Chavannes-les-Grands localisée pourtant à 50 km de l'épicentre signale de effets légèrement supérieurs avec des ouvertures de portes et des déplacements de mobiliers légers.



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 28 juin 2004 Frick (Suisse)



HEURE
 en temps universel :
 23h42 min
 en temps légal : 01h42 min

MAGNITUDE M_L
 RéNaSS : 4,1
 LDG : 4,2
 ETH (Zürich) : 3,8

MAGNITUDE M_W
 ETH (Zürich) : 3,5

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 47,54° N
 long. : 8,14° E
 profondeur : 20 km

LDG
 lat. : 47,52° N
 long. : 8,17° E
 profondeur : 22 km

BCSF
 lat. : 47,53° N
 long. : 8,15° E
 profondeur : 10 km

ETH (Zürich)
 lat. : 47,5° N
 long. : 8,2° E
 profondeur : 21 km

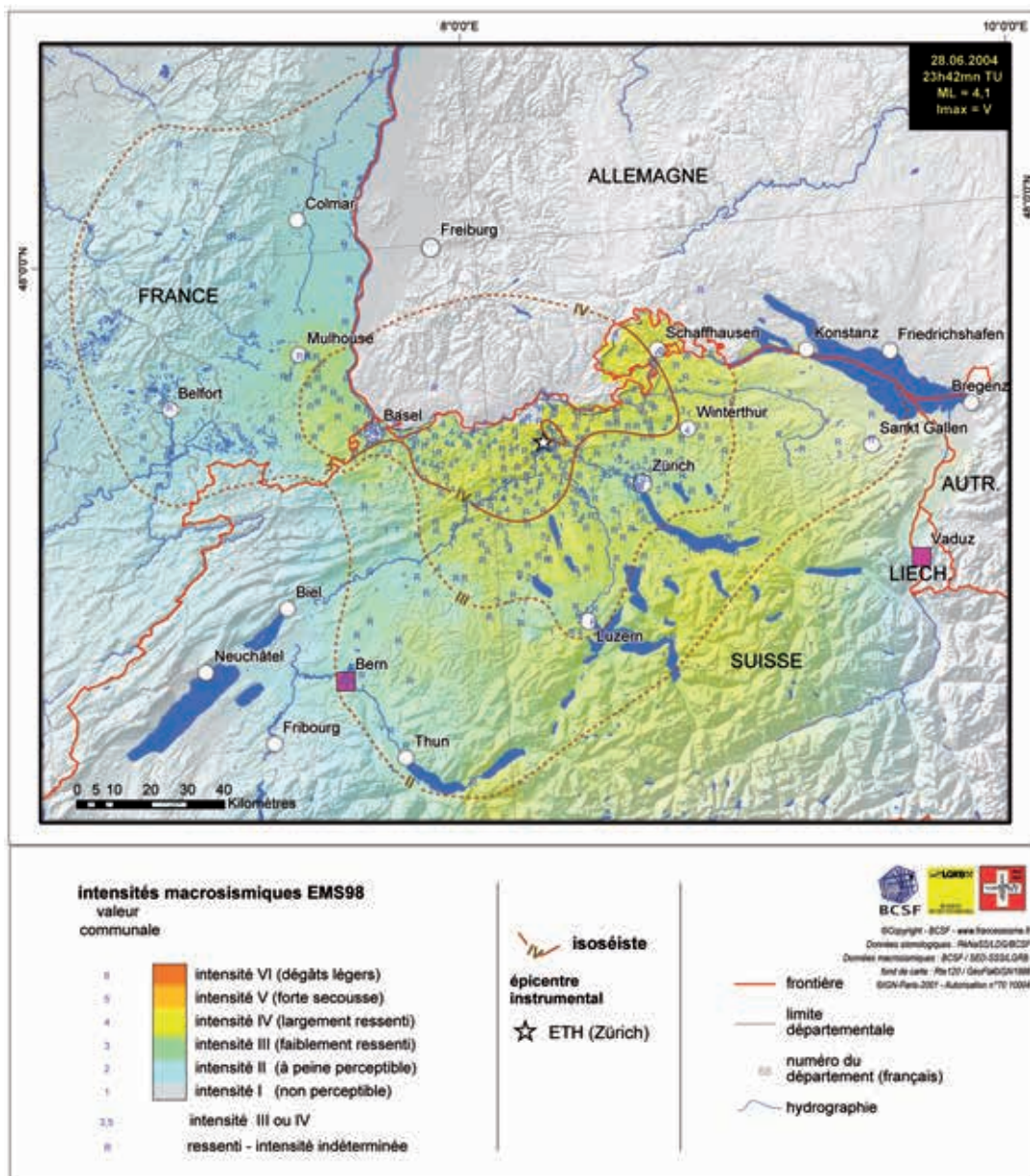


(fig.1)

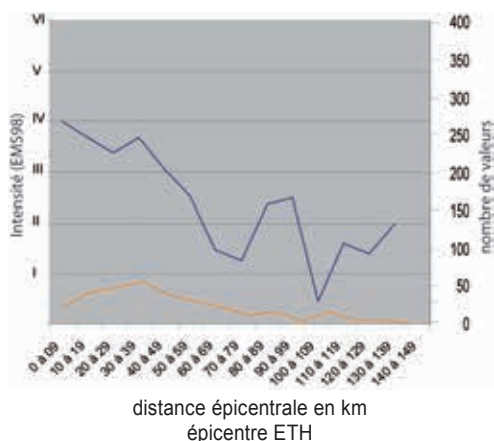
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire individuels collectés en
France : 261

**Aucun dégât
signalé en France**



(fig.2)



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Observations macrosismiques

7 jours après le séisme de Liesthal, ce séisme de magnitude légèrement supérieure (4,1 M_L) localisé plus à l'est (50 km de la frontière française) vient à nouveau inquiéter les habitants du sud du Fossé rhénan. L'intensité maximale estimée par l'ETH en Suisse est de V pour deux localités : Untersiggenthal et Villigen. à 6 km au NE de l'épicentre de l'ETH.

En France les effets ayant été très faibles, ce séisme n'a pas donné lieu à enquête collective (SIDPC). Les témoignages individuels (261) parvenus sur le site internet du BCSF auront permis de délimiter la zone de perception sans préciser le niveau d'intensité. La zone de perception couverte semble assez similaire au séisme du 21 juin, moins étendue vers l'ouest dans le département

du Doubs, mais légèrement plus large vers le nord de Colmar touchant la pointe sud du département du Bas-Rhin. Aucun dégât en France n'aura été relevé.

Séisme du 18 juillet 2004

Castillon-en-Couserans (Ariège)



HEURE
en temps universel :
2h16 min
en temps légal :
4h16 min

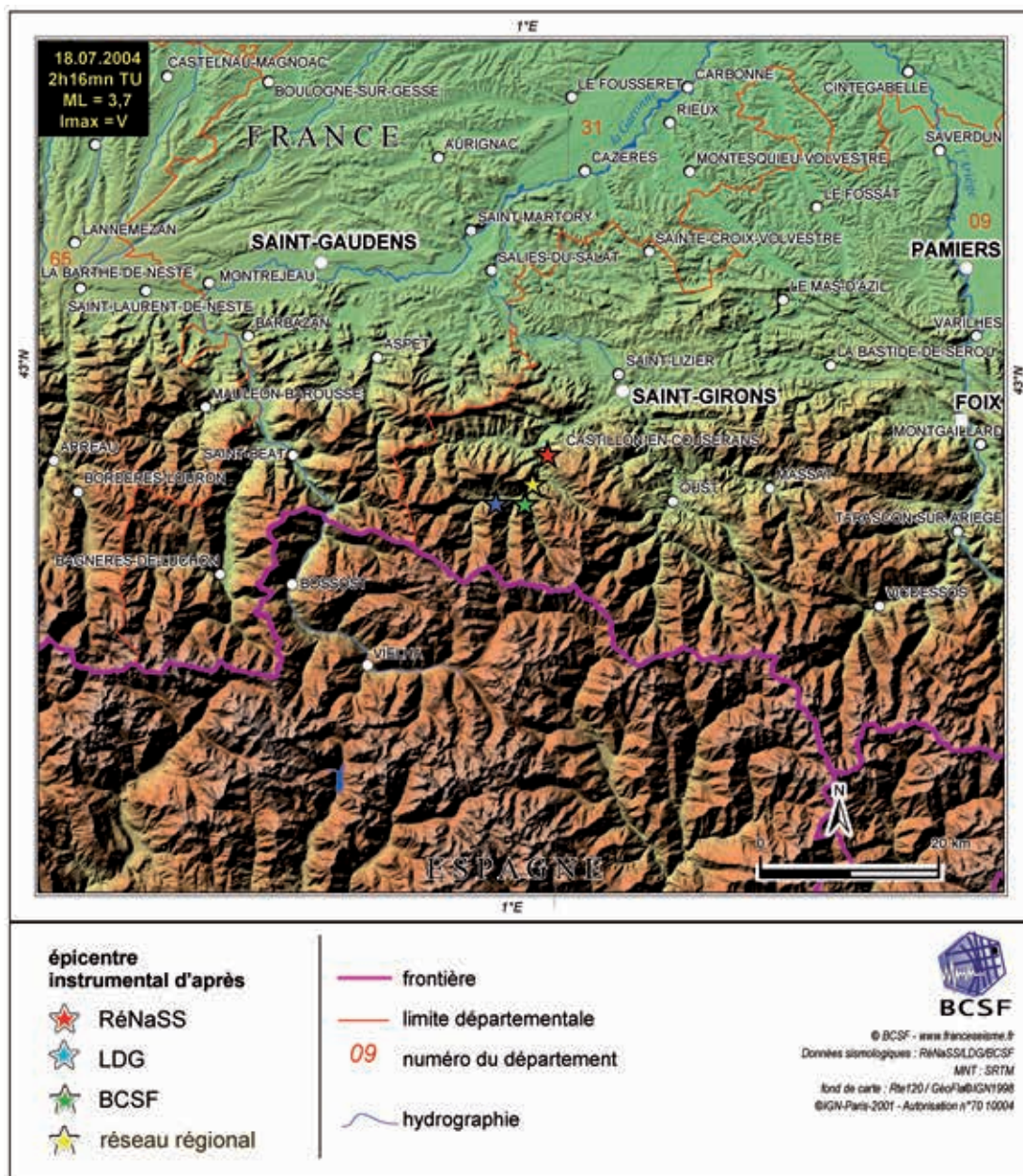
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,8 M_L
RSSP : 3,8 M_L

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 42,92° N
long. : 1,04° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 42,87° N
long. : 0,97° E
profondeur : 10 km

BCSF
lat. : 42,87° N
long. : 1,01° W
profondeur : 10 km



(fig.1)

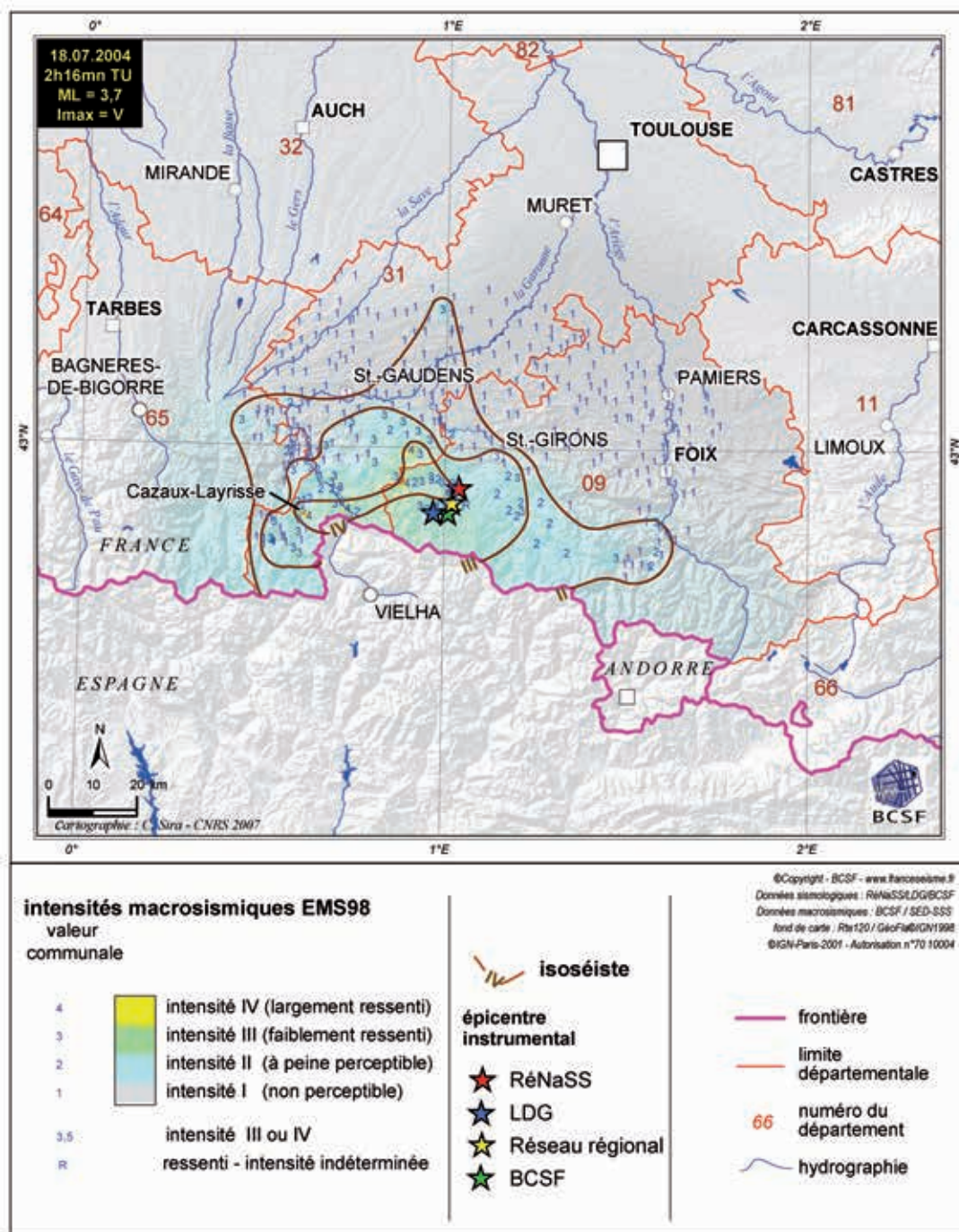
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaires
collectés : 408
dont 401 formulaires
collectifs et
7 formulaires
individuels

séisme ressenti
dans 75 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
(partie française)**
Surface : 1337 km²
population : 25700 h.
communes : 119

dégâts signalés
dans 4 communes
françaises



(fig.2)

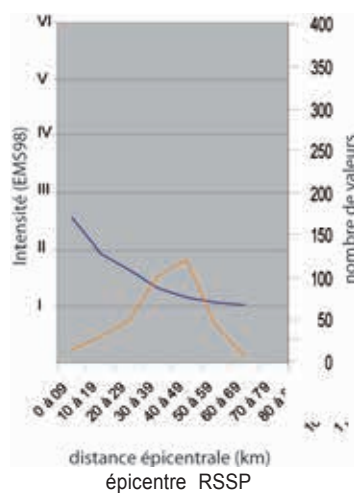
Observations macrosismiques

L'épicentre du séisme est localisé sur le territoire français à 6 km au sud-ouest de la commune de Castillon-en-Couserans dans le département de l'Ariège dans le pays de Couserans. Ce séisme n'aura généré que de faibles effets sur le territoire français, il n'a d'ailleurs pas toujours réveillé l'ensemble de la population dans les communes. Les isoséistes sont en extension nord-ouest sud-est. l'intensité V à Cazaux-Layrisse (32 km de l'épicentre du BCSF), est la valeur d'intensité maximale

fixée pour ce séisme. La secousse est rapportée forte par la mairie, notant le déplacement d'objets, quelques chutes de tuiles et des fissures sur 4 bâtiments des 50 que compte la commune. On peut noter un contraste important avec des communes situées à des distances équivalentes et où les effets ont été largement inférieurs comme à Bagnères de Luchon (départ. 31 - 35 km de l'épicentre) où seul un léger mouvement a été ressenti. Les dégâts légers et peu nombreux signalés par 3 autres communes (Antras - distance épïcéntrale 7 km, Montegu-Bourjac - distance épïcén-

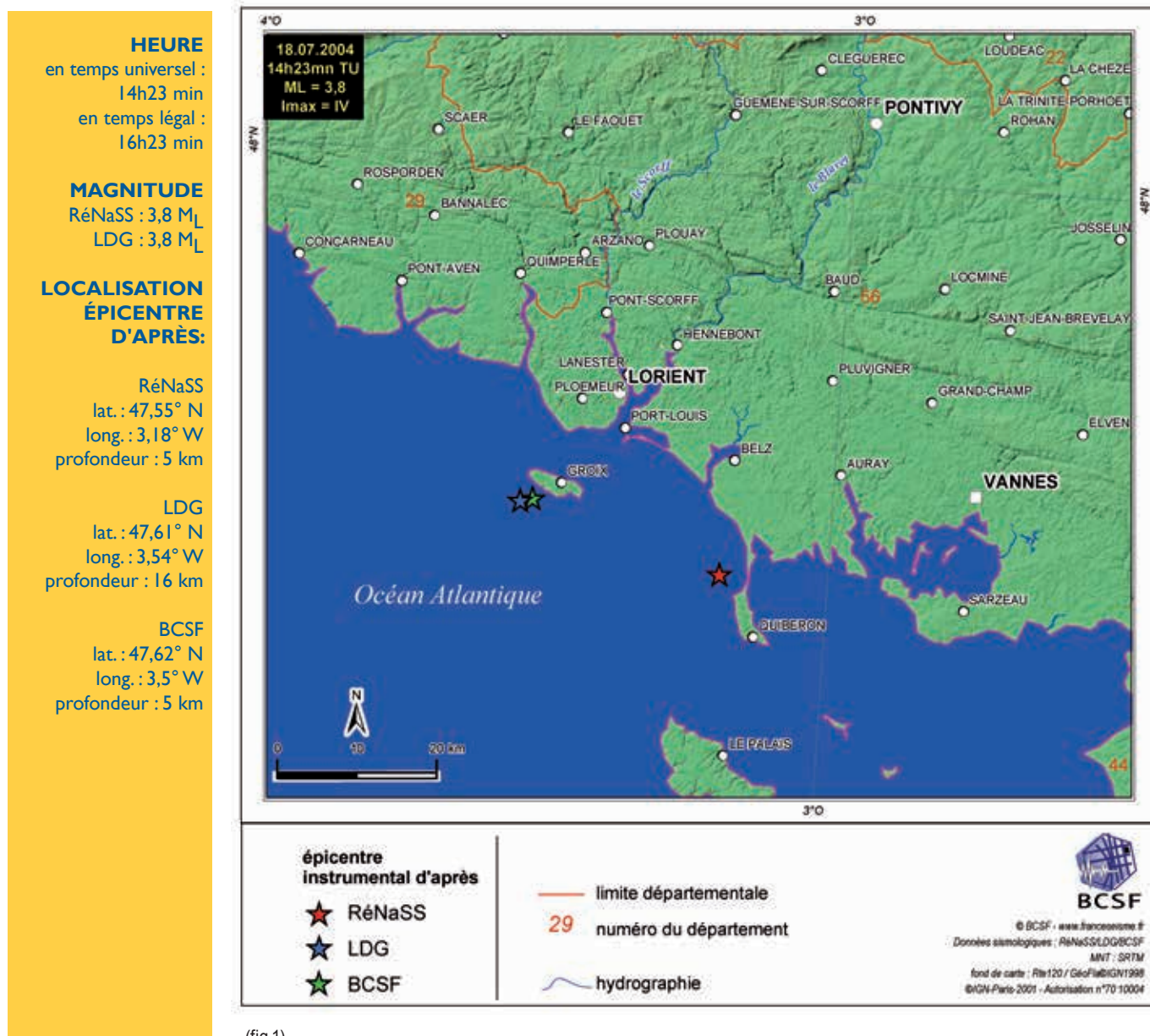
trale 44 km, Razecueille - distance épacentrale 41 km) ne sont cependant pas accompagnés par des effets aussi importants sur les autres indicateurs (objets, mobilier, personnes).

Le tremblement s'étant produit de nuit de nombreux habitants ont surtout été réveillés par un grondement soutenu.



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 18 juillet 2004 sud-ouest de Lorient (Morbihan)



(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

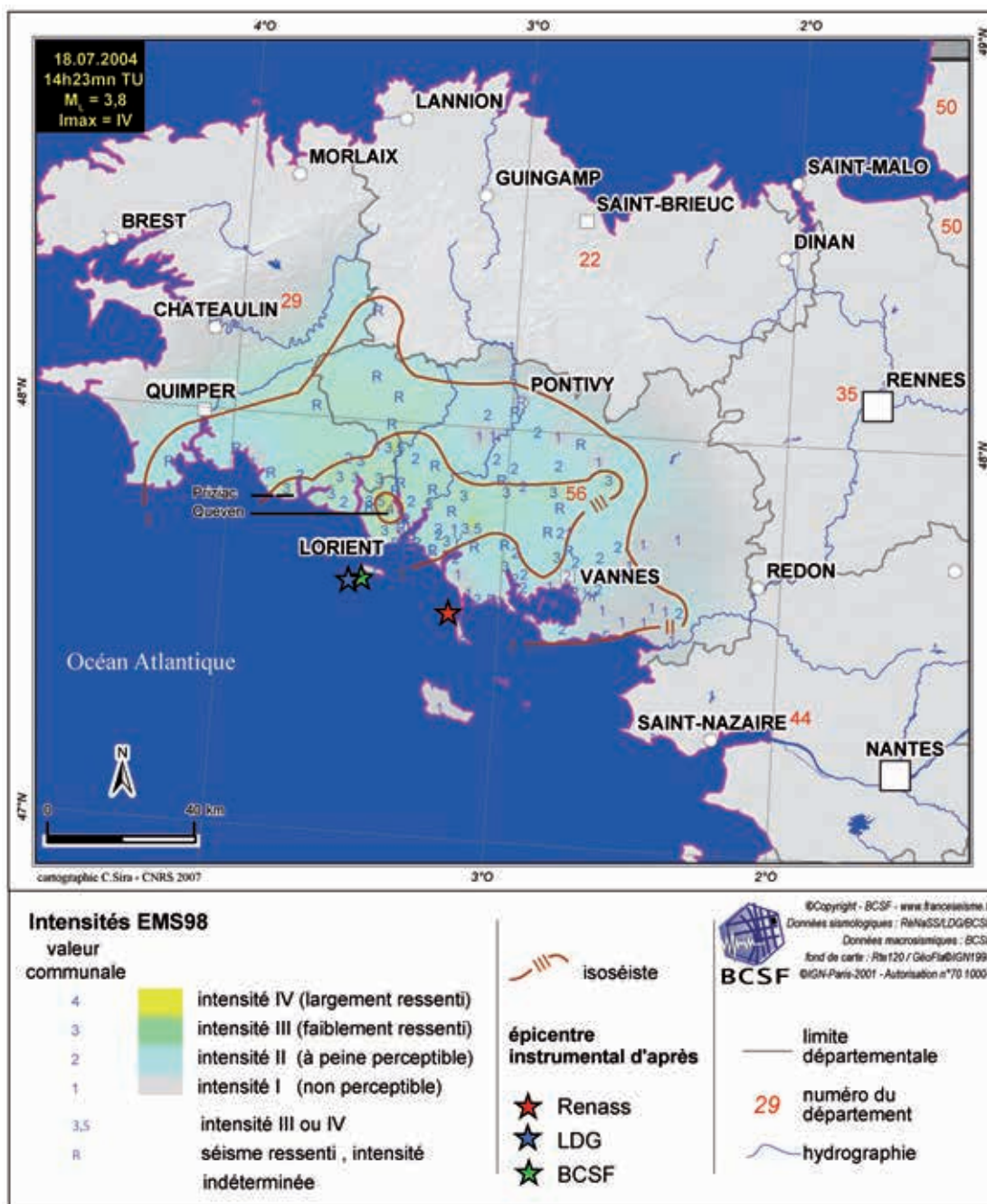
intensité
maximale : IV
formulaires
collectés : 263
dont 86 collectifs
177 individuels

séisme ressenti
dans 82 communes

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
(partielle)

Surface : 1693 km²
population :
235200 h.
communes : 51

dégâts signalés
dans 4 communes



(fig.2)

Observations macrosismiques

La zone épiscopale de ce séisme est localisée en mer au sud-ouest de Lorient à 4 km au large de l'île de Groix, l'intensité maximale a probablement dépassé IV sur l'échelle macrosismique EMS98. Ce séisme a rappelé à la population l'événement du 30 septembre 2002 de magnitude bien plus importante (5,4 M_L). Souvent comparé au "passage du métro" ou plus proche de l'épicentre à une double explosion, les effets de cette secousse auront pour cette fois été largement inférieurs puisque l'intensité maximale n'a pas dépassé IV sur la côte. Seule la commune de Lanester a

déclaré des dégâts légers sur une seule maison, et quelques témoins individuels (Hennebont, Priziac, Plescop) signalent des effets légers sur leurs habitations. Ce séisme a été ressenti jusqu'à 86 km de l'épicentre du BCSF (Peaule - dép. 56).

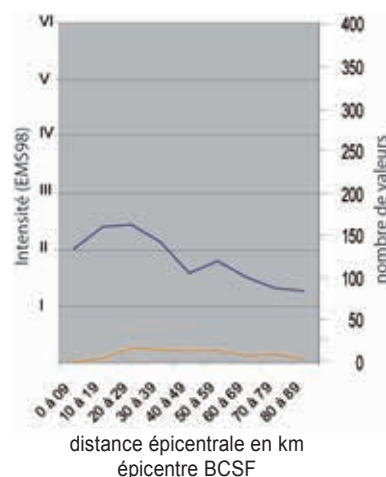
A Plœmeur (15 km de l'épicentre) un bruit de détonation a été perçu, suivi d'une forte vibration durant 2 à 10 secondes selon les témoins et entraînant une faible oscillation des objets.

A Queven (20 km de l'épicentre) la diminution du niveau d'eau dans un puits de 10m de profondeur, a été remarquée dans un jardin. Après le séisme il ne restait que 15 cm d'eau contre 1m auparavant.

vant malgré de fortes pluies les jours précédant l'évènement.

Une réplique moins forte a été ressentie entre 16h40 et 16h50 à Plœmeur, Plougoumelen, Branderion, Theix, Languidic (Poul-Fétan), par quelques témoins.

Diffusant une vibration sur une surface de 5676 km² (intensité II), ce séisme aura, grâce à sa localisation en mer, préservé les habitations de dégâts plus importants.



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 18 septembre 2004 SE de Pampelune (Espagne)



HEURE
en temps universel :
12h52 min
en temps légal :
14h52 min

MAGNITUDE M_L
RéNaSS : 5,3
LDG : 5,2
RSSP : 5,3

MAGNITUDE m_b
IGN : 4,6

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

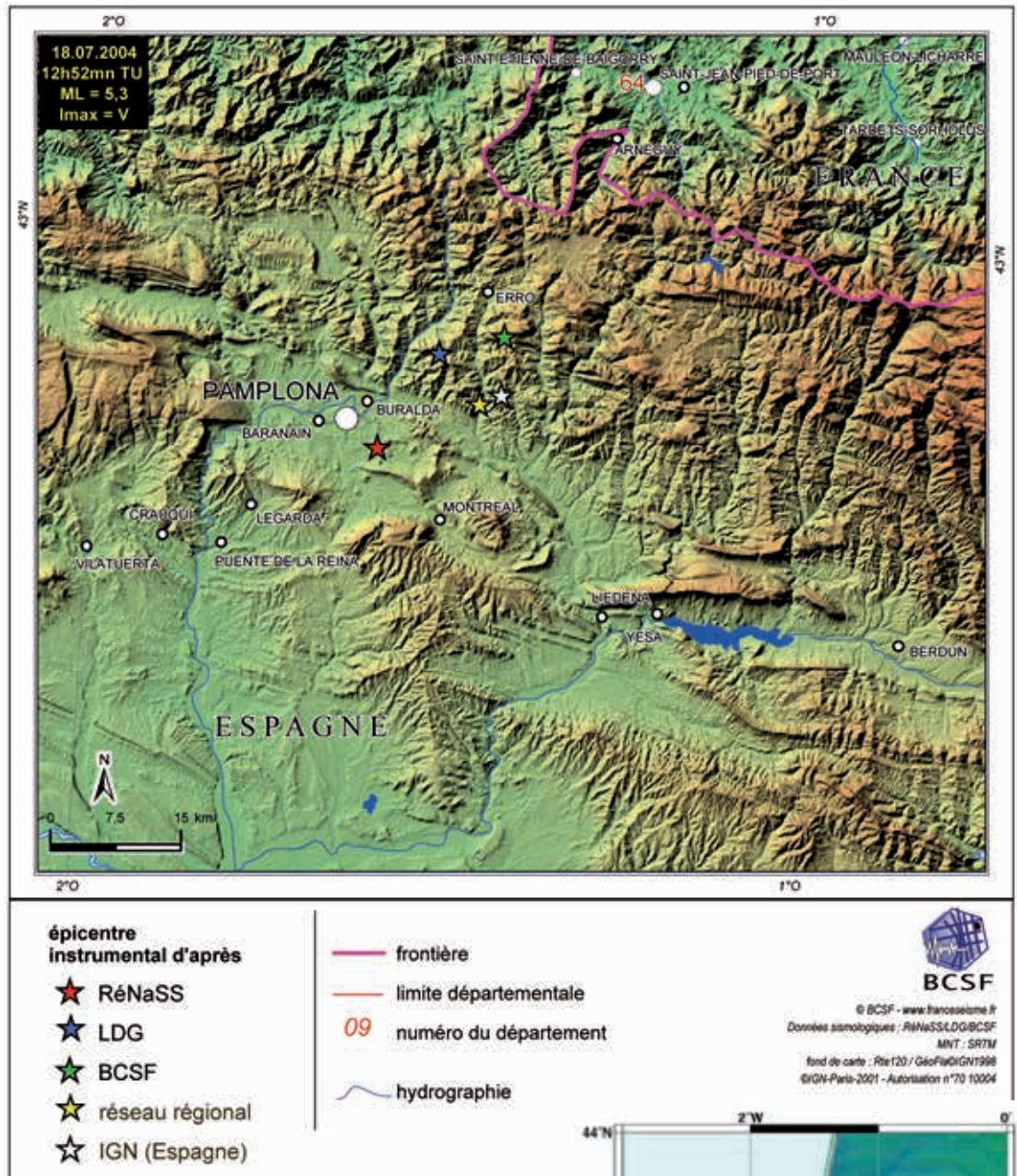
RéNaSS
lat. : 42,78° N
long. : 1,6° W
profondeur : 2 km

LDG
lat. : 42,88° N
long. : 1,52° W
profondeur : 2 km

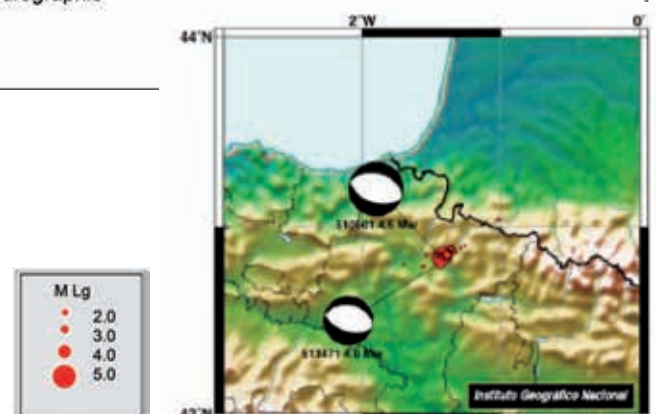
BCSF
lat. : 42,9° N
long. : 1,43° W
profondeur : 5 km

RSSP
lat. : 42,83° N
long. : 1,46° W

IGN (Espagne)
lat. : 42,84° N
long. : 1,43° W



(fig.1)



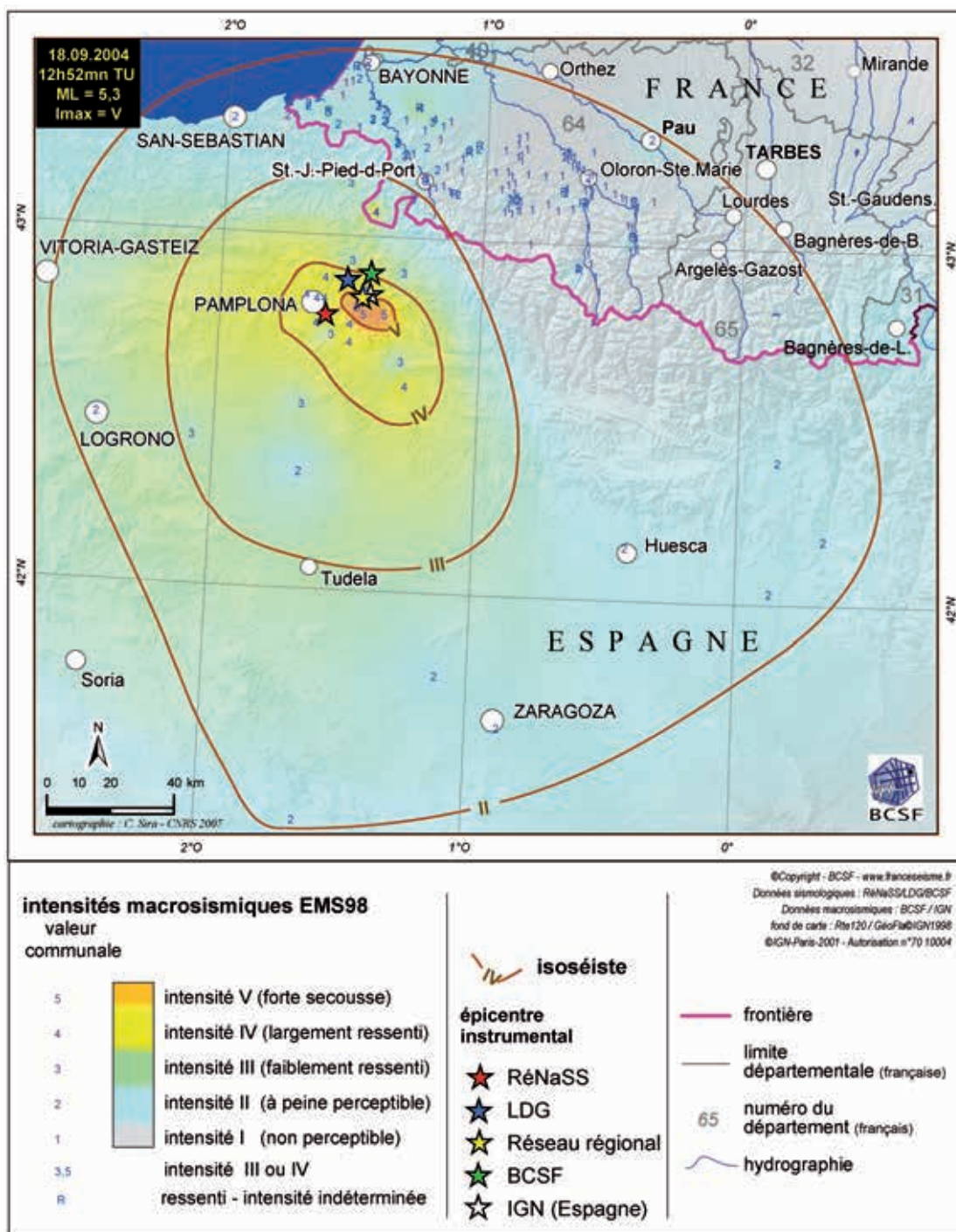
(fig. 2) Solutions automatiques du tensor moment sismique

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 288
dont 131 collectifs
157 individuels

séisme ressenti
dans 60 communes
en France

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
(Espagne)**
Surface : 11050 km²
population :
indéterminée



(fig. 3)

Observations macrosismiques

Une petite crise sismique a eu lieu en septembre-octobre 2004 à l'est de Pampelune à 24 km de la frontière française. Le séisme le plus important a atteint la magnitude 5.3 M_L le 18 septembre, le deuxième en importance de magnitude a eu lieu le 30 septembre (5.2 M_L). L'intensité maximale estimée par l'IGN (Institut géographique national espagnol) pour le séisme du 18 septembre est de V à l'est de Pampelune. Les effets sur le territoire français sont assez faibles et aucun dégât n'a été relevé par les communes françaises, hormis

à Saint-Jean-Pied-de-Port (départ. 64) où une partie de rempart de la ville s'est écroulée, malgré une secousse très faible ressentie par moins de 10% de la population.

Sur le territoire français, l'intensité maximale IV a été estimée pour 3 communes des Pyrénées-Atlantiques : Urepel (distance épocentrale 35 km), Saint-Esteben (distance épocentrale 70 km), Bonloc (distance épocentrale 71 km).

D'après les témoignages collectés, sur la commune d'Urepel, on n'avait pas ressenti de secousse aussi forte depuis le séisme d'Arette en 1967. Pour autant aucune chute d'objets, aucun

dégât sur les constructions n'ont été relevés sur cette commune.

A Bayonne (distance épicentrale 80 km), comme à Biarritz (dist. 72 km), ou Bassussary (dist. 74 km), les témoins ont distingué deux secousses consécutives séparées de quelques 30 secondes engendrant une faible vibration.

La secousse a, pour beaucoup de témoins, été comparable à l'effet d'un malaise personnel. L'inquiétude a gagné quelques personnes notamment dans les étages les plus élevés comme pour des infirmières en charge de la surveillance de 26 malades au 4^{ème} étage d'un hôpital.

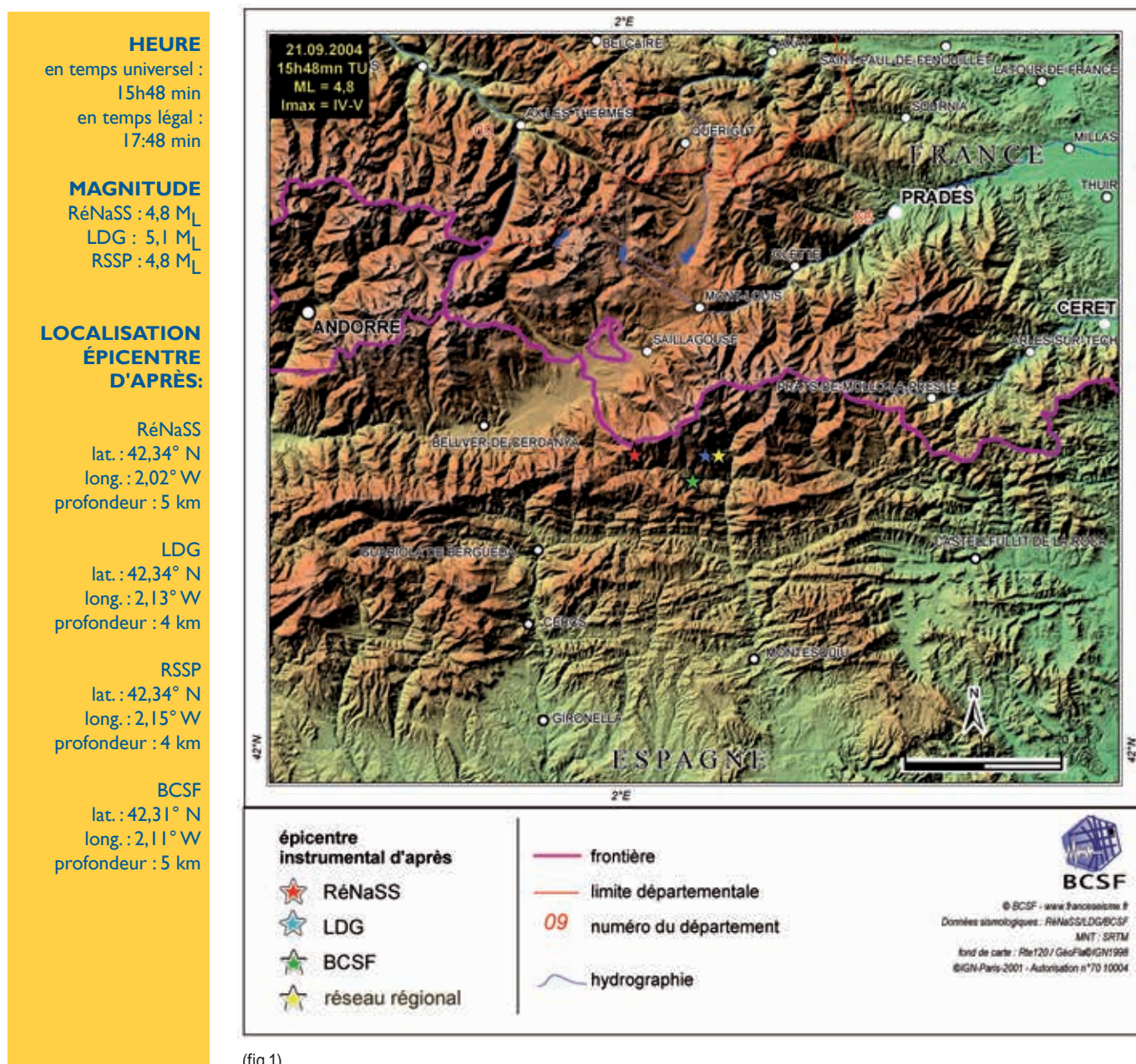
A Anglet (distance épicentrale 78 km) le séisme a été à peine perceptible, parfois sans bruit, accom-

pagné d'une vibration légère.

Le séisme a également été ressenti sur les plages (Anglet, Biarritz, Saint-Jean-de-Luz) par de faibles vibrations comme celles engendrée par des travaux.

En résumé l'identification du séisme n'a pas toujours été évidente pour les témoins en France. Ce séisme aura généré de faibles effets, seules les communes proches de la frontière, semblent n'avoir eu aucun doute sur l'origine de ce fort grondement souterrain.

Séisme du 21 septembre 2004 nord de Montesquiu (Espagne)



(fig.1)

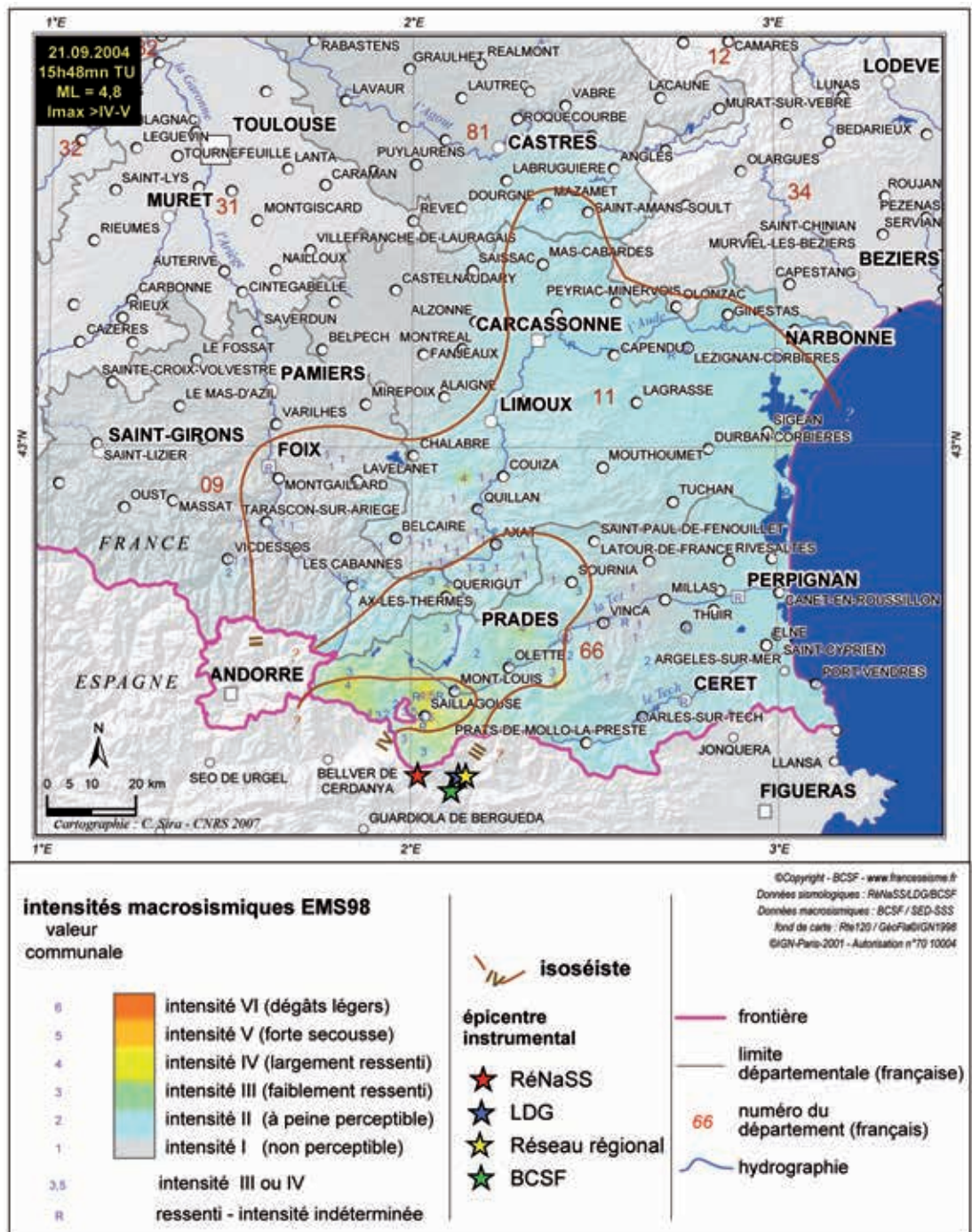
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : >IV-V
formulaire
collectés : 222
dont 160 collectifs
62 individuels

séisme ressenti
dans 75 communes

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
(partie française)
Surface : 1933 km²
population : 23400 h.
communes : 93

dégâts
signalés
dans 7 communes



(fig.2)

Observations macrosismiques

Ce séisme a été localisé en Espagne, au sud du département des Pyrénées-Orientales à 11 km de Valcebollere. L'intensité maximale sur le territoire français est de IV-V pour les deux communes de Font-Romau-Odeillo-Via et Saillagouse respectivement à 23 et 18 kilomètres de l'épicentre du BCSF. A Font-Romau-Odeillo-Via un témoin souligne une explosion très brève suivie d'un faible bruit comme celui du "passage d'un camion léger". Le tremblement de terre a été ressenti jusqu'à 133 km de l'épicentre du BCSF (Aussillon, dép. 81). Huit communes seulement

atteignent l'intensité IV. Les isoséistes bien que partiellement cartographiées, indiquent une orientation nord-nord-est sud-sud-ouest dans sens du Massif du Canigou, région qui atténue fortement les effets vers la partie ouest des Pyrénées.

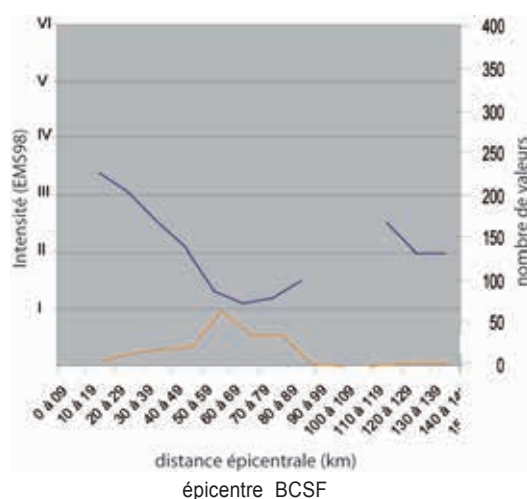
Le bruit a souvent été comparé au "passage d'un camion lourdement chargé". 50% des formulaires complétés par les mairies indiquent une inquiétude de la population, 9% de la frayeur et aucun cas de panique n'est indiqué.

Sept communes déclarent des dommages sur les constructions, principalement de légères fissures, quelques chutes de morceaux de plâtres sur des maisons en moellons ou en maçonnerie.

rie dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour de l'épicentre du BCSF. Les autres indicateurs (objets, environnement, mobilier) ne reflètent cependant pas tous une telle intensité de la secousse, laissant à penser que certaines fissures relevées à la suite de ce séisme n'en soient pas les conséquences directes.

A Perpignan (78 km de l'épicentre) rares sont les témoins ayant entendu le tremblement de terre,

mais ils soulignent des vibrations plus au moins importantes suivant l'étage où ils se trouvent durant de 4 à 6 secondes. Les mêmes effets sont soulignés à Narbonne (122 kilomètres de l'épicentre).



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 4 novembre 2004 nord de Redon (Ille-et-Vilaine)



HEURE

en temps universel :
13h58 min
en temps légal :
14:58 min

MAGNITUDE

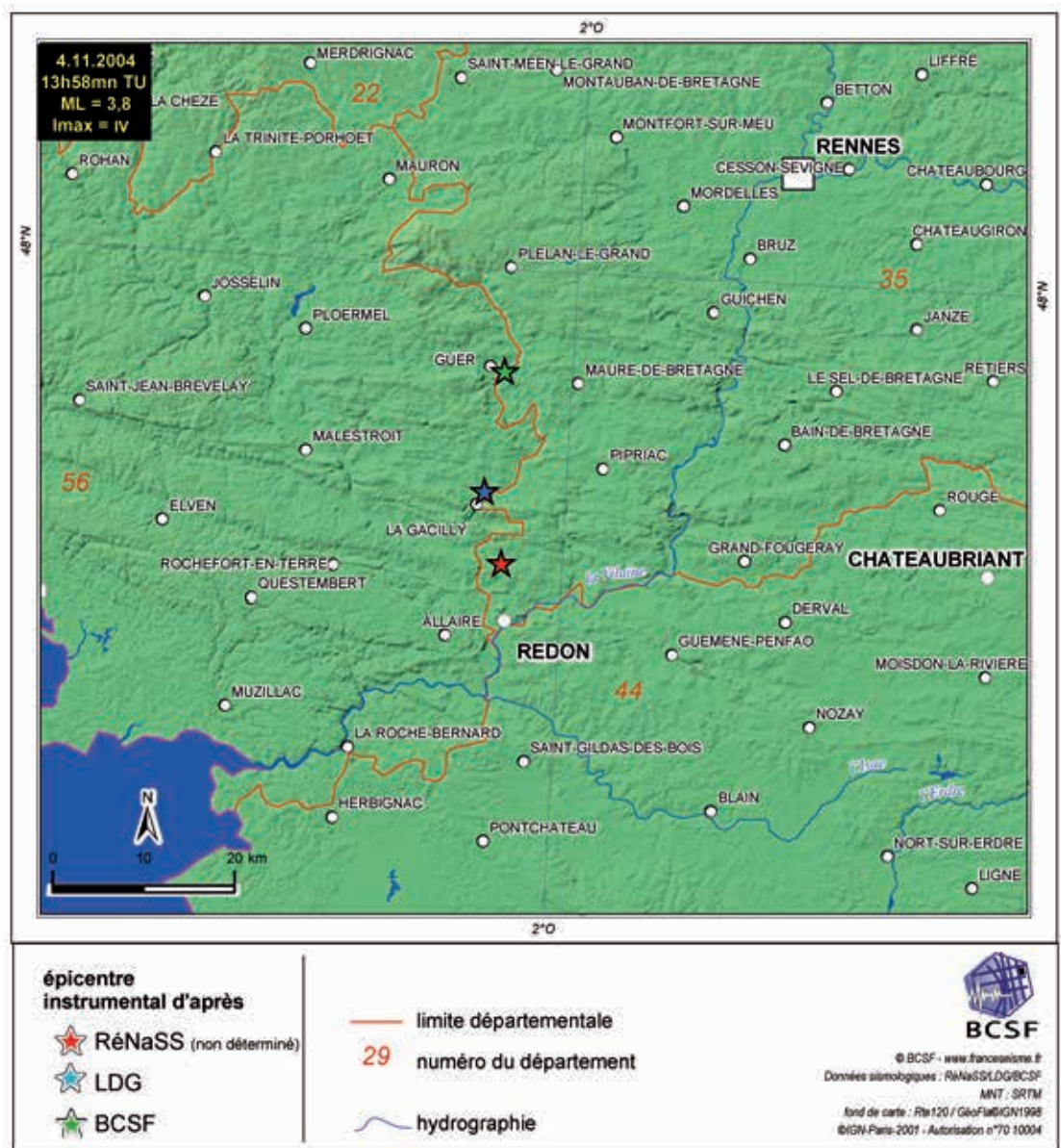
RéNaSS : 3,8 M_L
LDG : 3,7 M_L

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 47,71° N
long. : 2,09° W
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 47,78° N
long. : 2,12° W
profondeur : 5 km

BCSF
lat. : 47,9° N
long. : 2,1° W
profondeur : 5 km



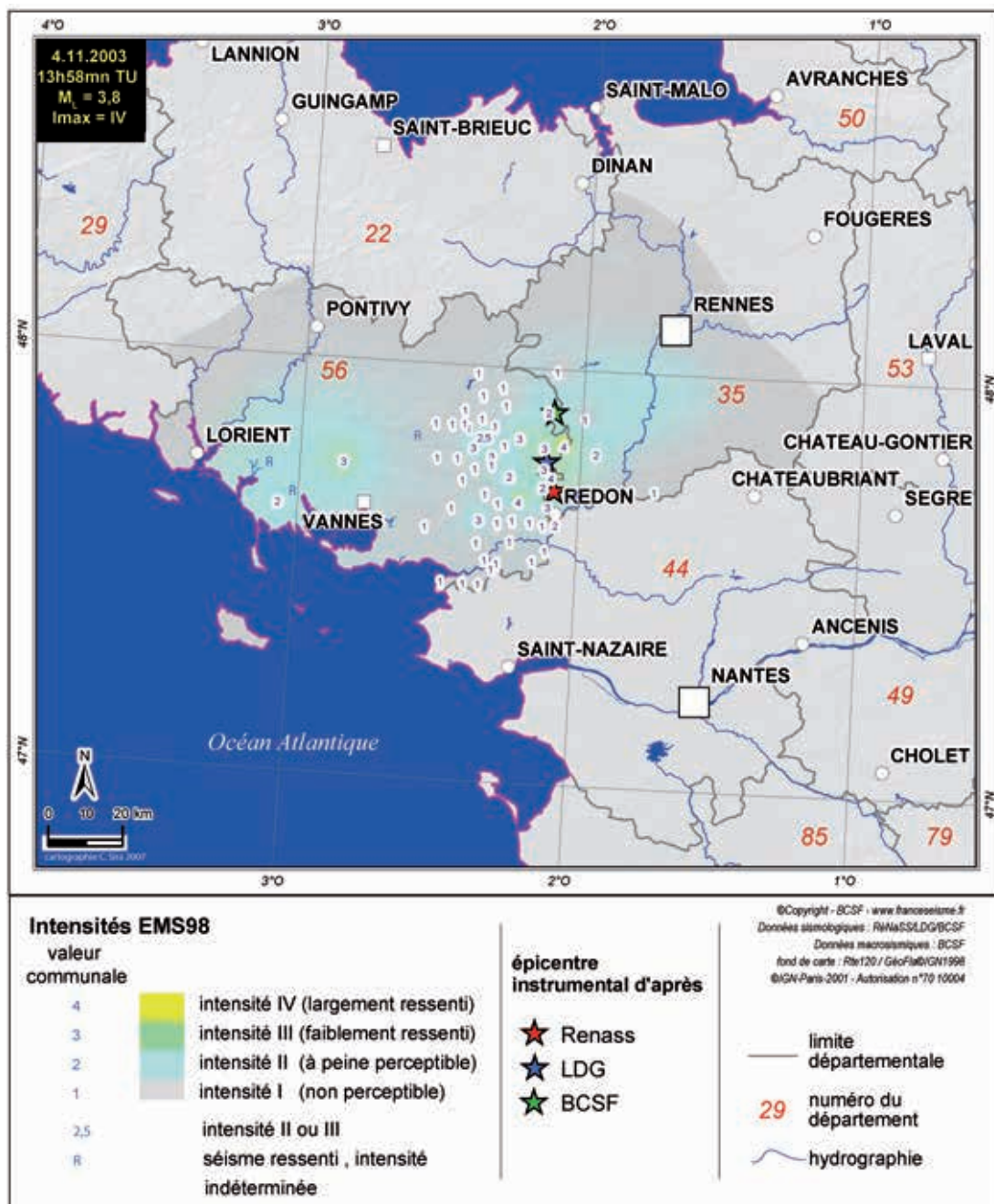
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 90
dont collectifs : 69
individuels : 21

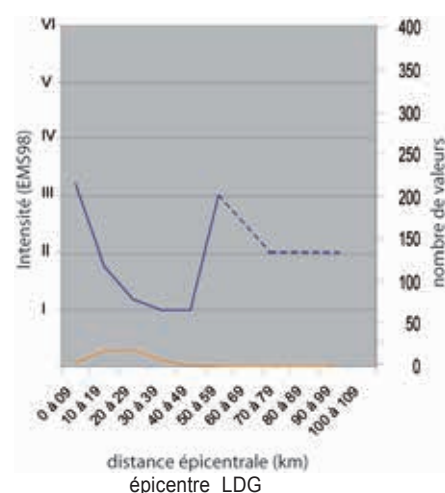
séisme ressenti
dans 23 communes

**Aucun dégât
signalé**



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épacentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

(fig.2)



Observations macrosismiques

L'épicentre de ce séisme est localisé à la limite des départements du Morbihan et de l'Ille et Vilaine au nord de Redon. L'intensité maximale de IV a été atteinte. La population de quelques villes a largement ressenti les effets du tremblement de terre : Cournon, Quelneu, Saint-Jacut-les-Pins. Un bruit d'explosion plus ou moins lointain suivant la distance à l'épicentre a été identifié par les témoins. Les objets sont entrés en vibration rappelant pour certains habitants le souvenir du tremblement de terre du 30 septembre 2002 dont l'épicentre était localisé 80 km plus à l'ouest. Aucun dégât sur les constructions n'aura cette fois été produit. La distance maximale de perception n'a pas dépassé les 95 km selon nos témoignages. Le défaut d'enquête sur le département 44 ne permet pas d'avoir une absolue certitude de l'ensemble des intensités produites sur le secteur touché, il a donc été préféré de s'abstenir de cartographier les isoséistes. Ce séisme aura somme toute créé assez peu d'effets en surface, les nombreuses intensités I à l'ouest de l'épicentre montrent une décroissance rapide des vibrations.

tifié par les témoins. Les objets sont entrés en vibration rappelant pour certains habitants le souvenir du tremblement de terre du 30 septembre 2002 dont l'épicentre était localisé 80 km plus à l'ouest. Aucun dégât sur les constructions n'aura cette fois été produit. La distance maximale de perception n'a pas dépassé les 95 km selon nos témoignages. Le défaut d'enquête sur le département 44 ne permet pas d'avoir une absolue certitude de l'ensemble des intensités produites sur le secteur touché, il a donc été préféré de s'abstenir de cartographier les isoséistes. Ce séisme aura somme toute créé assez peu d'effets en surface, les nombreuses intensités I à l'ouest de l'épicentre montrent une décroissance rapide des vibrations.

Séisme du 5 décembre 2004 Waldkirch (Allemagne)



HEURE
en temps universel :
1h52 min
en temps légal :
2h52 min

MAGNITUDE M_L
RéNaSS : 5,3
LDG : 5,2
LGRB : 5,4

MAGNITUDE M_W
ETH (Zürich) : 4,6

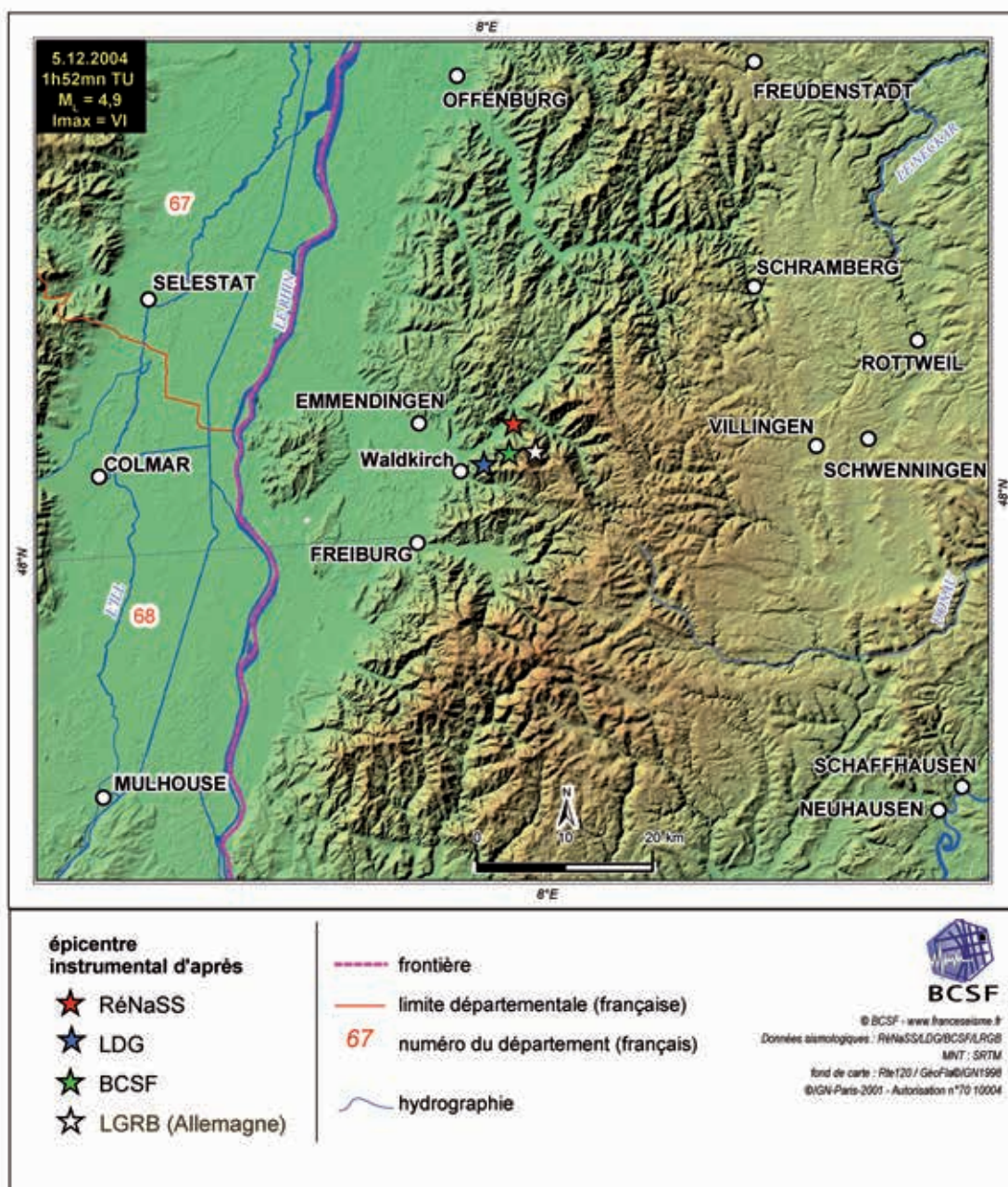
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 48,11° N
long. : 7,99° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 48,07° N
long. : 7,95° E
profondeur : 11 km

BCSF
lat. : 48,08° N
long. : 7,99° E
profondeur : 10 km

LGRB
lat. : 48,08° N
long. : 8,04° E
profondeur : 9 km



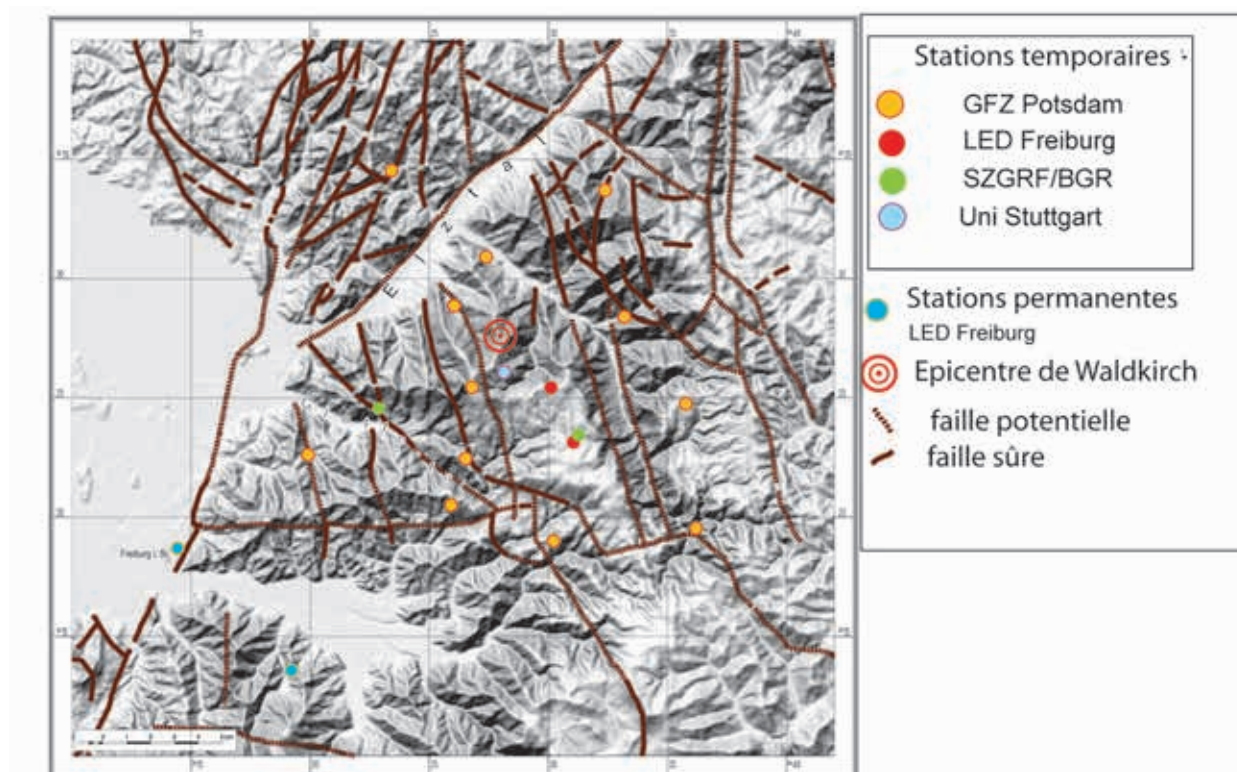
(fig.1)

Contexte sismotectonique

Le séisme du 5 décembre 2004 à proximité de Waldkirch avec une magnitude de 5,4 M_L est le séisme le plus fort du Bade-Wurtemberg depuis 1978 (date du séisme d'Albstadt, $M_L = 5,7$). Il a eu lieu dans la partie occidentale de la Forêt

Noire, en bordure du fossé Rhénan dans un secteur où existent de nombreuses structures orientées environ NNW-SSE, NE-SW et WNW-ESE. Les répliques du séisme de Waldkirch ont été enregistrées par les stations des réseaux permanents mais aussi par 17 stations temporaires installées deux jours après le choc principal dans

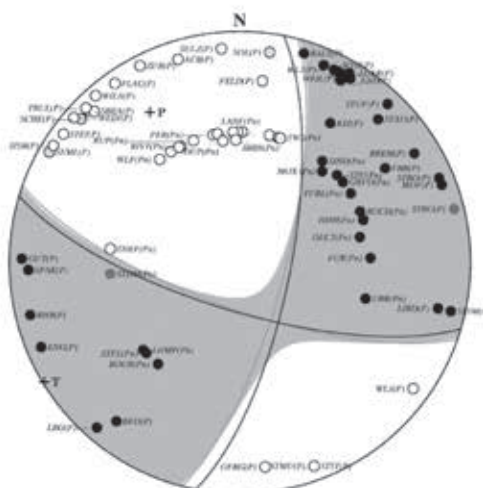
la région épacentrale par le GFZ de Postdam, le LED de Freiburg, le SZGRF/BGR de Hannover et l'Université de Stuttgart (Allemagne) (Benn et al, 2006).



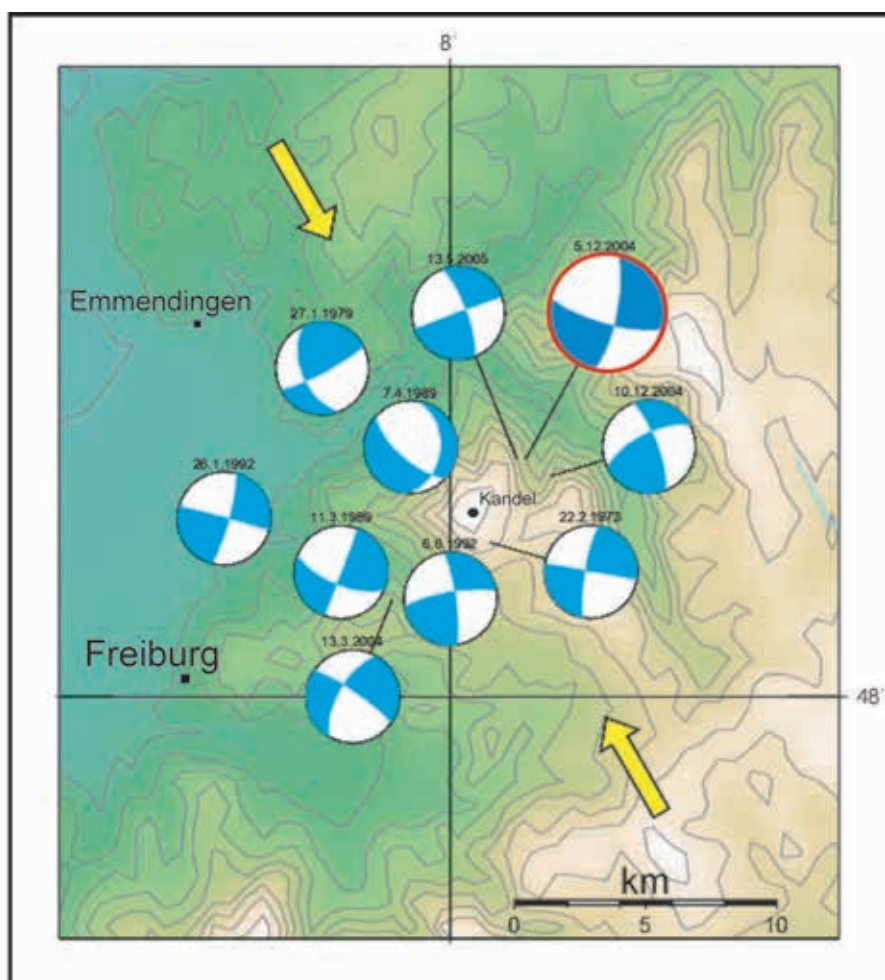
(fig. 2) Localisation du séisme de Waldkirch et du réseau sismique sur fond de carte tectonique (Benn et al. 2006)

La localisation précise des répliques indique un plan de faille orienté N120 avec un pendage de 78° vers le sud-ouest. Le mécanisme au foyer indique un mouvement dextre avec une composante normale sur un plan N 107 avec un pendage 73° vers le sud sud-ouest. (ETH-Zurich). Les mécanismes au foyer des séismes récents de la région sont compatibles avec une contrainte

horizontale maximale orientée NNW-SSE. Le segment qui a cassé lors du séisme a une surface d'environ 2 km² avec un glissement co-sismique d'environ 10 cm.



(fig. 3) Mécanisme au foyer du séisme de Waldkirch estimé par l'ETH de Zurich (Benn et al. 2006)



(fig. 4) Mécanismes au foyers dans la région du séisme de Waldkirch (Benn et al. 2006)

Références citées :

(http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/waldkirch_dgg2006.pdf)

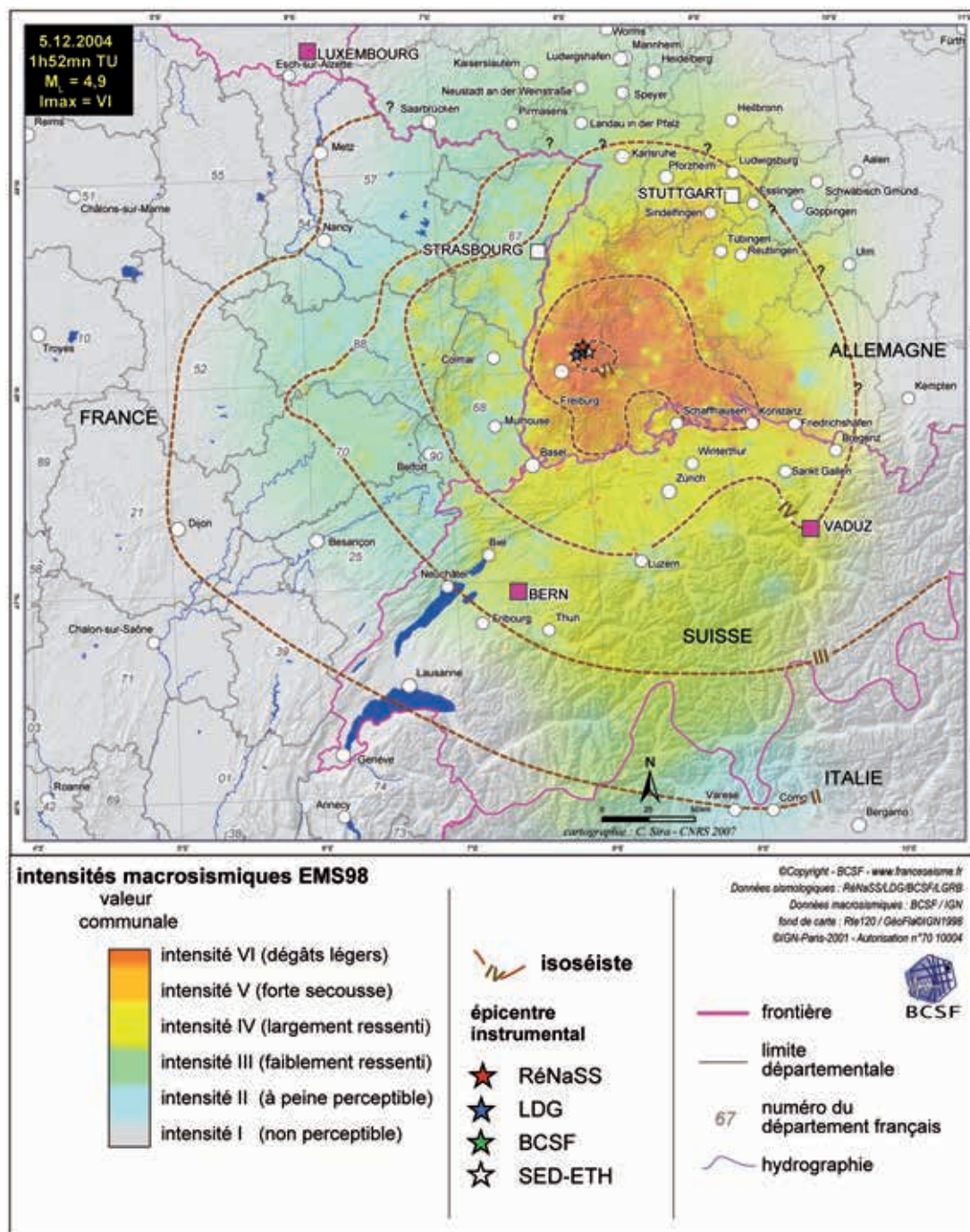
Benn N., S. Stange, W. Brüstle, A. Henk et B. Stribny, Das Beben von Waldkirch am 5.12.2004, Das Beben von Waldkirch am 5.12.2004. Conférence "Jahrestagung der DGG", Bremen, (2006).

DONNÉES MACROSISMIQUES

intensité
maximale :
formulaires
collectés : 3655
dont collectifs : 1555
individuels : 2100

séisme ressenti
dans 1056 communes
françaises

**Aucun dégât
signalé en France**



(fig. 5)

Observations macrosismiques

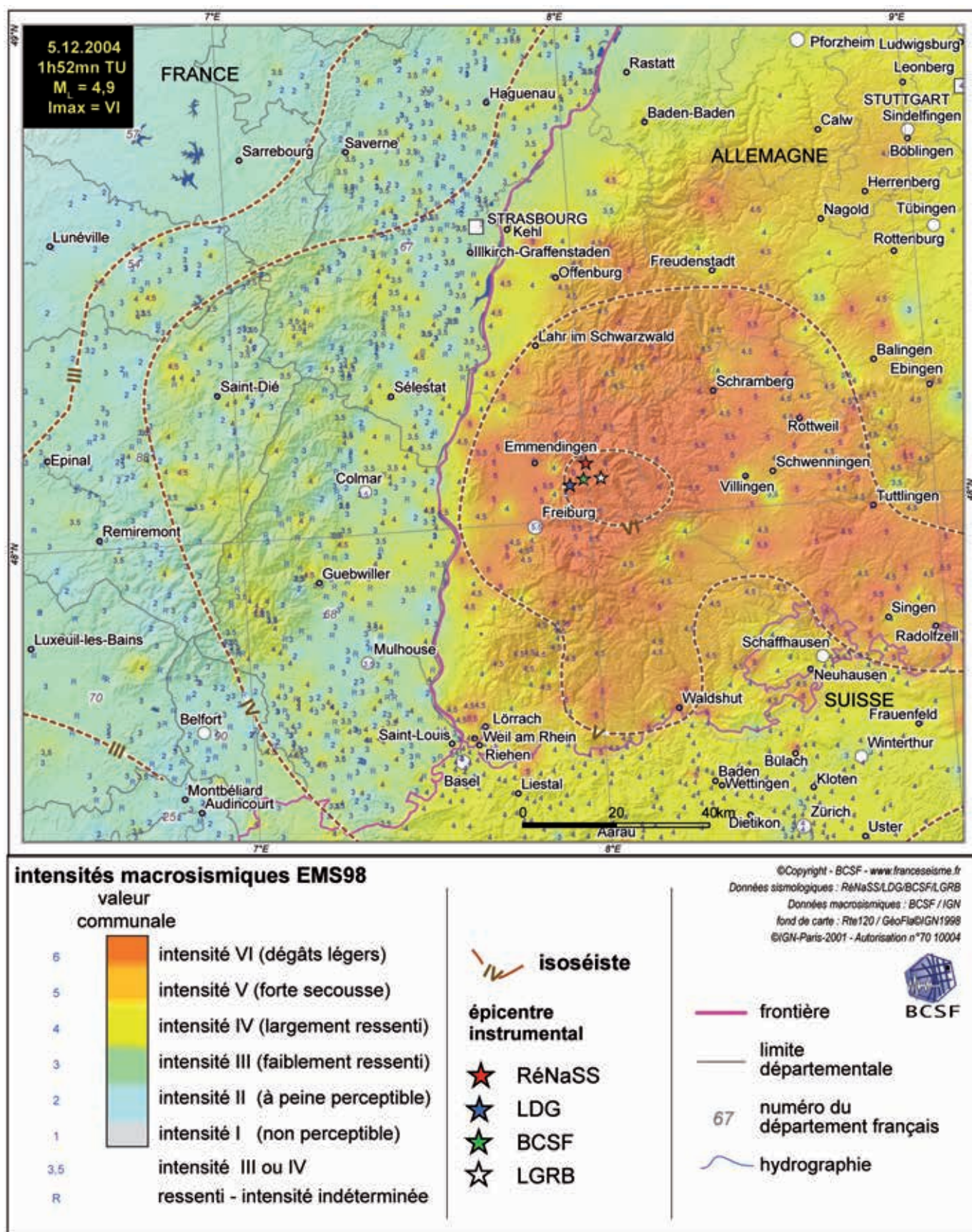
L'intensité maximale VI de ce séisme a été atteinte dans 4 villes allemandes (Brüstle et al. 2008). Ce séisme a été ressenti en France jusqu'à Dijon à 255 km de l'épicentre du LGRB. L'isoseiste IV couvre une grande partie de l'Alsace où la secousse est restée modérée mais largement ressentie.

Douze communes auront subi une secousse d'intensité IV-V. (dont 5 communes d'estimation

incertaines qualité B).

Dans le Haut-Rhin, à Colmar (50 km de l'épicentre) les témoins comparent le niveau des vibrations à celui d'un poids lourd passant tout près de leur maison durant 5 secondes. Un autre témoin identifie le phénomène comme l'enchaînement d'un grondement, d'une secousse moyenne puis d'une vibration légère.

A Mulhouse (60 km de l'épicentre) les témoignages individuels sont plus diversifiés, la durée des effets varie de 5 secondes à 1 minute selon les témoins. Les effets sont parfois forts ou à peine



(fig. 6) carte macrosismique

perceptibles. L'inquiétude des habitants fut majoritaire ; mais réveillées en pleine nuit, certaines personnes ont toutefois été effrayées par les vibrations d'objets ou le mouvement inhabituel de leur lit.

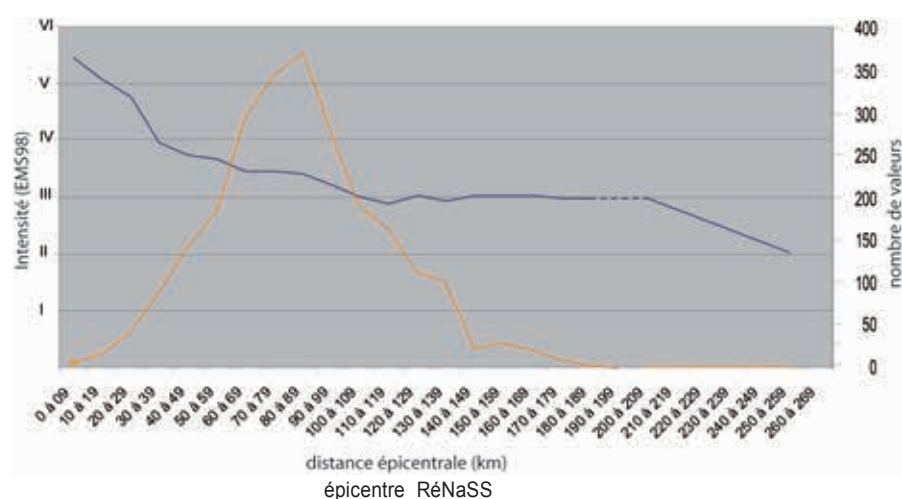
Dans le Bas-Rhin à Strasbourg (60 km de l'épicentre) la secousse a duré 10 secondes environ. Accompagnée d'un bruit sourd semblable à une explosion elle aura réveillé, là encore, de nombreuses personnes et généré quelques vibrations de faible intensité. Le mouvement sud nord a été identifié. De nombreux appels ont été enregistrés aux postes de secours.

A Belfort (100 km de l'épicentre), un mouvement est-ouest, nord-sud pour d'autre, a été identifié. La secousse modérée a mis en vibration les objets, le grondement a réveillé de nombreuses personnes, les vitres ont vibré "comme lorsqu'un avion passe le mur du son" indique un témoin.

A Nancy (153 km de l'épicentre) la secousse n'a été ressentie que par de rares témoins (souvent en étage) visiblement sans vibration d'objet ni effet sonore, la secousse est à peine perceptible par les personnes qui restent sans certitude quant à la nature du phénomène.

A Dijon (255 km de l'épicentre) un témoin (étage 1 ou 2) habitant dans un quartier récent (conservatoire) composé d'immeubles dépassant les 6 étages signale avoir perçu le séisme par des oscillations de liquides et un grondement souterrain.

Sur le territoire français les effets sont restés très modérés. Ils auront pour la majorité des personnes principalement rappelé les deux séismes précédent encore en mémoire, celui du 22 février 2003 et celui du 23 février 2004 sans générer d'inquiétude trop vive.



(fig. 7) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Références citées :

Brüstle, W., N., Benn, S., Stange, M., Cara, C., Sira, P., Kaestli, D., Faeh, Transfrontier macroseismic map and acceleration records of the Waldkirch Dec. 5, 2004 earthquake. - in preparation for Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., (2008).

Séisme du 15 janvier 2005 nord de Vielha (Espagne)



HEURE
en temps universel :
7h13mn TU
en temps légal :
8:13 min

MAGNITUDE
RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,6 M_L
OMP : 3,7 M_L
IGN : 3,1 M_L

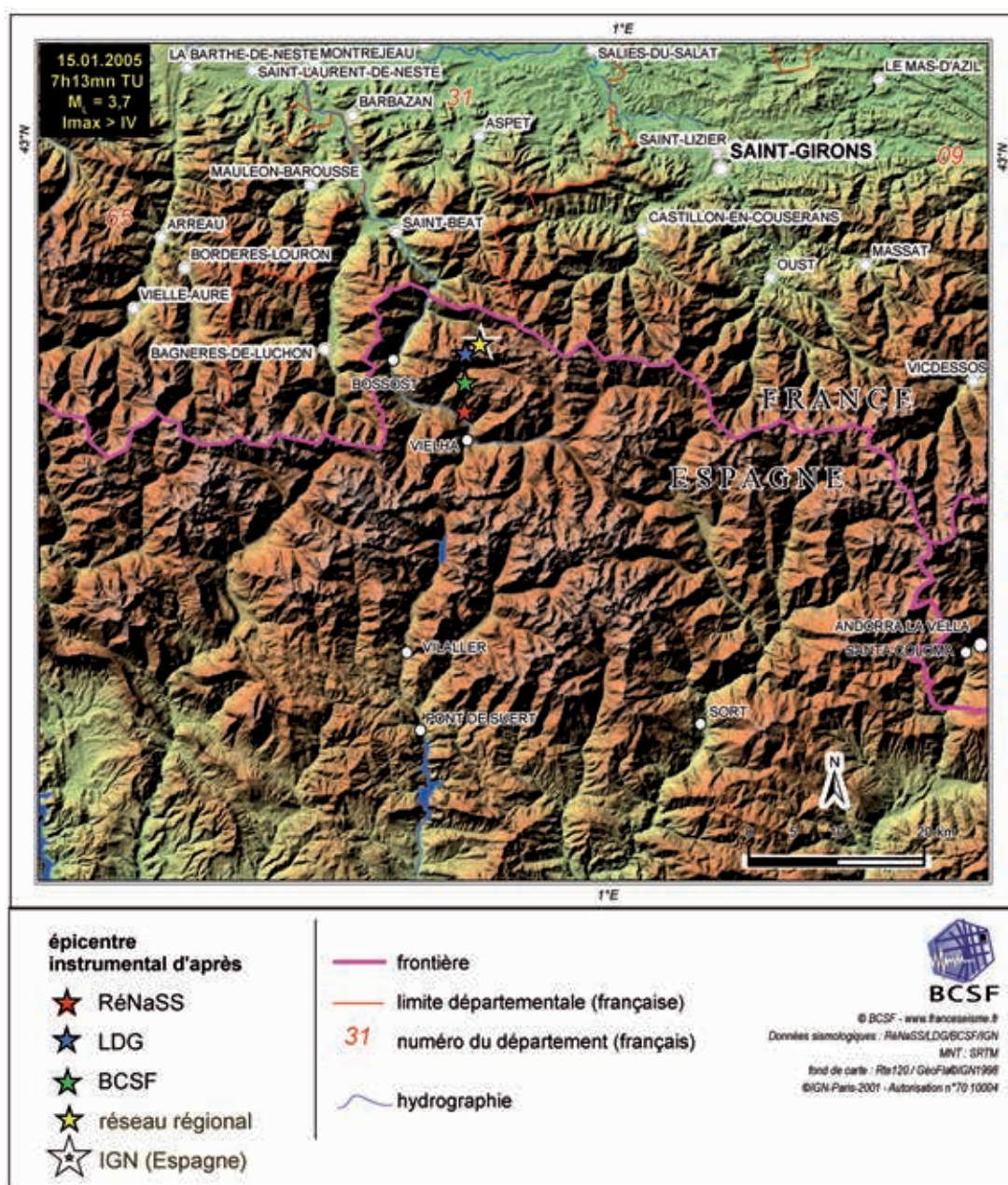
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 42,73° N
long. : 0,79° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 42,79° N
long. : 0,79° E
profondeur : 11 km

BCSF
lat. : 42,76° N
long. : 0,79° E
profondeur : 10 km

IGN (Espagne)
lat. : 42,8° N
long. : 0,81° E
profondeur : 11 km



(fig. 1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : >IV
formulaire
collectés : 153
dont collectifs : 149
individuels : 4

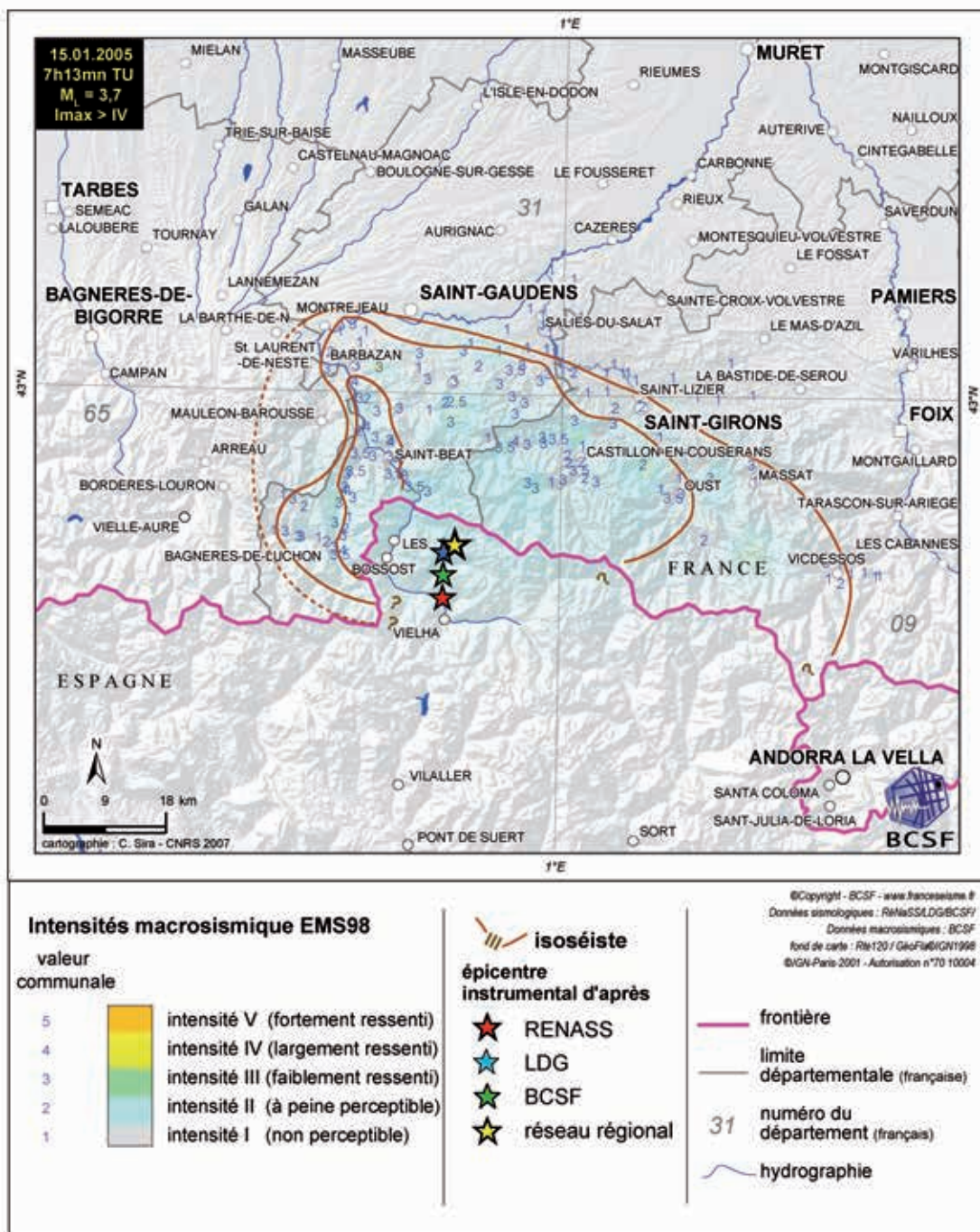
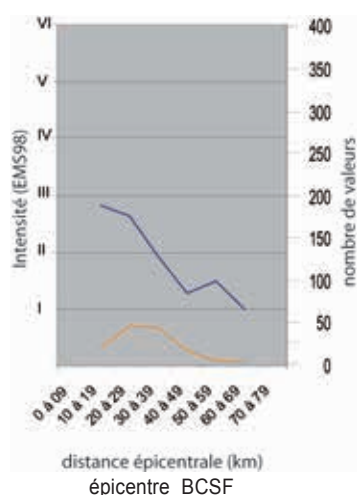
séisme ressenti
dans 86 communes
françaises

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III (partie française)

Surface (partielle) :
1380 km²
population française :
habitants : 52600
communes
françaises : 202

dégâts signalés
dans 4 communes

(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).



(fig. 2)

Observations macrosismiques

Localisé en Espagne à 9 km de la frontière, ce séisme succède au séisme du 3 février 2004 survenu dans cette même partie des Pyrénées. Ce tremblement de terre n'a pas engendré d'effets trop importants. L'intensité maximale sur le territoire espagnol est indiquée II-III, ce qui ne s'accorde pas avec les données issues de l'enquête du BCSF réalisée en France et qui confirme l'intensité IV comme valeur maximale française, à une distance

moyenne de 22 km. Il est probable que l'intensité maximale de ce séisme soit ou IV ou V.

Les isoséistes sont allongées dans le sens est-ouest dans l'alignement de la chaîne des Pyrénées.

7 communes de France ont largement ressenti le tremblement de terre (I = IV). Il a été ressenti jusqu'à 58 km de l'épicentre du BCSF (Goulmier, dép. 09, I=II). Les effets ont connu une plus longue propagation à l'est de l'épicentre.

De très faibles dégâts ont été signalés (niveau 1 en petit nombre) sur Antichan-de-Frontignes (dép. 31, 26 km de l'épicentre du BCSF), Mont-de-Galie (dép. 31, 29 km), Saint-Bertrand-de-Comminges (dép. 31, 35 km), Bethmale (dép. 09, 26 km).

Séisme du 31 janvier 2005

Mareuil (Dordogne)



HEURE
 en temps universel :
 6h55 min
 en temps légal :
 7h55 min

MAGNITUDE
 RéNaSS : 3,6 M_L
 LDG : 3,3 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 45,44° N
 long. : 0,51° E
 profondeur : 5 km

LDG
 lat. : 45,43° N
 long. : 0,5° E
 profondeur : 2 km

BCSF
 lat. : 45,41° N
 long. : 0,54° E
 profondeur : 5 km



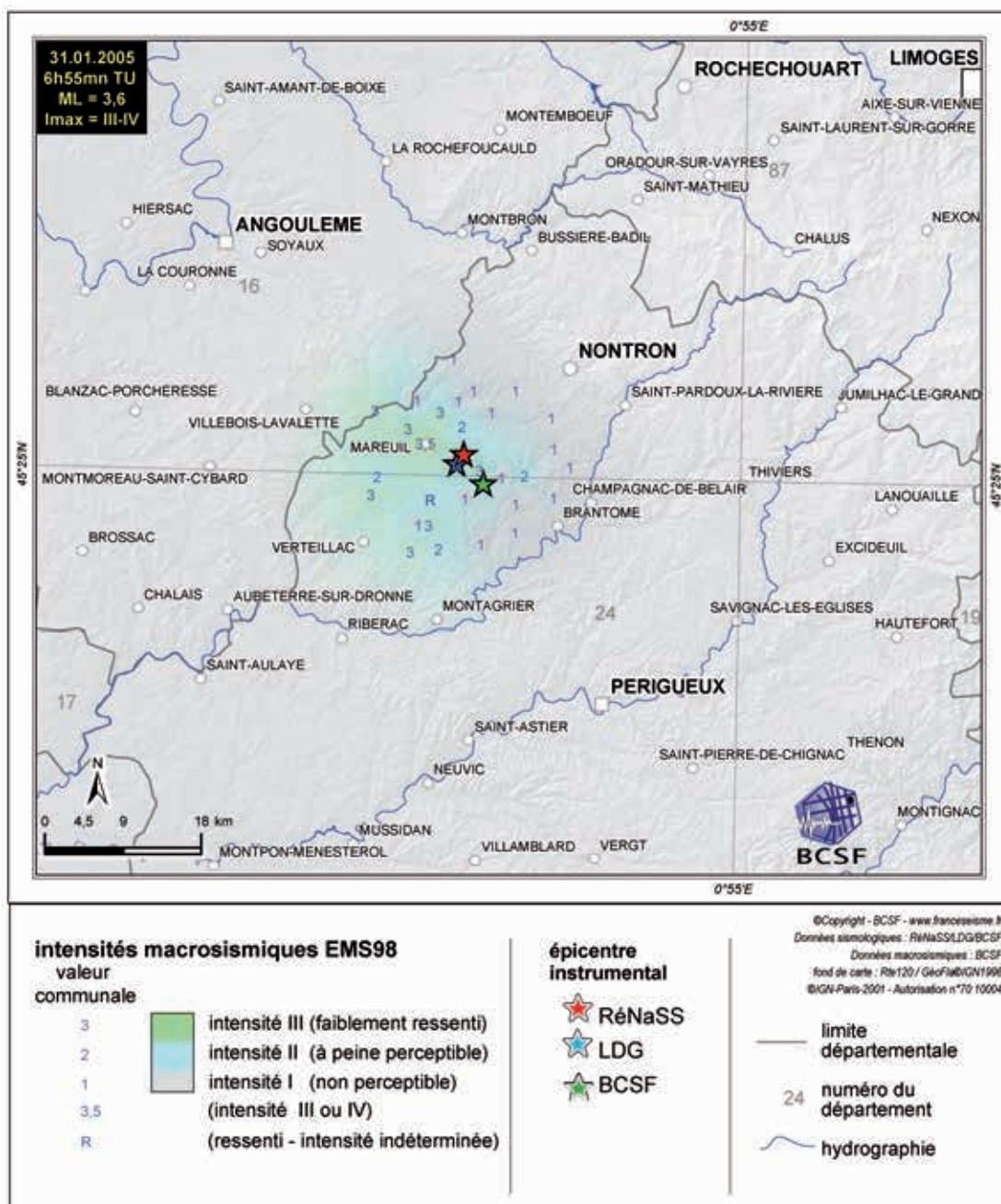
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : III-IV
formulaires
collectés : 49
dont collectifs : 47
individuels : 2

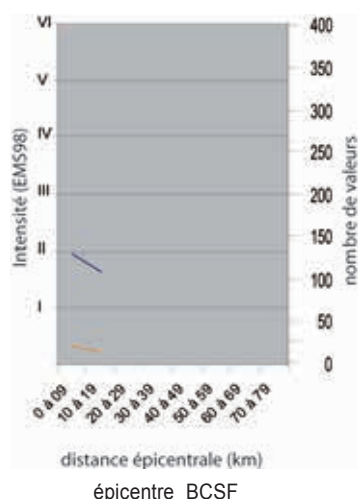
séisme ressenti
dans 14 communes

dégât signalé
dans 1 commune



(fig. 2)

(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).



Observations macrosismiques

Ce séisme peu profond survenu en début de journée, localisé en Dordogne dans le pays Ribérais à 11 km de la commune de Mareuil et 28 km au NO de Périgueux est localisé à 11 km à l'ouest du séisme du 23 février 2000 (3,9 M_L).

Ce séisme a une intensité maximale plus faible d'un degré et une magnitude plus faible de 0,2 à celle du séisme de l'année 2000. Ressenti jusqu'à 15 km de l'épicentre du BCSF selon

notre enquête (département de la Dordogne), elle n'aura pas généré d'effets importants auprès de la population. Tout au plus, les habitants situés à proximité de l'épicentre auront-ils pu s'inquiéter d'un grondement souterrain accompagné de légères vibrations.

A Chapdeuil (I=III, dist. 9 km), la mairie signale quelques fissures, mais les autres indicateurs ne permettent pas de dépasser l'intensité II.

Séisme du 26 février 2005 sud de Vielha (Espagne)



HEURE
en temps universel :
20h36 min
en temps légal :
21:36 min

MAGNITUDE
RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,7 M_L
OMP : 3,9 M_L

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

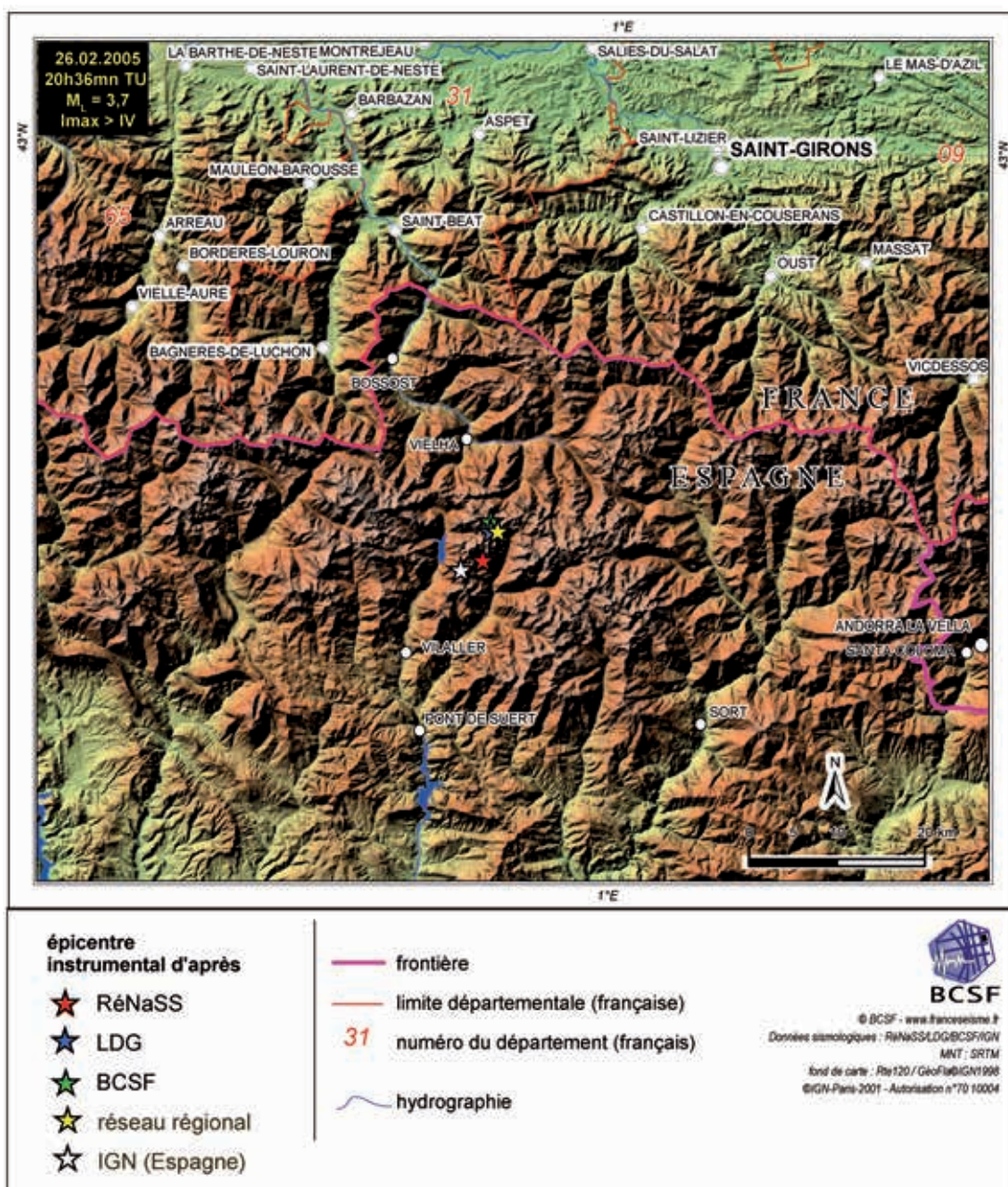
RéNaSS
lat. : 42,58° N
long. : 0,82° E
profondeur : 5 km

LDG
lat. : 42,61° N
long. : 0,83° E
profondeur : 4 km

BCSF
lat. : 42,62° N
long. : 0,83° E
profondeur : 5 km

RSSP
lat. : 42,61° N
long. : 0,84° E
profondeur : 8 km

IGN (Espagne)
lat. : 42,57° N
long. : 0,79° E
profondeur : 4 km



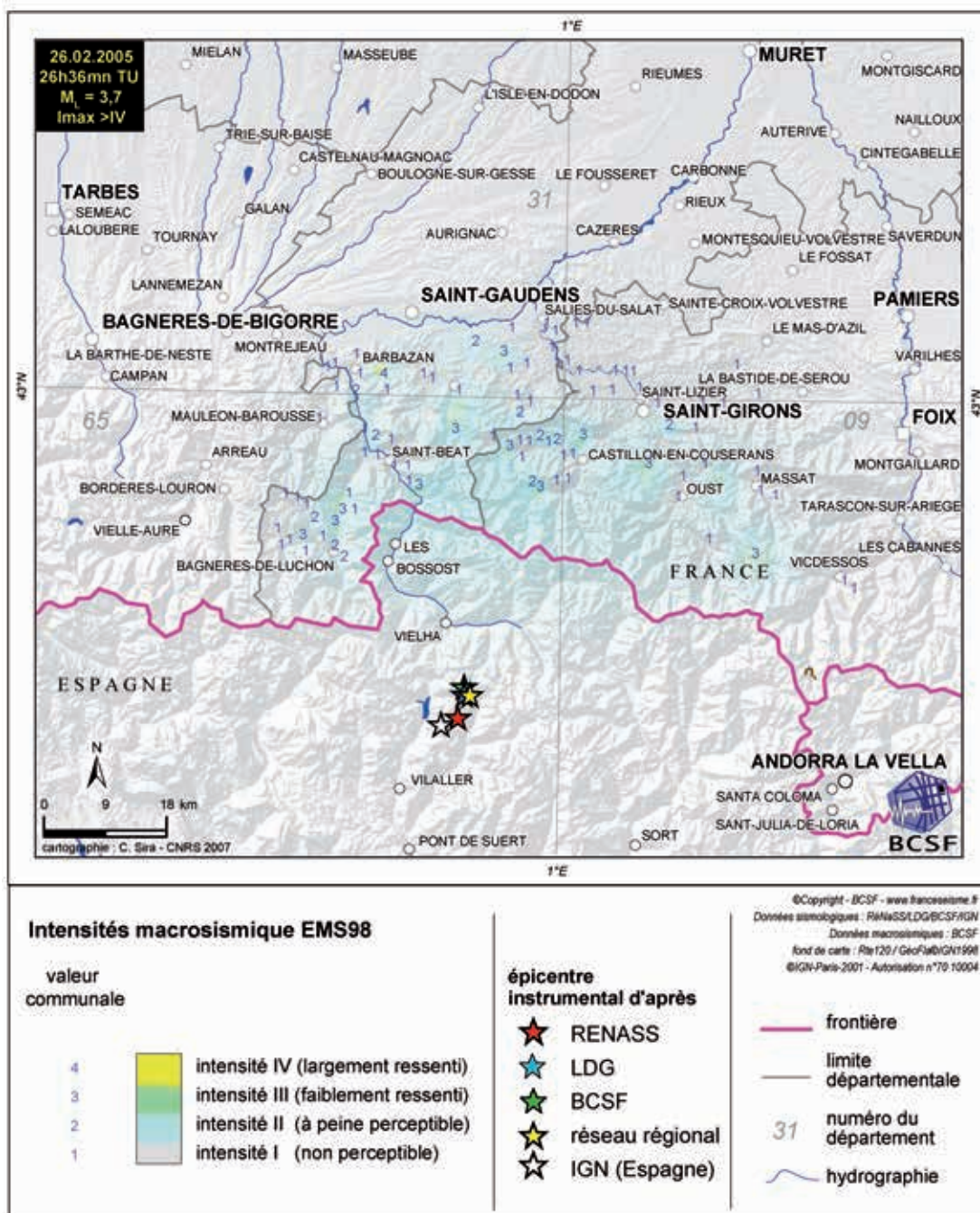
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

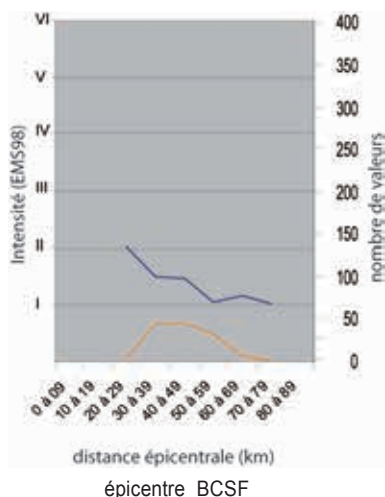
intensité
maximale > IV
formulaire
collectés
en France : 138
dont collectifs : 136
individuels : 2

séisme ressenti
dans 30 communes
françaises

dégâts signalés
dans 4 communes



(fig. 3) Moyenne des intensités communales françaises EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).



(fig.2)

Observations macrosismiques

Localisé à 16 km de la frontière, ce séisme vient pour la troisième fois sur cette période 2003-2005 confirmer une activité sismique régulière. L'intensité maximale sur le territoire français est de IV (48 km de l'épicentre du BCSF). Il a été ressenti jusqu'à 62 km. Il est impossible de cartographier des isoséistes sur les données d'intensités localisées.

Les effets de ce séisme survenu en début de soirée n'ont que légèrement perturbé les habitants du pays

de Barousse et du Luchonnais. Le bruit entendu est semblable, pour la majorité des communes, à un grondement faible et souterrain ou au passage d'un avion. Seule la commune de Roquefort-sur-Garonne indique le bruit d'une explosion, mais les effets n'en sont pas moins restés extrêmement faibles (intensité II).

On observe une atténuation rapide de la vibration vers le nord à partir de 45 km de l'épicentre. Des dégâts de niveau 1 sont indiqués dans quelques bâtiments des communes de Ganties (dép. 31), Lorp Sentaraille (dép. 09), Cazaux-Layrisse (dép. 31, 33 km), Sauveterre-de-Comminges (dép. 31, 48 km). La concomitance de ces effets avec le séisme n'est pas toujours confirmé par les mairies.

Séismes du 4 avril 2005

Ile d'Oléron (Charente Maritime)



(fig.1)

HEURE

en temps universel :
17h11 min
en temps légal :
19h11 min

MAGNITUDE

RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,7 M_L
CLDG : 4,0 M_L

REPLIQUE DU 4 AVRIL**LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 45,94° N
long. : 1,4° W
profondeur : - km

LDG
lat. : 45,93° N
long. : 1,38° W
profondeur : 5 km

BCSF
lat. : 45,94° N
long. : 1,41° W
profondeur : 10 km

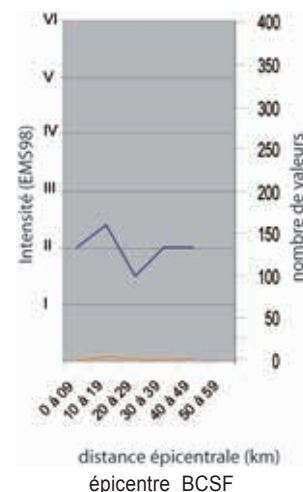
CLDG
lat. : 45,91° N
long. : 1,44° W

immeuble proche.

A Dolus d'Oléron après ce "roulement de tambour sourd et fort" un témoin signale encore une troisième secousse 30 minutes plus tard.

Si les bruits proches de l'épicentre semblent forts, les effets sur les autres indicateurs (objets, mobilier, constructions) sont faibles voire inexistants. La population n'a pas été trop alertée par cet évènement, comme en atteste également le faible retour de formulaires collectifs renvoyés par les mairies lors de notre étude.

Ces deux évènements seront suivis quelques jours plus tard (18 avril) par un séisme de 4,6 M_L localisée à proximité de ces deux premiers chocs (voir p. 128).



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 18 avril 2005

Ile d'Oléron

(Charente Maritime)



HEURE
 en temps universel :
 6h42 mn
 en temps légal :
 8h42 mn

MAGNITUDE
 RéNaSS : 4,6 M_L
 LDG : 4,7 M_L
 CLDG : 4,1 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 45,91° N
 long. : 1,42° W
 profondeur : 10 km

LDG
 lat. : 45,92° N
 long. : 1,42° W
 profondeur : 3 km

BCSF
 lat. : 45,93° N
 long. : 1,41° W
 profondeur : 5 km

CLDG
 lat. : 45,90° N
 long. : 1,44° W



(fig.1)

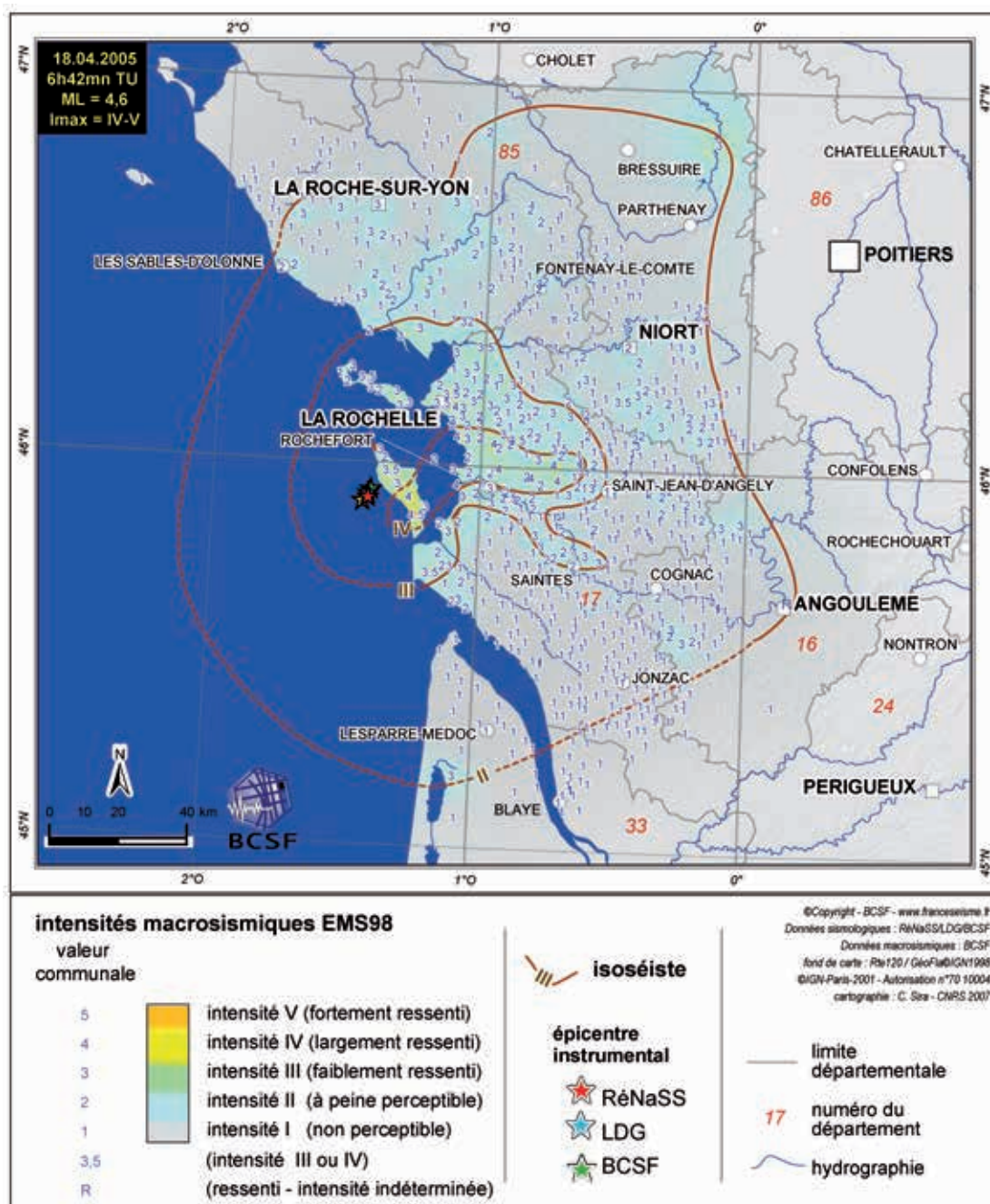
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV-V
formulaires
collectés : 945
dont 111 individuels
et 834 collectifs

séisme ressenti
dans 192 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
(partielle)**
surface : 2440 km²
population :
316400 h.
communes : 145

dégâts
signalés
dans 14
communes



(fig.2)

Observations macrosismiques

Le 18 avril 2005 à 8h42 (heure locale), l'île d'Oléron est à nouveau, après les séismes du 4 avril, le siège d'un événement sismique d'une magnitude de 4,6 M_L . Ce séisme est le plus important au voisinage de l'île d'Oléron depuis celui du 7 septembre 1972 (4,9 mb - ISC).

On aura compté trois événements sismiques de magnitude supérieure à 3,5 M_L en 2005 au voisinage de l'île d'Oléron.

La partie terrestre de l'isoséiste III représente 2440 km² et s'étend au plus loin jusqu'à 70 km à l'est de l'épicentre. L'intensité maximale IV-V a été atteinte sur la commune de Grand-Village-

Plage (14 km de l'épicentre). Dix communes ont largement ressenti les effets de ce séisme et pas uniquement près de l'épicentre, puisque certaines d'entre elles se trouvent entre 50 et 60 km de l'épicentre.

Pour 37% des communes ayant ressenti l'événement, le séisme a généré un sentiment d'inquiétude ou d'interrogation, 1% seulement de la frayeur, 62% ne signale aucun sentiment particulier de la population.

C'est donc sur l'île d'Oléron, territoire le plus proche de l'épicentre, que la secousse a été la plus forte. A Saint-Georges d'Oléron, un témoin indique un bruit équivalent à celui d'un coup de foudre tombé à proximité de sa maison. A Dolus

d'Oléron, le bruit a été de plus en plus fort jusqu'à créer un sentiment de frayeur et de panique pour quelques témoins.

A La Rochelle (31 km) les témoins semblent unanimement comparer le bruit au passage d'un gros camion dans la rue, un avion au décollage ou à l'essorage d'une machine à laver.

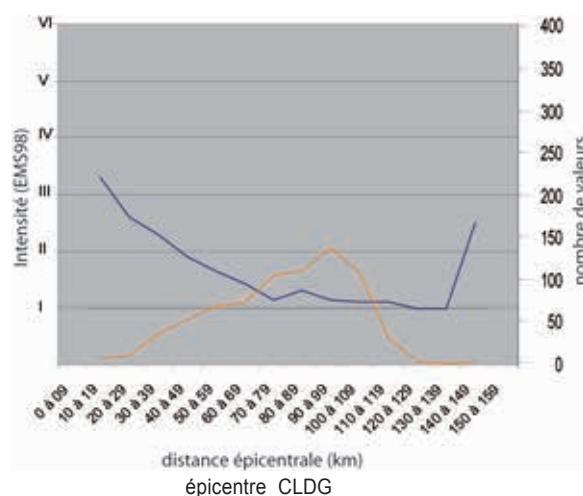
Plus loin à Rochefort (33 km), les effets sont semblables à ceux produits par le passage d'un métro, quelques personnes parlent de bruit d'explosion avec de faibles effets vibratoires.

Les dommages aux constructions sont faibles et ne touchent pour chaque commune que quelques habitations. Ils sont très majoritairement de 1^{er} niveau (fissures fines, chutes de petits morceaux de plâtre) ; à Chatellaillon-Plage (28 km) la succession des événements d'avril augmente les effets de fissuration. A Nuaille-d'Aunis (49 km de l'épicentre) la mairie signale la fissuration du plafond de son église romane. Pour autant les autres indicateurs ne permettent pas d'attribuer une intensité supérieure à III.

Les dégâts sont localisés dans le département de :

- **Charente-Maritime** : Nuaille-d'Aunis, La Chapelle-des-Pots (chute de tuiles), Le Grand-Village, Cire-d'Aunis, Chatellaillon-Plage, Saint-Loup, Salles-sur-Mer, Saint-Rogation, Saint-Georges d'Oléron (chute de tuiles); Sainte Soule, La Couarde-sur-Mer, Rivedoux-Plage ;
- **Vendée** : la Jaunière ;
- **Deux-Sèvres** : Juille.

De nombreux témoignages concordent pour identifier une deuxième secousse quelques minutes plus tard sans effets vibratoires, vers 8h55, comme à Saint-Pierre-d'Oléron, Saint-Georges d'Oléron, Dolus et Rivedoux-Plage.



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 12 mai 2005

Balsthal (Suisse)



HEURE
 en temps universel :
 01h38 min
 en temps légal :
 3h38 min

MAGNITUDE M_L
 RéNaSS : 3,9
 LDG : 4,3
 ETH (Zürich) : 4,1

MAGNITUDE M_W
 ETH (Zürich) : 3,7

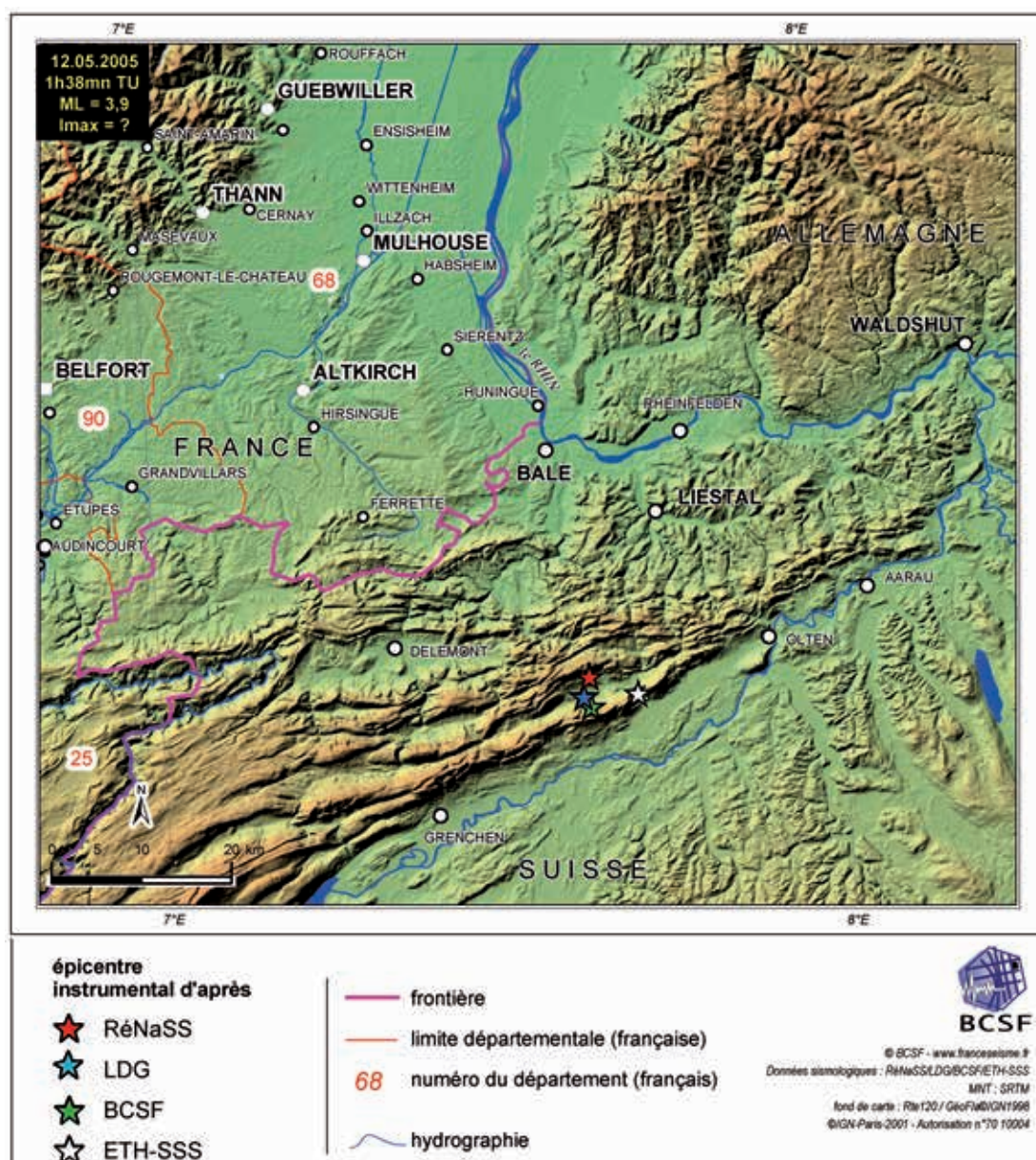
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS :

RéNaSS
 lat. : 47,32° N
 long. : 7,63° E
 profondeur : 20 km

LDG
 lat. : 47,3° N
 long. : 7,62° E
 profondeur : 20 km

BCSF
 lat. : 47,29° N
 long. : 7,63° E
 profondeur : 10 km

ETH (Zürich)
 lat. : 47,3° N
 long. : 7,7° E
 profondeur : 25 km



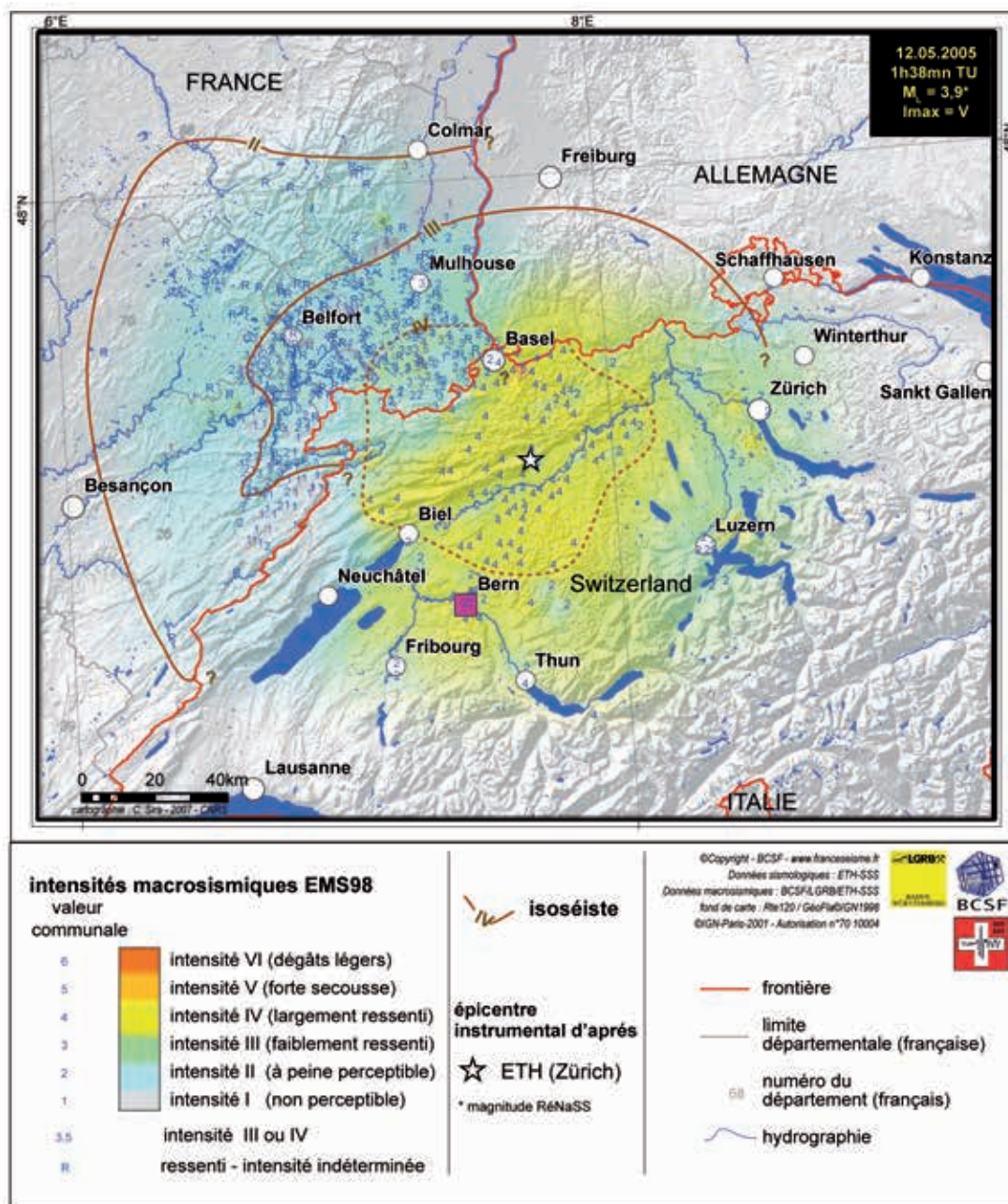
(fig.1)

**DONNÉES
MACROSISMQUES**

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 546
dont collectifs : 290
individuels : 256

séisme ressenti
dans 271 communes
françaises

dégâts signalés
14 communes



(fig.2)

Observations macrosismiques

Onze mois après les deux événements suisses de juin 2004, ce séisme localisé à 26 km de la frontière affecte de nouveau la région. En Suisse 3 localités atteignent l'intensité V (forte secousse) : Auswil, Pratteln et Wohlenschwil. L'ensemble des intensités V suisses n'a pas été reporté dans la carte ci-dessus (classe de qualité "very poor" par l'ETH à Zürich).

En France ce séisme a été ressenti jusqu'à 130 km son épicrocent.

Si les dégâts semblent en France nombreux au vu des faibles intensités affectées sur le territoire, il faut préciser qu'il s'agit pour chaque commune de quelques habitations seulement (parfois 1)

affectées par des dommages de niveau 1. Seul un habitant de la commune de Lepuix dans le département du Territoire de Belfort signale la chute de tuiles sur son habitation.

On localise ces effets dans les départements de la Haute-Saône (2), du Haut-Rhin (3), du Doubs (2) et le Territoire de Belfort (7). Après analyse de l'ensemble des indicateurs (objets, personnes, mobilier, environnement) les intensités IV ne sont toutefois pas dépassées.

Séisme du 22 juin 2005

Beauvoir-sur-Mer

(Vendée)



HEURE
en temps universel :
19h41 min
en temps légal :
21h41 min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,1 M_L
LDG : 4,1 M_L
CLDG : 4,4 M_L

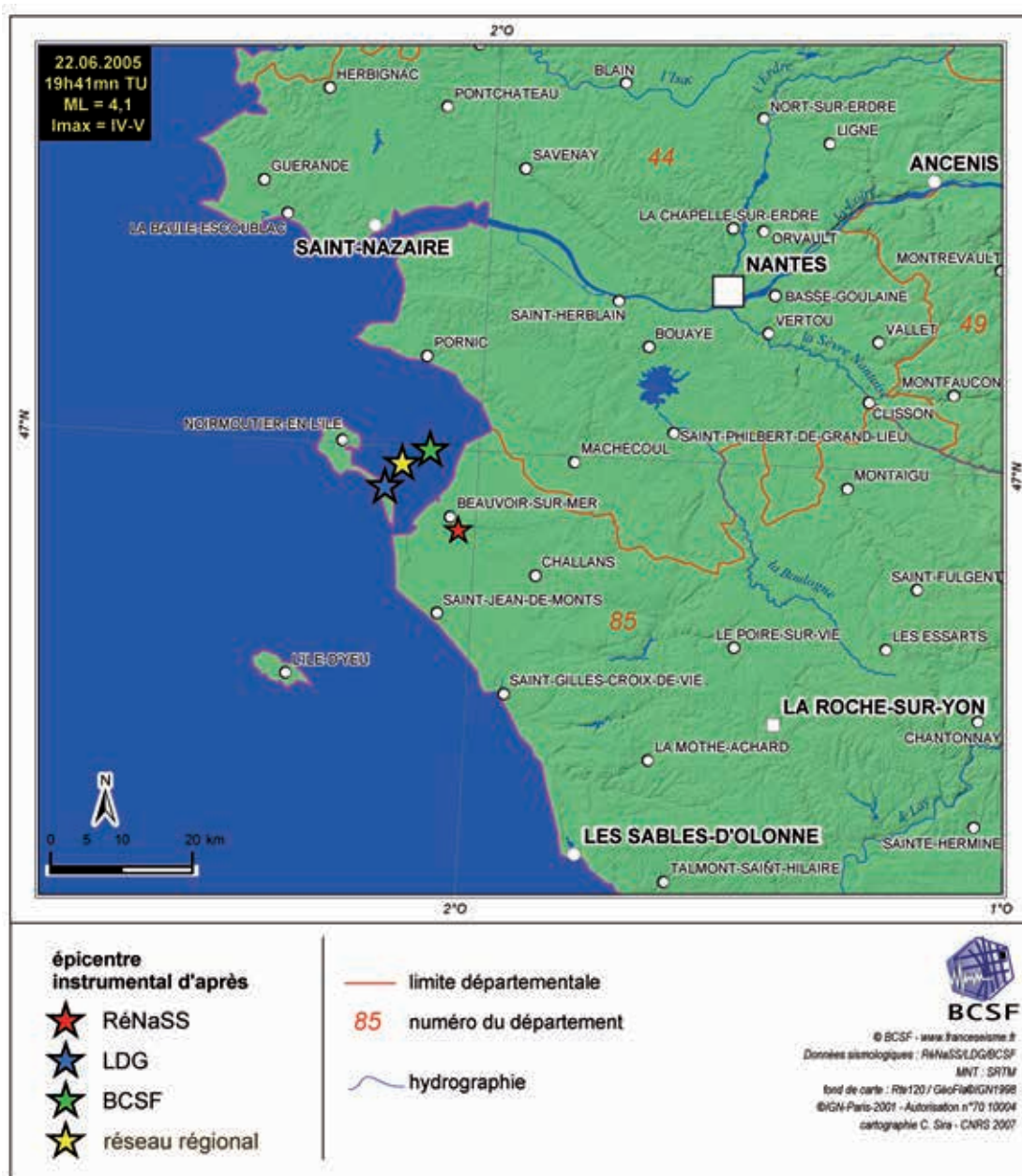
LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS :

RéNaSS
lat. : 46,9° N
long. : 2,03° W
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 46,95° N
long. : 2,17° W
profondeur : 4 km

BCSF
lat. : 47° N
long. : 2,09° W
profondeur : 10 km

CLDG
lat. : 46,98° N
long. : 2,14° W



(fig.1)

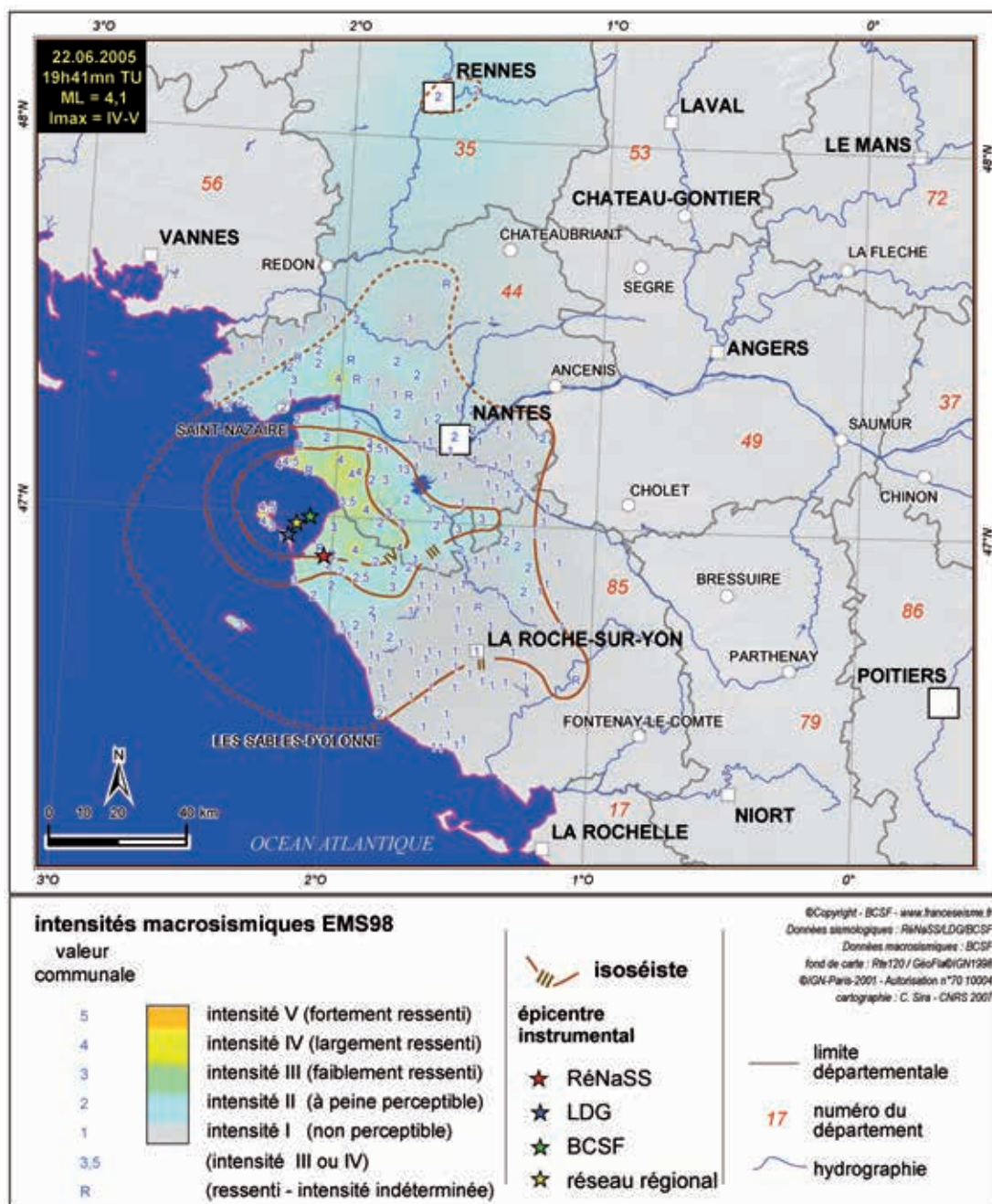
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV-V
formulaire
collectés : 284
dont collectifs : 206
individuels : 78

séisme ressenti
dans 83 communes

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
surface : 2681 km²
population :
65400 h.
communes : 32

dégâts signalés
1 commune



(fig.2)

Observations macrosismiques

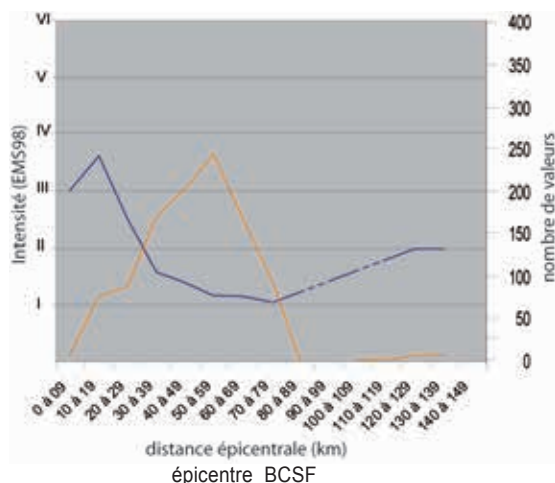
Ce séisme de magnitude 4,1 M_L est localisé à l'ouest du Pays de Bouin entre l'île de Noirmoutier et le continent, à 125 kilomètres au nord des séismes de l'île d'Oléron (4 et 18 avril 2005). Il n'aura généré que des effets modérés. L'intensité maximale IV-V aura été atteinte dans 2 communes seulement, Noirmoutier-en-l'île et la Plaine-dur-Mer respectivement à 12 et 18 km de l'épicentre du BCSF. Les dégâts relevés sont rares et légers (niveau 1) puisque 2 maisons seulement sur la commune de l'Epine à 13 km de l'épicentre indiquent des effets de fissuration. L'isoséiste III, couvre près de 1550 km² de sur-

face continentale et s'étire au plus loin jusqu'à 50 km de l'épicentre du BCSF.

Sur l'île de Noirmoutier le bruit a été perçu comme un bang d'avion supersonique engendrant une vibration moyenne à faible des vitres et des objets.

Sur le continent à La Plaine-sur-Mer ($I=IV-V$, distance 18 km) quelques habitants sont sortis de leur habitation pour tenter de découvrir l'origine de cette explosion.

A Pornic ($I=R$ =Ressenti (R), distance = 14 km) un bruit très grave a été perçu durant 2 à 3 secondes sans trop d'effets sur les habitations. A Saint-Gervais (13 km de l'épicentre) c'est un bruit semblable à celui du passage d'un gros camion



(fig.3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

qui a été entendu. Dans les 30 premiers kilomètres le bruit est très similaire à un bruit d'explosion ou à un grondement sourd parfois l'un et l'autre se succédant. Les vibrations sont restées modérées, la décroissance des effets fut assez rapide ; après 30 kilomètres les intensités III sont très minoritaires, laissant place aux intensités inférieures ressenties seulement par une partie de la population.

A Nantes (48 km de l'épicentre), c'est un gron-

dement souterrain qui a alerté une partie de la population. Bruit de moto, bruit de camion, durant 3 à 4 secondes cette secousse a généré une très faible vibration pour les personnes attentives.

Une réplique a été signalée à Beauvoir-sur-Mer (10 km de l'épicentre) 10 minutes. après le choc principal ainsi qu'à Nantes (distance 48 km).

Séisme du 8 septembre 2005

Vallorcine (Haute-Savoie)



HEURE
en temps universel :
11h27mn TU
en temps légal :
13h27 min

MAGNITUDE M_L
RéNaSS : 4,9
LDG : 5,3
SISMALP : 4,5

MAGNITUDE M_w
ETH (Zürich) : 4,5
GéoAzur : 4,4

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

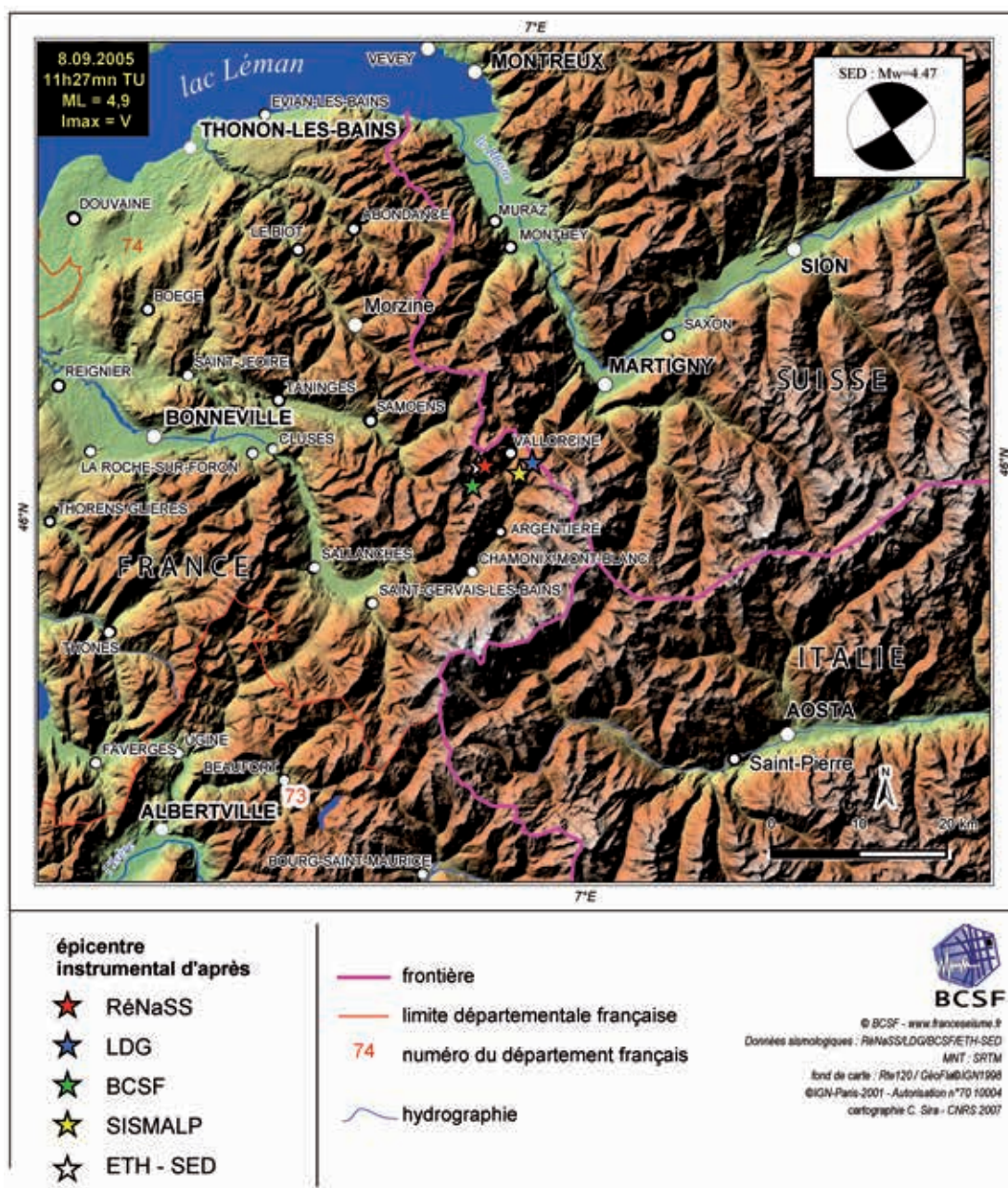
RéNaSS
lat. : 46,03° N
long. : 6,89° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 46,03° N
long. : 6,96° E
profondeur : 2 km

BCSF
lat. : 46,01° N
long. : 6,87° E
profondeur : 10 km

SISMALP
lat. : 46,02° N
long. : 6,94° E
profondeur : 2 km

ETH (Zürich)
lat. : 46,03° N
long. : 6,88° E
profondeur : 7 km



(fig.1)

Contexte sismotectonique

Sur les 15 dernières années, les séismes du Grand Bornand (14-12-1994, $M_L = 5,1$ RéNaSS) et d'Anancy-Epagny (15-07-1996, $M_L = 5,3$ RéNaSS) avec leur épocentre respectivement à 35 et 70 km de celui de Vallorcine, sont les plus importants de la région. Les deux derniers séismes ressentis à proximité

sont celui de Samoëns le 19 août 2000 (3,5 M_L RéNaSS) et celui de Martigny en Suisse du 23 février 2001 (3,6 M_L RéNaSS). La localisation de l'épicentre du séisme du 8 septembre a été faite en temps quasi-réel par les agences nationales du RéNaSS-Sismalp à Grenoble et Strasbourg et du SED-ETH à Zurich. La figure 1 montre les localisations calculées par les différentes agences. Un

mécanisme au foyer montrant un décrochement sur un plan de faille vertical a été rapidement calculé par Sismalp à Grenoble et a été confirmé par les autres agences sismologiques par la suite. L'analyse des sismogrammes large-bande des stations européennes, dont celles du RéNaSS et du CEA-DASE pour la France, a permis à l'ETH de Zurich de déterminer rapidement le moment sismique ($4,5 M_W$) et l'orientation des plans nodaux du mécanisme de ce séisme. Des résultats très similaires ont été obtenus par le laboratoire Géosciences Azur à Nice à partir de 3 stations accélérométriques du RAP proches de l'épicentre (fig.3).

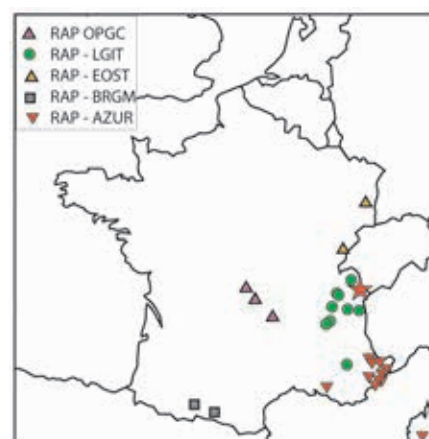
Pour cartographier plus en détail le segment de faille à l'origine du séisme, il est nécessaire de localiser précisément les répliques en installant des capteurs sismiques sur le terrain. C'est ce qui a été fait dans le cadre d'une opération soutenue par l'INSU dans les jours qui ont suivi. Dès l'après-midi du 8 septembre, les sismologues de Strasbourg, de Grenoble et de Zürich, se sont concertés pour déployer 27 stations portables (24 en France et 3 en Suisse - figure 2). Le dispositif a été mis en place les 9 et 10 septembre autour des massifs Aiguilles-Rouges / Buet / chaîne des Perrons, afin d'entourer l'épicentre sur un rayon d'une dizaine de kilomètres.

Les répliques du séisme de Vallorcine s'orientent

selon une direction N 60 sur 3 km de long et entre 3 et 5 km de profondeur sous le niveau de la mer (Fréchet et al. 2006 ; Thouvenot et al. 2006). Cette activité signe le segment de faille qui a rompu le 8 septembre 2005 avec un mécanisme décrochant dextre et confirme que le foyer du séisme principal est superficiel.

Deux séismes importants sur la période instrumentale ont eu lieu dans cette région du Mont Blanc, "Chamonix" le 29 avril 1905 (magnitude 5,5 à 6, Alasset 2005) et "Vallorcine" le 8 septembre 2005. Bien que situé dans la même région épiscopentrale, il semble que la faille sur laquelle le séisme de 2005 a eu lieu ne soit pas celle à l'origine du séisme de 1905. Le signal sismique associé au mécanisme du séisme de Vallorcine de 2005 est en effet incompatible avec les observations instrumentales faites à Göttingen en 1905 (Cara et al., 2006). Le séisme de 1905 pourrait plutôt avoir eu lieu sur une autre faille située à environ 5 km plus au sud, la faille de la Remuaz. Cette dernière faille qui est visible depuis le col des Montets au pied des Aiguilles Rouges présente plusieurs indices d'activité en faille normale-senestre (Alasset 2005, Van der Woerd et al. 2006) compatible avec l'enregistrement de 1905 à Göttingen.

Ces informations en complément des mesures GPS effectuées dans les Alpes et des études géologiques sur le terrain, apportent un éclairage nouveau sur les caractéristiques de la déformation actuelle de cette partie des Alpes. Le séisme de Vallorcine éclaire en



(fig. 2) Carte des stations RAP ayant enregistré l'événement

(fig. 3) Disposition des stations temporaires installées sur le terrain les 9 et 10 septembre 2005. Epicentre RéNaSS et mécanismes au foyer du choc principal et des premières répliques (SED-ETH-Zurich)

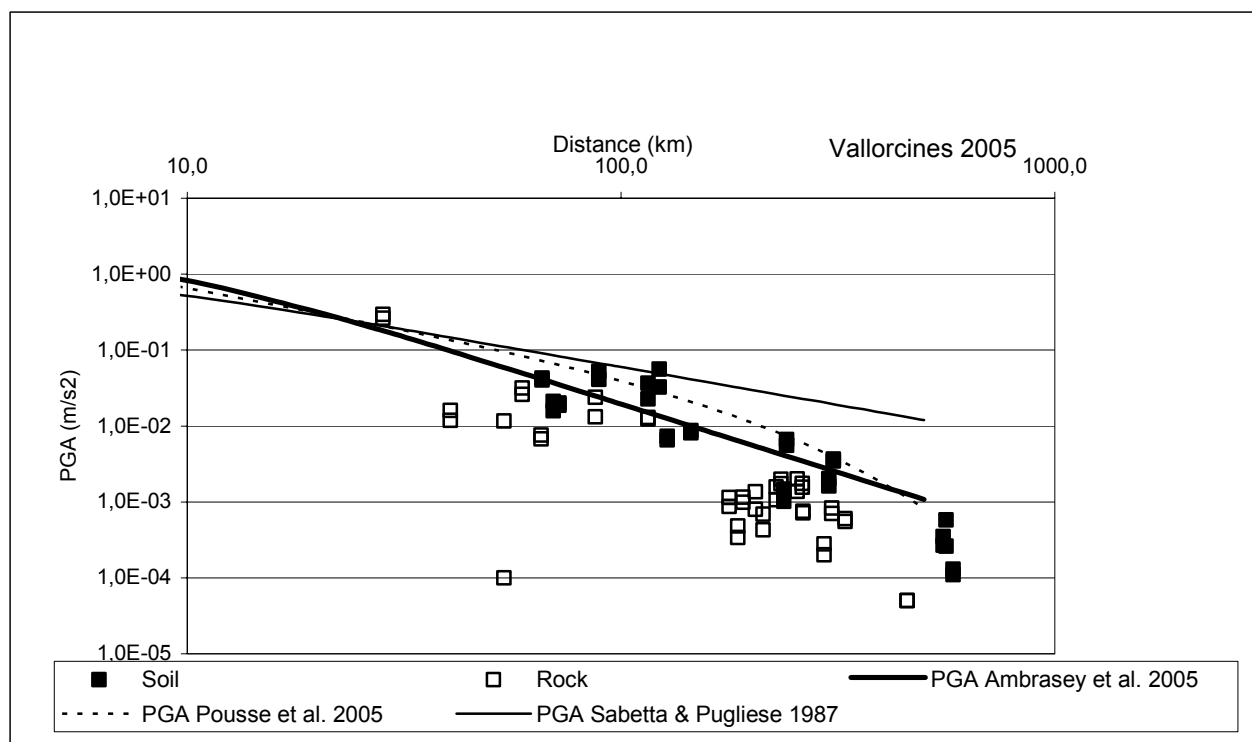
particulier le débat actuel sur les rôles respectifs de la tectonique active et de l'extension gravitaire à l'axe de la chaîne (Delacou et al., 2004 ; Alasset et al., 2005). Il montre qu'à proximité de la double zone de chevauchement expliquant l'altitude élevée du Mont-Blanc (Leloup et al., 2005), une faille à coulissage dextre, grossièrement parallèle à la partie nord de la chaîne, est actuellement active.

Accélérométrie

Valeurs des pics d'accélération enregistrés par le réseau accélérométrique permanent (RAP)

Station	Code	Type de sol	Latitude	Longitude	Distance (km)	ZZ m/s ²	NS m/s ²	EW m/s ²
Les Tines Sixt (74)	OGSI	Rocher	46,06	6,76	28	0,22167	0,2612	0,295
Tignes (73)	OGTI	Rocher	45,495	6,924	40	0,0135	0,01183	0,01596
La Lechère (73)	OGLE	Rocher	45,53	6,47	54	0,01341	0,0001	0,01164
Thonon les Bains (74)	OGTB	Rocher	46,321	6,604	59	0,01419	0,0259	0,03147
Annecy DRASSM (74)	OGAN	Rocher	45,892	6,136	65	0,00427	0,00756	0,00673
Prefecture d'Annecy (74)	OGAP	Sol	45,904	6,133	66	0,01813	0,04275	0,04015
Mairie Epagny (74)	OGEP	Sol	45,934	6,084	70	0,01249	0,02108	0,01588
Poisy (74)	OGPO	Sol	45,918	6,054	72	0,00747	0,01874	0,01994
Chambery Bassens (73)	OGCH	Rocher	45,588	5,922	87	0,01129	0,02384	0,01317
Le Bourget du Lac (73)	OGBL	Sol	45,63	5,88	89	0,02247	0,05253	0,04096
Montbonnot Forage Haut (38)	OGFH	Sol	45,209	5,821	115	0,01403	0,0364	0,02274
Montbonnot Forage Moyen (38)	OGFM	Rocher	45,209	5,821	115	0,00941	0,01235	0,0129
Grenoble patinoire (38)	OGDH	Sol	45,181	5,736	123	0,02198	0,05605	0,03246
Le Pont de Claix (38)	OGPC	Sol	45,137	5,699	128	0,00501	0,00655	0,00731
Fournets-Luisans (25)	STFL	Sol	47,08	6,32	145	0,00437	0,00867	0,00812
Saint-Etienne de Tinee (06)	STET	Rocher	44,259	6,929	178	0,00099	0,00114	0,00087
Fort d'Isola (06)	ISOL	Rocher	44,184	7,05	186	0,00055	0,00048	0,00034
Belvedere (06)	BELV	Rocher	44,156	7,319	191	0,00074	0,00099	0,00115
Reserve geologique de Digne (05)	OGDI	Rocher	44,1	6,22	204	0,00089	0,00136	0,0008
Drain de Saorge (06)	SAOF	Rocher	43,986	7,553	213	0,00037	0,00069	0,00043
Chapelle Saint-Pancrace a l'Escarene (06)	ESCA	Rocher	43,825	7,371	228	0,00076	0,00157	0,00107
Plateau de Calerne (06)	CALF	Rocher	43,753	6,922	234	0,00135	0,00198	0,00173
Fort Militaire-La Revere (06)	NREV	Sol	43,74	7,368	237	0,0005	0,00102	0,00147
Square Alsace-Lorraine, Nice (06)	NALS	Sol	43,699	7,258	241	0,00563	0,00557	0,00662
Cap d'Antibes - Villa Thuret	ANTI	Rocher	43,564	7,123	255	0,00174	0,00137	0,002
La Chaise-Dieu (63)	OCCD	Rocher	45,32	3,699	262	0,00147	0,00175	0,00156
Sainte Marie aux Mines (68)	STSM	Rocher	48,22	7,16	263	0,00107	0,00072	0,00075
Cerege Plateau du Petit Arbois (13)	ARBF	Rocher	43,492	5,322	294	0,00021	0,0002	0,00028
Orcines-Sarcenat (63)	OCOR	Rocher	45,798	3,028	306	0,00048	0,00083	0,0007
Saint Julien la Geneste (63)	OCSJ	Rocher	46,052	2,734	329	0,00046	0,0006	0,00055
Barrage de Sam-Polo (20)	SMPL	Rocher	42,094	9,285	457	0,00004	0,00005	0,00005
Orus (09)	PYOR	Sol	42,783	1,507	553	0,00025	0,00035	0,00027
Aspet (65)	PYAS	Sol	43,012	0,797	584	0,00016	0,00013	0,00011

Fig. 4 - Atténuation du pic d'accélération en fonction de la distance (RAP)



Références citées

- Alasset P. J., Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente: cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme de Zemmouri (MW=6.9, Algérie) du 21 Mai 2003, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 228 p., (2005).
- Ambrasey, N.N., J. Douglas, S.K. Sarna et P. Smit, Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal, earthquakes using data from Europe and Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 3, 1-53, (2005).
- Cara, M., P.J. Alasset, L. Rivera, J. Van der Woerd et J. Fréchet, The Chamonix, 1905, earthquake: focal mechanism determination based on two Goettingen Wiechert records, 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Sept. 2-8, Genève (2006).
- Delacou, B., Sue, C., Champagnac, J.D. et M. Burkhard, Present-day geodynamics in the bend of the western and central Alps as constrained by earthquake analysis, *Geophys. J. Int.*, 158, 753-774 (2004).
- Fréchet J., F. Thouvenot, M. Frogneux, N. Deichmann et M. Cara, An aftershock study of the ML 4.9 Vallorcine (French Alps) earthquake of 8 September 2005, paper presented at EGU, Vienne, 3-6 avril 2006, (2006).
- Leloup, H., Arnaud, Sobel, E. et R., Lacassin, Alpine thermal and structural evolution of the highest external crystalline massif: the Mont Blanc, *Tectonophysics*, 24, TC4002, doi: 1029/2004TC001676 (2005).
- Pousse, G., C. Berge-Thierry, L.F. Bonilla et P.Y. Bard, Eurocode 8 design response spectra evaluation using the K-net Japanese database, *Journal of Earthquake Engineering*, 9, 4, 547-574 (2005).
- Sabetta, F. et A. Pugliese, Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong motion records, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 77, 1491-1513, (1987).
- Thouvenot, F., Fréchet, J., Frogneux, M., Deichmann, N. et M. Cara, The ML-4.9 Vallorcine (French Alps) earthquake (8 september 2005): a right-lateral strike-slip on the N60-striking Loriaz fault, 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Sept. 2-8, Genève, (2006).
- Van der Woerd J., P. J. Alasset, M. Cara, M. Meghraoui, L. Rivera et A. S. Mériaux, The Remua fault in the Aiguilles Rouges massif (France): evidence for an active normal fault NW of the Mont Blanc? paper presented at EGU, Vienne, 3-6 avril 2006, (2006).

DONNÉES MACROSISMQUES

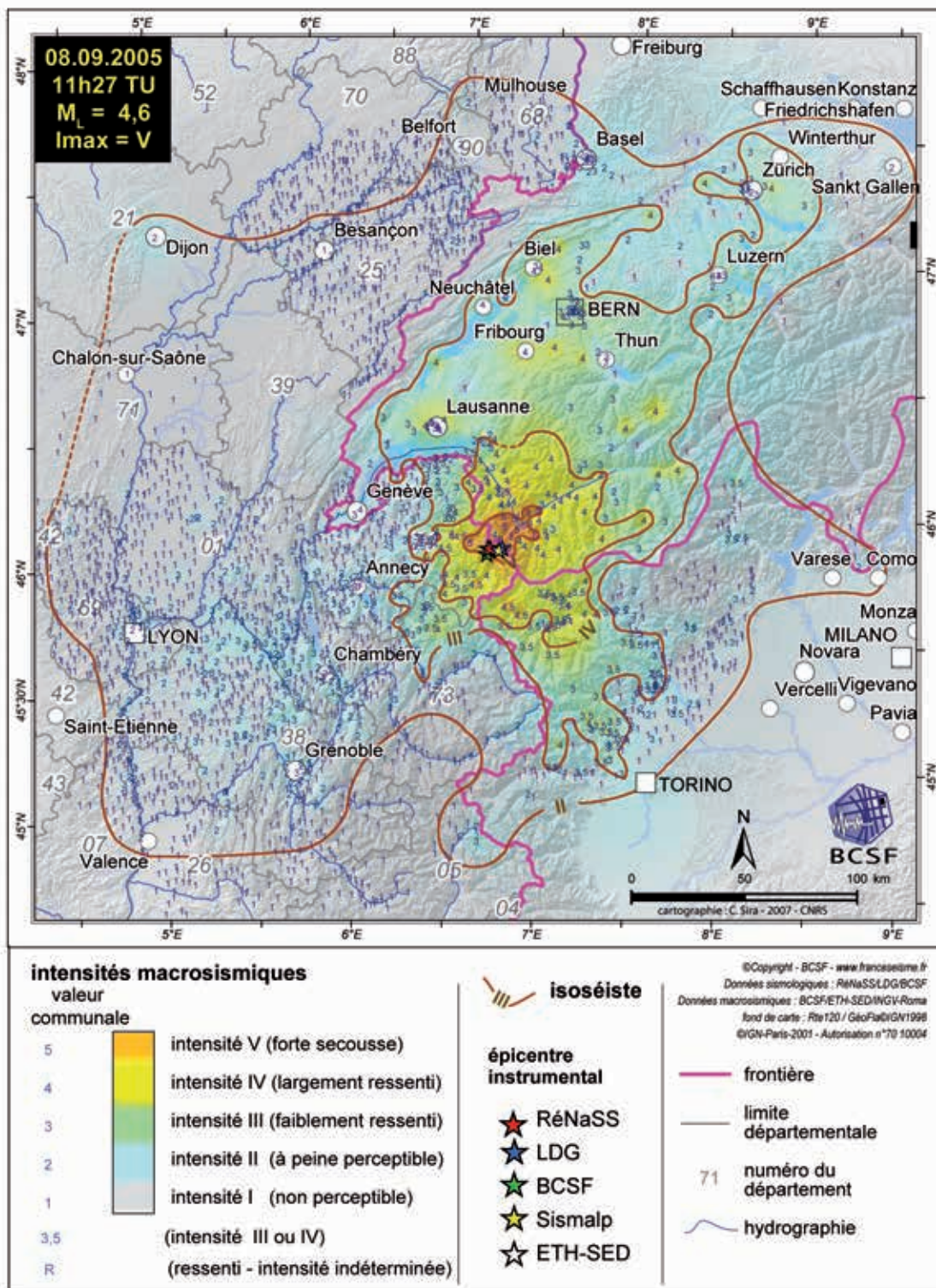
intensité
maximale : V
formulaire
collectés en France :
3211
dont 799 individuels
et 2412 collectifs

séisme ressenti
dans 332 communes
françaises

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface totale :
23238 km²
population française :
habitants : 190900
communes
françaises : 101

dégâts
signalés
dans 18 communes
françaises



(fig.5)

Observations macrosismiques

L'épicentre du séisme est localisé à l'ouest du village du Couteray sur la commune de Vallorcine (74) et n'a pas causé, en France, de dommages significatifs aux constructions. Le séisme principal ($M_L = 4,9$ à 13h27, heure légale) a été suivi 2 minutes plus tard par une réplique de magnitude 3,9 M_L . L'intensité macrosismique du premier évènement a atteint V sur les communes

de Sixt-Fer-à-Cheval et de Vallorcine ainsi que sur les localités suisses voisines jusqu'à Martigny. Les effets macrosismiques les plus notables ont été les très nombreuses chutes de pierres en montagne et une secousse perçue comme une puissante onde de choc sonore sur la commune de Vallorcine.

Le séisme a été nettement perçu (intensité III) jusqu'à plus de 100 km de l'épicentre mais, d'après

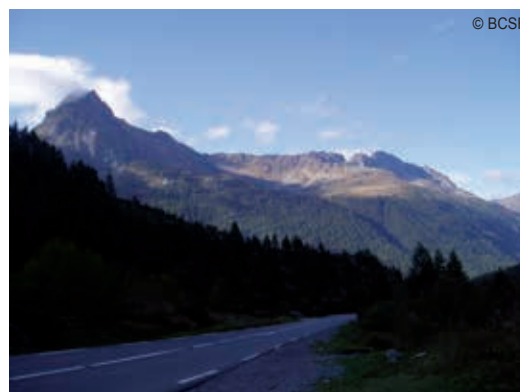
les données macrosismiques suisses et italiennes qui ont été communiquées au BCSF, il semblerait que les zones d'intensité III et IV y soient plus étendues qu'en France. Une confrontation des données macrosismiques acquises montre que les méthodes d'enquête (appuyées sur les données individuelles pour la Suisse) peuvent être la cause de cette extension dans les intensités IV.

Localisé à la frontière franco-suisse, ce séisme a surpris les habitants de la région de Chamonix en début d'après-midi à 13h27 (heure française). Il a été perçu en France jusqu'à Grenoble, Lyon et Mulhouse.

Les SIDPC des préfectures des 14 départements suivants ont diffusé le formulaire collectif du BCSF sur l'ensemble de leurs communes ou partiellement selon les cas (mairies, casernes de sapeurs pompiers, gendarmeries) : l'Ain, le Doubs, l'Isère, le Jura, la Savoie, la Haute-Savoie, les Hautes-Alpes, le Rhône, le Haut-Rhin, la Haute-Saône, la Saône et Loire, l'Ardèche, le Territoire de Belfort et la Drôme.

Ce travail a permis d'estimer l'intensité pour 2238 communes françaises dont 167 ayant une intensité supérieure ou égale à III. Aucun désordre sur les grandes infrastructures (barrage, centrale électrique, galeries) n'a été signalé.

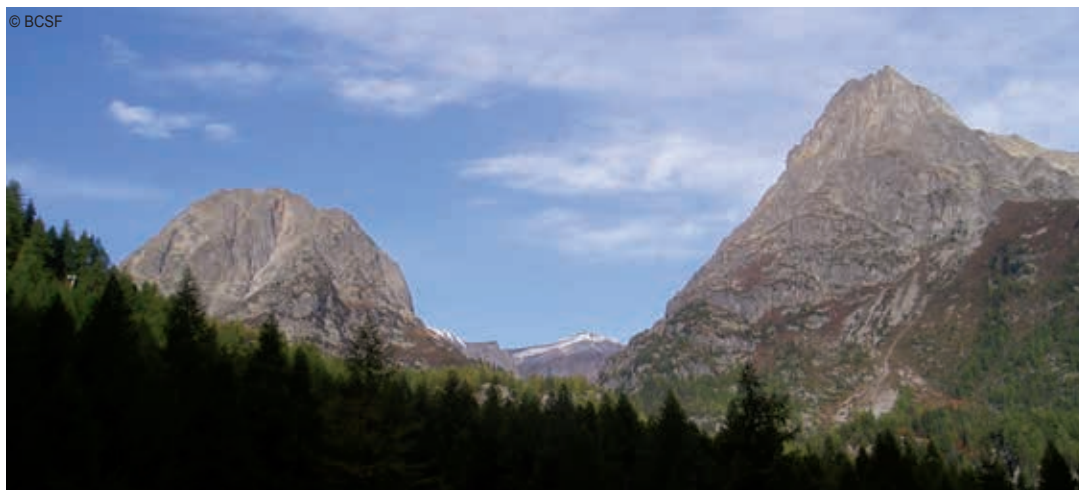
Au vu des faibles effets sur les constructions, l'estimation des intensités macrosismiques n'a pas nécessité de mission d'observation sur le terrain de la part du BCSF. La qualité de l'habitat, majoritairement en maçonnerie et bois sur la zone épiscopale, a probablement été un facteur limitant les dégâts pour un séisme superficiel de cette magnitude.

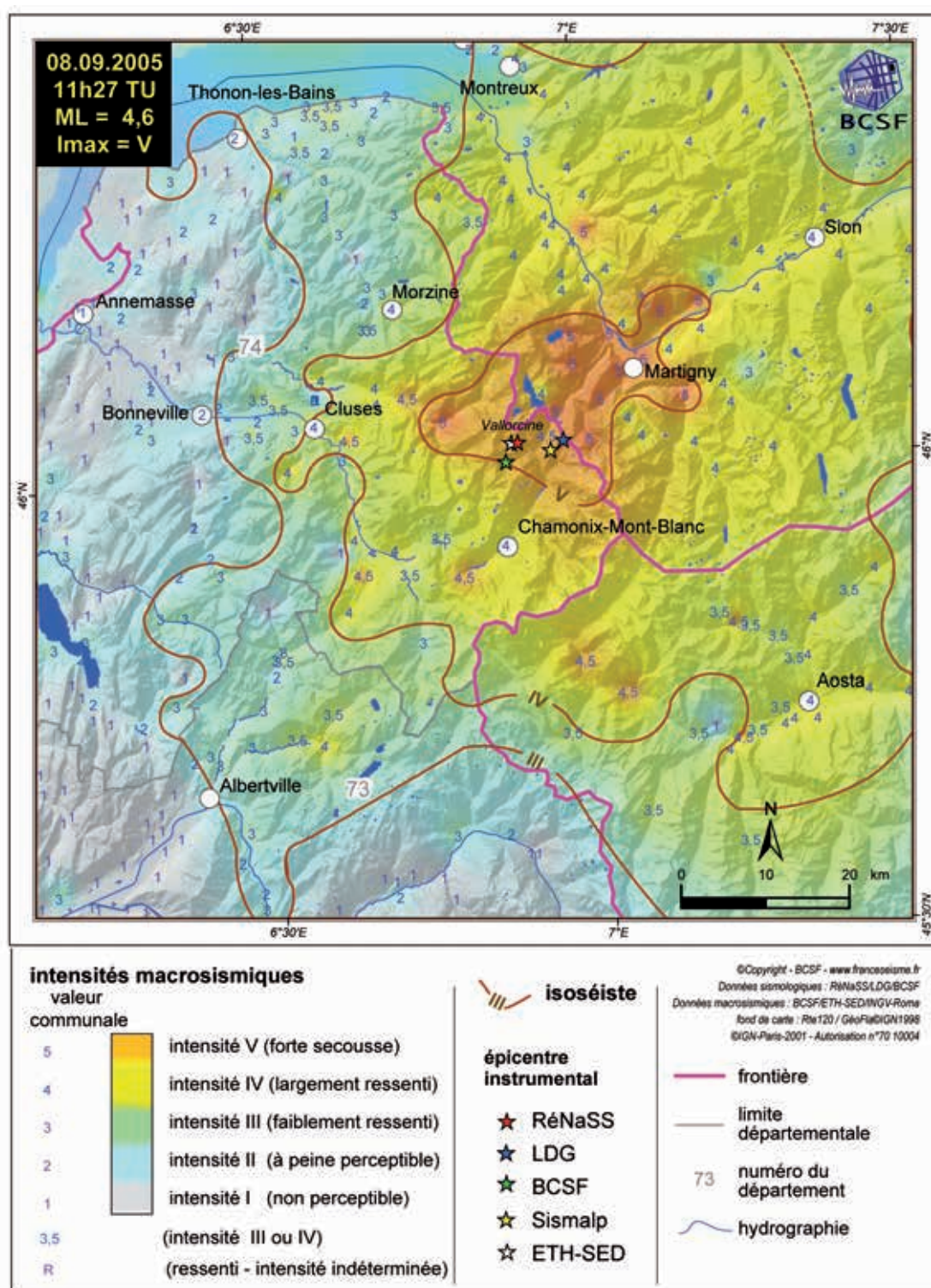


(photo 6) - Cornes de Loriaz à gauche, chaîne des Perrons à droite, vue du col des Montets.

L'intensité macrosismique (EMS-98, Grünthal, 1998) maximale observée a été de V sur les commune de Vallorcine et de Six-Fer-à-Cheval (France) et sur 12 localités en Suisse. Les données communiquées par l'ETH de Zurich et l'INGV de Rome permettent de dresser la carte macrosismique transfrontalière (fig. 5 et 8). Pour les données italiennes, l'échelle macrosismique utilisée est celle de Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS, Sieberg, 1932), dont les niveaux inférieurs à V sont très proches de ceux de l'échelle EMS-98, eux même très proches de ceux de l'échelle MSK64 (Molin, 1995). Ce dernier auteur rapporte que les écarts sont inférieurs à un demi-degré pour les faibles intensités entre l'échelle MCS et l'échelle MSK64.

(photo 7) Zone épiscopale, Cornes de Loriaz à droite, traces d'éboulement sur le Mont Oreb à gauche, Cheval blanc au fond.





(fig. 8) Carte macrosismique de la zone épacentrale

Après Vallorcine (intensité V), les communes de (par ordre de distance épacentrale) Samoëns, de Vallorcine, Samoëns, Les Houches, Araches et Combloux atteignent une intensité IV-V.

Si le séisme a été ressenti sur de grandes distances, avec des intensités III à plus de 100 km vers le nord et les fonds de vallée au sud-ouest, il n'a pas été ressenti sur les massifs calcaires du Jura dans le Doubs et ne l'a été que sporadiquement dans l'Ain et sur les massifs du sud de l'Isère en

Savoie. Les mesures instrumentales du niveau d'accélération du sol sont données en fonction de la distance à l'épicentre dans la figure 4,

Haute-Savoie (74)

Personnes et environnement

Lors de cette secousse sismique qui s'est produite en milieu de journée, de nombreuses personnes

étaient en montagne dans la zone épiscopale. Confondu parfois avec le bruit d'un avion passant le mur du son, le séisme a provoqué de nombreux frayeurs suite à des chutes de pierres. Une personne pratiquant l'escalade dans les dalles de granit au-dessus de Barberine à la frontière suisse a ainsi été blessée (le Dauphiné du 9 sept. 2005). Des éboulements importants se sont produits dans les Aiguilles Rouges (Aiguilles de Praz Torrent et de Mesure sur les versant N-O et S-E), au Mont Oreb, dans la chaîne des Perrons dans la vallée de Vallorcine, aux Drus et aux Grands Charmoz dans la vallée de Chamonix, ou encore au sommet de l'Aiguille de Varan au dessus de Sallanches.

Une grosse frayeur a aussi gagné une équipe de spéléologues dans la vallée de Samoëns où les le séisme a ébranlé la paroi du Criou à l'ouest de la cascade des eaux froides.

Des chutes de pierres se sont encore produites à 70 km de l'épicentre sur la commune de Présilly. Bien que ces effets sur l'environnement en montagne soient les signes d'une secousse sismique importante, ils restent très difficiles à prendre en compte dans l'estimation de l'intensité macrosismique car la nature des terrains et la fragilité de massifs rocheux est un facteur très variable (indicateurs exclus de l'EMS 98).

Le Codis du département de Haute-Savoie a reçu une centaine d'appels, dans la demi-heure, de personnes inquiétées par ce phénomène. D'après les témoignages reçus au BCSF, la population ne semble avoir été effrayée que sur les communes de Sixt-Fer-à-Cheval et Vallorcine dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour de l'épicentre. A Chamonix, la majorité des témoignages souligne plutôt l'inquiétude et l'interrogation, même si des habitants sont sortis de leurs habitations. Les bâtiments hauts ont par endroit amplifié les mouvements d'oscillation augmentant l'inquiétude des occupants.

C'est à Vallorcine que les objets ont chuté en plus grand nombre. Même type d'effets mais à moindre échelle pour quelques communes plus éloignées de l'épicentre : Chamonix (16km), Passy (26km), Cluses (30km), Présilly (70km), cependant les autres indicateurs ne confirment pas une secousse de même sévérité qu'à Vallorcine.

Des déplacements de mobiliers légers ont été observés dans plusieurs communes comme par exemple : Chamonix (16km), Les Houches (22km), Passy (26km), Essert-Romand (28km), Cluses (30km), Demi-Quartier (33 km).

Bruits

Les habitants et randonneurs proches de l'épicentre - Vallorcine, Sixt-Fer-à-Cheval - rapportent généralement un bruit comparable à une forte détonation ou explosion lors du séisme : "comme l'explosion d'une bouteille de gaz" rapporte la gardienne du refuge de Pierre à Bérard à proximité de l'épicentre.

A Chamonix-Mont-Blanc, cette détonation a été suivie par un grondement fort et les habitants n'ont pas compris immédiatement qu'il s'agissait d'un séisme, expliquant là encore qu'ils avaient cru à une explosion de gaz. Le bruit perçu par la population ressemblait majoritairement à un puissant et impressionnant grondement, s'amplifiant jusqu'à la secousse.

A Cluses (24 km), des témoins identifient le bruit à l'ouverture d'une porte de hangar pendant 4 à 5 secondes.

A Sallanches (29 km) le bruit, plus important, ressemblait à un grondement fort (roulement de tambour), parfois à une explosion.

De manière générale, pour les communes proches de l'épicentre, les conditions topographiques (montagne) sont sans doute responsables des variations sonores assez importantes à l'intérieur d'une même commune. Ainsi dans la vallée de Chamonix les bruits rapportés par différents témoins vont de l'explosion au grondement souterrain. Avec la distance, cette hétérogénéité s'estompe et les témoignages s'accordent sur un grondement de moins en moins puissant.

Hydrologie

A Vallorcine un témoin signale que l'eau du torrent est devenue boueuse durant 24h, restant troublée 5 jours après le choc principal. Selon un autre témoignage, la source qui alimente le hameau «a coulé blanche» durant 3 jours. Les eaux des bassins du Molard ont également été troublées.

Effets aux constructions

De légères fissures sur quelques constructions ont été observées par les mairies des communes suivantes du département : Araches, Marigny-Saint-Marcel, Neuvecelle, Vinzier, Feternes, Chamonix. Des témoignages individuelles ont également signalé quelques dégâts de niveau 1 à Passy, Cluses, Magland, Marin, Praz-sur-Arly, Morzine, Thonon-le-Bains, Bøge, Vallorcine, Sallanches, Seytroux, Demi-Quartier.



(photo. 9) Les Drus, massif du Mont-Blanc - d'importantes chutes de pierres ont à nouveau affecté cette paroi qui a connu d'importantes éboulements non sismiques depuis 1997, dont un très important le 29 juin 2005.

Autres effets

Certains conducteurs à l'arrêt ont perçu, comme à Sallanches, 2 secousses distinctes, comme si l'on secouait leur véhicule.

Quelques professeurs d'école ont fait évacuer leurs élèves vers l'extérieur des bâtiments par mesure de sécurité comme à Morillon, ou à Chamonix.

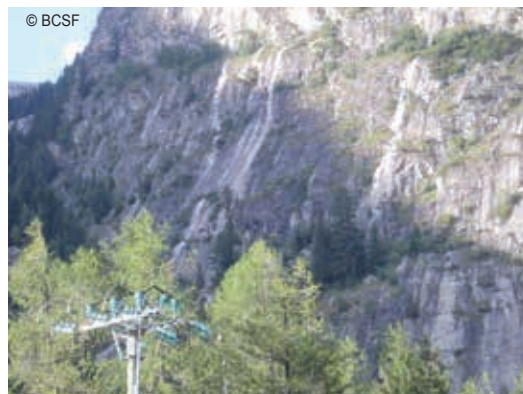
Les animaux domestiques ont quelques fois été pris d'affolement comme à Lugrin.

Répliques

A Vallorcine, de nombreuses petites secousses ont été ressenties le jour même et une plus forte dans la nuit du 19 au 20 sept à 23h55 (magnitude 2,2 M_L , la plus importante depuis celle de 18h50 du 8 septembre d'après les données instrumentales).

A Chamonix où le choc principal a duré entre 4 et 6 secondes d'après les témoins, plusieurs répliques ont été ressenties à l'intérieur des bâtiments : assez faibles d'abord à 13h33 (2,4 M_L) et 13h53 (3,2 M_L), un peu plus fortes ensuite avec la réplique de 16h10 (3,2 M_L).

A Samoëns les témoins indiquent que 3 répliques ont été ressenties jusque vers 16h30 le 8 sep-



(photo 10) Traces de chute de pierres dues au séisme (dalles de Barberine à proximité de la frontière où l'alpiniste a été blessée).

tembre. A Praz-sur-Arly une réplique a été ressentie dans les minutes qui ont suivi le choc principal. A Seytroux plusieurs répliques ont été ressenties en cours d'après-midi.

Les effets sur les autres départements

L'enquête lancée immédiatement après le séisme sur le site internet du BCSF a permis de collecter près de 799 témoignages individuels, répartis sur 18 départements. Si le site du BCSF a reçu des témoignages jusqu'à des distances épicentrales assez importantes, la secousse n'a été que faiblement ressentie en dehors de la Haute-Savoie. Le nombre très limité d'appels reçus par les Codis des départements voisins confirme cette observation :

Codis 73 : 25 appels - principalement dans le bassin chambérien ;

Codis 38 : 40 appels - 1 sortie pour une chute d'échelle à 3 m de hauteur à 13h33 (coïncidence ?) ;

Codis 05 : aucun appel ;

Codis 26 : 15 appels, 1 sortie pour une fissure à Romans

Codis 01 : 4 appels (Belay 2, Virieux le Grand, Oyonnax) ;

Codis 39 : 1 appel de Lons le Saunier ;

Codis 25 : aucun appel ;

Ces données confortent l'observation d'une décroissance rapide des vibrations sismiques telle qu'elle apparaît au traitement des formulaires d'enquête macrosismique en France. Les données suisses et italiennes donnent une décroissance plus lente de l'intensité macrosismique avec la distance.

Savoie (73)

A Chambéry (91 km) de rares personnes ont noté un bruit équivalent à un bruit sourd, «comme si un voisin poussait un meuble» dit un témoin. Les faibles vibrations, l'oscillation du bâtiment donnant

une impression de malaise et conduisant à s'interroger sur la nature du phénomène constituent un autre type de témoignage.

Au Bourget-du-Lac (90 km) des témoins comparent l'effet du tremblement de terre à un fort coup de vent. D'autres rapportent que le séisme n'a créé que des oscillations modérées des bâtiments et quelques faibles vibrations.

A Bourg-Saint-Maurice (47 km) quelques personnes immobiles ont perçu le séisme. Les personnes en activité ou se déplaçant n'ont pas ressenti le phénomène.

Isère (38)

Dans leur grande majorité les habitants de l'Isère n'ont pas entendu de bruit, seuls de rares témoins ont évoqué un faible grondement. Le phénomène à Grenoble (130 km) a été identifié par l'oscillation lente des bâtiments ou par la vibration des objets ou du mobilier.

A Bourgoin-Jallieu (134 km) un bruit faible a été entendu, accompagné d'une faible oscillation des bâtiments. Sur quelques communes la secousse est comparée au passage d'un train ou d'un camion, comme à Meylan (125 km), ou à Moirans (129 km).

Hautes-Alpes (05)

Un seul témoignage individuel nous est parvenu de Briançon (127 km) dans les Hautes-Alpes où le bruit a ressemblé à une explosion faisant entrer la maison en vibration. 3 témoignages de communes ont conduit à attribuer des intensités supérieures ou égales à II : Cervières - III, Montgenèvre - II, et Briançon - II.

Drôme (26)

Les témoignages ont été assez rares sur le département de la Drôme et le niveau de la secousse est restée de très faible intensité. Six communes dans le rayon de notre enquête ont obtenu une intensité II : Saint-Vallier (187 km), Romans-sur-Isère (180 km), Marges (174 km), Bouvante (173 km), Laveyron (184 km). Saint-Laurent-en-Royans (165 km) a connu une intensité III.

Ardèche (07)

Pour les ardéchois cette secousse n'a été que très rarement perceptible et seulement par le biais de craquements dans les structures des maisons. Le bruit ne nous a été signalé que dans les communes de Serrière (183 km) et de Champagne (183 km), confirmé par le formulaire d'enquête de

la mairie. Cinq communes seulement déclarent avoir faiblement ressenti le séisme (I = II principalement), toutes situées à une distance comprise entre 180 et 200 km de l'épicentre.

Ain (01)

Quelques témoignages nous sont parvenus du département de l'Ain où le séisme a été faiblement ressenti parfois comme une rafale de vent, comme à Treffort-Cuisiat (120 km) ou par le bruit d'un grondement faible et lointain comme à Ceyzeriat (122 km). Le séisme a atteint une intensité III dans 17 communes de ce département et l'intensité II dans 24 autres situées à une distance comprise entre 100 et 160 km de l'épicentre. Bien que la répartition géographique de ces intensités couvre l'ensemble du département on observe une concentration plus importante dans le sud du département en limite du département de l'Isère.

Doubs (25)

Au final, et malgré une distance à l'épicentre assez faible, le département du Doubs n'a que peu ressenti le séisme. Sept communes seulement ont ressenti faiblement à très faiblement les effets du passage des ondes du séisme. La localisation de ces intensités sur l'ensemble du département pourrait laisser penser à d'éventuels effets de site sur les communes concernées.

Département du Rhône (69)

Le département n'a été que très peu affecté par cet événement et les intensités faibles sont en majorité concentrées autour de l'agglomération Lyonnaise à forte densité de population. Le séisme a été ressenti dans de rares cas à Lyon où l'intensité ne dépasse pas II.

Jura (39)

Le BCSF n'a pas eu de retour de formulaires collectifs et selon les données individuelles recueillies par le site internet, le séisme a été ressenti faiblement à Lons-le-Saunier et Saint-Claude par un grondement souterrain et de très faibles vibrations. A Villechantria, aucun bruit n'a été entendu mais de faibles oscillations d'objets suspendus ont été aperçues. Il est probable que d'autres communes aient ressenti les secousses sur ce département, mais l'absence de formulaires collectifs n'a pas permis leur localisation.

Haute-Saône (70)

L'enquête lancée sur 191 communes se révèle négative. Seule la commune de Tremoins (170 km) observe une très faible vibration. La chute d'une pierre tombale signalée dans cette commune semble difficile à mettre en relation avec le séisme

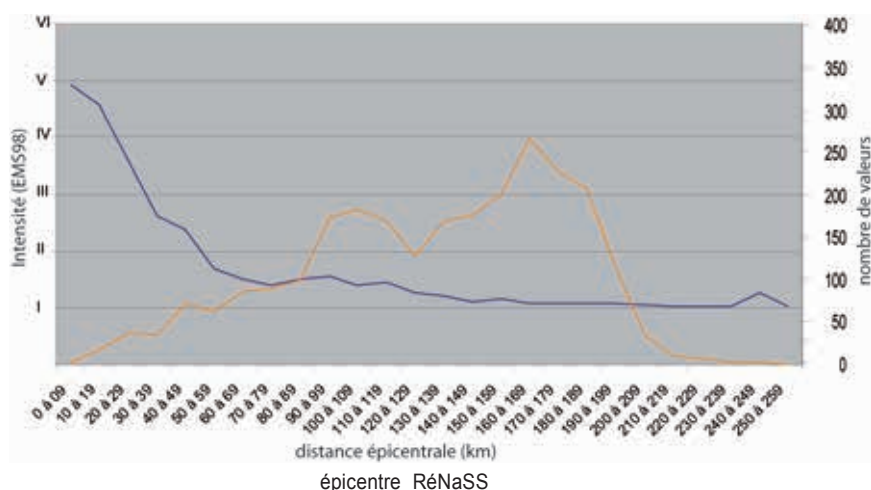
Territoire de Belfort (90)

Selon le retour des seules témoignages individuels sur le site internet du BCSF, le séisme a été très faiblement ressenti à Belfort et Sevenan (179 et 176 km), principalement dans les étages supérieurs au 3^{ème}. Aucun effet sur les objets n'a été observé. Aucun bruit n'a été relevé sauf pour un témoin à Belfort qui souligne un effet équivalent au passage d'un convoi exceptionnel. Au vu de la distance à l'épicentre et si l'on compare

aux intensités du Haut-Rhin, il est probable que d'autres communes aient perçu les secousses sur le sud de ce département ; l'absence de formulaires collectifs n'a pas permis leur identification.

Département du Haut-Rhin (68)

Le séisme a été faiblement ressenti sur le sud du département pourtant à une distance près de 200 km. Cinq communes nous ont communiqué de faibles effets. Les distances s'établissent entre 180 et 200 km de l'épicentre du RéNaSS.



(fig. 11) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Références citées :

- Grünthal G (ed), European macroseismic scale 1998 EMS-98. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, vol 15, Luxembourg, (1998).
 Sieberg A., Die Erdbeben. In: Gutenberg B (ed) Handbuch der Geophysik, vol IV, Berlin: 527-686, (1932).
 Molin D., Consideration on the assessment of macroseismic intensity. Annali di Geofisica 38: 805-810, (1995).

Séisme du 9 septembre 2005 nord-nord-est Châtellerault (Vienne)



HEURE
en temps universel :
21h37 min
en temps légal :
23h37 min

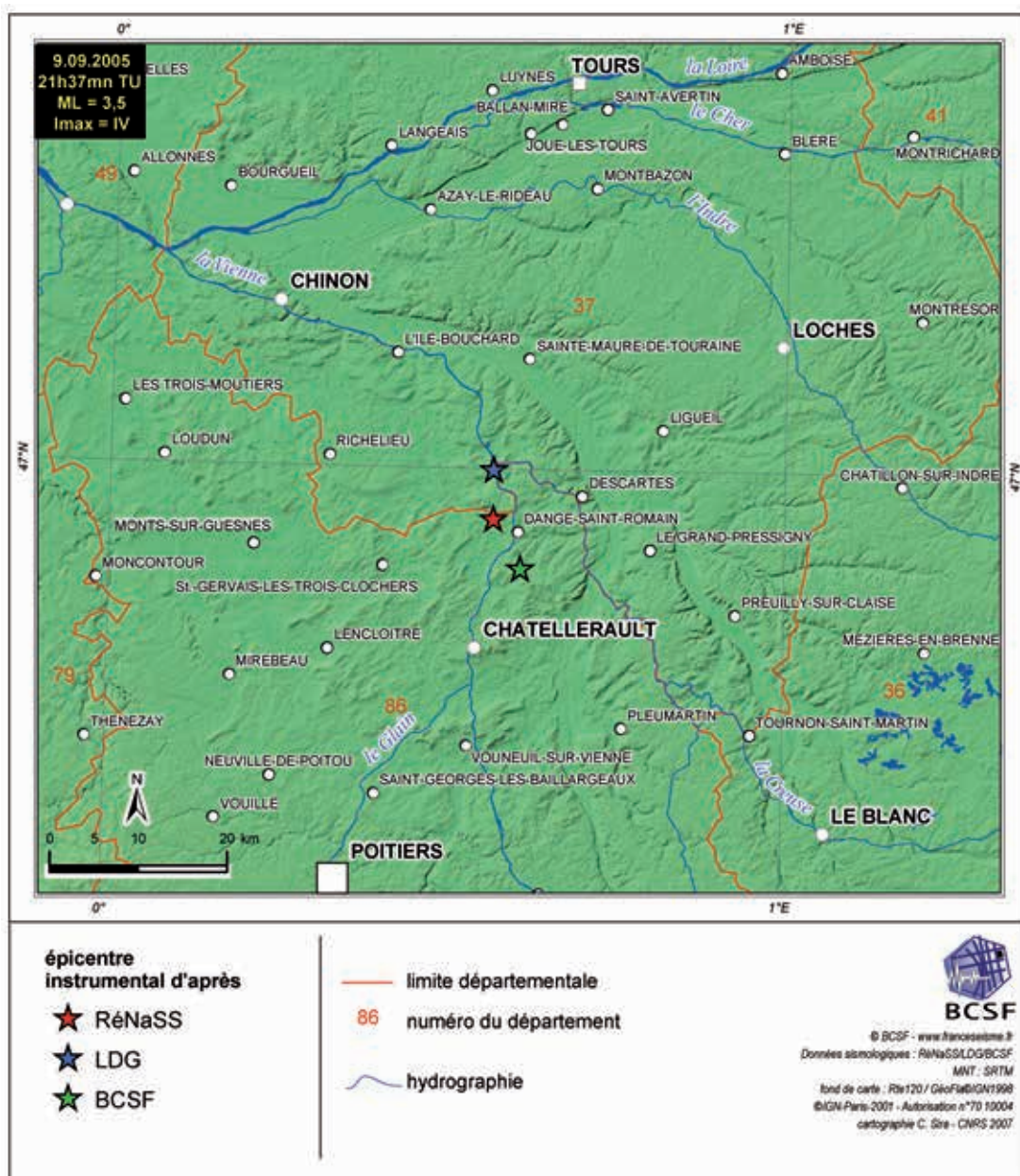
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,5 M_L
LDG : 3,7 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 46,95° N
long. : 0,57° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 47° N
long. : 0,57° E
profondeur : 3 km

BCSF
lat. : 46,9° N
long. : 0,61° E
profondeur : 5 km



(fig. 1)

DONNÉES MACROSISMQUES

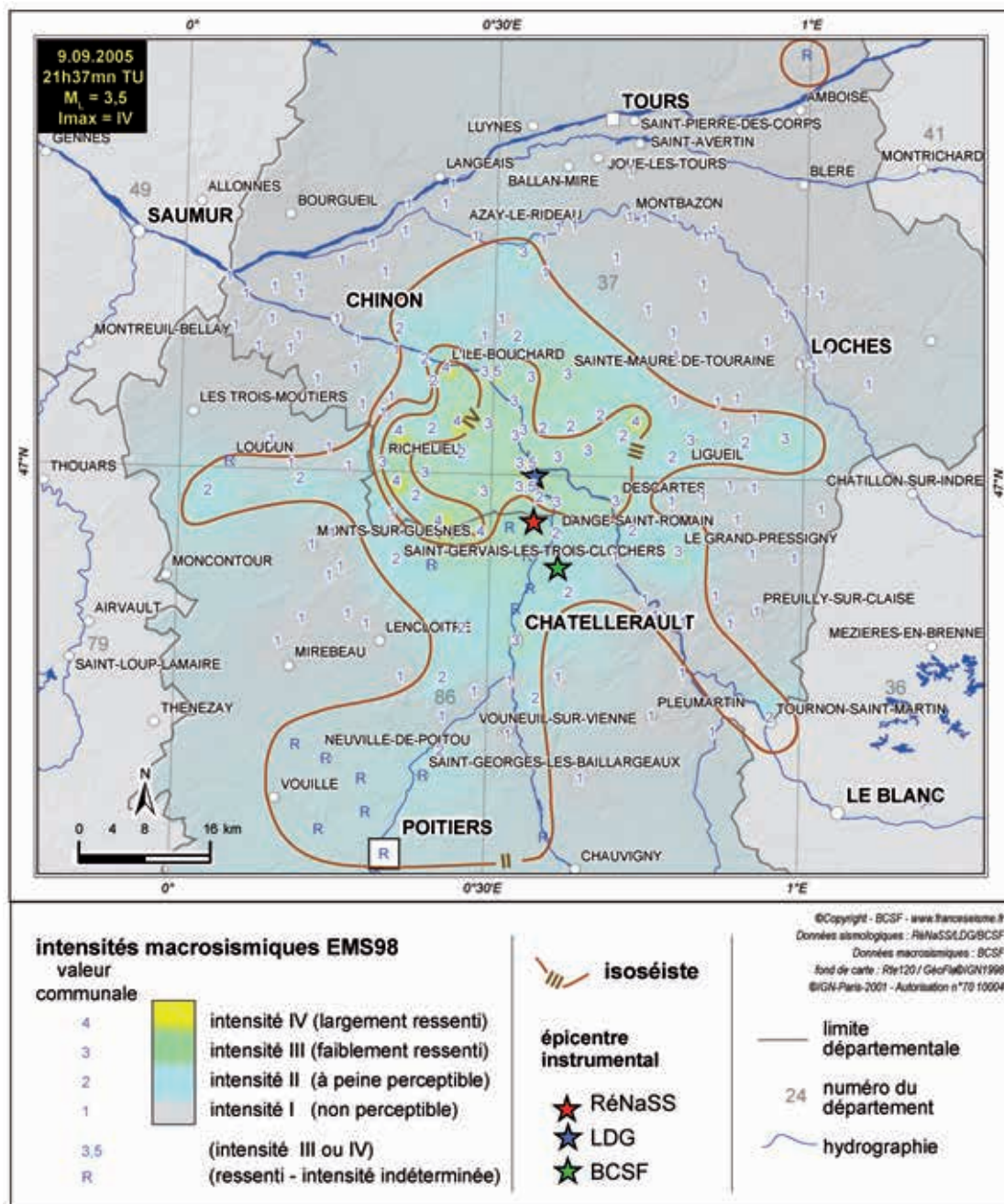
intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 256
dont 76 individuels
et 180 collectifs

séisme ressenti
dans 68 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : 498 km²
population :
22100 h.
communes : 33

dégâts
signalés
dans 8 communes



(fig. 2)

Observations macrosismiques

L'épicentre de ce séisme qui s'est produit à 23h37min en heure locale est localisé dans le département de la Vienne au nord de la commune de Châtellerault à 4 km de la commune de Dange-Saint-Romain. L'intensité maximale de cet événement est de IV pour 7 communes, principalement localisées au nord ouest de l'épicentre instrumental du LDG. Cette localisation semble meilleure que celle du BCSF, car plus proche des intensités fortes. Les intensités IV sont toutefois concentrées en partie ouest de l'isoséiste III. L'isoséiste III est limitée à 20 km de l'épicentre du LDG pour une surface 498 km².

A Mondion (9 km de l'épicentre du LDG) un habi-

tant témoigne que le village entier a ressenti le tremblement de terre et que de nombreux habitants sont sortis à l'extérieur pour découvrir la source de cette vibration et de ce bruit d'explosion.

A Châtellerault la secousse n'a duré que 3 à 4 secondes et le bruit a été comparé par les témoins à une grosse bourrasque de vent, un avion passant le mur du son ou au passage d'un gros camion. Les vibrations ont été faibles sur les objets et le petit mobilier.

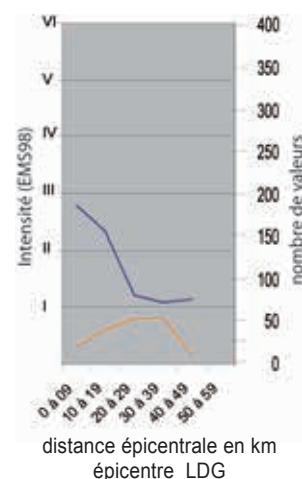
Des dégâts en très petit nombre pour chaque commune, et rarement qualifiés avec précision, nous ont été rapportés. Ces communes indiquent généralement une vibration faible à modérée sur les autres indicateurs : département de l'Indre

et Loire : Chaveignes (distance à l'épicentre du LDG : 17 km) Sache (dist. : 27 km) , Sainte-Maure-de-Touraine (dist. : 13 km), Trogues (distance : 14 km) , Braslou (distance : 13 km), Ligueil (distance : 20 km) ,

département de la Vienne : Mondion (distance : 9 km) , Availles-en-Chatellerault (distance : 27 km) .

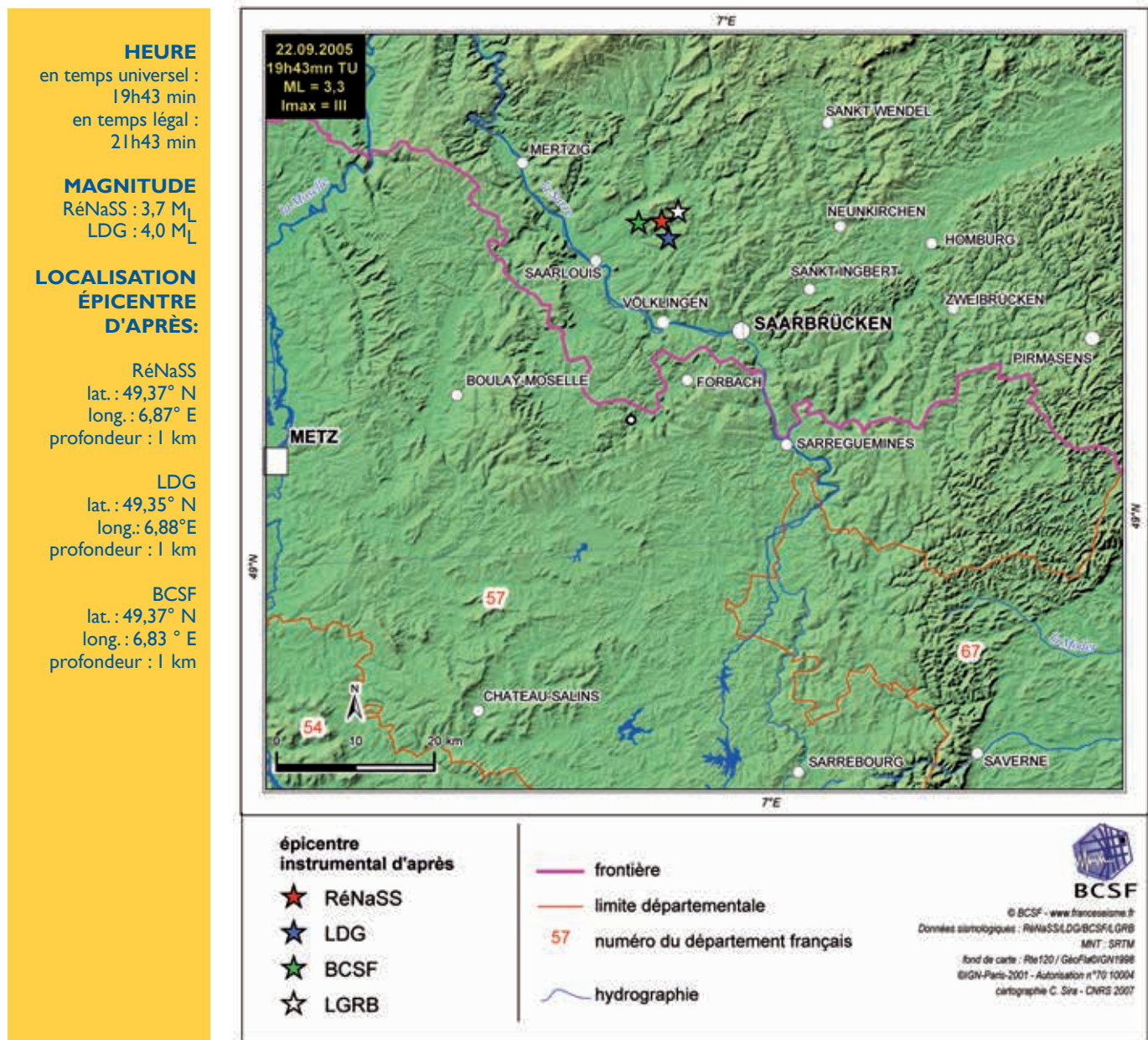
Au plus loin de l'épicentre du LDG, ce séisme aura été ressenti jusqu'à 61 km (St. Ouen-les-Vignes - NO de l'épicentre).

Une réplique a été identifiée 20 min. plus tard par un habitant de la commune de Dissay (distance 35 km).



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 22 septembre 2005 nord-est de Saarlouis (Allemagne)



(fig. 1)

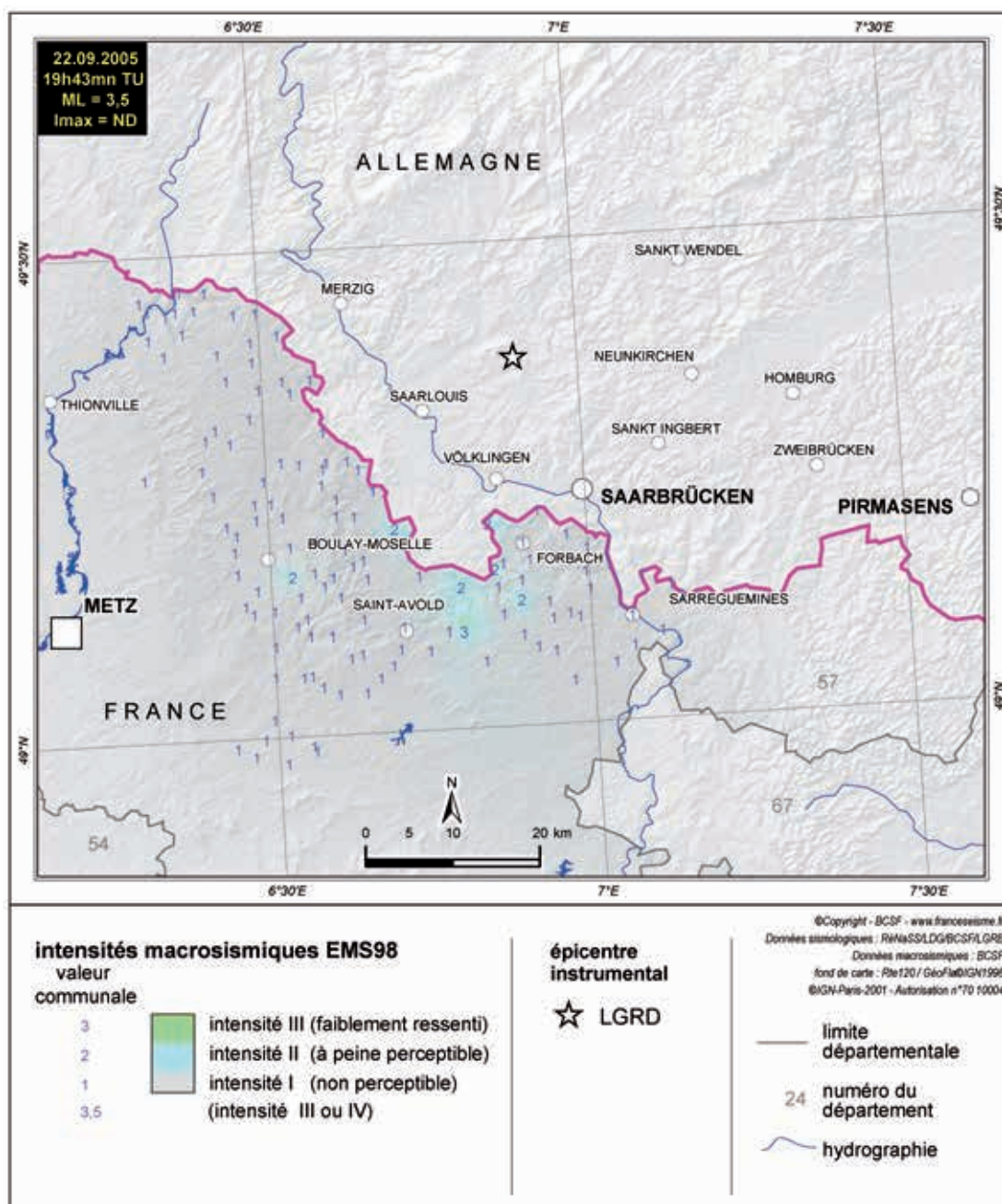
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : III
formulaire
collectés : 135
dont 0 individuels
et 135 collectifs

séisme ressenti
dans 7 communes

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III

aucun dégât
signalé



(fig. 2)

Observations macrosismiques

Ce petit évènement en lien avec l'exploitation minière allemande près de Saarlouis n'a été que très peu ressenti en France. Ressenti jusqu'à 36 km de l'épicentre du LGRB, aucune donnée individuelle ne nous est parvenue sur cet évènement.

L'enquête assez complète lancée par le SIDPC de Meurthe et Moselle n'a localisé que 7 communes ayant ressenti très faiblement la

secousse : Momerstroff (I=II, dist épicentrale 36 km), Creutzwald (I=II, dist. 24 km) Freyming-Merlebach (I=II, dist. 27 km), Rosbruck (I=II, dist. 25 km), Petite-Roselle (I=II, dist. 19 km), Theding (I=II, dist. 28 km), Guenviller (I=II, dist. 31 km).

Séisme du 31 octobre 2005

Albertville (Savoie)



HEURE
en temps universel :
03h39 mn TU
en temps légal :
04h39 mn

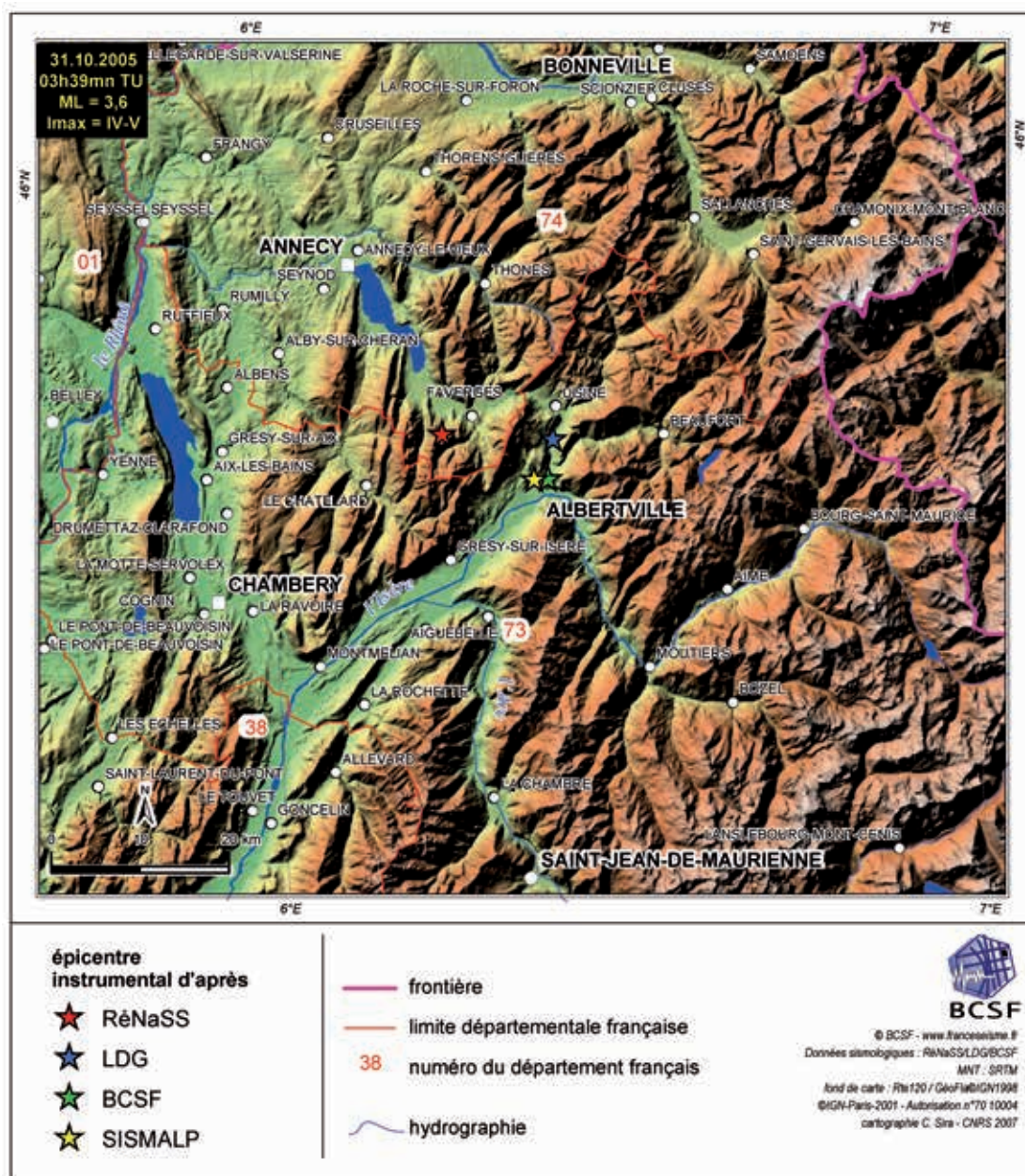
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,6 M_L
LDG : 4,1 M_L
Sismalp : 4,1 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 45,73° N
long. : 6,25° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 45,72° N
long. : 6,41° E
profondeur : 2 km

BCSF
lat. : 45,68° N
long. : 6,4° E
profondeur : 5 km



(fig. 1)

DONNÉES MACROSISMQUES

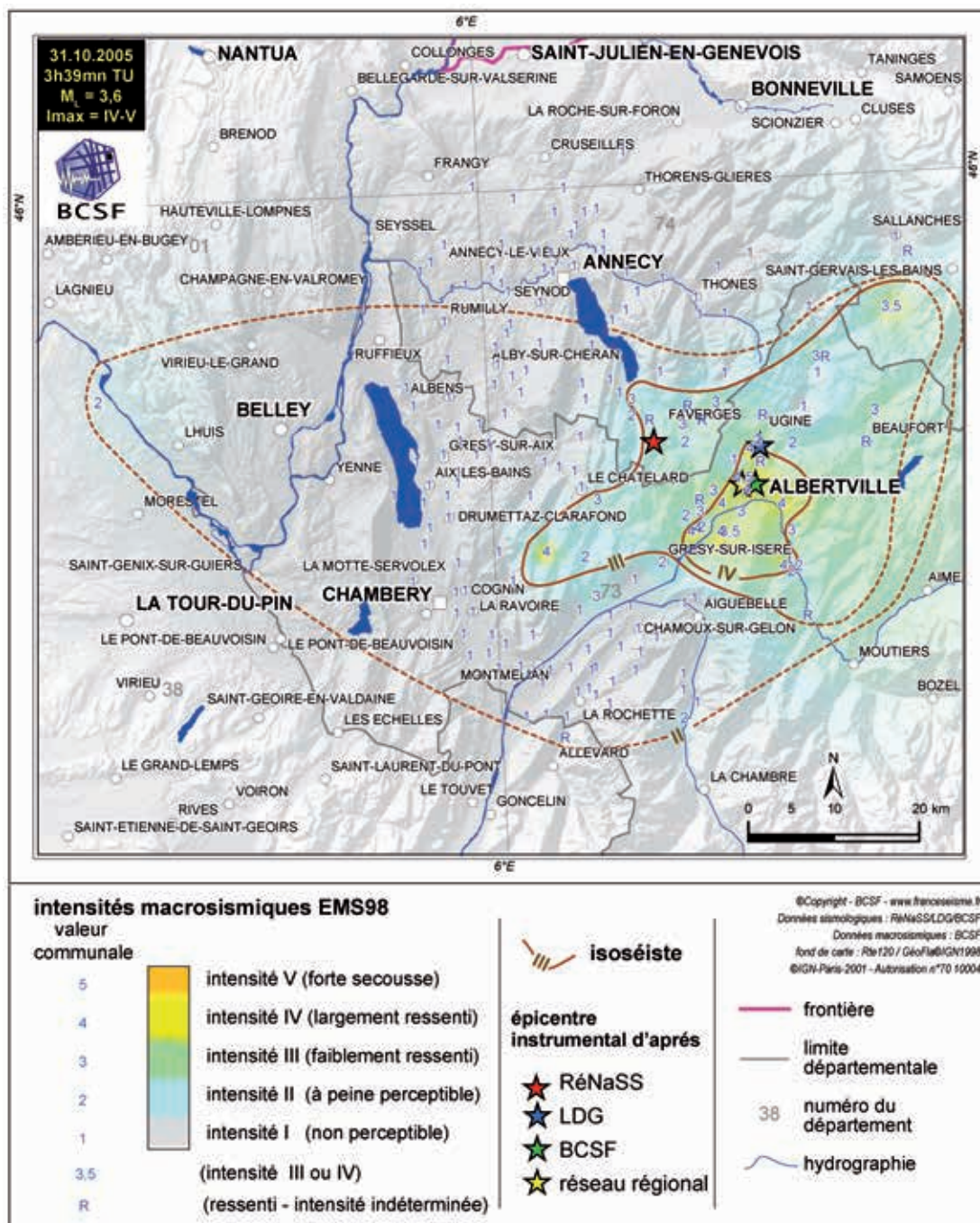
intensité
maximale : III
formulaires
collectés : 135
dont 0 individuels
et 133 collectifs

séisme ressenti
dans 7 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : 1027 km²
population :
68700 h.
communes : 32

dégâts signalés :
2 communes



(fig. 2)

Observations macrosismiques

L'épicentre de ce séisme est localisé à 1 km d'Albertville dans le département de la Savoie selon l'épicentre du BCSF et de Sismalp. L'intensité maximale est de IV-V pour la commune de Pallud (à 1 km de l'épicentre du BCSF), Albertville, Tournes-Savoie, Thenesol, Gilly-sur-Isère, notre Dame des Millièrès, Frontex, Saint-Paul-sur-Isère et Saint Vital localisées jusqu'à 10 km de l'épicentre ont connu une intensité IV (secousse largement ressentie). L'enquête macrosismique lancée à partir de l'épicentre préliminaire du RéNaSS

localisé plus à l'ouest comporte un manque d'information dans la partie est. Les isoséistes ainsi cartographiées se trouvent en partie incertaines sur cette zone. L'intensité III couvre approximativement une surface de 1030 km².

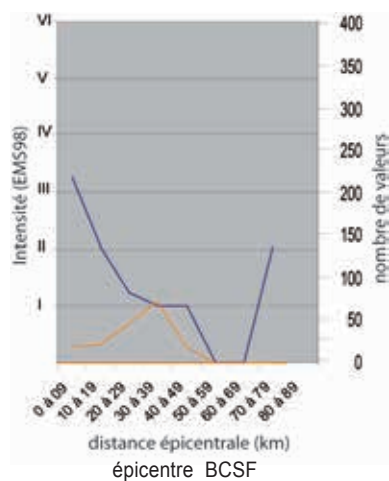
Sur la commune de Pallud un bruit d'explosion a réveillé les habitants. La mairie souligne le déplacement et la chute de quelques petits objets instables ou mal fixés. La vibration est qualifiée de moyenne et les personnes n'ont pas été effrayées.

A Albertville (distance épicentrale 1 km) une large majorité des personnes a été réveillée par le

séisme. Un grondement soudain, parfois le bruit d'une explosion a été entendu par les habitants. Plusieurs répliques ont été ressenties à 5h02 (heure locale) à Albertville, 4h40, 5h15, 5h45 et 8h à Saint-Paul-sur-Isère.

Deux particuliers ont signalé des fissures fines sur leur habitation à Saint-Paul-sur-Isère (9 km

de l'épicentre), et Gilly-sur-Isère (4 km de l'épicentre). Aucune mairie n'a rapporté de dégât sur les constructions.



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 5 novembre 2005

Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées)



HEURE
en temps universel :
00h30 min
en temps légal :
1h30 min

MAGNITUDE

RéNaSS : 3,5 M_L
LDG : 3,7 M_L
RSSP : 3,8 M_L

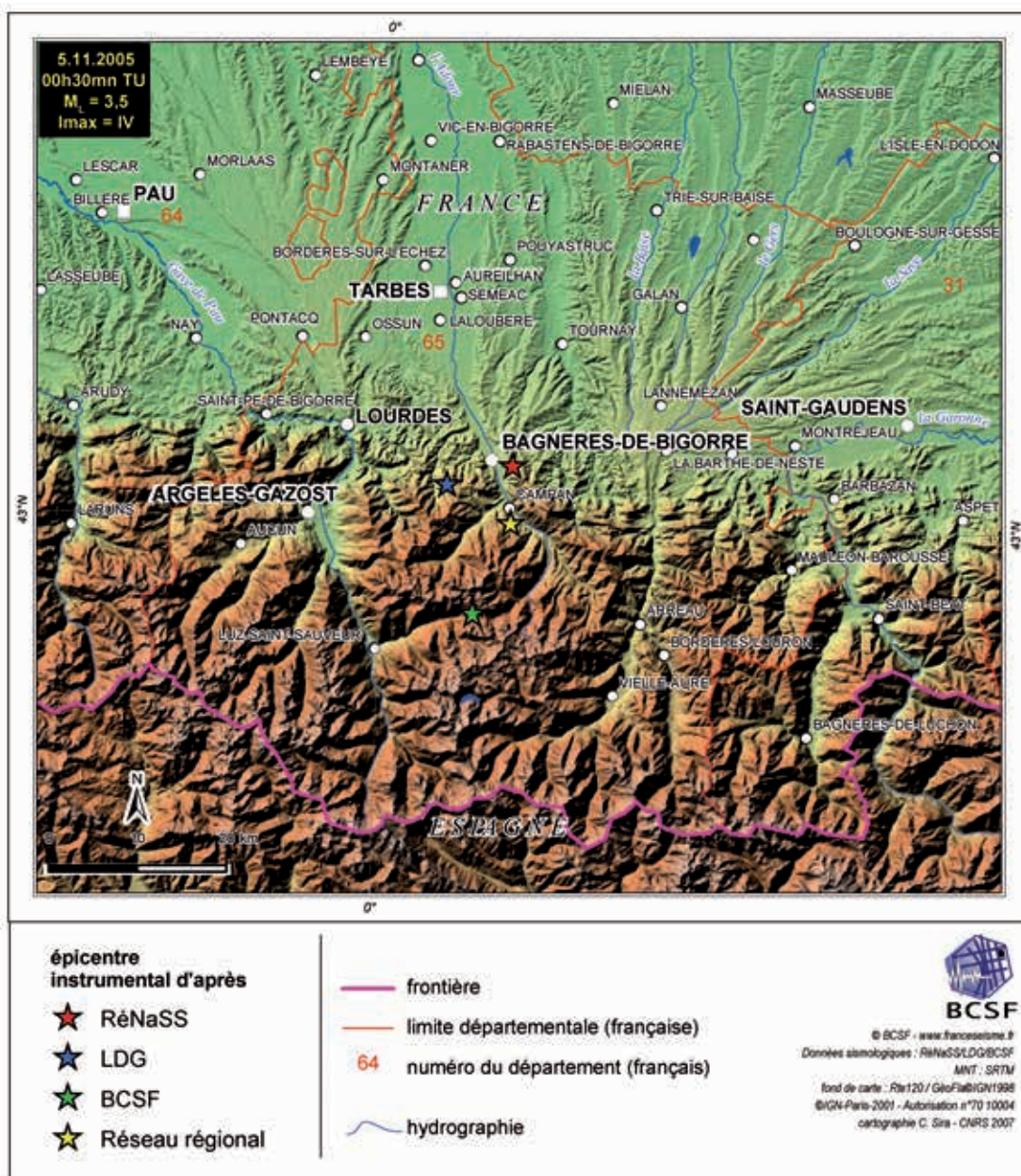
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 43,06° N
long. : 0,18° E
profondeur : 1 km

LDG
lat. : 43,04° N
long. : 0,09° E
profondeur : 3 km

BCSF
lat. : 42,91° N
long. : 0,13° E
profondeur : 5 km

RSSP
lat. : 43° N
long. : 0,18° E
profondeur : 14 km



(fig. 1)

DONNÉES MACROSISMQUES

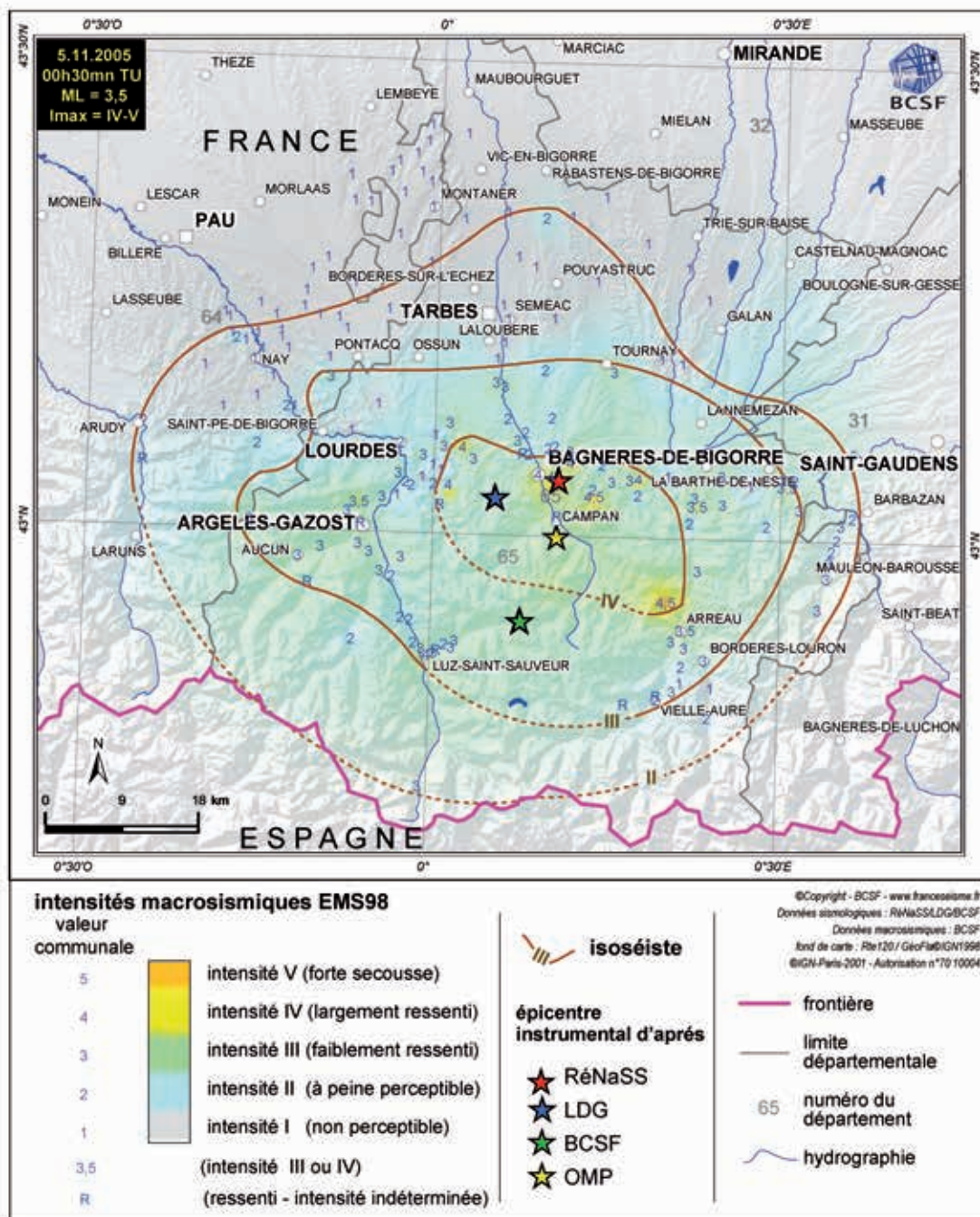
intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 230
dont 45 individuels
et 185 collectifs

séisme ressenti
dans 95 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : 2041 km²
population :
82300 h.
communes : 220

dégâts
signalés
3 communes



(fig. 2)

Observations macrosismiques

L'épicentre de ce séisme, au sud de Bagnère de Bigorre dans le pays de Campan reste de faible magnitude. Il fait suite aux séismes de l'année 2002 et se trouve à proximité du séisme du 19 mai 2002 (3,8 M_L). Cette fois, l'enquête a pu être menée et permet de distinguer une orientation nord-ouest / sud-est des effets. L'intensité maximale est établie à IV-V pour 2 communes : Aspin-Aure et Banios dans le département des Hautes Pyrénées, respectivement à 15 et 6 km de l'épicentre du RSSP. La densité des points d'enquête reste faible à l'ouest de Campan. Ce

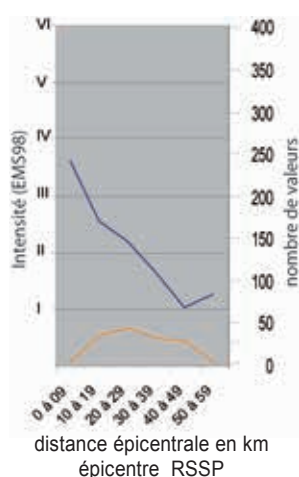
séisme a été ressenti au plus loin jusqu'à 50 km (Caset - dép. 64). L'isoséiste III couvre 2041 km² mais avec une zone d'incertitude liée à l'absence de données. Cette faible secousse en milieu de nuit n'a pas réveillé l'ensemble de la population sauf pour les communes précédemment citées, ainsi que les 7 communes d'intensité IV répartie entre 6 et 21 km de l'épicentre du RSSP : Gerde, Uzer, Bagnère-de-Bigorre, Espeche, Ourdis-Cotdoussan, Arrayou-Lahitte, Luz-Saint-Sauveur. A Campan (2 km de l'épicentre du RSSP) un témoin raconte que le bruit était semblable à l'allumage de sa chaudière avec une puissance bien plus importante. Puis ce bruit a augmenté en

intensité, accompagné alors de vibrations moyennes. Un deuxième témoin a entendu un énorme coup de tonnerre suivi d'un tremblement assez fort de la maison. A Bagnères-de-Bigorre (8 km de l'épicentre), on a cru à un bang d'avion supersonique, la vibration a fait trembler les portes, les fenêtres, mais n'a généralement pas trop effrayé la population. Des répliques, 1 à 2 fois par heure le lendemain ont été signalées sur cette commune comme des explosions lointaines. A Lourdes (22 km) la secousse a ressemblé à 2 souffles de vent consécutifs, à un grondement sourd comme venant de l'intérieur, ou à un bruit identique au passage d'un camion pour d'autres personnes.

Les vibrations faibles ont inquiété les habitants. De toute évidence l'intensité de la secousse est à cette distance déjà passablement atténuée.

A Argelès-Gazost (23 km) le grondement a réveillé quelques dormeurs ne générant que de faibles vibrations. Un témoin à Soues (24 km) signale n'avoir rien ressenti, condition particulière, faible intensité ou sommeil profond ?

Seules les mairies des communes de Lombres (28 km), Generest (29 km), Montegut (27 km), des Hautes Pyrénées signalent des dégâts de niveau 1.



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

Séisme du 12 novembre 2005

Moenthal (Suisse)



HEURE
 en temps universel :
 19h31 min
 en temps légal :
 20h31 min

MAGNITUDE M_L
 RéNaSS : 3,8
 LDG : 4,3
 ETH (Zürich) : 4,1

MAGNITUDE M_W
 ETH (Zürich) : 3,6

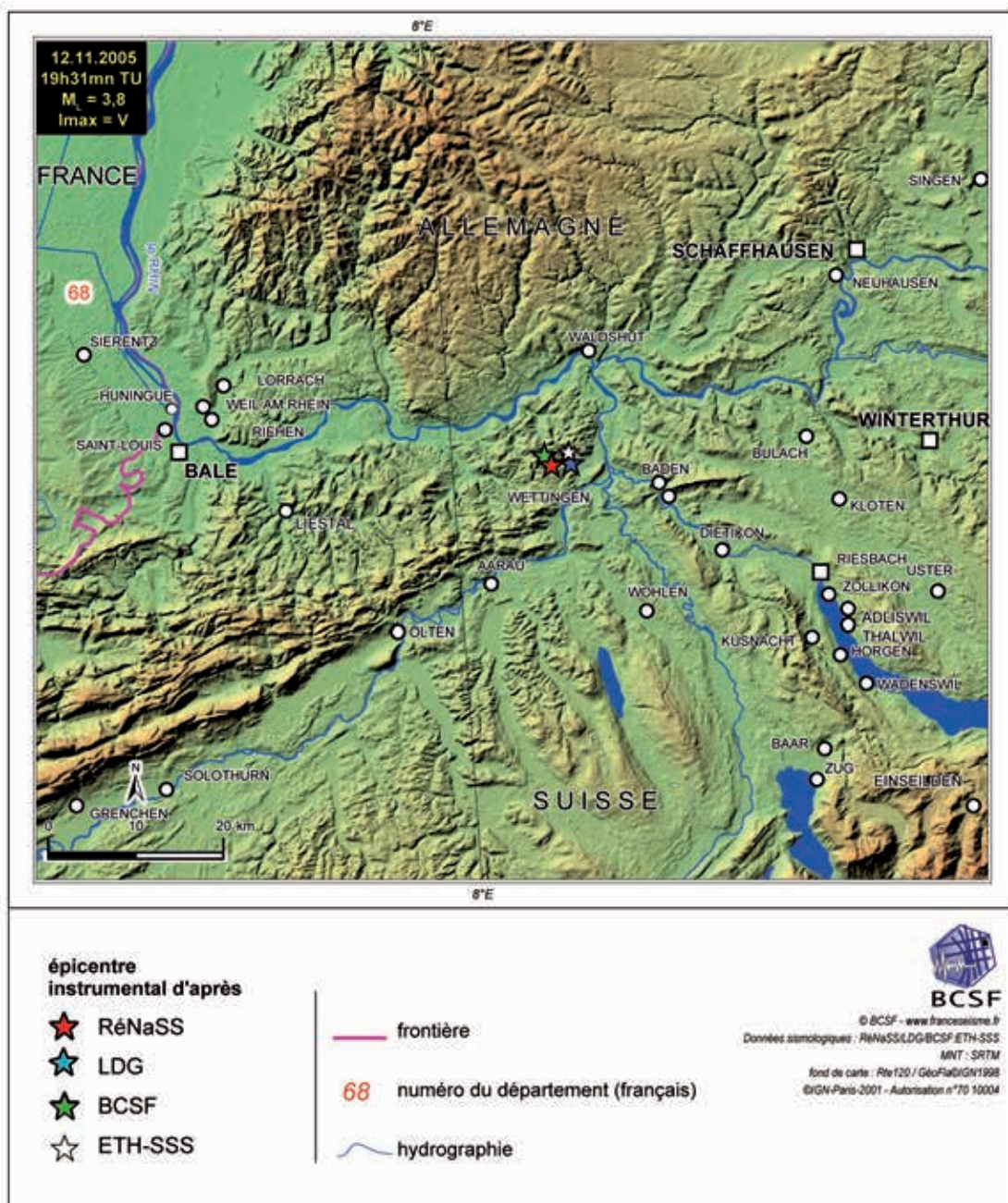
LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 47,51° N
 long. : 8,15° E
 profondeur : 10 km

LDG
 lat. : 47,51° N
 long. : 8,18° E
 profondeur : 20 km

BCSF
 lat. : 47,52° N
 long. : 8,14° E
 profondeur : 10 km

ETH (Zürich)
 lat. : 47,52° N
 long. : 8,17° E
 profondeur : 20 km



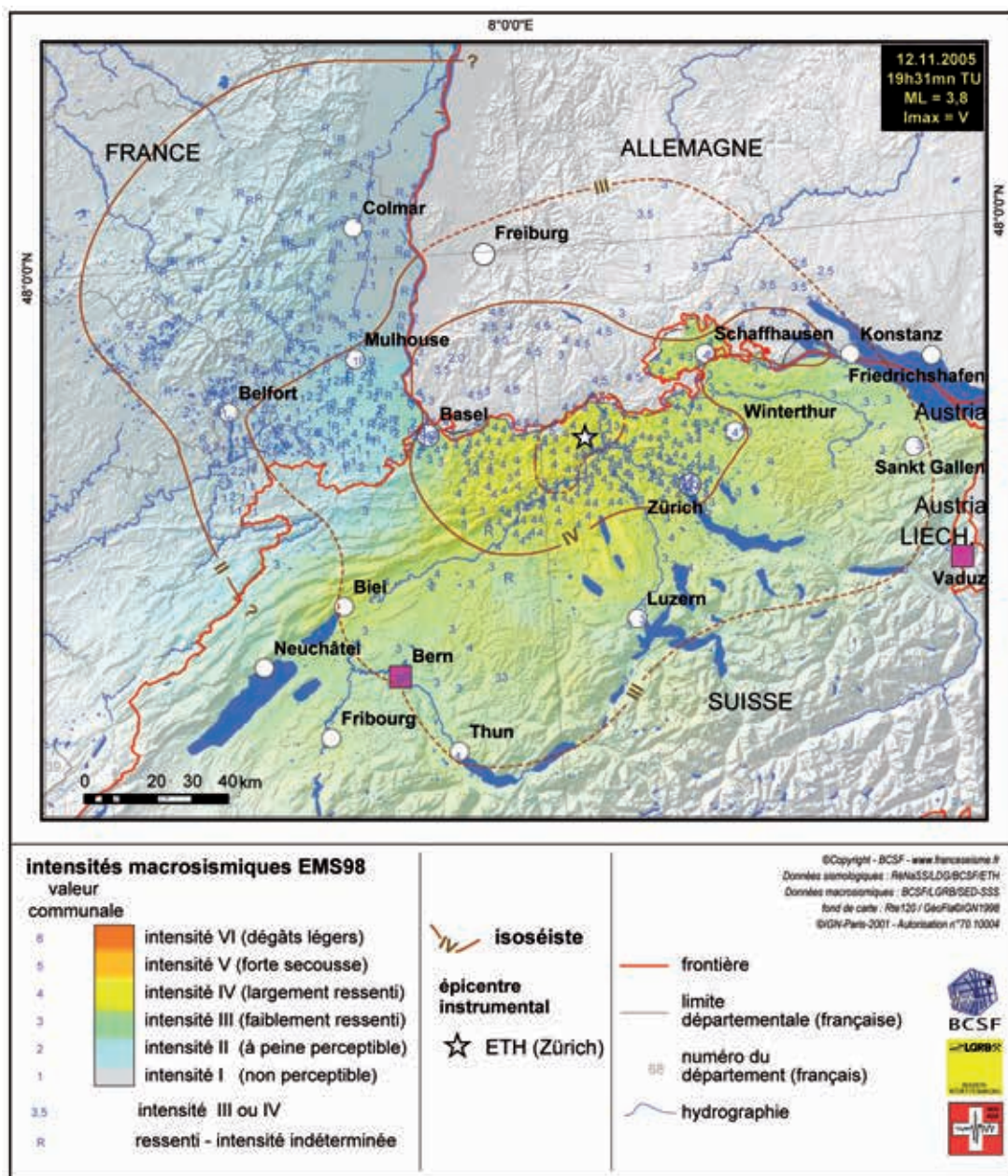
(fig.1)

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 569
dont collectifs : 199
individuels : 370

séisme ressenti
dans 198 communes
françaises

aucun dégât
signalé
en France



(fig.2)

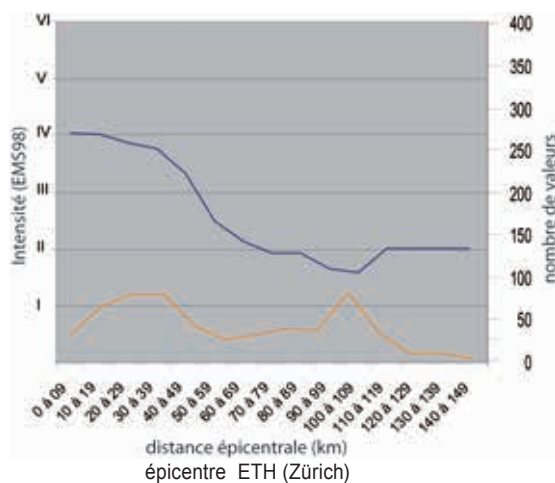
Observations macrosismiques

Depuis le séisme du 21 juin 2004, c'est la quatrième fois que cette région subit un séisme. Celui du 12 novembre 2005 est comparable au séisme du 28 juin 2004 (4,1 ML). L'intensité maximale déterminée par l'ETH est de V pour 12 communes. L'ensemble des intensités V suisses n'a pas été reporté dans la carte ci-dessus (classe de qualité "very poor").

Localisé à 43 km de la frontière les effets du tremblement de terre auront été perçus en France jusqu'à 125 km de l'épicentre de l'ETH. Les départements du Doubs, de la Haute-Saône, le

Territoire de Belfort, le Haut-Rhin et les Vosges auront été touchés. Les intensités ont été faibles et sont restées inférieures à celles du séisme du 28 juin 2004.

Deux communes seulement ont été affectées par une intensité IV, Riespach (département 68) et Chavannes-les-Grands (départ. 90, intensité de qualité B - moyennement sûre).



(fig. 3) Moyenne des intensités communales EMS-98 par tranche de distances épicentrales (trait bleu). Le nombre d'intensités utilisées par tranche est indiqué (trait orange).

7 - Publications (2003 - 2005) : sismicité et tectonique active en France

Cette liste de publications concerne l'ensemble des articles scientifiques relatifs aux séismes s'étant produit en France ou zones limitrophes ou concernant certains aspects de néotectonique du territoire français et étant publiées par les laboratoires français. Quelques articles concernant des aspects méthodologiques originaux et de portée générale sont également référencés.

Les publications sont présentées en trois rubriques :

1/ publications internationales dans des revues à comité de lecture

2/ diverses autres publications (rapports internes d'organismes, articles de vulgarisation, ouvrages)

3/ thèse de doctorat

ANNEE 2003

Publications

- Baroux E., N. A. Pino, G. Valensise, O. Scotti et M. E. Cushing, Source parameters of the 11 June 1909, Lambesc (Provence, southeastern France) earthquake: A reappraisal based on macroseismic, seismological, and geodetic observations, *Journal of Geophysical Research*, 108, B9, 2454, doi:10.1029/2002JB002348, (2003).
- Beauval C. et O. Scotti, Mapping b-values in France using two different magnitude ranges: possible non power-law model? *Geophys. Res. Lett.*, 30, 17, 1892, doi:10.1029/2003GL017576, (2003).
- Berge-Thierry C., F. Cotton, O. Scotti, D. A. Griot-Pommerehne et Y. Fukushima, New empirical response spectral attenuation laws for moderate European earthquakes., *J. Earthquake Engineering*, 7, 193-222, (2003).
- Bettig B., P. Y. Bard, F. Scherbaum, J. Riepl, F. Cotton, C. Cornou et D. Hatzfeld, Analysis of dense array noise measurements using the modified Spatial Auto-Correlation method (SPAC). Application to the Grenoble area, *Boletín de Geofísica Teórica e Aplicada*, 42, 3/4, 281-304, (2003).
- Chardon D. et O. Bellier, Geological boundary conditions of the 1909 Lambesc (Provence, France) earthquake: Structure and evolution of the Trévaresse ridge anticline, *Bull. Soc. Géol. France*, 174, 5, 497-510, (2003).
- Cloething S., P. Ziegler, T. Cornu et E. W. Group, Investigating Environmental Tectonics in the Northern Alpine foreland, *EOS*, 84, 36, 349, 356-357, (2003).
- Cornet F.H., L'étude in situ du rôle des fluides en mécanique crustale, *Revue Française de Géotechnique*, (2003).
- Cornou C. et P. Y. Bard, Site-to-bedrock over 1D transfer function ratio: an indicator of the proportion of edge-generated surface waves? *Geophys. Res. Lett.*, 30, 9, 1453-1457, (2003).
- Cornou C., P. Y. Bard et M. Dietrich, Contribution of dense array analysis to basin-edge-induced waves identification and quantification. Application to Grenoble basin, French Alps (II), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93, 6, 2624-2648, (2003).
- Cornou C., P. Y. Bard et M. Dietrich, Contribution of dense array analysis to basin-edge-induced waves identification and quantification. Methodology (I), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93, 6, 2604-2623, (2003).
- Courbouloux F., C. Larroque, A. Deschamps, C. Gélis, J. Charreau et J. F. Stéphan, An unknown active fault revealed by microseismicity in the south-east of France, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 15, 1782, doi:10.1029/2003GL017171, (2003).
- Dubos N., A. Souriau, C. Ponsolles, J.-F. Fels et G. Sénéchal, Etudes des effets de sites dans la ville de Lourdes (Pyrénées, France) par la méthode des rapports spectraux, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 174, 33-44, (2003).
- Duval A. M., P. Y. Bard, B. Lebrun, C. Lacave-Lachet, J. Riepl et D. Hatzfeld, Site effect parameters approach with microtremor and earthquake: synthesis from various surveys. *Boletín de Geofísica Teórica e Aplicada*, 42, 3/4, 267-280, (2003).
- Flerit F., G. C. P. King, R. Armijo et B. Meyer, Slip partitioning in the Sea of Marmara Pull-Apart determined from GPS velocity vectors, *Geophys. J. Int.*, 154, 1-7, (2003).
- Francius M., E. N. Pelinovsky, I. Riabov et C. Kharif, Synthetic tsunami simulations for the French coasts, in *Submarine landslides and tsunamis*, edited by, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, Series IV, Earth and Environmental Series. 21, 185-190, (2003).
- Fukushima Y., C. Berge-Thierry, P. Volant, D. A. Griot-Pommerehne et F. Cotton, Attenuation relation for West Eurasia determined with recent near-fault records from California Japan and Turkey., *J. Earthquake Engineering*, 7, 1-26, (2003).
- Hatzfeld D. F. Cotton, C. Anténor, P.-Y. Bard, F. Beauducel, C. Berge, P. Bernard, P. Beys, F. Blarel, D. Brunel, F. Courbouloux, A. Deschamps, P. Dominique, J.-F. Fels, P. Giroux, M. Granet, P. Guéguen, B. Lebrun, M. Nicolas, C. Péquegnat, T. Piquet, A. Souriau, P. Tuchsais, S. Vidal et J.-P. Viodé: Le Réseau Accélérométrique Permanent, *Géologues, Revue BRGM*, 135, 31-35, (2003).
- IASPEI-IAEE, France, in *International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology*, edited by W. H. K. Lee, H. Kanamori, P. C. Jennings and C. Kisslinger, Academic Press, 81B, 1337-1343, (2003).
- Lacombe C., M. Campillo, A. Paul et L. Margerin, Separation of intrinsic absorption and scattering attenuation from Lg coda decay in central France using acoustic radiative transfer theory, *Geophysical Journal International*, 154, 2, 417-425, (2003).
- Lopes-Cardozo G. et M. Granet, New insights in the tectonics of the Upper Rhine Graben - Jura region using local earthquake seismology, *Tectonics*, 22, 6, 1078, doi: 10.1029/2002TC001442, (2003).
- Moriya H., H. Niitsuma et R. Baria, Multiplet-clustering analysis reveals structural details within the seismic cloud at the Soultz geothermal field, France, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93, 4, 1606-1620, (2003).
- Nocquet J. M. et E. Calais, Crustal velocity field of western Europe from permanent GPS array solutions, 1996-2001, *Geophysical Journal International*, 154, 72-88, (2003).

- Pedersen H., O. Coutant, A. Deschamps, M. Soulage et N. Cotte, Measuring surface wave phase velocities beneath small broad-band arrays: tests of an improved algorithm and application to French Alps, *Geophys. J. Int.*, 154, 3, 903-912, (2003).
- Picq T., J. L. Berenguer et J. Virieux, French educational seismological network; "Sismo des Ecoles", in *Education and Outreach*, edited by Seismological Society of America, El Cerrito, CA, United States, 74; 5, 588-595, (2003).
- Rocher M., S. Baize, S. Jaillet, E. M. Cushing, Y. Lozac'h et F. Lemeille, Quaternary stresses revealed by calcite twinning inversion: insights from observations in the Savonnières underground quarry (eastern France), *C.R. Geoscience*, 335, 701-708, (2003).
- Sammis C. G., D. D. Bowman et G. King, Anomalous Seismicity and Accelerating Moment Release Preceding the 2001 and 2002 Earthquakes in Northern Baja California, Mexico (part I), *PAGEOPH*, 161, 9/10, (2003).
- Semblat J.-F., A.-M. Duval et P. Dangla, Modal Superposition for the Analysis of Seismic-Wave Amplification, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93, 3, 1144-1153, (2003).
- Semblat J.-F., R. Paolucci et A.-M. Duval, Simplified vibratory characterization of alluvial basins, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 335, 365-370, (2003).
- Siame L., O. Bellier, R. Braucher, M. Sébrier, M. Cushing, D. Bourlés, B. Hamelin, E. Baroux, B. DeVoogd, G. Raisbeck et F. Yiou, High denudation rate as diagnostic criterion for identifying active deformation? Cosmic Ray Exposure in Provence (South-East France), *Earth Planet. Sc. Lett.*, (2003).
- Thouvenot F., J. Fréchet, L. Jenatton et J. F. Gamond, The Belledonne Border Fault: identification of an active seismic strike-slip fault in the western Alps, *Geophys. J. Int.*, 155, 174-192, (2003).

Thèses

- Beauval C., Analyse des incertitudes dans une estimation probabiliste de l'aléa sismique, exemple de la France, Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 179 p., (2003).
- Dubos N., Contribution à l'évaluation du risque sismique dans les Pyrénées centrales, Thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 214 p., (2003).
- Lopes-Cardozo G., 3-D geophysical imaging and tectonic modelling of active tectonics of the Upper Rhine Graben Region, Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 166 p., (2003).

Rapports

- Berge-Thierry C., S. Baize, D. Baumont, L. F. Bonilla, M. E. Cushing, P. Dervin, F. Lemeille, S. Nechtschein, G. Peyridieu, O. Scotti et P. Volant, Seismic hazard assessment for nuclear power plants safety laboratory (BERSIN), Radioprotection and Safety Nuclear Institute (IRSN, France), in *Newsletter of the European-Mediterranean Seismological Centre*, 19, 12-15, (2003).
- Cushing M. et O. Bellier, Faille de la Moyenne Durance: précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux, NOTE TECHNIQUE IRSN/DPRE/SERGD, 03.21., 1 Annexe, 1 carte au 1/100.000, 116 p., (2003).
- Dervin P., S. Nechtschein, M. Cushing et P. Volant, Réseau de la Durance, Bulletin de sismicité locale année 2002, Rapport IRSN/DPRE/SERGD, 03-06, (2003).
- Dervin P., S. Nechtschein, M. Cushing et P. Volant, Réseau de la Durance, Bulletin de sismicité locale année 2001, Rapport IRSN/DPRE/SERGD, 03-11, (2003).
- Dervin P., S. Nechtschein, M. Cushing et P. Volant, Réseau de la Durance, Bulletin de sismicité locale année 2000, Rapport IRSN/DPRE/SERGD, 03-10, (2003).
- Dervin P., S. Nechtschein, M. Cushing et P. Volant, Réseau de la Durance, Bulletin de sismicité locale année 1999, Rapport IRSN/DPRE/SERGD 03-05, (2003).
- Deverchère J., J. Perrot, P. Arroucau, Y. Mazabraud, A. Mocquet et L. Matias, Rapport préliminaire sur l'intervention sismique suite au séisme de Hennebont du 20 septembre 2002, rapport INSUE-CNRS, (2003).
- Flemming N., G. Bailey, V. Courtillot, G. King, K. Lambeck, F. Ryerson et C. Vita-Finzi, Coastal and marine palaeo-environments and human dispersal points across the Africa-Eurasia boundary. In 'Maritime Heritage 2003', Université Wessex Institute of Technology & the University of Malta, 13 p., (2003).
- Godel B., Déformations actuelles dans le massif de l'Argentera-Mercantour : approche combinée géomorphologie - sismotectonique, DEA de l'Université de Nice Sophia Antipolis, 116 p., (2003).
- King G. C. P. et G. N. Bailey, Ces failles qui nous attirent, in *La recherche HS N°11 La Terre*, Avril-Juin 2003, 8 - 12, (2003).
- Lebatard A. E., Activité tectonique et aléa sismique de la terminaison septentrionale de la faille de la Moyenne Durance et ses relations avec la nappe de Digne. Mémoire de DEA Géosciences de l'Environnement, Université University of Aix-Marseille III, France, (2003).
- Nechtschein S. Calcul d'une magnitude de moment M_w pour les séismes enregistrés par le réseau de la Durance. Rapport IRSN/DEI/SARG 03-01, (2003).
- Pousse, G. C. Berge-Thierry et L.F. Bonilla. Analyse de la base de données japonaise Knet : confrontation des spectres de réponse aux spectres réglementaires EC8. NOTE TECHNIQUE IRSN/DEI/SARG n° 03- (2003)
- Sébrier M., L. Siame, O. Bellier et D. Chardon, Seismotectonic model for Provence (SE France). Deliverable Re4.4 (Workpackage4: Slow active faults in compressional settings) of SAFE project (European Project EVG1-2000-22005), 35 p., (2003).
- Taami, R. Le séisme d'Allos (Alpes-de-Haute-Provence, 21 octobre 1997, $M_L=4,0$) et ses répliques. DEA, Université Joseph-Fourier, 67 p., (2003).

Livres

- Laurenti A., LES TREMBLEMENTS DE TERRE DES ALPES-MARITIMES. Histoire et sensibilisation, Editions Serre, 176 p., (2003).
- Tricard P., S. Schwartz, J. M. Lardeaux, F. Thouvenot et S. A. Chaffaut, Notice explicative. Carte géol. France (1/50 000), feuille Aiguille-Col Saint Martin (848), Editions BRGM, Orléans, 150 p., (2003).

ANNEE 2004 Publications

- Ambraseys N. N., P. Smit, J. Douglas, B. Margaris, R. Sigbjörsson, S. Olafsson, P. Shuhadloc et G. Costa, Internet site for European strong-motion data, *Bolletino di Geofisica Teorica ed applicata*, 45, 113-129, (2004).
- Barrauol G., A. Deschamps et O. Coutant, Mapping upper mantle anisotropy beneath SE France by SKS splitting indicates Neogene asthenospheric flow induced by Apenninic slab roll-back and deflected by the deep Alpine roots, *Tectonophysics*, 394, 125-138, (2004).
- Carozza J.-M. et S. Baize, L'escarpement de faille de la Têt est-il le résultat de la tectonique active Plio-Pléistocène ou d'une exhumation Pléistocène? *Comptes Rendus Geosciences*, 336, 217-226, (2004).
- Delacou B., C. Sue, J. D. Champagnac et M. Burkhard, Present-day geodynamics in the bend of the western and central Alps as constrained by earthquake analysis, *Geophys. J. Int.*, 158, 753-774, (2004).
- Dubos N., A. Souriau, C. Ponsolles, J.-F. Fels, G. Sénéchal, M. Sylvander, S. Chevrot et S. Benahmed, Analysis of the May 2002 earthquake sequence in the central Pyrenees, Consequences for the evaluation of the seismic risk at Lourdes, France., *Geophys. J. Int.*, 156, 527 - 540, doi:510.1111/j.1365-1246X.2004.02091.x, (2004).
- Giamboni M., K. Ustaszewski, S. M. Schmid, M. E. Schumacher et A. Wetzel, Plio-Pleistocene transpressional reactivation of Paleozoic and Paleogene structures in the Rhine-Bresse transform zone (northern Switzerland and eastern France), *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 93, 207-223, (2004).
- Gumiaux C., S. Judenherc, J. P. Brun, G. Gapais, M. Granet et G. Poupinet, Restoration of lithospheric-scale wrenching from integrated structural and tomographic data (Hercynian belt of western France), *Geology*, 32, 4, 333-336, (2004).
- Lambert J. et T. Winter, New hypotheses on the maximum damage area of the 1356 Basel earthquake (Switzerland). in *Quaternary Science Reviews, Neotectonics and Quaternary fault-reactivation in Europe's intraplate lithosphere - S.A.P.L. Cloetingh, T.G.M. Cornu, Volume spécial JQSR1454*, (2004).
- Le Brun B., A.-M. Duval, P.-Y. Bard, O. Monge, M. Bour, S. Vidal et H. Fabriol, Seismic microzonation: a comparison between geotechnical and seismological approaches in Pointe-à-Pitre (French West Indies), *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2, 27-50, (2004).
- Manighetti I., G. C. P. King et C. Sammis, The role of off-fault damage in the evolution of normal faults, *EPSL*, 217, 339-408, (2004).
- Marin S., J. P. Avouac, M. Nicolas et A. Schlupp, A probabilistic approach to seismic hazard in Metropolitan France, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 2137-2163, (2004).
- Scherbaum F., F. Cotton et P. Smit, On the use of response spectral reference data for the selection of ground motion models for seismic hazard analysis: the case of rock motion, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 2164-2185, (2004).
- Siame L., O. Bellier, R. Braucher, M. Sébrier, M. Cushing, D. Bourlés, B. Hamelin, E. Baroux, B. DeVoogd, G. Raisbeck et F. Yiou, High denudation rate as diagnostic criterion for identifying active deformation? Cosmic Ray Exposure in Provence (South-East France), *Earth Planet. Sc. Lett.*, 220, 345-364, (2004).
- Sibuet J.-C., S. H. Srivastava et W. Spakman, Pyrenean orogeny and plate kinematics, *Journal of Geophysical Research*, 109, 10.1029/2003JB002514, (2004).

Thèses

- Delacou B., *Tectonique et géodynamique actuelle de l'arc alpin -Approche sismotectonique et modélisation numérique*, Thèse, Université Neuchâtel, (2004).
- Ferry M., *Adaptation of the paleoseismological approach to local tectonic regime: comparative study of the intraplate Basel-Reinach fault, Switzerland and the interplate North Anatolian fault, Turkey*, Université ETH-Zurich, Zurich, 158 p., (2004).
- Mazabraud Y., *Sismotectonique de l'avant-pays alpin du SE la France au Massif armoricain: mécanisme aux foyer et modélisation*, UMR Géosciences Azur, Univ. Nice., 264 p., (2004).
- Roullé Agathe, 2004. *Etude du mouvement sismique de la vallée de Mexico à partir d'un réseau accélérométrique 3D de faible ouverture dans la colonia ROMA*, Université Louis Pasteur Strasbourg, (2004).
- Sébe O., *Déconvolution aveugle et sismologie: estimation de la source sismique et des effets de site*, Thèse, Université J. Fourier, Grenoble, 247 p., (2004).

Rapports

- Beauducel F., S. Bazin et M. Bengoubou-Valerius, *Loi d'atténuation B-Cube pour l'évaluation rapide des intensités sismique probables dans l'Archipel de Guadeloupe*, Rapport Interne, Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe - Institut de Physique du Globe de Paris - Université des Antilles et de la Guyane, 12 p., (2004).
- Bertil D., S. Bazin, D. Mallarino et F. Beauducel., *Séisme des Saintes du 21 novembre 2004. Rapport de Synthèse*, Centre de Données Sismologique des Antilles, 36 p., (2004)
- Guignard P., L. Siame, O. Bellier, D. Hermitte, S. Baize, M. Cushing, F. Nguyen et S. Garambois, *Réalisation d'une tranchée de paléosismicité sur la faille de la Moyenne Durance: site de la Gravière au Sud de Manosque.*, IRSN/CEREGE, 8 Fig., 2 annexes, 11 p., (2004).
- Jacques E., J. Van der Woerd, L. Dorbath, H. Vasquez, L. Rivera, H. Haessler, B. Delouis, M. Frogneux, M. Meghraoui et M. Cara, *Preliminary results of the 22 February 2003 Rambervillers (Vosges, France) earthquake sequence*, rapport EU _ projet SAFE, 6 p., (2004)
- Risk-UE, *An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different european towns*, Preliminary results of the seven technical work packages, par consortium RISK-UE, 37 p., (2004).
- Risk-UE, *An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different european towns*, Synthesis of the application on the city of Nice, par consortium RISK-UE, 44 p., (2004).
- Sébrier M., L. Siame, O. Bellier et D. Chardon, *Slow active faults in compressional settings: Sismotectonic model for Provence SE France. Slow active faults in europe (s.a.f.e.). Assessing fundamental input for seismic risk in regions of low seismicity.*, 97-127, (2004).

Livres

- Souriau A. et M. Sylvander, *Les séismes dans les Pyrénées*, Editions Loubatières, Portet-sur-Garonne, 192 p., (2004).

ANNEE 2005

Publications

- Alasset P.-J. et M. Meghraoui, Active faulting in the western Pyrénées (France): Paleoseismic evidence for late Holocene ruptures, *Tectonophysics*, 409, 1-4, 39-54, (2005).
- Becker A., M. Ferry, K. Monecke, M. Schnellmann et D. Giardini, Multiarchive paleoseismic record of late Pleistocene and Holocene strong earthquakes in Switzerland, *Tectonophysics*, 400, 1-4, 153-177, (2005).
- Cara, M., Brüstle, W., Gisler, M., Kästli, Ph., Sira, C., Weihermüller, C. and Lambert, J., 2005. Transfrontier macroseismic observations of the $M_L=5.4$ earthquake of February 22, 2003 at Rambervillers, France, *Journal of Seismology*, 9, 317-328.
- Chardon C., O. Bellier et D. Hermitte, Réponse au commentaire de M. Mattauer à l'article: Cadre géologique du séisme de Lambesc du 11 Juin 1909 (Provence, France): structure et évolution de l'anticlinal de la Trevaresse., *Bull. Soc. Géol. France*, 176, 1, 121-123, (2005).
- Chardon D., D. Hermitte, F. Nguyen et O. Bellier, First paleoseismological constraints on the strongest earthquake in France (Provence) in the twentieth century, *Geology*, 33, 11, 901-904, (2005).
- Delacou B., N. Deichmann, Ch. Sue, F. Thouvenot, J.-D. Champagnac et M. Burkhard, Active strike-slip faulting in the Chablais area (NW Alps) from earthquake focal mechanisms and relative locations, *Eclogae geol. Helv.*, DOI 10.1007/s00015-005-1159-4, (2005).
- Drouet S., A. Souriau et F. Cotton, Attenuation, seismic moment and site effects for weak motion events. Application to the Pyrenees., *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 95, 1731-1748., (2005).
- Ferry M., M. Meghraoui, B. Delouis et D. Giardini, Evidence for Holocene palaeoseismicity along the Basel-Reinach active normal fault (Switzerland): a seismic source for the 1356 earthquake in the Upper Rhine graben, *Geophys. J. Int.*, 160, 554-572, (2005).
- Guignard P., O. Bellier et D. Chardon, Géométrie et cinématique post-oligocène des Failles d'Aix et de la Moyenne Durance (Provence, France). *C.R. Géoscience, Acad. Sc. Paris*, 337/3, 375-384, (2005).
- Kohrs-Sansorny C., F. Courboux, M. Bour et A. Deschamps, A two-stage method for ground-motion simulation using stochastic summation of small earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 95, 4, 1387-1400, (2005).
- Lopes-Cardozo G., M. Granet et J. B. Edel, Detection of active crustal structures in the Upper Rhine Graben using Local Earthquake Tomography, Gravimetry and reflection seismics, *Quaternary Science Review*, 24, 337-344, (2005).
- Lopes-Cardozo G. et M. Granet, A multi-scale approach to study the lithospheric structure of the southern Upper Rhine Graben: from seismic tomography through reflection seismics to surface geology, *Int. J. Earth (Geol. Rundsch)*, 94, 615-620, (2005).
- Mazabraud Y., N. Bethoux, J. Guilbert et O. Bellier, Evidence for short-scale stress field variations within intraplate central-western France, *Geophys. J. Int.*, 160, 161-178, (2005).
- Musson R. M. W., G. R. Toto, K. J. Coppersmith, J. J. Bommer, N. Deichmann, H. Bungum, F. Scherbaum et N. A. Abrahamson, Evaluating hazard results for Switzerland and how not to do it: A discussion of "Problems in the application of the SSHAC probability method for assessing earthquake hazards at Swiss nuclear power plants" by J-U Klugel., *Engineering Geology*, 82, 43-55, (2005).
- Perrot J., P. Arroucau, J. Guilbert, J. Deverchère, Y. Mazabraud, J. Rolet, A. Mocquet, M. Mousseau et L. Matias, Analysis of the $M_w = 4.3$ Lorient earthquake sequence: a multidisciplinary approach to the geodynamics of the Armorican Massif, westernmost France, *Geophys. J. Int.*, 162, 935-950, Corrigendum, 163, 1136-1136., (2005).
- Rigo A., A. Souriau, N. Dubos, M. Sylvander et C. Ponsolles, Analysis of the seismicity in the central part of the Pyrenees (France), and tectonic implications., *Journal of Seismology*, 9, 2, 211-222, DOI: 210.1007/s10950-10005-12775-10951, (2005).
- Stich, D., J. Batlló, R. Macià, P. Teves-Costa et J. Morales, Moment tensor inversion with single-component historical seismograms: The 1909 Benavente (Portugal) and Lambesc (France) earthquakes, *Geophys. J. Int.*, 162, 850-858, doi: 10.1111/j.1365-246X.2005.02680.x, (2005).
- Sylvander M. et D. G. Mogos, The Sounds of Small Earthquakes: Quantitative Results from a Study of Regional Macroseismic Bulletins, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 95, 4, 1510-1515; DOI: 1510.1785/0120040197, (2005).

Thèses

- Alasset P. J., Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente: cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme de Zemmouri ($M_W=6.9$, Algérie) du 21 Mai 2003, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 228 p., (2005).
- Kohrs-Sansorny C., Modélisation de la source sismique et sommation de petits séismes pour l'évaluation des mouvements forts: application à une meilleure estimation de l'aléa sismique dans le Sud-Est de la France, Université Nice Sophia Antipolis, 168 p., (2005).
- Monod B., Etude d'un essaim de sismicité: Fenouillèdes, mai 2004, Maîtrise de Géophysique-Géologie, Université Toulouse III, Toulouse, 25 p., (2005).
- Pousse G., Analyse de données accélérométriques de K-net et Kik-net: implications pour la prédiction du mouvement sismique- et la prise en compte des effets de site non-linéaire, Thèse, Université J. Fourier, Grenoble, 257 p., (2005).

Rapports

- Bertil D., S. Bazin, D. Mallarino et F. Beauducel., Localisation des principales répliques du séisme des Saintes du 21 Novembre 2004, Centre de Données Sismologiques des Antilles, (2005).
- Bertrand E. et A.-M. Duval, FORESIGHT WP 3900: Methodology for determining shallow depth profiles of S-wave velocity from ambient vibration in alluvial deposit. Progress report., 9 p., (2005).
- Causse M., Simulation du mouvement sismique par la méthode des fonctions de Green empiriques, Rapport de M2R, Univ. J. Fourier Grenoble, 33 p., (2005).
- Douglas J., A. Roullé, P. Dominique, F. Maurin et F. Dunand, Traitement des données accélérométriques du conseil Général de la Martinique, RP-53906-FR., BRGM, (2005).
- Le-Puth J., Simulation numérique de séismes: exemple de Nice (Alpes-Maritimes). Rapport de M2P, Univ. Nice, 37 p., (2005).
- Lucas, F., Etude de la sismicité au sud du Massif Armoricaïn depuis 1996 par une relocalisation des hypocentres. Rapport de DEA, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 33p., (2005).
- Souriau A., Mesures d'effets de site dans la ville de Lourdes (méthode H/V). Rapport pour le Microzonage de la ville de Lourdes, 24 p., OMP Toulouse, (2005).

7 - Annexes

■ Annexe I : échelle d'intensité EMS98	p.166
■ Annexe II : formulaires d'enquêtes macrosismiques	p.169
■ Annexe III : La magnitude	p.179
■ Annexe IV : coordonnées des stations de surveillance sismique en France métropolitaine	p.182
■ Annexe V : contacts des réseaux sismologiques	p.192
■ Annexe VI : glossaire des sigles	p.195

Annexe I

Echelle d'intensité EMS-98

Résumé simplifié de l'échelle macrosismique européenne (EMS-98)

Intensité	Définition	Description
I	Non ressenti	Non ressenti, même dans les circonstances les plus favorables
II	A peine ressenti	La vibration n'est ressentie que par quelques personnes au repos, en particulier dans les étages supérieurs des bâtiments.
III	Faible	Une faible vibration est ressentie à l'intérieur par quelques personnes. Des personnes au repos ressentent un balancement ou un léger tremblement.
IV	Largement observé	Le séisme est ressenti à l'intérieur par de nombreuses personnes et par un très petit nombre dehors. Quelques personnes sont réveillées. L'amplitude des vibrations reste modérée. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent. Les objets suspendus se balancent.
V	Fort	Le séisme est ressenti à l'intérieur par la plupart des personnes et par un petit nombre dehors. Les personnes endormies se réveillent. Quelques personnes sortent en courant. Les bâtiments entrent en vibrations. Les objets suspendus oscillent fortement. La vaisselle, les verres tintent. La vibration est forte. Quelques objets lourds et instables se renversent. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.
VI	Légers dégâts	Ressenti par la plupart des personnes à l'intérieur et par beaucoup dehors. De nombreuses personnes sont effrayées dans les bâtiments et courent vers les sorties. Les objets tombent. De légers dégâts apparaissent dans les bâtiments ordinaires : petites fissures dans les plâtres, chutes de petits morceaux de plâtre...
VII	Dégâts	La plupart des personnes sont effrayées et courent vers les sorties. Les meubles sont déplacés et de nombreux objets tombent des étagères. Un grand nombre de bâtiments ordinaires sont endommagés : petites fissures dans les plâtres, chutes partielles de cheminées...
VIII	Importants dégâts	Du mobilier peut être renversé. De nombreux bâtiments ordinaires sont endommagés : chutes de cheminées, larges fissures dans les murs et un petit nombre de bâtiments peuvent s'effondrer partiellement.
IX	Destructions petit nombre s'effondrent.	Les monuments sont renversés. De nombreux bâtiments ordinaires s'écroulent partiellement et un
X	Nombreuses destructions	Un grand nombre de bâtiments ordinaires s'effondrent.
XI	Destructions généralisées	La plupart des bâtiments ordinaires s'effondrent.
XII	Destruction totale	Toute structure à l'air libre ou en sous-sol est fortement endommagée ou détruite.

Adapté du résumé utilisé par le British Geological Survey (résumé original : Grünthal, G., 1998. «European Macroseismic Scale 1998», Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Volume 15, Luxembourg).

Présentation simplifiée des niveaux de dommage aux constructions

(pour plus de précision et distinction entre les types de construction se reporter à l'échelle d'intensité EMS-98)

NIVEAUX	dégâts sur les éléments non-structuraux**	dégâts sur les éléments structuraux*
Niveau 1	légers (ex: fissures fines)	négligeables
Niveau 2	modérés (ex : chutes de gros morceaux de plâtre)	légers (ex : fissures dans les murs porteurs)
Niveau 3	importants (ex : chutes de tuiles, cheminées, larges crevasses...)	modérés (ex : fissures aux joints poutres-poteaux)
Niveau 4	très importants (ex : ruine partielle de murs)	importants (ex : endommagement des planchers)
Niveau 5	effondrement	très importants (ex : ruines partielle ou totale)

* Elément structural partie de la structure de la construction (poutre, poteau, mur porteur...)

** Elément non structural mur de remplissage (cloison, parement, revêtement de mur...)

Classifications utilisées dans l'Echelle Macrosismique Européenne (EMS)

Différenciation des structures (bâtiments) en classes de vulnérabilité

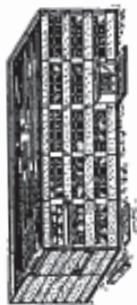
(Tableau de vulnérabilité)

Type de structure		Classe de vulnérabilité					
		A	B	C	D	E	F
MAÇONNERIE	Moellon brut, pierre tout venant	○					
	Brique crue (adobe)	○—					
	Pierre brute	—○					
	Pierre massive	—○—					
	Non renforcée, avec des éléments préfabriques	—○—					
	Non renforcée, avec des planchers en béton armé		—○—				
	Renforcée ou chaînée			—○—			
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique (CPS)		—○—				
	Ossature avec un niveau moyen de CPS		—○—				
	Ossature avec un bon niveau de CPS			—○—			
	Murs sans CPS		—○—				
	Murs avec un niveau moyen de CPS			—○—			
	Murs avec un bon niveau de CPS				—○—		
ACIER	Structures en charpente métallique			—○—			
BOIS	Structures en bois de charpente		—○—				

○ Classe de vulnérabilité la plus probable; — Intervalle probable;
 Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnels

Classification des dégâts par niveaux de dommage gradués de 1 à 5.

Remarque : la manière dont un bâtiment se déforme sous la charge d'un tremblement de terre dépend de sa nature. Pour une classification grossière, on peut regrouper les bâtiments en maçonnerie ainsi que les bâtiments en béton armé.

Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie		Classification des dégâts aux bâtiments en béton armé	
	Degré 1: Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux) Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rares cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.		Degré 1: Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux) Fissures fines dans le plâtre sur les parties de l'ossature ou sur les murs à la base. Fissures fines dans les cloisons et les remplissages.
	Degré 2: Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés) Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.		Degré 2: Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés) Fissures dans les structures de types portiques (poteaux et poutres) et dans structures avec murs. Fissures dans les cloisons et les murs de remplissage; chute des revêtements friables et du plâtre. Chute du mortier aux jonctions entre les panneaux des murs.
	Degré 3: Dégâts sensibles à importants (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants) Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles des toits se détachent. Fractures des cheminées à la jonction avec le toit; défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons, murs pignons).		Degré 3: Dégâts sensibles à importants (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants) Fissures dans les poteaux et dans les nœuds à la base de l'ossature et aux extrémités des linteaux des murs avec des ouvertures. Ecaillage du revêtement de béton, flambement des barres d'armature longitudinale. Fissures importantes dans les cloisons et les murs de remplissage, défaillance de certains panneaux de remplissage.
	Degré 4: Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants) Défaillance sérieuse des murs; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.		Degré 4: Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants) Fissures importantes dans les éléments structuraux avec défaillance en compression du béton et rupture des barres à haute adhérence; perte de l'adhérence barres-béton; basculement des poteaux. Ecrasement de quelques poteaux ou d'un étage supérieur.
	Degré 5: Destruction (dégâts structuraux très importants) Effondrement total ou presque total.		Degré 5: Destruction (dégâts structuraux très importants) Effondrement total du rez-de-chaussée ou de parties de bâtiments.

Annexe II

Formulaires d'enquêtes macrosismiques utilisés sur la période 2003-2005

le Directeur du B.C.S.F.

BCSF - 5, rue René Descartes - 67084 Strasbourg Cedex - Fax 03 88 61 67 47 - web: <http://eost.u-strasbg.fr/bcsf/>

Vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression des données qui vous concernent, (art 34 de la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978).
Pour l'exercer, adressez vous au BCSF à l'adresse en première page

effets sur les constructions	par type de bâtiment	(Type 1) matériaux tout venant	(Type 2) maçonnerie pierre de taille	(Type 3) béton armé	(Type 4) structure en bois	(Type 5) acier	(Type 6) construction parasismique
vibration, sensation de balancement du bâtiment	léger ☐ C1 fort ☐ C2	léger ☐ C3 fort ☐ C4	léger ☐ C5 fort ☐ C6	léger ☐ C7 fort ☐ C8	léger ☐ C9 fort ☐ C10	léger ☐ C11 fort ☐ C12	
dommages aux parties non porteuses du bâtiment <i>(murs de remplissage, cloisons, revêtement des murs intérieurs ou extérieurs)</i>	en petit nombre ☐ C25 en grand nombre ☐ C26	en petit nombre ☐ C27 en grand nombre ☐ C28	en petit nombre ☐ C29 en grand nombre ☐ C30	en petit nombre ☐ C31 en grand nombre ☐ C32	en petit nombre ☐ C33 en grand nombre ☐ C34	en petit nombre ☐ C35 en grand nombre ☐ C36	en petit nombre ☐ C37 en grand nombre ☐ C38
fissures fines ou superficielles	☐ C25 ☐ C26	☐ C27 ☐ C28	☐ C29 ☐ C30	☐ C31 ☐ C32	☐ C33 ☐ C34	☐ C35 ☐ C36	☐ C37 ☐ C38
fissures larges et profondes	☐ C37 ☐ C38	☐ C39 ☐ C40	☐ C41 ☐ C42	☐ C43 ☐ C44	☐ C45 ☐ C46	☐ C47 ☐ C48	☐ C49 ☐ C50
chute de petits morceaux de plâtre ou d'un élément haut mal scellé	☐ C49 ☐ C50	☐ C51 ☐ C52	☐ C53 ☐ C54	☐ C55 ☐ C56	☐ C57 ☐ C58	☐ C59 ☐ C60	☐ C61 ☐ C62
chute de gros morceaux de plâtre ou de revêtement	☐ C61 ☐ C62	☐ C63 ☐ C64	☐ C65 ☐ C66	☐ C67 ☐ C68	☐ C69 ☐ C70	☐ C71 ☐ C72	☐ C73 ☐ C74
écroulement de morceaux de cloisons, murs, pignons	☐ C73 ☐ C74	☐ C75 ☐ C76	☐ C77 ☐ C78	☐ C79 ☐ C80	☐ C81 ☐ C82	☐ C83 ☐ C84	☐ C85 ☐ C86
dommages à la structure du bâtiment <i>(poutres, poteaux, murs porteurs, poutrelles et dalles armées, etc.)</i>	en petit nombre ☐ C87 en grand nombre ☐ C88	en petit nombre ☐ C89 en grand nombre ☐ C90	en petit nombre ☐ C91 en grand nombre ☐ C92	en petit nombre ☐ C93 en grand nombre ☐ C94	en petit nombre ☐ C95 en grand nombre ☐ C96	en petit nombre ☐ C97 en grand nombre ☐ C98	en petit nombre ☐ C99 en grand nombre ☐ C100
fissures fines ou superficielles	☐ C87 ☐ C88	☐ C89 ☐ C90	☐ C91 ☐ C92	☐ C93 ☐ C94	☐ C95 ☐ C96	☐ C97 ☐ C98	☐ C99 ☐ C100
fissures larges et profondes	☐ C101 ☐ C102	☐ C103 ☐ C104	☐ C105 ☐ C106	☐ C107 ☐ C108	☐ C109 ☐ C110	☐ C111 ☐ C112	☐ C113 ☐ C114
fissures aux joints de poutres, poteaux, angles de murs	☐ C121 ☐ C122	☐ C123 ☐ C124	☐ C125 ☐ C126	☐ C127 ☐ C128	☐ C129 ☐ C130	☐ C131 ☐ C132	☐ C133 ☐ C134
chute de mortier aux joints de murs ou dalles armées	☐ C135 ☐ C136	☐ C137 ☐ C138	☐ C139 ☐ C140	☐ C141 ☐ C142	☐ C143 ☐ C144	☐ C145 ☐ C146	☐ C147 ☐ C148
flambage, torsion de poteaux	☐ C149 ☐ C150	☐ C151 ☐ C152	☐ C153 ☐ C154	☐ C155 ☐ C156	☐ C157 ☐ C158	☐ C159 ☐ C160	☐ C161 ☐ C162
effondrement partie de toits et poutres ou affondrement de quelques poteaux ou d'un étage	☐ C161 ☐ C162	☐ C163 ☐ C164	☐ C165 ☐ C166	☐ C167 ☐ C168	☐ C169 ☐ C170	☐ C171 ☐ C172	☐ C173 ☐ C174
affondrement quasi total des structures	☐ C173 ☐ C174	☐ C175 ☐ C176	☐ C177 ☐ C178	☐ C179 ☐ C180	☐ C181 ☐ C182	☐ C183 ☐ C184	☐ C185 ☐ C186
autres dommages	en petit nombre ☐ C187 en grand nombre ☐ C188	en petit nombre ☐ C189 en grand nombre ☐ C190	en petit nombre ☐ C191 en grand nombre ☐ C192	en petit nombre ☐ C193 en grand nombre ☐ C194	en petit nombre ☐ C195 en grand nombre ☐ C196	en petit nombre ☐ C197 en grand nombre ☐ C198	en petit nombre ☐ C199 en grand nombre ☐ C200
Cheminées	chute de couronne ou de partie de cheminée	☐ C197 ☐ C198	☐ C199 ☐ C200	☐ C201 ☐ C202	☐ C203 ☐ C204	☐ C205 ☐ C206	☐ C207 ☐ C208
chute de cheminée (cassée au ras du toit)	☐ C209 ☐ C210	☐ C211 ☐ C212	☐ C213 ☐ C214	☐ C215 ☐ C216	☐ C217 ☐ C218	☐ C219 ☐ C220	☐ C221 ☐ C222
Toitures	chute de tuiles, d'ardoises	☐ C221 ☐ C222	☐ C223 ☐ C224	☐ C225 ☐ C226	☐ C227 ☐ C228	☐ C229 ☐ C230	☐ C231 ☐ C232
affondrement	☐ C233 ☐ C234	☐ C235 ☐ C236	☐ C237 ☐ C238	☐ C239 ☐ C240	☐ C241 ☐ C242	☐ C243 ☐ C244	☐ C245 ☐ C246

utilisez si nécessaire une page complémentaire pour noter les observations
(glissements de terrain, chute de rocher, inondation, etc., état des sources, niveau des sources, niveau des puits, phénomènes lumineux, autres sons ou odeurs, etc.)

**LE SEISME A PRODUIT DES DEGÂTS
AUX BÂTIMENTS DANS MA COMMUNE :**C01 ☐ OUI ☐ NON ☐ NE SAIT PAS

Si oui, remplissez les rubriques ci-dessous

DESCRIPTION DE VOTRE COMMUNE

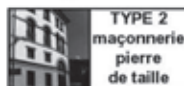
nombre approximatif de bâtiments sur la commune :

C02

NE SAIT PAS

C03

répartis selon les pourcentages suivants :

TYPE 1
matériaux
tout venantC04 %TYPE 2
maçonnerie
pierre
de tailleC05 %TYPE 3
béton
arméC06 %TYPE 4
structure
en boisC07 %TYPE 5
acierC08 %TYPE 6
construction
parasismiqueC09 %**DESCRIPTION DES DEGÂTS :**

nombre de bâtiments ayant connu des dégâts :

C10

NE SAIT PAS

C11

sur le nombre de bâtiments touchés : C12 % de Type 1,C13 % de Type 2,C14 % de Type 3,C18 NE SAIT PASC15 % de Type 4,C16 % de Type 5,C17 % de Type 6,**PARMI CES BÂTIMENTS TOUCHES
QUELLE EST LA FREQUENCE DES DEGÂTS ?****INDIQUEZ :**
P = Peu
N = Nombreux
G = GénéralisésTYPE 1
matériaux
tout venantTYPE 2
maçonnerie
pierre
de tailleTYPE 3
béton
arméTYPE 4
structure
en boisTYPE 5
acierTYPE 6
construction
parasismique

■ fissures fines ou superficielles (quelques mm)

C19 C20 C21 C22 C23 C24

■ fissures larges et profondes (quelques cm)

C25 C26 C27 C28 C29 C30 ■ chute de petits morceaux de plâtre
ou d'éléments mal scellésC31 C32 C33 C34 C35 C36 ■ chute de gros morceaux de plâtre
ou de crépis (supérieur à 20%)C37 C38 C39 C40 C41 C42 ■ écroulement de morceaux de cloisons,
murs, pignonsC43 C44 C45 C46 C47 C48 ■ fissures aux joints de poutres, poteaux,
angles de murs ou dalleC49 C50 C51 C52 C53 C54 ■ chute de mortier aux joints de murs ou dalles
arméesC55 C56 C57 C58 C59 C60 **TOITURES**

■ chute de tuiles, d'ardoises

C61 C62 C63 C64 C65 C66

■ effondrement partiel

C67 C68 C69 C70 C71 C72

■ effondrement total

C73 C74 C75 C76 C77 C78 **CHEMINÉE**

■ chute de couronne ou de partie de cheminée

C79 C80 C81 C82 C83 C84

■ chute de cheminée (cassée au raz du toit)

C85 C86 C87 C88 C89 C90 notez ici
des informations
complémentaires ou
d'autres types
de dégâts observés

P29

réactions d'animaux, infrastructures routières, ouvrages d'art, réseaux de communication, réseaux d'énergies, d'eau, de gaz, glissements de terrain, chutes de rochers, crevasses dans le sol, débit des sources, niveau des sources, niveau des puits, phénomènes lumineux, autres secousses ressenties (date et heure)...

49144

utilisez si nécessaire une page complémentaire pour noter les observations



Enquête macroscismique **Formulaire individuel**



**Bureau central
sismologique
français**

Ministère de l'Éducation nationale
de la recherche et de la technologie

Ministère de l'Intérieur
Direction de défense
et de protection civile

Le BCSF assure la collecte et l'archivage des renseignements et témoignages relatifs aux séismes ressentis en France.

En remplissant ce questionnaire individuel, vous permettrez d'améliorer la connaissance du risque sismique dans votre région.

le Directeur du BCSF

Même si le séisme n'a pas été ressenti, merci de renvoyer ce questionnaire, en répondant au premier paragraphe.
Ce formulaire fait l'objet d'une lecture automatique n'inscrivez rien en dehors des cases ou du champ libre au dos de cette page.

SEISME DU : P16à : heure(s) minutes(s) ^{P17}

■ le séisme a-t-il été ressenti ? OUI ☐ NON ☐ [P. 1]

sur la commune de (lieu d'observation) : |

adresse |

Code postal : Lieu dit :

■ l'avez-vous personnellement ressenti ? OUI ☐ NON ☐ IP2

questionnaire rempli le :

Nom de la personne ayant ressenti le séisme

_____ (for/total)

[illegible]

Situation du témoin	■ à l'intérieur d'un bâtiment : maison ☐ IP3 immeuble ☐ IP4 nbre d'étage(s) IP5 ■ à l'étage : SS ☐ RdC ☐ 1er, 2e ☐ 3e, 4e ☐ 5e et plus ☐ IP6 ■ à l'extérieur (plein air) ☐ IP7 ■ en activité debout ☐ en activité assis ☐ au repos ☐ en sommeil ☐ IP8					
effets sur le témoin	■ j'ai ressenti la secousse comme : un balancement faible ☐ _____ fort ☐ IP9 une vibration faible ☐ _____ forte ☐ IP10 mouvement vertical ☐ _____ mouvement horizontal ☐ IP11 ■ la secousse m'a réveillé(e) oui ☐ _____ non ☐ IP12 ■ la secousse m'a : inquiété(e) ☐ effrayé(e) ☐ paniqué(e) ☐ IP13 ■ je suis sorti(e) du bâtiment en courant oui ☐ _____ non ☐ IP14 ■ j'ai perdu l'équilibre _____ oui ☐ _____ non ☐ IP15					
effets sur les objets	faible fort ■ oscillation des objets suspendus (lustres, cadres) _____ ☐ _____ ☐ IO1 ■ vibration des petits objets (porcelaine, verres, assiettes, bibelots, etc.) _____ ☐ _____ ☐ IO2 ■ tremblement du mobilier léger (chaise, table de chevet ...) _____ ☐ _____ ☐ IO3 ■ vibration des portes, fenêtres, vitres, vitrines _____ ☐ _____ ☐ IO4 ■ craquements des poutres, planchers et meubles _____ ☐ _____ ☐ IO5 oui ■ oscillation des liquides dans les récipients _____ ☐ IO6 ■ débordement des liquides des récipients pleins _____ ☐ IO7 ■ ouverture et fermeture de portes ou fenêtres _____ ☐ IO8 ■ bris d'objets (tableaux, verrerie, porcelaine, etc.), vitres _____ ☐ IO9 déplacement chute déplacements, chutes de : ■ petits objets instables ou mal fixés _____ ☐ _____ ☐ IO10 ■ mobilier léger (chaise, table de chevet, etc.) _____ ☐ _____ ☐ IO11 ■ mobilier lourd (armoire, lit, buffet, etc.) _____ ☐ _____ ☐ IO12					
bruits entendus	faible fort Le bruit ressemblait à : ■ un grondement souterrain ou aérien (camion lourdement chargé) : _____ ☐ _____ ☐ IE1 ■ un coup de tonnerre, une explosion : _____ ☐ _____ ☐ IE2 ■ autre (précisez dans la case observations au dos de cette page) : _____ ☐ _____ ☐ IE3					

pour émettre un avis écrit de modification de rectification de soumission des données ou vous concernant (art 14 de la loi "informatique et libertés" du 6 janvier 1978). Pour l'envoyer, adressez vous au CCSP à l'adresse ci-dessous

effets
sur les
animaux

type IA1
domestique ☐
élevage ☐

situation IA2
à l'intérieur d'un bâtiment ☐
à l'extérieur d'un bâtiment ☐

réaction IA3
mal à l'aise ☐
effrayé ☐

sans réaction
☐

Type du bâtiment (localisé à l'adresse indiquée en 1ère page)

 matériaux tout venant ☐	 maçonnerie pierre de taille ☐	 béton armé ☐	 structure en bois ☐	 acier ☐	 construction parasismique ☐
---	---	--	---	--	---

■ **date de construction :** avant 1945 ☐ entre 1946 et 1997 ☐ après 1997 ☐ IC2

Effets sur les constructions

■ **vibration, sensation de balancement du bâtiment** _____

léger ☐ **fort** ☐ IC3

dommages aux parties non porteuses du bâtiment

(murs de remplissage, cloisons, revêtement des murs intérieurs ou extérieurs)

oui ☐ IC4

	en petit nombre	en grand nombre	
■ fissures fines ou superficielles dans les murs	☐	☐	IC5
■ fissures larges profondes dans les murs	☐	☐	IC6
■ chute de petits morceaux de plâtre ou d'un élément haut mal scellé	☐	☐	IC7
■ chute de gros morceaux de plâtre ou de revêtement	☐	☐	IC8
■ écoulement de morceaux de cloisons, murs, pignons	☐	☐	IC9

dommages à la structure du bâtiment

(poutres, poteaux, murs porteurs, poutres et dalles armées...)

oui ☐ IC10

■ fissures fines	☐	IC11
■ fissures larges	☐	IC12
■ fissures aux joints de poutres, poteaux, angles de murs	☐	IC13
■ chute de mortier aux joints de murs ou dalles armées	☐	IC14
■ flambage, torsion de poteaux	☐	IC15
■ déplacement de poutres (toits ou planchers)	☐	IC16
■ effondrement de poteaux ou d'un étage	☐	IC17
■ effondrement quasi total des structures	☐	IC18

dommages aux toitures et cheminées

oui ☐ IC19

Cheminée

■ chute de couronne de cheminée	☐	IC20
■ chute de cheminée (cassée au ras du toit)	☐	IC21

Toiture

	en petit nombre	en grand nombre	
■ chute de tuiles, d'ardoises	☐	☐	IC22

	partiel	total	
■ effondrement	☐	☐	IC23

Notez les autres observations, utilisez si nécessaire une page complémentaire

(glissements de terrain, chute de rocher, crevasse dans le sol, débit des sources, niveau des sources, niveaux des puits, phénomènes lumineux, autres secousses ressenties (date et heure) ...)

Vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression des données qui vous concernent (art 34 de la loi "Informatique et Libertés" du 6 janvier 1978). Pour l'exercer, adressez vous au BCSF à l'adresse en première page.

Formulaire internet

www.franceseisme.fr

Le site Internet du BCSF informe de tout séisme supérieur à la magnitude 3,5 survenant sur la métropole ou les DOM TOM. Il permet à toute personne ayant vécu un tremblement de terre de témoigner sur les effets afin de compléter les données macrosismiques nécessaires à l'établissement des intensités. Le site donne accès aux réseaux de surveillance sismologique du territoire, il met en ligne l'ensemble des données produites par le BCSF (Note préliminaire, présente publication, intensités, localisation instrumentale des séismes...). Il est un lien direct et quotidien avec les différents utilisateurs qu'ils soient professionnels ou particuliers pour qu'ils accèdent à l'information recherchée. Le site a compté environ 70 000 visiteurs entre 2002 et 2005. Il enregistre en 2007 près de 800 connections / jour soit près de 300 000 connections à l'année.

25404 témoignages ont été collectés de 2003 à 2005.

Le Bureau Central Sismologique Français
www.franceseisme.fr

Lexique | EO ST | Autres sites | English

LE BCSF COORDONNE, DIFFUSE, ARCHIVE LES OBSERVATIONS SISMOLOGIQUES

BCSF

Rechercher sur le site du BCSF :
Google

Accueil
Dernières alertes

Sismicité de la France
Données
Documentations

Découvrir le BCSF
Espace news
Partenaires

Mes questions ...

Bureau Central Sismologique Français Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
6, rue René Descartes - 67084 Strasbourg Cedex
Tél : 03 90 24 00 85
Fax : 03 90 24 01 25
Mail : bcsf@eos.u-strasbg.fr

Alertes sismiques de ces 12 derniers mois :
► Carte des DOM-TOM

Séismes récents dans la région Euro Méditerranéenne (durant les 2 dernières semaines).
Source : EMSC

Dernière alerte sismique en France :

► Séisme E de Nouvelle Calédonie -325km (6.3Mb - 12h35 heure locale) le 28/09/2007

► Aucune enquête en cours
► Témoigner sur un autre séisme

• Description
• Carte de localisation

BCSF

Formulaire individuel Internet utilisé jusqu'à juin 2004

Sur la commune de SALETTE-HELENE **Id. GeoFla:** 32335 **Idesi:** 193

adresse: 14 ROUTE DE FREMIFONTAINE **TbContact RefGeneralic:** 7

Code postal: 88700 **Lieudit:** **Code Dpt:** 88 **Ref contac:** 43869

Nom, T énoir: **Questionnaire rempli le:** 24/02/2003 **lat:** 2374800 **long:** 920400

Prénom, T énoir: **Envoi T énoir:**

SEISME DU 22/02/2003 **IP16:** **Heure** 21:45 **IP17:**

type domestique **situation** à l'intérieur d'un bâtiment **réaction** à l'extérieur d'un bâtiment **IA3:** **IA4:** **IA5:**

Type du bâtiment **IC1:** **IC2:**

date de construction avant 1945 **APRES 1997**

vibration, sensation de balancement du bâtiment **IC3:** **IC4:**

dommages aux parties non porteuses du bâtiment **IC5:** **IC6:** **IC7:** **IC8:** **IC9:**

dommages à la structure du bâtiment **IC10:** **IC11:** **IC12:** **IC13:** **IC14:** **IC15:** **IC16:** **IC17:** **IC18:** **IC19:** **IC20:** **IC21:** **IC22:** **IC23:**

dommages aux toitures et cheminées **IC24:** **IC25:** **IC26:** **IC27:** **IC28:** **IC29:** **IC30:** **IC31:** **IC32:** **IC33:** **IC34:** **IC35:** **IC36:** **IC37:** **IC38:** **IC39:** **IC40:** **IC41:** **IC42:** **IC43:** **IC44:** **IC45:** **IC46:** **IC47:** **IC48:** **IC49:** **IC50:** **IC51:** **IC52:** **IC53:** **IC54:** **IC55:** **IC56:** **IC57:** **IC58:** **IC59:** **IC60:** **IC61:** **IC62:** **IC63:** **IC64:** **IC65:** **IC66:** **IC67:** **IC68:** **IC69:** **IC70:** **IC71:** **IC72:** **IC73:** **IC74:** **IC75:** **IC76:** **IC77:** **IC78:** **IC79:** **IC80:** **IC81:** **IC82:** **IC83:** **IC84:** **IC85:** **IC86:** **IC87:** **IC88:** **IC89:** **IC90:** **IC91:** **IC92:** **IC93:** **IC94:** **IC95:** **IC96:** **IC97:** **IC98:** **IC99:** **IC100:** **IC101:** **IC102:** **IC103:** **IC104:** **IC105:** **IC106:** **IC107:** **IC108:** **IC109:** **IC110:** **IC111:** **IC112:** **IC113:** **IC114:** **IC115:** **IC116:** **IC117:** **IC118:** **IC119:** **IC120:** **IC121:** **IC122:** **IC123:** **IC124:** **IC125:** **IC126:** **IC127:** **IC128:** **IC129:** **IC130:** **IC131:** **IC132:** **IC133:** **IC134:** **IC135:** **IC136:** **IC137:** **IC138:** **IC139:** **IC140:** **IC141:** **IC142:** **IC143:** **IC144:** **IC145:** **IC146:** **IC147:** **IC148:** **IC149:** **IC150:** **IC151:** **IC152:** **IC153:** **IC154:** **IC155:** **IC156:** **IC157:** **IC158:** **IC159:** **IC160:** **IC161:** **IC162:** **IC163:** **IC164:** **IC165:** **IC166:** **IC167:** **IC168:** **IC169:** **IC170:** **IC171:** **IC172:** **IC173:** **IC174:** **IC175:** **IC176:** **IC177:** **IC178:** **IC179:** **IC180:** **IC181:** **IC182:** **IC183:** **IC184:** **IC185:** **IC186:** **IC187:** **IC188:** **IC189:** **IC190:** **IC191:** **IC192:** **IC193:** **IC194:** **IC195:** **IC196:** **IC197:** **IC198:** **IC199:** **IC200:** **IC201:** **IC202:** **IC203:** **IC204:** **IC205:** **IC206:** **IC207:** **IC208:** **IC209:** **IC210:** **IC211:** **IC212:** **IC213:** **IC214:** **IC215:** **IC216:** **IC217:** **IC218:** **IC219:** **IC220:** **IC221:** **IC222:** **IC223:** **IC224:** **IC225:** **IC226:** **IC227:** **IC228:** **IC229:** **IC230:** **IC231:** **IC232:** **IC233:** **IC234:** **IC235:** **IC236:** **IC237:** **IC238:** **IC239:** **IC240:** **IC241:** **IC242:** **IC243:** **IC244:** **IC245:** **IC246:** **IC247:** **IC248:** **IC249:** **IC250:** **IC251:** **IC252:** **IC253:** **IC254:** **IC255:** **IC256:** **IC257:** **IC258:** **IC259:** **IC260:** **IC261:** **IC262:** **IC263:** **IC264:** **IC265:** **IC266:** **IC267:** **IC268:** **IC269:** **IC270:** **IC271:** **IC272:** **IC273:** **IC274:** **IC275:** **IC276:** **IC277:** **IC278:** **IC279:** **IC280:** **IC281:** **IC282:** **IC283:** **IC284:** **IC285:** **IC286:** **IC287:** **IC288:** **IC289:** **IC290:** **IC291:** **IC292:** **IC293:** **IC294:** **IC295:** **IC296:** **IC297:** **IC298:** **IC299:** **IC300:** **IC301:** **IC302:** **IC303:** **IC304:** **IC305:** **IC306:** **IC307:** **IC308:** **IC309:** **IC310:** **IC311:** **IC312:** **IC313:** **IC314:** **IC315:** **IC316:** **IC317:** **IC318:** **IC319:** **IC320:** **IC321:** **IC322:** **IC323:** **IC324:** **IC325:** **IC326:** **IC327:** **IC328:** **IC329:** **IC330:** **IC331:** **IC332:** **IC333:** **IC334:** **IC335:** **IC336:** **IC337:** **IC338:** **IC339:** **IC340:** **IC341:** **IC342:** **IC343:** **IC344:** **IC345:** **IC346:** **IC347:** **IC348:** **IC349:** **IC350:** **IC351:** **IC352:** **IC353:** **IC354:** **IC355:** **IC356:** **IC357:** **IC358:** **IC359:** **IC360:** **IC361:** **IC362:** **IC363:** **IC364:** **IC365:** **IC366:** **IC367:** **IC368:** **IC369:** **IC370:** **IC371:** **IC372:** **IC373:** **IC374:** **IC375:** **IC376:** **IC377:** **IC378:** **IC379:** **IC380:** **IC381:** **IC382:** **IC383:** **IC384:** **IC385:** **IC386:** **IC387:** **IC388:** **IC389:** **IC390:** **IC391:** **IC392:** **IC393:** **IC394:** **IC395:** **IC396:** **IC397:** **IC398:** **IC399:** **IC400:** **IC401:** **IC402:** **IC403:** **IC404:** **IC405:** **IC406:** **IC407:** **IC408:** **IC409:** **IC410:** **IC411:** **IC412:** **IC413:** **IC414:** **IC415:** **IC416:** **IC417:** **IC418:** **IC419:** **IC420:** **IC421:** **IC422:** **IC423:** **IC424:** **IC425:** **IC426:** **IC427:** **IC428:** **IC429:** **IC430:** **IC431:** **IC432:** **IC433:** **IC434:** **IC435:** **IC436:** **IC437:** **IC438:** **IC439:** **IC440:** **IC441:** **IC442:** **IC443:** **IC444:** **IC445:** **IC446:** **IC447:** **IC448:** **IC449:** **IC450:** **IC451:** **IC452:** **IC453:** **IC454:** **IC455:** **IC456:** **IC457:** **IC458:** **IC459:** **IC460:** **IC461:** **IC462:** **IC463:** **IC464:** **IC465:** **IC466:** **IC467:** **IC468:** **IC469:** **IC470:** **IC471:** **IC472:** **IC473:** **IC474:** **IC475:** **IC476:** **IC477:** **IC478:** **IC479:** **IC480:** **IC481:** **IC482:** **IC483:** **IC484:** **IC485:** **IC486:** **IC487:** **IC488:** **IC489:** **IC490:** **IC491:** **IC492:** **IC493:** **IC494:** **IC495:** **IC496:** **IC497:** **IC498:** **IC499:** **IC500:** **IC501:** **IC502:** **IC503:** **IC504:** **IC505:** **IC506:** **IC507:** **IC508:** **IC509:** **IC510:** **IC511:** **IC512:** **IC513:** **IC514:** **IC515:** **IC516:** **IC517:** **IC518:** **IC519:** **IC520:** **IC521:** **IC522:** **IC523:** **IC524:** **IC525:** **IC526:** **IC527:** **IC528:** **IC529:** **IC530:** **IC531:** **IC532:** **IC533:** **IC534:** **IC535:** **IC536:** **IC537:** **IC538:** **IC539:** **IC540:** **IC541:** **IC542:** **IC543:** **IC544:** **IC545:** **IC546:** **IC547:** **IC548:** **IC549:** **IC550:** **IC551:** **IC552:** **IC553:** **IC554:** **IC555:** **IC556:** **IC557:** **IC558:** **IC559:** **IC560:** **IC561:** **IC562:** **IC563:** **IC564:** **IC565:** **IC566:** **IC567:** **IC568:** **IC569:** **IC570:** **IC571:** **IC572:** **IC573:** **IC574:** **IC575:** **IC576:** **IC577:** **IC578:** **IC579:** **IC580:** **IC581:** **IC582:** **IC583:** **IC584:** **IC585:** **IC586:** **IC587:** **IC588:** **IC589:** **IC590:** **IC591:** **IC592:** **IC593:** **IC594:** **IC595:** **IC596:** **IC597:** **IC598:** **IC599:** **IC600:** **IC601:** **IC602:** **IC603:** **IC604:** **IC605:** **IC606:** **IC607:** **IC608:** **IC609:** **IC610:** **IC611:** **IC612:** **IC613:** **IC614:** **IC615:** **IC616:** **IC617:** **IC618:** **IC619:** **IC620:** **IC621:** **IC622:** **IC623:** **IC624:** **IC625:** **IC626:** **IC627:** **IC628:** **IC629:** **IC630:** **IC631:** **IC632:** **IC633:** **IC634:** **IC635:** **IC636:** **IC637:** **IC638:** **IC639:** **IC640:** **IC641:** **IC642:** **IC643:** **IC644:** **IC645:** **IC646:** **IC647:** **IC648:** **IC649:** **IC650:** **IC651:** **IC652:** **IC653:** **IC654:** **IC655:** **IC656:** **IC657:** **IC658:** **IC659:** **IC660:** **IC661:** **IC662:** **IC663:** **IC664:** **IC665:** **IC666:** **IC667:** **IC668:** **IC669:** **IC670:** **IC671:** **IC672:** **IC673:** **IC674:** **IC675:** **IC676:** **IC677:** **IC678:** **IC679:** **IC680:** **IC681:** **IC682:** **IC683:** **IC684:** **IC685:** **IC686:** **IC687:** **IC688:** **IC689:** **IC690:** **IC691:** **IC692:** **IC693:** **IC694:** **IC695:** **IC696:** **IC697:** **IC698:** **IC699:** **IC700:** **IC701:** **IC702:** **IC703:** **IC704:** **IC705:** **IC706:** **IC707:** **IC708:** **IC709:** **IC710:** **IC711:** **IC712:** **IC713:** **IC714:** **IC715:** **IC716:** **IC717:** **IC718:** **IC719:** **IC720:** **IC721:** **IC722:** **IC723:** **IC724:** **IC725:** **IC726:** **IC727:** **IC728:** **IC729:** **IC730:** **IC731:** **IC732:** **IC733:** **IC734:** **IC735:** **IC736:** **IC737:** **IC738:** **IC739:** **IC740:** **IC741:** **IC742:** **IC743:** **IC744:** **IC745:** **IC746:** **IC747:** **IC748:** **IC749:** **IC750:** **IC751:** **IC752:** **IC753:** **IC754:** **IC755:** **IC756:** **IC757:** **IC758:** **IC759:** **IC760:** **IC761:** **IC762:** **IC763:** **IC764:** **IC765:** **IC766:** **IC767:** **IC768:** **IC769:** **IC770:** **IC771:** **IC772:** **IC773:** **IC774:** **IC775:** **IC776:** **IC777:** **IC778:** **IC779:** **IC780:** **IC781:** **IC782:** **IC783:** **IC784:** **IC785:** **IC786:** **IC787:** **IC788:** **IC789:** **IC790:** **IC791:** **IC792:** **IC793:** **IC794:** **IC795:** **IC796:** **IC797:** **IC798:** **IC799:** **IC800:** **IC801:** **IC802:** **IC803:** **IC804:** **IC805:** **IC806:** **IC807:** **IC808:** **IC809:** **IC810:** **IC811:** **IC812:** **IC813:** **IC814:** **IC815:** **IC816:** **IC817:** **IC818:** **IC819:** **IC820:** **IC821:** **IC822:** **IC823:** **IC824:** **IC825:** **IC826:** **IC827:** **IC828:** **IC829:** **IC830:** **IC831:** **IC832:** **IC833:** **IC834:** **IC835:** **IC836:** **IC837:** **IC838:** **IC839:** **IC840:** **IC841:** **IC842:** **IC843:** **IC844:** **IC845:** **IC846:** **IC847:** **IC848:** **IC849:** **IC850:** **IC851:** **IC852:** **IC853:** **IC854:** **IC855:** **IC856:** **IC857:** **IC858:** **IC859:** **IC860:** **IC861:** **IC862:** **IC863:** **IC864:** **IC865:** **IC866:** **IC867:** **IC868:** **IC869:** **IC870:** **IC871:** **IC872:** **IC873:** **IC874:** **IC875:** **IC876:** **IC877:** **IC878:** **IC879:** **IC880:** **IC881:** **IC882:** **IC883:** **IC884:** **IC885:** **IC886:** **IC887:** **IC888:** **IC889:** **IC890:** **IC891:** **IC892:** **IC893:** **IC894:** **IC895:** **IC896:** **IC897:** **IC898:** **IC899:** **IC900:** **IC901:** **IC902:** **IC903:** **IC904:** **IC905:** **IC906:** **IC907:** **IC908:** **IC909:** **IC910:** **IC911:** **IC912:** **IC913:** **IC914:** **IC915:** **IC916:** **IC917:** **IC918:** **IC919:** **IC920:** **IC921:** **IC922:** **IC923:** **IC924:** **IC925:** **IC926:** **IC927:** **IC928:** **IC929:** **IC930:** **IC931:** **IC932:** **IC933:** **IC934:** **IC935:** **IC936:** **IC937:** **IC938:** **IC939:** **IC940:** **IC941:** **IC942:** **IC943:** **IC944:** **IC945:** **IC946:** **IC947:** **IC948:** **IC949:** **IC950:** **IC951:** **IC952:** **IC953:** **IC954:** **IC955:** **IC956:** **IC957:** **IC958:** **IC959:** **IC960:** **IC961:** **IC962:** **IC963:** **IC964:** **IC965:** **IC966:** **IC967:** **IC968:** **IC969:** **IC970:** **IC971:** **IC972:** **IC973:** **IC974:** **IC975:** **IC976:** **IC977:** **IC978:** **IC979:** **IC980:** **IC981:** **IC982:** **IC983:** **IC984:** **IC985:** **IC986:** **IC987:** **IC988:** **IC989:** **IC990:** **IC991:** **IC992:** **IC993:** **IC994:** **IC995:** **IC996:** **IC997:** **IC998:** **IC999:** **IC1000:** **IC1001:** **IC1002:** **IC1003:** **IC1004:** **IC1005:** **IC1006:** **IC1007:** **IC1008:** **IC1009:** **IC1010:** **IC1011:** **IC1012:** **IC1013:** **IC1014:** **IC1015:** **IC1016:** **IC1017:** **IC1018:** **IC1019:** **IC1020:** **IC1021:** **IC1022:** **IC1023:** **IC1024:** **IC1025:** **IC1026:** **IC1027:** **IC1028:** **IC1029:** **IC1030:** **IC1031:** **IC1032:** **IC1033:** **IC1034:** **IC1035:** **IC1036:** **IC1037:** **IC1038:** **IC1039:** **IC1040:** **IC1041:** **IC1042:** **IC1043:** **IC1044:** **IC1045:** **IC1046:** **IC1047:** **IC1048:** **IC1049:** **IC1050:** **IC1051:** **IC1052:** **IC1053:** **IC1054:** **IC1055:** **IC1056:** **IC1057:** **IC1058:** **IC1059:** **IC1060:** **IC1061:** **IC1062:** **IC1063:** **IC1064:** **IC1065:** **IC1066:** **IC1067:** **IC1068:** **IC1069:** **IC1070:** **IC1071:** **IC1072:** **IC1073:** **IC1074:** **IC1075:** **IC1076:** **IC1077:** **IC1078:** **IC1079:** **IC1080:** **IC1081:** **IC1082:** **IC1083:** **IC1084:** **IC1085:** **IC1086:** **IC1087:** **IC1088:** **IC1089:** **IC1090:** **IC1091:** **IC1092:** **IC1093:** **IC1094:** **IC1095:** **IC1096:** **IC1097:** **IC1098:** **IC1099:** **IC1100:** **IC1101:** **IC1102:** **IC1103:** **IC1104:** **IC1105:** **IC1106:** **IC1107:** **IC1108:** **IC1109:** **IC1110:** **IC1111:** **IC1112:** **IC1113:** **IC1114:** **IC1115:** **IC1116:** **IC1117:** **IC1118:** **IC1119:** **IC1120:** **IC1121:** **IC1122:** **IC1123:** **IC1124:** **IC1125:** **IC1126:** **IC1127:** **IC1128:** **IC1129:** **IC1130:** **IC1131:** **IC1132:** **IC1133:** **IC1134:** **IC1135:** **IC1136:** **IC1137:** **IC1138:** **IC1139:** **IC1140:** **IC1141:** **IC1142:** **IC1143:** **IC1144:** **IC1145:** **IC1146:** **IC1147:** **IC1148:** **IC1149:** **IC1150:** **IC1151:** **IC1152:** **IC1153:** **IC1154:** **IC1155:** **IC1156:** **IC1157:** **IC1158:** **IC1159:** **IC1160:** **IC1161:** **IC1162:** **IC1163:** **IC1164:** **IC1165:** **IC1166:** **IC1167:** **IC1168:** **IC1169:** **IC1170:** **IC1171:** **IC1172:** **IC1173:** **IC1174:</**

Formulaire individuel Internet utilisé depuis juin 2004 (suite)

F. FormulaireIndivXi

Sur la commune de CHAMONIX-MONT-BLANC CP 74400

adresse : _____ Lieudit _____

coord. géo en Lambert II étendue LONG 952120.2797 LAT 2112655.5304 Qualité géo. NOA

Norm. témoins : _____ Prénom témoin : _____

Email. Témoin : _____

Date réponse 08/09/2005

Réf contact 70176421

Idset 316 formulaire 9

EMS98 par image 4

Id_GéoFla 27625 Dpt. 74

SEISME DU 02P Heure 03P

Avez-vous personnellement ressenti le séisme ? **OUI** 01P

à l'intérieur / à l'extérieur **I** 04P

à l'étage **1, 2** 05P

activité **AD** 06P

dans une maison / immeuble **M** 07P

nombre d'étage **2** 08P

type du bâtiment **B** 02C (A) matériaux tout venant, (B) maçonnerie pierre de taille, (C) béton armé, (D) structure en bois, (E) acier, (F) construction parasismique

date de construction **AVANT 1945** 01C

J'ai ressenti la secousse comme un balancement : **SR** 09P

J'ai ressenti la secousse comme une vibration : **FORT** 10P

la secousse m'a réveillée **SR** 11P la secousse m'a : **INQUIETE** 14P

Je suis sorti(e) du bâtiment en courant **OUI** 12P

J'ai perdu l'équilibre **NON** 13P

oscillation des objets suspendus (lustres, cadres)

vibration des petits objets (porcelaine, verres, assiettes, bibelots, ...)

tremblement du mobilier léger (chaise, table de chevet, etc.)

vibration des portes, fenêtres, vitres, vitrines

craquements des poutres, planchers et meublé

oscillation des liquides dans les récipients

débordement des liquides des récipients pleins

ouverture et fermeture de portes ou fenêtres

bris d'objets (tableaux, verrerie, porcelaine, etc.), vitres

déplacements, chutes de :

petits objets instables ou mal fixés

mobilier léger (lit, chaise, table de chevet, etc.)

mobilier lourd (armoire, buffet, etc.)

le grondement ressemblait à :

grondement souterrain ou aérien

un coup de tonnerre

une explosion

autre (précisez dans la case observ) Un grondement puissant (explosion ? tonnerre ?) qui est allé en amplifiant pendant une dizaine de secondes

FRÉQUENCE DES DÉGÂTS RELEVÉS

fissures fines ou superficielles (quelques mm) 1° **NON** 03C:

fissures larges et profondes (quelques cm) 3° **NON** 04C:

chute de petits morceaux de plâtre ou d'éléments hauts mal scellés 1° **NON** 05C:

chute de gros morceaux de plâtre ou de revêtement 2° **NON** 06C:

éroulement de morceaux de cloisons, murs, pignons 3° **NON** 07C:

fissures aux joints de poutres, poteaux, angles de murs 3° **NON** 08C:

chute de mortier aux joints de murs ou dalles armées 2° **NON** 09C:

effondrement partiel de planchers 4° **NON** 10C:

effondrement de poteaux ou d'un étage 4° **NON** 11C:

TOITURES

chute de tuiles, d'ardoises 3° **NON** 12C:

effondrement partiel 4° **NON** 13C:

effondrement total 4° **NON** 14C:

CHEMINÉES

chute de couronne ou de partie de cheminée 2° **NON** 15C:

chute de cheminée (cassée au ras du toit) 3° **NON** 16C:

OBSERVATION 15P

1 heure après l'événement, dans mon entourage (géographique ou relationnel) aucun dégât n'est constaté. Mais pourtant, le ressenti est le même chez tout le monde : un grondement puissant, qui s'amplifie, puis une énorme secousse. Les gens à l'intérieur ou à l'extérieur (en rdc comme en étages) ont tous été chahutés par ces 10 à 15 secondes. Dans les 10 minutes suivantes, 2 autres secousses d'intensité moindre ont été ressenties par certains (surtout en étages), puis une 3ème réplique environ 45mn après la 1ère. Durant celle-ci, dans ma maison (village de 2 siècles), un énorme craquement s'est fait entendre au niveau de la charpente et les convecteurs électriques ont vibré. Dans le même temps, des personnes discutant à l'extérieur n'ont rien ressenti.

SR 01E **OUI** 02E **OUI** 03E **OUI** 04E

Enr : 291 291 sur 799 (Filtré)

Annexe III.

Quelle magnitude ?

M_L – Le concept de magnitude de séisme a été initialement introduit par Charles Richter (1935) pour classer les séismes californiens suivant leur ordre d'importance. La magnitude originale de Richter est définie comme le logarithme décimal de l'amplitude maximale (en μm) observée sur un sismographe horizontal de type Wood-Anderson situé à 100 km de l'épicentre (amplification 2800, période propre $T_0=0.8s$). Un séisme de magnitude 5 correspond ainsi à une amplitude maximale de 100 μm , soit 10 cm sur un enregistrement fait à cette distance. Lorsque l'épicentre n'est pas à 100 km une table empirique établie pour la Californie entre 25 km et 600 km de l'épicentre permet de corriger l'amplitude observée en la ramenant à la valeur qu'elle aurait à 100 km. Aujourd'hui, cette magnitude originale de Richter est appelée « magnitude locale » et est notée M_L .

M_S - La magnitude locale de Richter a rapidement montré ses limites, avec notamment l'impossibilité de déterminer les magnitudes des gros séismes lointains. Dès 1936, Gutenberg et Richter (1936) ont proposé d'étendre la définition de la magnitude aux enregistrements d'ondes de surface faits à grande distance de l'épicentre. Cette magnitude, aujourd'hui notée M_S , fut calée sur la magnitude M_L des gros séismes de l'Ouest américain qui se sont produits entre 1932 et 1934, tout en tenant compte de la nature basse fréquence des ondes de surface et des lois d'atténuation établies à l'échelle du globe. Le plus gros séisme utilisé pour ce calage est celui du 20 décembre 1932 du Nevada ($M_L=7.5$).

M_{SZ} - La magnitude M_S standard est calculée à une fréquence de 0.05 Hz (période de 20s). M_S a longtemps été la référence pour caractériser les gros séismes superficiels. C'est encore la magnitude qui est diffusée systématiquement par les différentes agences sismologiques lors des gros séismes mondiaux. Le site central du RéNaSS utilise une forme améliorée de M_S , la magnitude M_{SZ} calculée avec la formule dite de Prague (cf. Karnik et al., 1962) qui a été recommandée par un comité réuni à Zurich en 1967 dans le cadre de l'Association Internationale de Sismologie et de Physique de l'Intérieur de la Terre.

m_B , M_B , m_b - La magnitude M_S ne peut pas caractériser les séismes profonds car ceux-ci n'excitent pas les ondes de surface de 20s. Pour remédier au problème, Gutenberg a introduit une nouvelle magnitude m_B basée sur l'amplitude des ondes de volume qui sont bien excitées par les séismes profonds. Le calage de m_B avec M_S s'est d'abord fait sur des séismes superficiels lointains (Gutenberg, 1945a), puis a été étendu aux séismes profonds (Gutenberg, 1945b). Les données utilisées par Gutenberg pour définir m_B provenaient de données de moyennes périodes, entre 6s et 12s d'après Geller et Kanamori (1977). Au début des années 60, l'USGS a appliqué les formules définissant m_B aux enregistrements provenant des sismomètres courte-période ($T_0 \sim 1s$) du réseau WWSSN installé par les Etats-Unis dans le cadre du premier traité de non-prolifération des armements nucléaires qui interdisait les explosions dans l'atmosphère. Cette version courte-période de la magnitude d'onde de volume téléseismique fut notée m_b pour la distinguer des définitions antérieures m_B ou M_B basée sur des signaux de plus basse fréquence (Gutenberg et Richter, 1956 ; Utsu, 2002). Les écarts entre M_S et m_b peuvent être importants pour les séismes de magnitude supérieure à 6. Par ailleurs des différences systématiques entre M_S et m_b sont apparues entre les séismes tectoniques et les explosions nucléaires souterraines. Cette propriété est à la base d'une méthode de discrimination entre explosion nucléaire et séisme tectonique.

M_W - Pour les gros séismes, on sait qu'un instrument courte-période ne peut pas enregistrer correctement les basses fréquences qui sont indispensables pour avoir une vision plus complète de la source sismique. On dit que la magnitude m_b « sature » pour les gros séismes. La magnitude M_S basée sur des ondes sismiques de 20s de période sature également mais pour de plus gros séismes, ceux de magnitude de l'ordre de 8. Ceci a conduit Kanamori (1977) à proposer une nouvelle magnitude en la basant sur un modèle physique de source sismique à très basse fréquence plutôt que d'utiliser l'am-

plitude maximale d'une onde sismique. La grandeur scalaire qui décrit le mieux la taille d'un séisme correspondant au glissement brusque d'une faille tectonique est le moment sismique $M_0 = \mu Sd$, μ étant la rigidité élastique du milieu encaissant, S la surface rompue de la faille et d le rejet mesuré entre les deux lèvres de la faille (Aki, 1966). De façon à conserver la notion de magnitude et de rester cohérent avec la définition de M_S qui est utilisée dans tous les catalogues mondiaux, Kanamori et Anderson (1977) ont défini la magnitude de moment M_W à partir des formules de Gutenberg reliant l'énergie sismique à la magnitude. Le lien avec le moment sismique M_0 est donné par la formule $M_W = 2/3 \log(M_0) - 6.0$, M_0 étant exprimé en Nm. La magnitude de moment basée sur le modèle physique de source sismique représenté par un double couple ponctuel de forces supplante progressivement les autres magnitudes dans les catalogues sismiques.

Les magnitudes de la publication BCSF.

Les valeurs M_W que nous rapportons dans la présente publication proviennent de plusieurs sources. Une mention particulière est faite aux déterminations effectuées au Laboratoire Géosciences Azur de Nice par Bertrand Delouis en utilisant les enregistrements du réseau accélérométrique permanent (RAP). Les valeurs M_W provenant des enregistrements RAP sont très proches de celles déterminées pour les mêmes événements par le centre sismologique suisse (SED) de l'ETH à Zurich à partir d'enregistrements d'ondes de surface des stations large-bande européennes. L'extension des déterminations de M_W aux séismes plus petits nécessitera le développement du réseau de stations sismologiques à large bande passante et à bas bruit sur l'ensemble du territoire métropolitain (projet RESIF-INSU).

Pour l'heure, les seules magnitudes rapportées systématiquement dans les fiches de la présente publication restent les magnitudes locales M_L déterminées par les différents centres de données (RéNaSS, LDG-DASE, centres régionaux). Pour la cartographie de la sismicité, nous avons fixé la taille des symboles affectés aux épicentres en utilisant les magnitudes M_L du RéNaSS.

La magnitude locale du RéNaSS est calculée suivant la formule $M_L = \log_{10}(A_{\max}) \times 0.822 \Delta^{0.281}$ où $A_{\max}$ est l'amplitude maximale enregistrée en millimètres et Δ la distance épicentrale en kilomètres (Granet et Dufumier, 1999). Cette formule est adaptée de la formule originale de Richter en l'appliquant aux amplitudes mesurées sur les composantes verticales courte-période des réseaux de surveillance sismique après correction instrumentale. La correction a pour effet de ramener les amplitudes observées sur les stations du RéNaSS à celles que verrait un sismomètre ayant les caractéristiques du sismomètre Wood-Anderson. La loi de variation des amplitudes en fonction de la distance épicentrale est adaptée au territoire métropolitain. Elle a été obtenue en effectuant une régression linéaire sur les amplitudes observées pour un ensemble de séismes situés en France dont les épicentres sont à moins de 800 km des stations du RéNaSS sélectionnées pour cette étude. La décroissance de l'amplitude maximale avec la distance épicentrale est moins prononcée qu'en Californie entre 0 et 200 km et est comparable au-delà.

Les magnitudes locales du LDG sont calculées pour les séismes régionaux situés à plus de 100 km de distance épicentrale. Ceci permet d'éviter les fortes variations d'atténuation constatées d'une région à l'autre aux distances inférieures à 100 km. La formule utilisée dans le calcul est $M_L = \log_{10}(A/G) + Q_0(\Delta) + CS$, où A est l'amplitude crête-crête du maximum des ondes S (S_g , S_n ou L_g) mesurée en sortie d'un sismomètre courte période filtré entre 0.3 et 7 Hz, G est l'amplification de l'instrument à 1 Hz, $Q_0(\Delta)$ est la loi d'atténuation des ondes S établie pour la France métropolitaine entre 100 et 1500 km, et CS est un facteur correctif de station (Plantet et Feignier, 1999). Cette magnitude a été calée sur les magnitudes m_b de l'ISC (International Seismological Center).

Références

- Aki, K., Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964. 2. Estimation of earthquake moment, released energy and stress-strain drop from G wave spectrum, *Bull. Earthquake Res. Inst.*, 44, 23-88, (1966).
- Granet, M. et H. Dufumier, French National Seismic Network (RéNaSS), France, in : CSEM-EMSC Newsletter, 15, p.4, (1999).
- Geller, R. J. et H. Kanamori, Magnitudes of great shallow earthquakes from 1904 to 1952, *Bull. seismol. Soc. Am.*, 67, 587-598, (1977).
- Gutenberg, B., Amplitude of P, PP and S and magnitude of shallow earthquakes, *Bull. seismol. Soc. Am.*, 35, 57-69, (1945a).
- Gutenberg, B., Magnitude determination for deep focus earthquakes, *Bull. seismol. Soc. Am.*, 35, 117-130, (1945b).
- Gutenberg, B. et C. Richter, On seismic waves (Third paper), *Gerlands Beitr. Z. Geophys.*, 47, 73-131, (1936).
- Gutenberg, B. et C. Richter, Magnitude and energy of earthquakes, *Ann. Geof.*, 9, 1-15, (1956).
- Kanamori, H., The energy release in great earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 82, 2981-2987, (1977)
- Karnik, V., N.V. Kondorskaya, Ju.V. Riznitchenko, E.F. Savarensky, S.L. Soloviev, N.V. Shebalin, J. Vanek, et A. Zatopek, Standardization of the earthquake magnitude scale, *Studia geoph. Et geod.*, 6, 41-47, (1962).
- Plantet, J.L. et B. Feignier, Laboratoire de Détection et de Géophysique (LDG), France, in : CSEM-EMSC Newsletter, novembre 1999, 15, p.4, (1999).
- Richter, C., An instrumental earthquake magnitude scale, , *Bull. seismol. Soc. Am.*, 25, 1-32, (1935).
- Utsu, T., Relationships between magnitude scales, In : *International Handbook of earthquake and engineering seismology*, W.H.K. Lee, H. Kanamori, P. Jennings & K. Kisslinger eds., Acad. Press, 81A, 733-746, (2002).

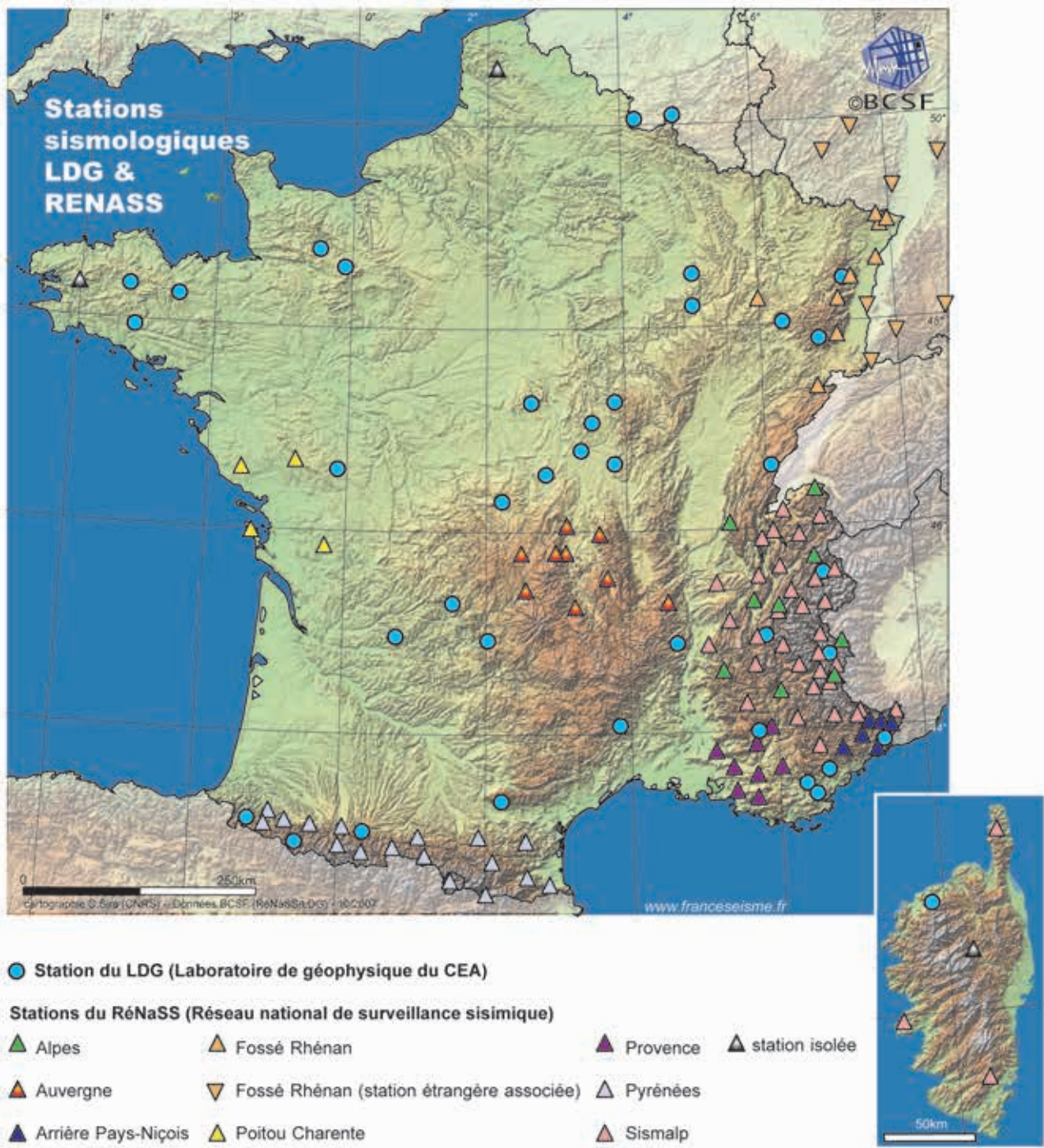
Annexe IV

Coordonnées des stations de surveillance sismique en France métropolitaine

(23/10/2007)

Stations sismologiques du Laboratoire de détection géophysique du CEA

Code	NOM	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
AVF	AVRIL SUR LOIRE	46,7906	3,3526	225
BAIF	BAIVES	50,0592	4,2078	215
BGF	BOIS D'AGLAND	46,5578	2,8464	390
CABF	LA CHAPELLE AUX BOIS	46,6111	6,0875	1070
CAF	CALVIAC	44,9258	2,0644	630
CDF	CHAMP DU FEU	48,4122	7,2761	1068
EPF	ESPARROS	43,0303	0,3400	750
ETSF	ETSAU	42,8986	-0,5592	910
FLN	LA FOLINIÈRE	48,7625	-0,4819	240
FRF	LA FORÊT ROYALE	43,5607	6,6468	310
GIVF	GIVET	50,1022	4,8233	295
GRR	GORRON	48,3883	-0,8583	220
HAU	HAUDOMPRES	48,0056	6,3481	577
HINF	HINTERALFELD	47,8167	6,8531	720
HYF	HUMBLIGNY	47,2685	2,6394	428
LASF	ST CROIX DE CADERLE-mas Hubert	44,0761	3,8570	520
LDF	LA DRUITIÈRE	48,5936	-0,1222	290
LFF	LA FRESTAL	44,9395	0,7402	200
LMR	LA MOURRE	43,3339	6,5092	200
LOR	LORMES	47,2683	3,8589	520
LPG	LA PLAGNE 1	45,4977	6,7514	2570
LPL	LA PLAGNE 2	45,5164	6,7324	2070
LRG	LOGUES	43,4547	6,3603	110
MEZF	MAIZIÈRE LES JOINVILLE	48,3006	5,0306	240
MBDF	MONTBARDON	44,7269	6,7714	1520
MFF	ST MARTIN DU FOUILLOUX	46,6022	-0,1458	270
MTLF	MONTOLIEU	43,3411	2,2175	365
ORIF	ORIS EN RATTIER (galerie mine)	44,9183	5,8800	1080
PGF	PIOGGIOLA	42,5483	8,9994	1130
QUIF	QUISTINIC	47,9167	-3,1656	125
RJF	LES REJAUDOUX	45,3044	1,5164	410
ROSF	ROSTRENEN	48,3364	-3,2736	260
SBF	SOSPEL	43,8631	7,4352	847
SFTF	SEXTONTAINE	48,1218	5,0217	399
SGMF	SAINT GILLES DU MENE	48,2542	-2,5569	230
SJPF	SAINT JEAN PIED DE PORT	43,1133	-1,2250	450
SMF	SIGNAL DE MONT	46,6453	3,8411	459
SMRF	SIMIANE LA ROTONDE	43,5833	5,3431	654
SSF	SAINT-SAULGE	47,0615	3,5060	355
TCF	TOULX SAINTE CROIX	46,2881	2,2100	593
VIVF	LES CHABANNES	44,8561	4,6728	620



Stations sismologiques du Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS)

Provence

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
BERF	BERTAGNE	PROVENCE	43,3132	5,6908	1030
GELF	GRANDE-ETOILE	PROVENCE	43,3837	5,4275	550
PRAF	BASTIDE-DU-PRADON	PROVENCE	43,8042	5,1692	700
PUYF	PUYLOUBIER	PROVENCE	43,5324	5,7003	460
STOF	SAINT-ETIENNE-LES-ORGUES	PROVENCE	43,9980	5,9090	650
TAVF	TAVERNES	PROVENCE	43,6174	6,0578	689
TREF	TREVARESE	PROVENCE	43,6242	5,3838	460
VILF	VILLEMUS	PROVENCE	43,8526	5,7153	770

Stations isolées

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
BST	BREST	Station isolée	48,3032	-4,0612	280
CORF	CORTE	Station isolée	42,2980	9,1530	475
MENF	MENCAS	Station isolée	50,5582	2,1550	100

Auvergne

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
AGO	SAINT-AGOULIN	AUVERGNE	46,0524	3,1313	523
CFF	CLERMONT-FERRAND	AUVERGNE	45,7630	3,1112	400
COLF	COLLANGETTES	AUVERGNE	45,5179	3,6945	740
FRNF	FOURNOLS	AUVERGNE	45,3867	2,5627	670
LBL	LUBILHAC	AUVERGNE	45,2324	3,2470	950
PLDF	PLANTADE	AUVERGNE	45,9699	3,6212	940
PYM	PUY-DE-MANSON	AUVERGNE	45,7505	3,0078	970
SSB	ST-SAUVEUR-BADOLE	AUVERGNE	45,2792	4,5418	700
VERF	VERNEUGHEOL	AUVERGNE	45,7495	2,4838	776

Arrière pays niçois

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
AUTN	AUTION	ARRIERE PAYS N.	43,9957	7,4275	2065
CALN	CALERN	ARRIERE PAYS N.	43,7524	6,8893	1430
MVIF	MONT-VIAL	ARRIERE PAYS N.	43,8964	7,1525	1480
REVF	REVERE	ARRIERE PAYS N.	43,7400	7,3675	700
SAOF	SAORGE	ARRIERE PAYS N.	43,9864	7,5553	600
TOUF	MONT-TOURNERAIT	ARRIERE PAYS N.	44,0137	7,2483	1830

Fossé rhénan

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
ABH	ALTEBURG	F. RHENAN-LED	49,8817	7,5475	620
BBS	BASEL-BLAUEN	F. RHENAN-GEOLZLED	47,4646	7,5092	700
ECH	ECHERY	FOSSE RHENAN	48,2159	7,1583	580
FELD	FELBERG	F. RHENAN-LED	47,8760	8,0040	1330
HOFF	HOFFEN	FOSSE RHENAN	48,9417	7,9638	150
KTD	KALMIT	F. RHENAN-LED	49,3202	8,0837	670

LANF	LANGENBERG	FOSSE RHENAN	48,9807	7,8053	500
LIBD	LIMBURG	F. RHENAN-LED	48,1506	7,6023	200
LOMF	LOMONT-DE-CHAMESOL	FOSSE RHENAN	47,3509	6,8275	1000
MOF	MOLKENRAIN	FOSSE RHENAN	47,8517	7,1332	1085
RUP	RUPPELSTEIN	F. RHENAN-LED	49,7017	7,0603	750
SPAK	SPAICHINGEN	F. RHENAN-SEDZ	48,1017	8,7862	997
SRBF	SURBOURG	FOSSE RHENAN	48,9149	7,8522	200
STR	STRASBOURG-CP	FOSSE RHENAN	48,5846	7,7658	135
THEF	THEY-SOUS-MONFORT	FOSSE RHENAN	48,2269	5,9863	469
TOD	TROMM	F. RHENAN-LED	49,6057	8,8038	570
WLS	WELSCHBRUCH	FOSSE RHENAN	48,4134	7,3533	775

Alpes

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
AJAF	AJACCIO	SISMALP	41,9833	8,7302	210
BROM	BAINS-DE-BROMINES	SISMALP	45,9451	6,0668	535
CBB	COMBE-BREMOND	SISMALP	44,5966	6,8535	1980
CREF	CREVOUX	SISMALP	44,5495	6,6228	1680
GDM	GRAND'MAISON	SISMALP	45,2041	6,1163	1574
GRN	GRENOBLE	SISMALP	45,2426	5,7453	1040
JAUF	JAUSIERS	SISMALP	44,4292	6,7500	1585
LURI	LURI	SISMALP	42,8989	9,3958	180
OG01	VACHERESE	SISMALP	46,3307	6,6830	1040
OG05	JUJURIEUX	SISMALP	46,0406	5,4583	400
OG22	ABRIES	SISMALP	44,8227	6,9452	1810
OG25	LE CAIRE	SISMALP	44,3699	6,0735	1060
OG26	St-NAZAIRE-LE-DESERT	SISMALP	44,5784	5,3022	840
OSPF	L'OSPEDALE	SISMALP	41,6631	9,1915	965
OG02	MONNETIER-MORNEX	SISMALP	46,1542	6,2208	620
OG03	SAMOENS	SISMALP	46,0667	6,7305	1000
OG04	LA CLUSAZ	SISMALP	45,9137	6,4380	1330
OG06	MOYE	SISMALP	45,8811	5,8902	650
OG07	SAINTE-REINE	SISMALP	45,5927	6,1410	915
OG08	COMMELLE	SISMALP	45,4482	5,2397	550
OG09	SAINT-THIBAUD-DE-COUZ	SISMALP	45,5124	5,8363	630
OG10	SAINT-ETIENNE-DE-CUINES	SISMALP	45,3522	6,2758	1035
OG11	MONTAGNY	SISMALP	45,4527	6,6095	1120
OG12	VILLAROGIER	SISMALP	45,5376	6,9053	1550
OG13	CHORANCHE	SISMALP	45,0734	5,3995	560
OG14	ST.MAURICE-EN-VALG.	SISMALP	44,8152	6,1123	1090
OG15	BRIANÇON	SISMALP	44,9114	6,6487	1985
OG16	COMBOVIN	SISMALP	44,8501	5,0975	775
OG17	PRUNIERES	SISMALP	44,9067	5,7662	1140
OG18	ALBANNETTE	SISMALP	45,1932	6,4290	1455
OG19	SAINT-JULIEN-EN-BEAUCHENE	SISMALP	44,6304	5,7260	1035
OG20	REALLON	SISMALP	44,6134	6,3312	1570
OG21	SAINT-CREPIN	SISMALP	44,7156	6,6185	1395
OG23	TENDE	SISMALP	44,1162	7,6185	930
OG24	AUSOIS	SISMALP	45,2217	6,7357	1495
OG27	MEOLANS	SISMALP	44,3932	6,5085	1393
OG28	IZON-LA-BRUISSE	SISMALP	44,2582	5,5975	1040
OG29	DIGNE	SISMALP	44,0926	6,2650	685
OG30	VILENEUVE-D'ENTRAUNES	SISMALP	44,1095	6,7775	1350
OG31	MERCANTOUR	SISMALP	44,1315	7,1348	1035
OG32	CASTELLANE	SISMALP	43,8104	6,5593	1130
OG33	ROURE	SISMALP	44,0919	7,0872	1195
OSPF	L'OSPEDALE	SISMALP	41,6632	9,1915	965
RSL	ROSELEND	SISMALP	45,6884	6,6255	1583

SURF	SAINT-OURS	SISMALP	44,4809	6,8128	1820
VAU	VAUJANY	SISMALP	45,1602	6,0682	1455

Charentes

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
LCHF	LA CHATAIGNERAIE	CHARENTES	46,6694	-0,7417	166
LRYF	LA ROCHE-SUR-YON	CHARENTES	46,5787	-1,5472	67
MATF	MATHAT	CHARENTES	45,8310	-0,2880	30
OLEF	ILE D'OLERON	CHARENTES	45,9445	-1,3488	3

Pyrénées

Code	NOM	Réseau régional	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
ATE	ARETTE	PYRENEES	43,0859	-0,7003	480
CARF	CARCANIERES	PYRENEES	42,7161	2,1055	1220
FILF	FILLOLS	PYRENEES	42,5604	2,5603	850
LABF	LABASSERE	PYRENEES	43,0476	0,0737	750
LARF	LARRAU	PYRENEES	43,0380	-0,9875	670
LPEF	LE PEYRAT	PYRENEES	42,9485	1,9077	440
LRDF	LARROQUE-DE-FA	PYRENEES	42,9378	2,5386	400
MELF	MELLES	PYRENEES	42,8727	0,7592	940
MLS	MOULIS	PYRENEES	42,9579	1,0947	450
ORDF	ORDIAP	PYRENEES	43,2135	-0,9357	270
OSSF	OSSES	PYRENEES	43,2561	-1,2618	240
RESF	ENS	PYRENEES	42,8077	0,3385	1270
REYF	REY	PYRENEES	43,0697	-0,3925	1000
SALF	SALAU	PYRENEES	42,7600	1,1893	900
SJAF	St. JEAN L'ALBERE	PYRENEES	42,4845	2,8822	450
VALF	VALCEBOLLERE	PYRENEES	42,4019	2,0173	1580
VIEF	VIEY	PYRENEES	42,8837	0,0237	1000

Réseau local de Lacq (UMR 5212 - Université de Pau et des Pays de l'Adour - UPPA)

Le réseau sismologique de Lacq est un réseau permanent composé de 7 stations (octobre 2007) installées depuis novembre 2001, piloté par le laboratoire de modélisation et d'imagerie géophysique de Pau (MIGP, UMR 5212), Université de Pau et des Pays de l'Adour.

La finalité de ce réseau est d'étudier l'activité sismique locale et notamment celle induite par l'exploitation du champ de gaz de Lacq. Les données de ce réseau sont archivées au MIGP.

Stations sismologiques

Code	Latitude (degrés min.)	Longitude (degrés min.)	Altitude (mètres)
ARG	43°N27.16'	0°W39.54'	145
PAR	43°N20.38'	0°W33.30'	123
URD	43°N26.18'	0°W35.35'	117
LAB	43°N24.02'	0°W31.32'	240
OSM	43°N23.40'	0°W37.52'	099
UZA	43°N28.15'	0°W29.80'	117
HAG	43°N30.74'	0°W36.05'	97

Réseau local de la Durance - IRSN (Fontenay-aux-Roses)

En 1992, l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire a mis en place un réseau sismologique sur la faille de la Moyenne Durance, afin de conduire des recherches sur cette source présumée des séismes historiques de 1509, 1708, 1812, 1913. Le réseau est opérationnel depuis 1996 et comprend 12 stations vélocimétriques réparties de part et d'autre de la faille, spécialement conçus pour la détection et l'enregistrement des séismes de très faible magnitude. Depuis 2000, les données issues de ces mesures sont télé-transmises via le réseau téléphonique au laboratoire de l'IRSN/DEI/SARG/BERSSIN à Fontenay-aux-Roses, où elles sont analysées. Un bulletin annuel détaillé fournissant la liste des séismes locaux ainsi que leur localisation est édité depuis 1999 (contacter cathe-rine.berge@irsn.fr).

Afin d'enregistrer d'éventuels mouvements forts, lors de séismes plus importants, ce dispositif est complété par un deuxième réseau d'appareils accélérométriques de 19 instruments : 12 appareils doublent les stations vélocimétriques, et 7 autres sont implantés dans des localités situées le long de la faille principale.

(voir réseaux associé sur le site du RAP : <http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/>).

Stations sismologiques

Code	Nom	Type de site	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Altitude (mètres)
ART	Artigues	rocher	43,59 N	5,81 E	515
BLA	Les Blancs	alluvions	43,95 N	6,05 E	600
BLV	Volx	rocher	43,88 N	5,81 E	780
BST	La Bastide	rocher	43,80 N	5,64 E	500
ESC	Beaumont-de-Pertuis	rocher	43,73 N	5,67 E	405
GIN	Cadarache 2	rocher	43,68 N	5,79 E	330
GRX	Gréoux-les-Bains	rocher	43,75 N	5,89 E	355
JOU	Jouques	rocher	43,63 N	5,66 E	300
VGI	Meyrargues	rocher	43,63 N	5,54 E	499
MLY	Forcalquier	rocher	43,99 N	5,77 E	760
OBS	St Michel l'Observatoire	rocher	43,92 N	5,72 E	575
VAL	Valensole	alluvions	43,83 N	6,02 E	610

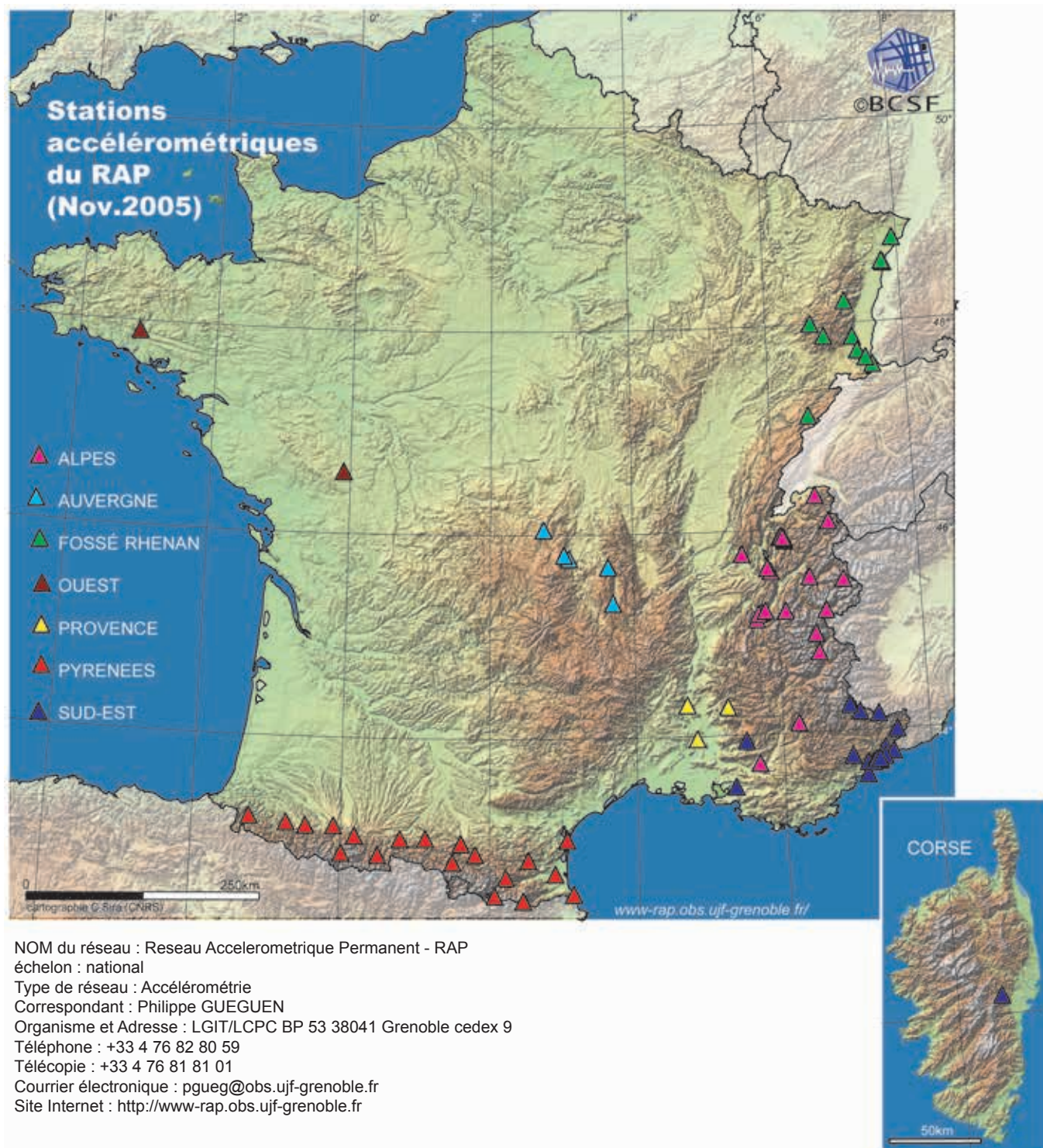
Réseau de Soultz-sous-Forêt - EOST

Le réseau sismologique de Soultz-sous-Forêts (9 stations) a été installé en mai 2003 par l'Ecole et observatoire des sciences de la Terre (Université Louis Pasteur de Strasbourg), afin d'étudier l'activité sismique induite par l'exploitation géothermique du site de Soultz-sous-Forêts.

Stations sismologiques

Code	Latitude (degrés min.)	Longitude (degrés min.)	Altitude (mètres)
FORZ	48.9388	7.8650	17
SCH3	48.8958	7.8667	8
SURZ	48.9157	7.8482	68
KEF3	48.9693	7.8745	76
LAN3	48.9817	7.8068	365
KUH3	48.9147	7.9300	44
LAM3	48.9643	7.8108	126
GUN3	48.9228	7.7870	89
OPSZ	48.9213	7.8828	75

Stations accélérométriques du réseau RAP



NOM du réseau : Réseau Accelerometrique Permanent - RAP
 échelon : national
 Type de réseau : Accélérométrie
 Correspondant : Philippe GUEGUEN
 Organisme et Adresse : LGIT/LCPC BP 53 38041 Grenoble cedex 9
 Téléphone : +33 4 76 82 80 59
 Télécopie : +33 4 76 81 81 01
 Courrier électronique : pgueg@obs.ujf-grenoble.fr
 Site Internet : <http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/>

Métropole

Code	Nom	LOCALISATION	implant.	Lat	Long	Alt	Pilotage
STBO	Bollwiller	FOSSE-RHENAN	sol	47,8600	7,2600	240	IPGS
STBR	Brunstatt	FOSSE-RHENAN	sol	47,7300	7,3200	250	IPGS
STST	Strasbourg - grand pilier IPGS	FOSSE-RHENAN	sol	48,5800	7,7700	135	IPGS
STFL	Fournets-Luisans	FOSSE-RHENAN	sol	47,1120	6,5620	910	IPGS
STHE	Héisingue	FOSSE-RHENAN	sol	47,5800	7,5400	275	IPGS
STSM	Raenthal (Echery)	FOSSE-RHENAN	Rocher	48,2200	7,1600	580	IPGS
STSF	Soufflenheim	FOSSE-RHENAN	sol	48,8100	7,9200	125	IPGS
STBU	Bussang	FOSSE-RHENAN	sol	47,8850	6,8510	610	IPGS
STMU	Strasbourg-Musee	FOSSE-RHENAN	sol	48,5840	7,7650	135	IPGS
STDM	Dommartin-lès-Remiremont	FOSSE-RHENAN	sol	48,0000	6,6440	400	IPGS
STUF	Uffheim	FOSSE-RHENAN	sol	47,6490	7,4440	275	IPGS
ANTI	Cap d'Antibes - Villa Thuret	SUD-EST	Rocher	43,5552	7,1191	54	GEOSCIENCES-AZUR
ARBF	Cerege Plateau du Pt. Arbois (13)	SUD-EST	Rocher	43,4865	5,3186	185	GEOSCIENCES-AZUR
CAGN	Chateau de Cagnes-sur-Mer (06)	SUD-EST	Sol	43,6668	7,1377	96	GEOSCIENCES-AZUR
CALF	Plateau de Calerne (06)	SUD-EST	Rocher	43,7510	6,9186	1242	GEOSCIENCES-AZUR
ESCA	Chapelle St.-Pancrace a l'Esc (06)	SUD-EST	Rocher	43,8197	7,3682	550	GEOSCIENCES-AZUR
ISOL	Fort d'Isola (06)	SUD-EST	Rocher	44,1836	7,0500	910	GEOSCIENCES-AZUR
MENA	Monast. de l'Anoncia., Menton (06)	SUD-EST	Rocher	43,7836	7,4854	210	GEOSCIENCES-AZUR
NALS	Square Alsace-Lorraine, Nice (06)	SUD-EST	Sol	43,6890	7,2529	6	GEOSCIENCES-AZUR
NBOR	Batterie du Mont Boron Nice (06)	SUD-EST	Rocher	43,6861	7,3007	191	GEOSCIENCES-AZUR
NCAD	Centre Administratif Nice (06)	SUD-EST	Sol	43,6682	7,1893	5	GEOSCIENCES-AZUR
NLIB	Ecole Municipale Liber.n Nice (06)	SUD-EST	Sol	43,7036	7,2550	18	GEOSCIENCES-AZUR
NPOR	Eglise du Port Nice (06)	SUD-EST	Sol	43,7000	7,2843	5	GEOSCIENCES-AZUR
NREV	Fort Militaire-La Revere (06)	SUD-EST	Sol	43,7357	7,3670	700	GEOSCIENCES-AZUR
NROC	Saint-Roch, Nice (06)	SUD-EST	Sol	43,7058	7,2868	22	GEOSCIENCES-AZUR
RUSF	Tunnel de Rustrel (84)	SUD-EST	Rocher	43,9368	5,4843	520	GEOSCIENCES-AZUR
SAOF	Drain de Saorge (06)	SUD-EST	Rocher	43,9843	7,5511	595	GEOSCIENCES-AZUR
SMPL	Barrage de Sam-Polo (20)	SUD-EST	Rocher	42,0872	9,2839	405	GEOSCIENCES-AZUR
STET	Saint-Etienne de Tinee (06)	SUD-EST	Rocher	44,2532	6,9211	1200	GEOSCIENCES-AZUR
BELV	Belvedere (06)	SUD-EST	Rocher	44,1522	7,3175	800	GEOSCIENCES-AZUR
OGAG	L'Argentieres La Bessee (05)	ALPES	Rocher	44,7849	6,5356	1307	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGAN	Annecy DRASSM (74)	ALPES	Rocher	45,8863	6,1342	468	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGAP	Prefecture d'Annecy (74)	ALPES	Sol	45,9013	6,1225	467	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGBL	Le Bourget du Lac (73)	ALPES	Sol	45,6215	5,8715	192	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGCA	Beaumont de Pertuis (84)	ALPES	Rocher	43,7179	5,6536	400	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGCH	Chambery Bassens (73)	ALPES	Rocher	45,5852	5,9187	525	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGDI	Reserve geologique de Digne (05)	ALPES	Rocher	44,0893	6,2179	770	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGFH	Montbonnot Forage Haut (38)	ALPES	Sol	45,2031	5,8182	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH2	Hotel de V. Grenoble NE-base (38)	ALPES	Sol	45,1845	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH5	Hotel de V Grenoble NE-top (38)	ALPES	Sol	45,1845	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGMA	Marchamp (01)	ALPES	Rocher	45,7693	5,5338	670	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGMO	Modane (73)	ALPES	Rocher	45,2000	6,6715	1200	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGPO	Poisy (74)	ALPES	Sol	45,9173	6,0516	535	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGTB	Thonon les Bains (74)	ALPES	Sol	46,3182	6,6016	860	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGCU	IUT Camp. Univ. de Grenoble (38)	ALPES	Sol	45,2001	5,7699	212	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGEP	Mairie Epagny (74)	ALPES	Sol	45,9337	6,0837	490	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGGM	Barrage de Grandmaison (38)	ALPES	Rocher	45,2000	6,1036	1575	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH3	Hotel de V. Grenoble SE-base (38)	ALPES	Sol	45,1844	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH6	Hotel de V. Grenoble SE-top (38)	ALPES	Sol	45,1844	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGMB	Monetiers les Bains (05)	ALPES	Rocher	44,9715	6,5000	1460	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGMU	Grenoble Musee Dauphinois (38)	ALPES	Rocher	45,1876	5,7202	250	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGSI	Les Tines Sixt (74)	ALPES	Rocher	46,0536	6,7536	750	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGTI	Tignes (73)	ALPES	Rocher	45,4875	6,9193	1796	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGDH	Grenoble patinoire (38)	ALPES	Sol	45,1720	5,7344	212	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGFB	Montbonnot Forage Bas (38)	ALPES	Sol	45,2031	5,8182	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH1	Hotel de V. Grenoble SW-base (38)	ALPES	Sol	45,1844	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGH4	Hotel de V. Grenoble SW - top (38)	ALPES	Sol	45,1844	5,7344	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGLE	La Lechere (73)	ALPES	Rocher	45,5215	6,4679	639	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGME	Meythet (74)	ALPES	Sol	45,9179	6,1016	415	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGPC	Le Pont de Claix (38)	ALPES	Sol	45,1347	5,6889	215	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGSR	Grenoble Saint Roch (38)	ALPES	Sol	45,1868	5,7357	212	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGFM	Montbonnot Forage Moyen (38)	ALPES	Sol	45,2031	5,8182	220	OBSERVATOIRE DE GRENOBLE
OGAV	Avignon (84)	PROVENCE	Rocher	43,9689	4,8208	18	BRGM
OGBB	Buis les Baronnies (26)	PROVENCE	Rocher	44,2718	5,2536	580	BRGM
OGLP	Lapalud (84)	PROVENCE	Rocher	44,3025	4,6857	46	BRGM
PYAS	Aspet (65)	PYRENNEES	Sol	43,0043	0,7884	430	BRGM
PYBA	Banyuls (66)	PYRENNEES	Sol	42,4693	3,1168	70	BRGM
PYCA	Campan (65)	PYRENNEES	Rocher	43,0193	0,1724	701	BRGM
PYFE	Saint Paul de Fenouillet (66)	PYRENNEES	Rocher	42,8050	2,5025	275	BRGM
PYFO	Foix (09)	PYRENNEES	Sol	42,9671	1,6025	380	BRGM
PYLI	Saint Lizier (09)	PYRENNEES	Sol	43,0007	1,1343	424	BRGM

PYLS	Luz-Saint-Sauveur (66)	PYRENNEES	Sol	42,8536	-0,0032	770	BRGM
PYOR	Orus (09)	PYRENNEES	Sol	42,7724	1,5024	1030	BRGM
PYPE	Perpignan (66)	PYRENNEES	Rocher	42,6689	2,8708	100	BRGM
PYPM	Prats de Mollo (66)	PYRENNEES	Rocher	42,4058	2,4354	920	BRGM
PYPT	Port La Nouvelle (11)	PYRENNEES	Sol	43,0032	3,0226	60	BRGM
PYLL	Llo (66)	PYRENNEES	Rocher	42,4511	2,0554	1430	BRGM
OCCD	La Chaise-Dieu	AUVERGNE	Rocher	45,3179	3,6890	1080	OPGC
OCKE	Clermont-Ferrand (63)	AUVERGNE	Sol	45,7682	3,0850	380	OPGC
OCSJ	Saint Julien la Geneste	AUVERGNE	Rocher	46,0507	2,7337	0	OPGC
OCOR	Orcines-Sarcenat (63)	AUVERGNE	Rocher	45,7886	3,0208	764	OPGC
OCOL	Olliergues (63)	AUVERGNE	Rocher	45,6702	3,6344	449	OPGC
SMFF	Saint-Martin du Fouilloux (79)	OUEST	Rocher	46,6000	-0,1215	270	LDG CEA/DASE
SMFF	Saint-Martin du Fouilloux (79)	OUEST	Rocher	46,6000	-0,1215	270	LDG CEA/DASE
QUIF	Quistinic (56)	OUEST	Rocher	47,9036	-3,1536	125	LDG CEA/DASE

Annexe V -

Contacts des réseaux sismologiques

ECHELON NATIONAL

Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS)

Type : CP, LB, accéléro

Correspondante : Christiane Nicoli

Organisme et adresse : EOST, 5 rue René Descartes 67084 STRASBOURG cedex

Téléphone : 03 90 24 00 57

Télécopie : 03 90 24 41 63 92

Courrier électronique : info@renass.u-strasbg.fr

Site internet : <http://renass.u-strasbg.fr/>

Réseau LDG

Laboratoire de détection géophysique du CEA-DASE

Type : CP, LB, accéléro

Correspondant : Jean-Paul Santoire

Organisme et adresse : LDG

CEA/DASE/LDG - BP12

91680 Bruyères le Chatel

courrier électronique : sismic@dase.bruyeres.cea.fr

Site internet : <http://www-dase.cea.fr/>

Réseau accélérométrique permanent (RAP)

Type : accéléro

Correspondant : Philippe Guegen

Organisme et adresse : LGIT

BP53X - 38041 Grenoble Cedex 9

Téléphone : 04 76 82 80 59

Télécopie : 04 76 82 81 01

Courrier électronique : pgueg@obs.ujf-grenoble.fr

Site internet : <http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/>

ECHELON REGIONAL

Réseau Sismologique Auvergne-Charentes

Type de réseau : CP, LB, accéléro

Correspondant : Jean-Michel Douchain

Organisme et Adresse : OPGC

24 avenue des Landais 63177 Aubière Cedex

Téléphone : 04-73-40-73-80

Télécopie : 04-73-40-73-82

Courrier électronique : douchain@opgc.univ-bpclermont.fr

Site Internet : <http://wwwobs.univ-bpclermont.fr>

Réseau de Surveillance Sismique des Pyrénées (RSSP)

Type : CP, accéléro

Correspondant : Matthieu Sylvander

Organisme et Adresse : UMR5562 - Dynamique Terrestre et Planétaire -
Observatoire Midi-Pyrénées
14, avenue Edouard Belin - 31400 Toulouse
Téléphone : 05 61 33 29 82
Télécopie : 05 61 33 29 00
Courrier électronique : sylvand@ntp.obs-mip.fr
Site Internet : <http://www.obs-mip.fr/rssp>

Sismalp

Echelon : régional
Réseau : Sismalp
Type : CP
Correspondant : François Thouvenot
Organisme et Adresse : LGIT, Observatoire de Grenoble,
BP 53 - 38041 GRENOBLE CEDEX 9
Téléphone : 04 76 82 81 00
Télécopie : 04 76 82 81 01
Courrier électronique : sismalp@obs.ujf-grenoble.fr
Site Internet : <http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>

RéNaSS Aix (CP) & RéNaSS Nice (CP)

Type : CP
Correspondante : Anne Deschamps
Organisme et Adresse : Géosciences Azur
Téléphone : 04 92 94 26 16
Secrétariat 04 92 94 26 03
Télécopie : 04 92 94 26 10
Courrier électronique : deschamps@geoazur.unice.fr; brunel@geoazur.unice.fr
Site Internet : <http://geoazur.unice.fr/RESEAUX/>

TGRS (LB Paca)

Type : mixte LB - Accéléro
Correspondante : Anne Deschamps
Organisme et Adresse : Géosciences Azur
Téléphone : 04 92 94 26 16,
Secrétariat 04 92 94 26 03
Télécopie : 04 92 94 26 10
Courrier électronique : deschamps@geoazur.unice.fr, maron@geoazur.unice.fr
Site Internet : <http://geoazur.unice.fr/RESEAUX/>

RAP Nice

Type : Accéléro
Correspondante : Françoise Courboux
Organisme et Adresse : Géosciences Azur
Téléphone : 04 92 94 26 12,
Secrétariat : 04 92 94 26 03
Télécopie : 04 92 94 26 10
Courrier électronique : courboux@geoazur.unice.fr, brunel@geoazur.unice.fr
Site Internet : <http://geoazur.unice.fr/RESEAUX/>

ECHELON LOCAL

Réseau de Lacq

Echelon : local

Réseau : SISLACQ

Type : CP

Correspondant : Guy Sénéchal

Organisme et Adresse : UMR 5212, Modélisation et Imagerie

Géophysique Pau, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau

Téléphone : 05 59 40 74 29

Télécopie : 05 59 40 74 15

Courrier électronique : guy.senechal@univ-pau.fr

Site Internet : <http://migp.univ-pau.fr/>

Réseau de Soultz-sous-Forêt

Echelon : local

Réseau : Soultz-Sous-Forêt

Type : CP

Correspondant : Louis Dorbath

Organisme et Adresse : EOST, 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg

Téléphone : 03 90 24 00 61

Télécopie : 03 90 24 01 25

Courrier électronique : louis.dorbath@eost.u-strasbg.fr

Site Internet : <http://eost.u-strasbg.fr>

Réseau de la Durance

Echelon : local

Réseau : IRSN

Type : 12 vélocimètres, 18 accéléromètres

Correspondant : Stéphane Nechtschein

Organisme et Adresse : IRSN, BP.17 Fontenay-aux-Roses - 92262 Cedex

Téléphone : 01 58 35 74 50

Télécopie : 01 58 35 81 30

Courrier électronique : stephane.nechtschein@irsn.fr

Site Internet : <http://www.irs.org>

Annexe VI

Glossaire des sigles

AFPS :	Association Française de Génie Parasismique
BCSF :	Bureau Central Sismologique Français
BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CEA :	Commissariat à l'Énergie Atomique
CLDG :	Centre Littoral de Géophysique
CNIL :	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CNRS :	Centre National de la Recherche Scientifique
CODIS :	Centre Opérationnel d'Incendie et de Secours
DASE :	Département Analyses et Surveillance de l'Environnement
DRIRE :	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EDF :	Electricité de France
EMS-98 :	Européen Macrosismic Scale 1998 (échelle d'intensité macrosismique)
EOST :	Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
ETH :	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (Suisse)
ICC :	Institut cartogràfic de Catalunya, Barcelone (Espagne)
IGN :	Instituto Geografico Nacional de Madrid (Espagne)
IGN :	Institut Géographique National (France)
IRSN :	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire
IPGP :	Institut de Physique du Globe de Paris
IPGS :	Institut de Physique du Globe de Strasbourg
INSU :	Institut National des Sciences de l'Univers (CNRS)
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
LCPC :	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LEPCAT :	Laboratoire d'Etudes Physiques et Chimiques Appliquées à la Terre (Université de La Rochelle), ancien nom du CLDG.
LDG :	Laboratoire de Détection Géophysique (CEA)
LGIT :	Laboratoire de Géophysique Interne et de Tectonophysique, Grenoble
LGRB :	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
MEDD :	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MEDNET :	Mediterranean Network, Italie
MSK-64 :	Echelle macrosismique Medvedev, Sponheuer et Karnik de 1964
OMP :	Observatoire Midi-Pyrénées
RAP :	Réseau Accélérométrique Permanent
RéNaSS :	Réseau National de Surveillance Sismique
RSSP :	Réseau de Surveillance Sismique des Pyrénées
RSP :	Réseau Sismique de Provence
SED :	Schweizerischer Erdbebendienst (ETH Zürich, Suisse)
SIDPC :	Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles
SISFRANCE :	Base de données de sismicité historique de la France (BRGM)
SISMALP :	Réseau Sismologique des Alpes
SGC :	Servei Geologic de Catalunya de Barcelone
ULP :	Université Louis Pasteur, Strasbourg

■ EDITION 2007

■ **Bureau central sismologique français**

■ **Directeur de publication** : Michel Cara - EOST
Directeur du BCSF

■ **Rédaction et conception** :
Sismotectonique : Antoine Schlupp - EOST
Macrosismique : Christophe Sira - CNRS

■ **Mise en page et cartographies** : Christophe Sira

■ **Crédit photos** : BCSF, BRGM

■ **Compilation des données instrumentales**
Données BCSF (LDG/RéNaSS) : Christiane Nicoli - EOST
sur CD-ROM : Marc Grunberg - CNRS
Données RAP : Philippe Gueguen - LCPC.

■ **Financement de la publication** :
Ecole et observatoire des sciences de la Terre,
Université Louis Pasteur (Strasbourg 1)
Institut national des sciences de l'univers, CNRS

■ **Siège de la rédaction** :
BCSF 5, rue René Descartes, 67084 Strasbourg cedex
tél. : 03 90 24 00 85
Fax : 03 90 24 01 25
Courriel : bcsf@eost.u-strasbg.fr
site internet : <http://www.franceseisme.fr>

■ Sont remerciés pour leurs contributions,
- L'ensemble des Service de défense et de protection civiles des préfectures ;
- Pierre-Jean Alasset, Céline Beauval, Armelle Bernard, Wolfgang Brüstle, Bertrand Delouis, Françoise Courboux, Christophe De Peretti, Christian Ponsolles, Pascal Dominique, Julien Fréchet, Michel Frogneux, Philippe Gueguen, Henri Haessler, Alain Hernandez, Eric Jacques, Philipp Kaestli-Krushelnytskyj, Benoît Lebrun, Henri Martin, Stéphane Nechtschein, Monique Rivot, Marc Schaming, Matthieu Sylvander, Guy Sénéchal, Pascal Tiphaneau, François Thouvenot, Jérôme Van der Woerd, Claire Weihermueller.



Notes



**Bureau Central
Sismologique
Français**

Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre

5, rue René Descartes - 67084 Strasbourg cedex
Site internet : www.franceseisme.fr

