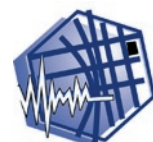


Note préliminaire



Séisme de Vallorcine (Haute-Savoie) du 8 septembre 2005



BCSF
Bureau Central
Sismologique
Français

Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre

Directeur de publication

- Michel Cara

Contexte sismotectonique

- Equipes de Tectonique Active
et de Sismologie UMR7516 CNRS/ULP
- Michel Cara, EOST
 - Jérôme Van Der Woerd, CNRS

Etude macrosismique et cartographie

- Michel Cara, EOST
- Christophe Sira, CNRS

Données macrosismiques (acquisition et traitement)

- Armelle Bernard, CNRS
- Monique Rivot, CNRS
- Marc Schaming, CNRS
- Christophe Sira, CNRS

Données instrumentales

- Réseau local temporaire
 - Julien Fréchet, CNRS
 - Michel Frogneux, EOST
 - François Thouvenot, Sismalp - OSUG
- Réseau National de Surveillance Sismique
 - Michel Granet, EOST
 - François Thouvenot, Sismalp - OSUG
 - Christophe De Peretti, CNRS
 - Alain Hernandez, EOST
 - Christiane Nicoli, EOST
- Laboratoire de Détection Géophysique, CEA-DASE
 - Bruno Feignier, CEA - DASE
- Réseau accélérométrique permanent GIS-RAP -
 - Philippe Gueguen, LCPC - LGIT Grenoble

Financements

- Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) :
 - Université Louis Pasteur (Strasbourg 1),
 - Institut National des Sciences de l'Univers, CNRS ;
- Services Interministériels de Défense et de Protection Civiles,
Ministère de l'Intérieur.

Remerciements

Nous tenons à remercier les **SIDPC** des différents départements ayant participé à l'enquête ainsi que les médias locaux et nationaux ayant relayé l'information auprès du public et permis la collecte de 802 témoignages individuels.

Mots clés : aléa et risque sismique, séisme, macrosismique, Vallorcine, Haute-Savoie, Alpes, tectonique.

Pour citer cette note :

BCSF (2005) - Séisme de Vallorcine (Haute-Savoie) du 8 septembre 2005, note préliminaire, BCSF2005-NP4, 64p., 12 fig., 2 tableaux, 5 annexes.

Auteurs : Cara C., J. Van der Woerd, C. Sira.

I. Introduction

Le Bureau Central Sismologique Français a pour mission de collecter les données sur les séismes ressentis en France, de rassembler les informations utiles et de faciliter leur diffusion vers les acteurs concernés par le risque sismique ou menant des études ou recherches nécessitant l'usage de ces observations.

Le séisme du 8 septembre 2005 de Vallorcine (département de Haute-Savoie) a mobilisé de nombreuses personnes, laboratoires de recherche scientifique et centres techniques. Pour ce travail, le Bureau Central Sismologique Français s'est appuyé sur les données communiquées par les services chargés de la surveillance sismique du territoire français (RéNaSS - SISMALP pour le CNRS et les universités, DASE - LDG pour le CEA). Les données d'enquêtes macrosismiques ont été collectées grâce aux SIDPC des préfectures et au site internet du BCSF. L'appui des médias locaux et nationaux a permis de collecter le témoignage de 802 personnes, de la région Rhône-Alpes jusqu'en Alsace. Nous remercions l'ensemble des acteurs ayant permis la compilation de ces informations ainsi que les particuliers ayant répondu à notre enquête. Nous remercions également les responsables des services sismologiques de Zürich (ETH) et de Rome (INGV) pour nous avoir communiqué leurs données macrosismiques préliminaires qui sont intégrées dans les pages 12 et 14 du présent rapport.

Strasbourg, le 12 décembre 2005

Michel Cara
Directeur du BCSF

*Cette note préliminaire est téléchargeable
à partir du site web du BCSF
www.seisme.prd.fr*

*Pour envoyer vos suggestions
cet E-mail est à votre disposition : bcsf@east.u-strasbg.fr*

sommaire

I.	Introduction	3
II.	Localisation et contexte sismotectonique	5
III.	Accélérométrie	8
IV.	Etude macrosismique	11
V.	Conclusion	19
VI.	Annexes	
■ 1 -	Résumé de l'échelle EMS98	22
■ 2 -	Formulaire d'enquête collectif	23
■ 3 -	Formulaire d'enquête individuel	25
■ 4 -	Sismicité observée (RéNaSS)	27
■ 5 -	Intensités macrosismiques	29
■ 6 -	Glossaire	63

II. Localisation et contexte sismotectonique

DATE : 08.09.2005

HEURE ORIGINE
en temps universel :
11h27min
en temps légal fr. :
13h27min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,9 MI
LDG : 5,3 MI
ETH - SED : 4,9 ML
SISMALP : 4,6 ML

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

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

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

ETH - SED :
lat. : 46,03° N
long. : 6,88° E
profondeur : 7 km

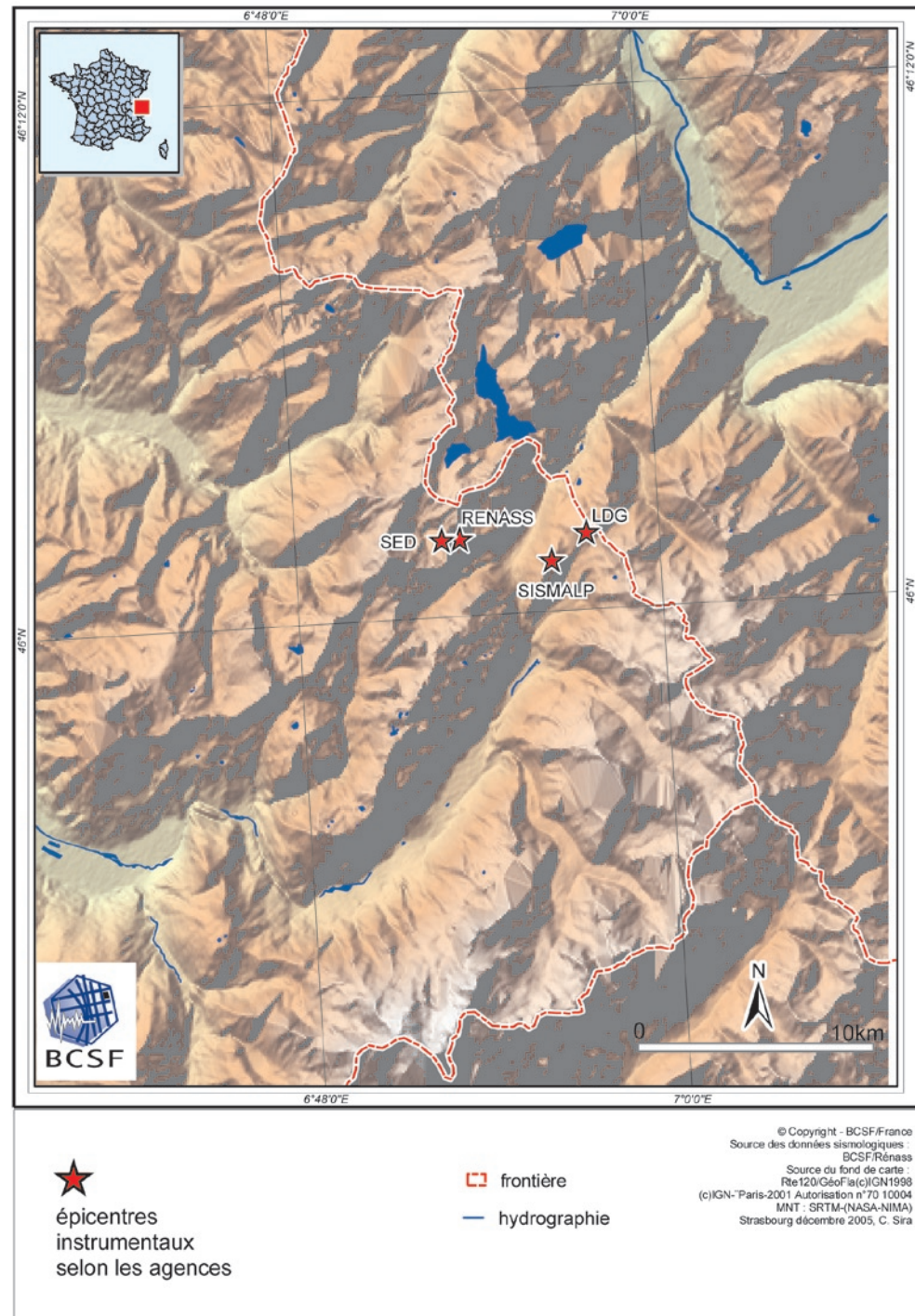


Figure 1 - Carte de localisation des épicentres selon les différentes agences

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. Les séismes récents les plus importants dans un rayon de 100 km sont ceux du Grand Bornand (14.12.1994, MI=5,1) et d'Annecy-Epagny (15.07.1996, MI=5,3) avec leur

épicentre respectivement à 35 et 70 km de celui de Vallorcine. C'est dans le secteur Vallorcine-Chamonix que s'était par ailleurs produit le 29 avril 1905, un séisme qui avait provoqué des dégâts et dont la magnitude est estimée entre 5,5 et 6 (Alasset et al. 2005). C'est également dans ce même secteur que s'était produit le séisme du 13 août 1905 dont la magnitude - estimée à

4,5 (Alasset, 2005) - est comparable à celle de l'évènement du 8 septembre 2005.

La figure 1 montre les localisations telles qu'elles étaient affichées sur les sites internet des 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 et l'orientation des plans nodaux du mécanisme de ce séisme (site web SED). Des résultats très similaires ont été obtenus à partir de 3 stations accélérométriques du RAP proches de l'épicentre par le laboratoire Géosciences Azur à Nice (site web RAP et Géosciences Azur).

Pour cartographier plus en détail le segment de faille à l'origine du séisme, il était nécessaire d'observer 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 (site web INSU-CNRS). Dès l'après-midi du 8 septembre, les sismologues de Strasbourg, de Grenoble et de Zurich, 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.

L'analyse des enregistrements des répliques a permis de déterminer le plan de faille et de tirer ainsi les premières conclusions sur l'origine du séisme du 8 septembre: la cause de ce séisme est la rupture d'un segment de faille orienté N60°E et de 2 à 3 km de longueur (Fréchet et al., 2006). La profondeur des répliques, entre 3 et 5 km de profondeur sous le niveau de la mer, suggère une profondeur assez superficielle pour le foyer du séisme principal.

Ces informations préliminaires, 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 contemporaine de cette partie des Alpes. Ce séisme éclaire en 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 horizontal dextre est actuellement active au nord-ouest de la chaîne.

Références

- Alasset, P.J., 2005. Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente : cas des Pyrénées Occidentales des Alpes du Nord (France). Le tsunami créé par le séisme de Zemmouri (Mw=6.9, Algérie, du 21 mai 2003). Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur soutenue le 5 juillet 2005, Strasbourg.
- Alasset, P.J., Van Der Woerd, J., Cara, M., Meghraoui, M. and Meriaux, A.S., 2005. An active normal fault NW of the Mont Blanc massif, France : sign of extensive tectonics near the main thrust zone of the Chamonix valley ? Eos Trans. AGU, 86(52) fall meeting suppl.
- Delacou, B., Sue, C., Champagnac, J.D. and M. Burkhar, 2004. Present-day geodynamics in the bend of the western and central Alps as constrained by earthquake analysis, Geophys. J. Int., 158, 753-774.
- Fréchet, J., Thouvenot, F., Frogneux, M., Deichmann, N. and Cara, M., 2006. The M1 4.9 Vallorcine earthquake of 8 september 2005 in the western Alps and its aftershocks, en préparation.
- Leloup, P. H., Arnaud, N., Sobel, E. R., and Lacassin, R., 2005. Alpine thermal and structural evolution of the highest external crystalline massif: The Mont Blanc, Tectonics, 24, TC4002, doi:10.1029/2004TC001676.

<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/> (site du réseau Sismalp-RéNaSS)

<http://www.seismo.ethz.ch/> (site du service sismologique suisse)

<http://www-geoazur.unice.fr> (site de GéoscienceAzur)

<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr> (Site du RAP)

<http://www.insu.fr/> (site de l'INSU)

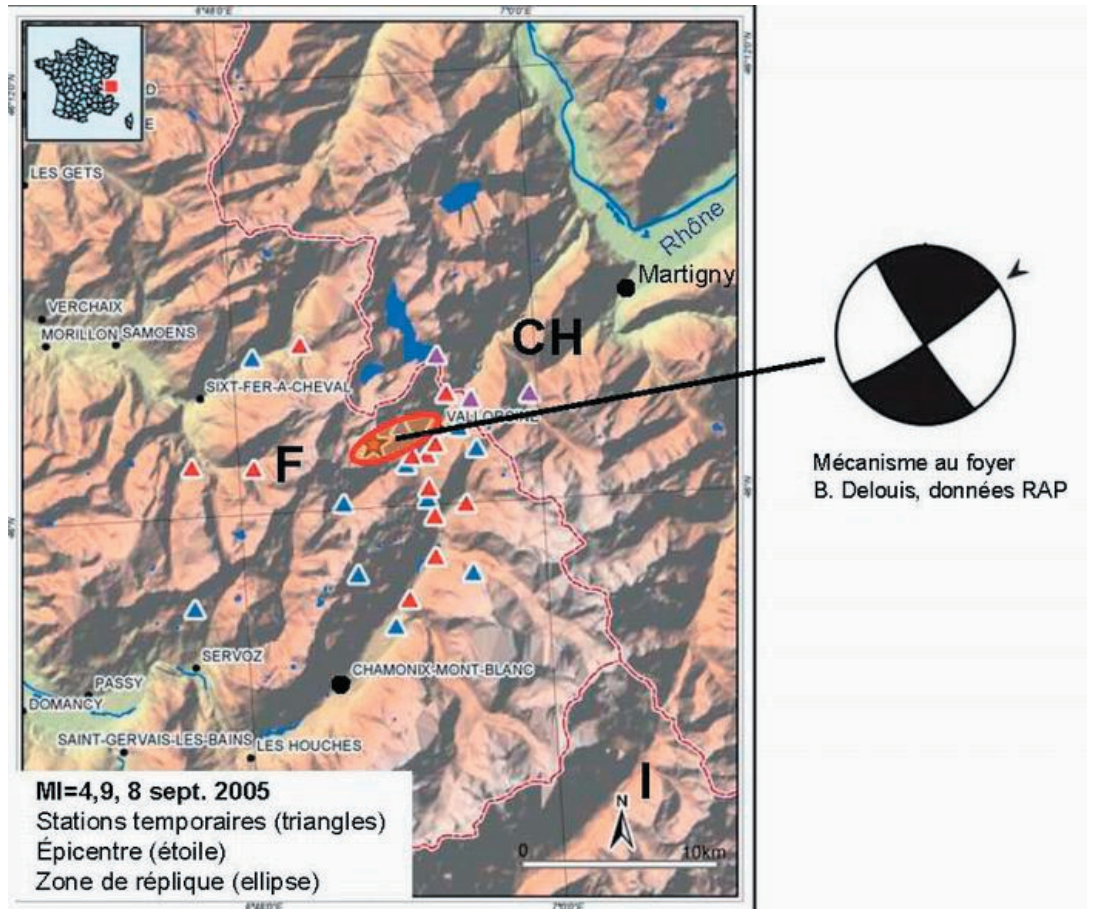


Fig.2 - Disposition des stations temporaires installées sur le terrain les 9 et 10 septembre 2005. (Triangles bleus EOST, rouges LGIT, violet ETH).
 Epicentre RéNaSS et mécanisme au foyer obtenu par B. Delouis à partir de 3 stations accélérométriques RAP (d'après www-geoazur.unice.fr/SEISME/Mecaf_Vallorcine_RAP.jpg).

III. Accélérométrie

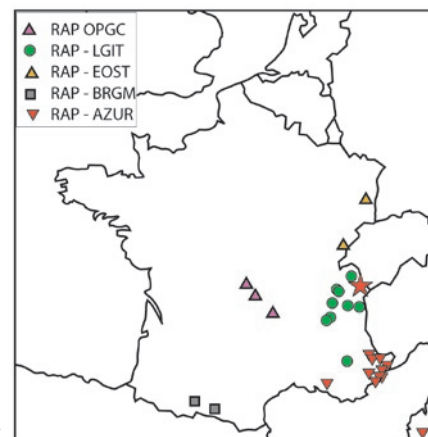
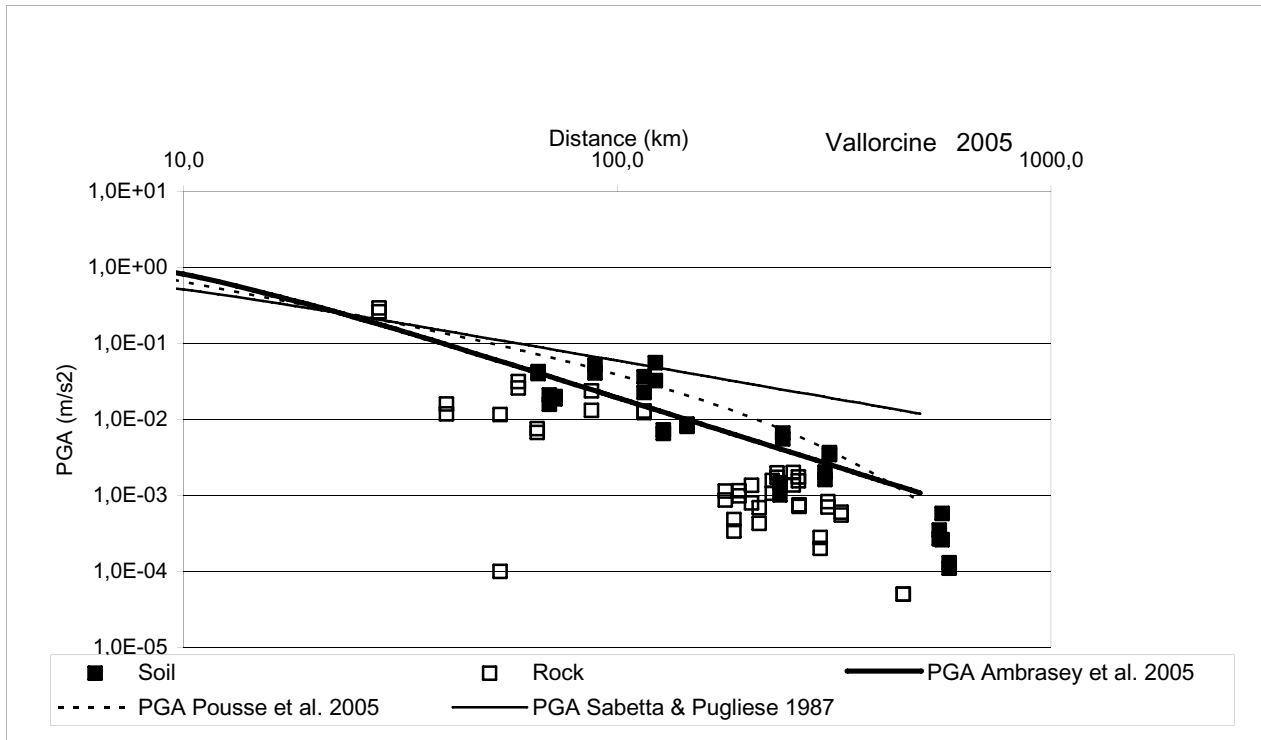


Fig.3 - Carte des stations RAP ayant enregistré l'événement

Mouvements du sol enregistrés par le réseau accélérométrique permanent

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 Lechere (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-Panrace 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 mouvement du sol en fonction de la distance



Ambrasey, N.N., J. Douglas, S.K. Sarma and P. Smit. 2005. Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 3, 1-53.

Pousse, G., C. Berge-Thierry, L.F. Bonilla and P.-Y. Bard. 2005. Eurocode 8 design response spectra evaluation using the K-net Japanese database, *Journal of Earthquake Engineering*, 9(4), 547-574.

Sabetta, F. and A. Pugliese. 1987. Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong-motion records, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 77, 1491-1513

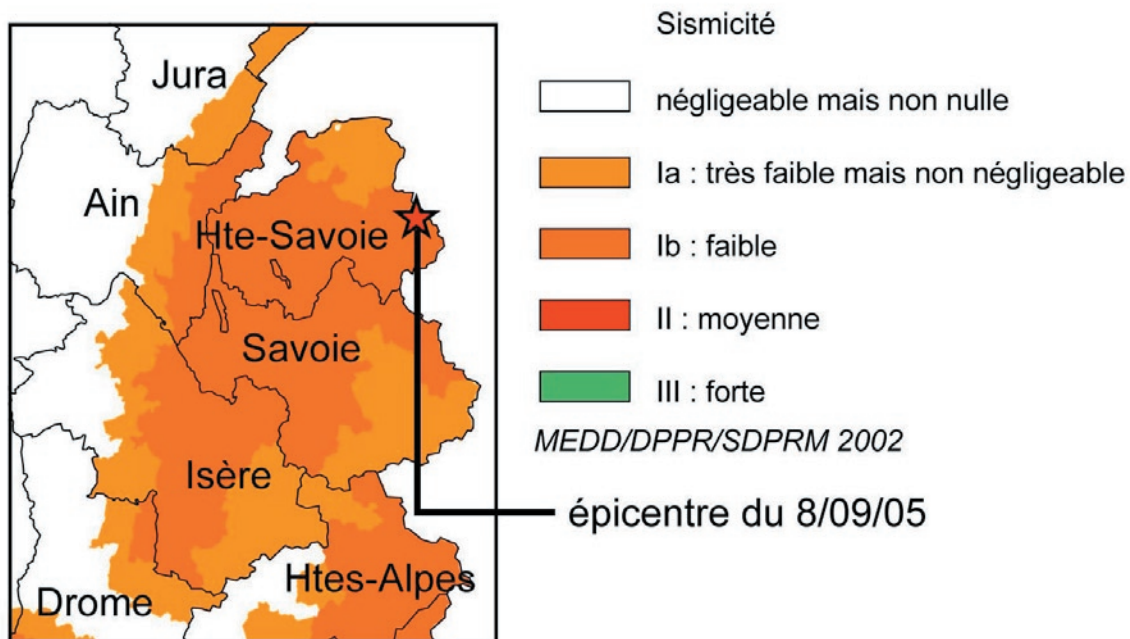


Fig. 5 - Zones réglementaires de sismicité (Données MEDD).

(Décret relatif à la prévention du risque sismique - Décret n° 91-461 du 14 mai 1991)

Carte reprise du site internet du ministère de l'Ecologie et de Développement Durable (http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/zonage_sismique_france/home.htm).

L'épicentre du séisme du 08/09/2005 se trouve en zone Ib

IV. Etude macrosismique

DONNEES MACROSISMIQUES

Intensité
maximale : V

formulaires
collectés en
France :
collectifs : 2396
individuels : 802

superficie totale de
l'isoséisme III
15930 km²

IV1. Introduction

Localisé à la frontière franco-suisse en zone montagneuse (fig.6 et 7), ce séisme a surpris les haut-savoyards 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 12 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 du territoire français dont 167 présentent 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, il n'a pas été nécessaire d'effectuer une mission de terrain pour l'estimation des intensités macrosismiques. La qualité de l'habitat, majoritairement en maçonnerie et bois sur la zone épiscopale, à probablement été un facteur limitant les effets sur les constructions pour un séisme superficiel de cette magnitude.

Les formulaires collectifs sont parvenus au BCSF dans un délai de 3 mois pour l'ensemble



Fig. 6 - Cornes de la Loriaz à gauche, chaîne des Perrons à droite. Zone épiscopale (Vue du col des Montets vers le nord-ouest).

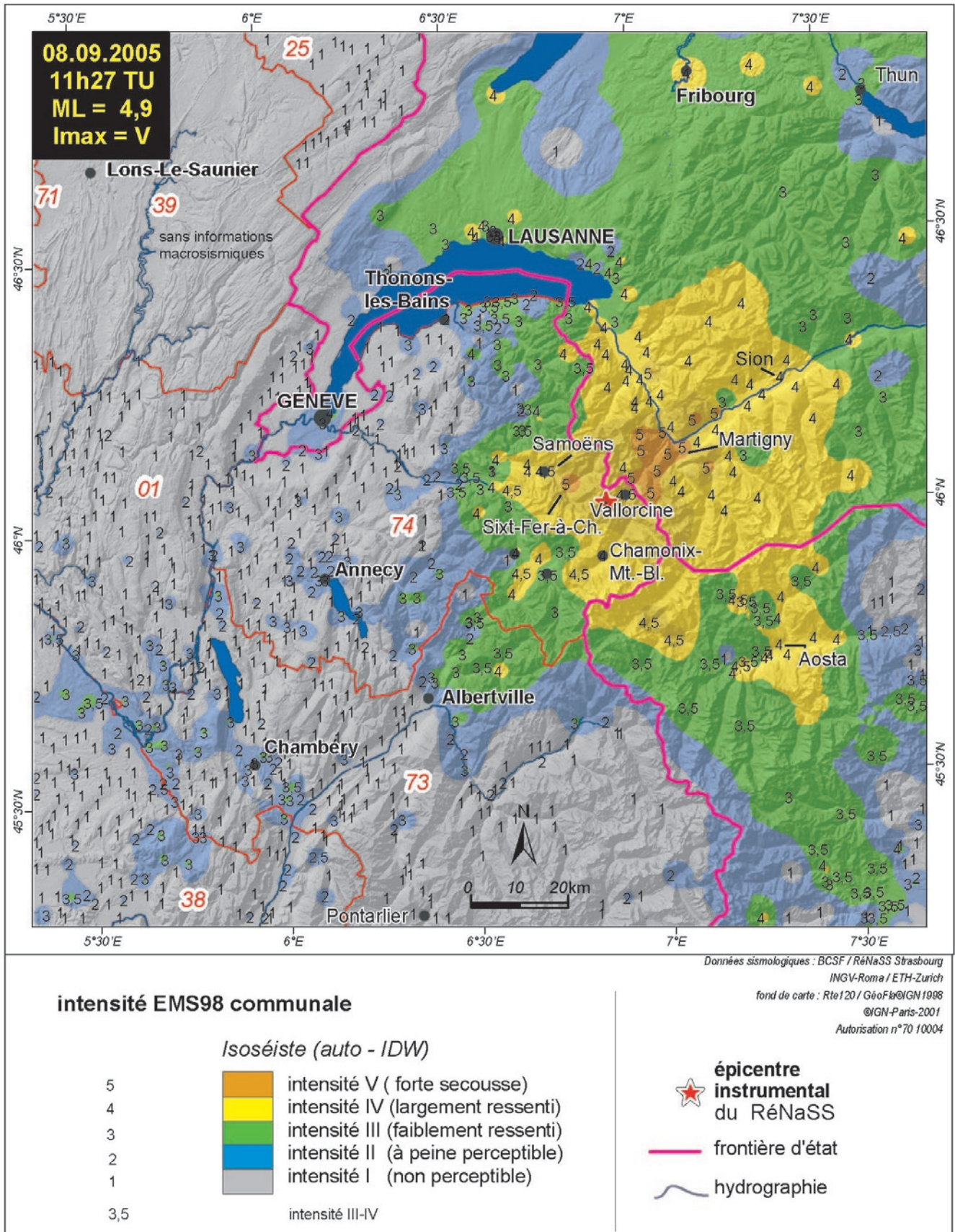
des départements (décembre 2005). L'intensité macrosismique a été déterminée entre IV et V (EMS-98, Grünthal, 1998) sur la commune de Vallorcine, V sur la commune de Six-Fer-à-Cheval, V en Suisse. Les données communiquées par l'ETH de Zurich et l'INGV à Rome permettent de dresser la carte macrosismique transfrontalière préliminaire ci-après (fig. 8 et 9). 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 (Di Maro et Tertulliani, 1990). Ce dernier auteur rapporte que les écarts ne dépassent pas une demi-unité pour les faibles intensités entre l'échelle MCS et l'échelle MSK64.

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



Fig. 7 : Zone épiscopale, vue vers l'ouest (Vue de la Loriaz à droite, Buet à l'arrière plan).

Fig.8 Carte macrosismique (EMS98) - zone épiscoptrale



n'a pas été ressenti sur les massifs calcaires du Jura dans le Doubs et a été très sporadiquement ressenti dans l'Ain et sur les massifs au 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, page 9.

IV2 - Effets observés (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 épacentrale. De nombreux témoignages rapportent de grosses frayeurs suite au bruit d'explosion et des chutes de pierres consécutives au séisme près de l'épicentre. Une personne a été blessée par des chutes de pierres, alors qu'elle pratiquait l'escalade dans les dalles de granit au-dessus de Barberine à la frontière suisse, fig.11 (le Dauphiné du 9.09.2005). Une grosse frayeur a également gagné une équipe de spéléologues dans la vallée de Samoëns où l'onde de choc a ébranlé la paroi du Criou à l'ouest de la cascade des eaux froides.

Confondu parfois avec le passage du mur du son par un avion, le séisme a en effet provoqué de nombreuses chutes de pierres. Ainsi ont été signalés des éboulements importants dans les Aiguilles Rouges (Aiguilles de Praz Torrent et de Mesure sur les versant N-O et S-E), au Mont Oreb et dans la chaîne des Perrons dans la vallée de Vallorcine, aux Drus et aux Grands Charmoz dans la vallée de Chamonix, mais aussi au sommet de l'Aiguille de Varan au dessus de Sallanches. Des chutes de pierres ont également été signalées à 61 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 pour l'estimation de l'intensité macrosismique car la nature des terrains et la fragilité de massifs rocheux est un facteur très variable et non pris en compte dans les définitions des degrés des échelles macrosismiques.

Le Codis 74 a reçu une centaine d'appels, dans la demi-heure, de personnes s'inquiétant sur la nature du phénomène. La population ne semble avoir été effrayée que sur les communes de Sixt-Fer-à-Cheval et Vallorcine. A Chamonix, la majorité des témoignages souligne plutôt l'inquiétude et l'interrogation, même si des habitants sont sortis dans les rues. 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. Les secousses ont engendré ce type d'effets dans quelques communes plus éloignées de l'épicentre sans pour autant qu'il soit significatif d'une secousse de même niveau si l'on prend en compte l'ensemble des autres effets : Chamonix (12 km), Passy (19 km), Cluses (24 km), Présilly(61 km).

Des déplacements de mobiliers légers ont été observés dans plusieurs communes comme par exemple : Chamonix (12 km), Les Houches (17 km), Passy (19 km), Essert-Romand (25 km), Cluses (24 km), 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 (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 fort grondement et les habitants n'ont pas compris immédiatement qu'il s'agissait d'un séisme, expliquant parfois qu'ils ont 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, des témoins rapportent un bruit comparable à une ouverture de 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 sur 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.

Fig.9 Carte macrosismique (France et Suisse / EMS98 - Italie échelle Mercalli)

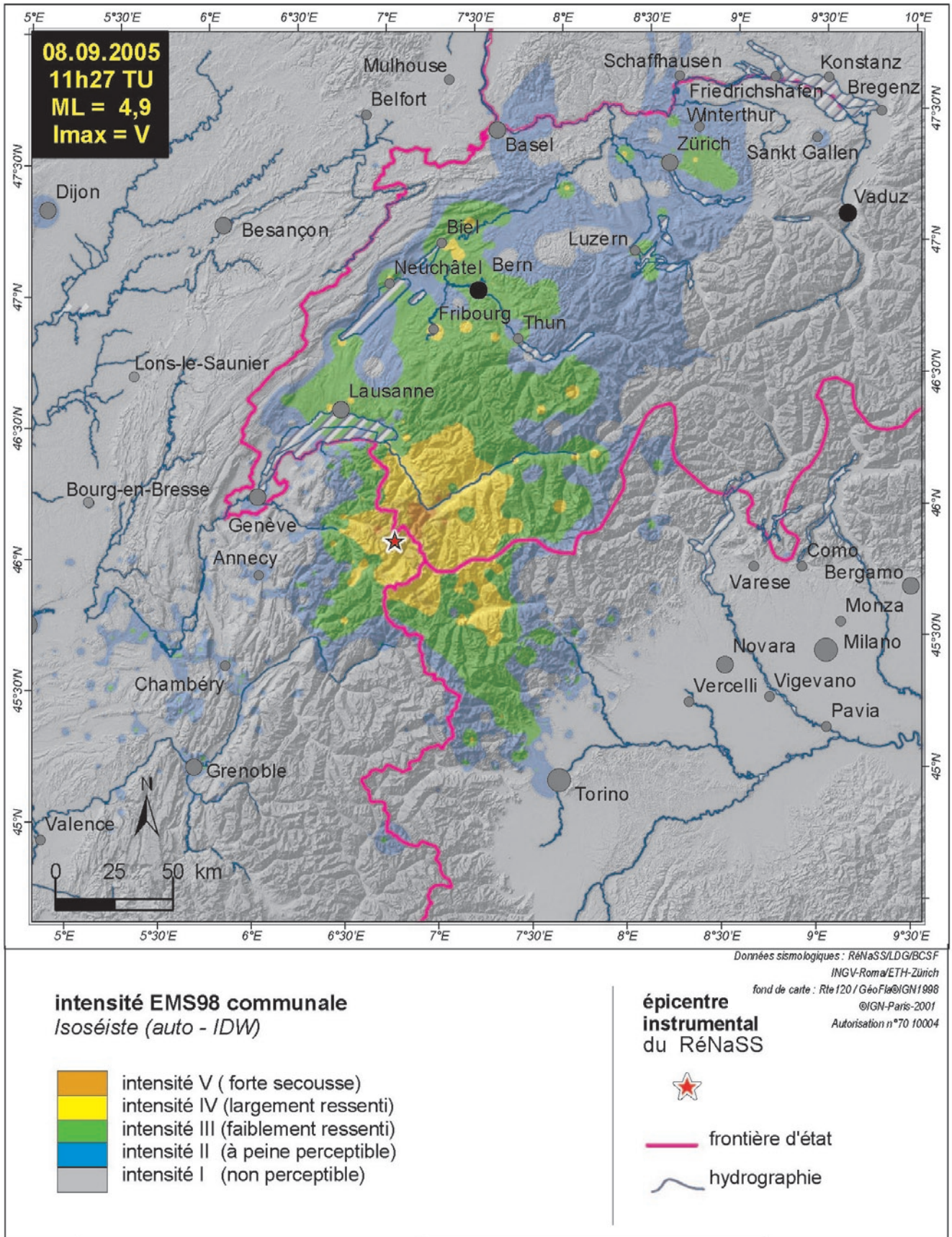




Fig. 10 : Les Drus, massif du Mont-Blanc - d'importantes chutes de pierres ont à nouveau affecté cette paroi qui a connu d'importants éboulements non sismiques depuis 1997, dont un très important le 29 juin 2005.

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.

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



Fig.11 : Traces de chute de pierres dues au séisme (dalles de Barberine où l'alpiniste a été blessée).

(magnitude 2,2, la plus importante depuis celle de 18h50 du 8 septembre d'après les données instrumentales).

A Chamonix-Mont-Blanc 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 MI) et 13h53 (3,2 MI), un peu plus fortes ensuite avec la réplique de 16h10 (3,2 MI).

A Samoëns les témoins rapportent que 3 répliques ont été ressenties jusque vers 16h30 ce 8 septembre. 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.

IV3. Les effets sur les autres départements

L'enquête lancée immédiatement après le séisme sur le site internet a permis de collecter près de 802 témoignages individuels, répartis sur 18 départements (fig.12). Si le site du BCSF a reçu des témoignages sur des distances assez importantes, la secousse n'a été que faiblement ressentie en dehors de la Haute-Savoie. Le nombre d'appels très limités reçus par les Codis des départements voisins confirme cette observation:

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

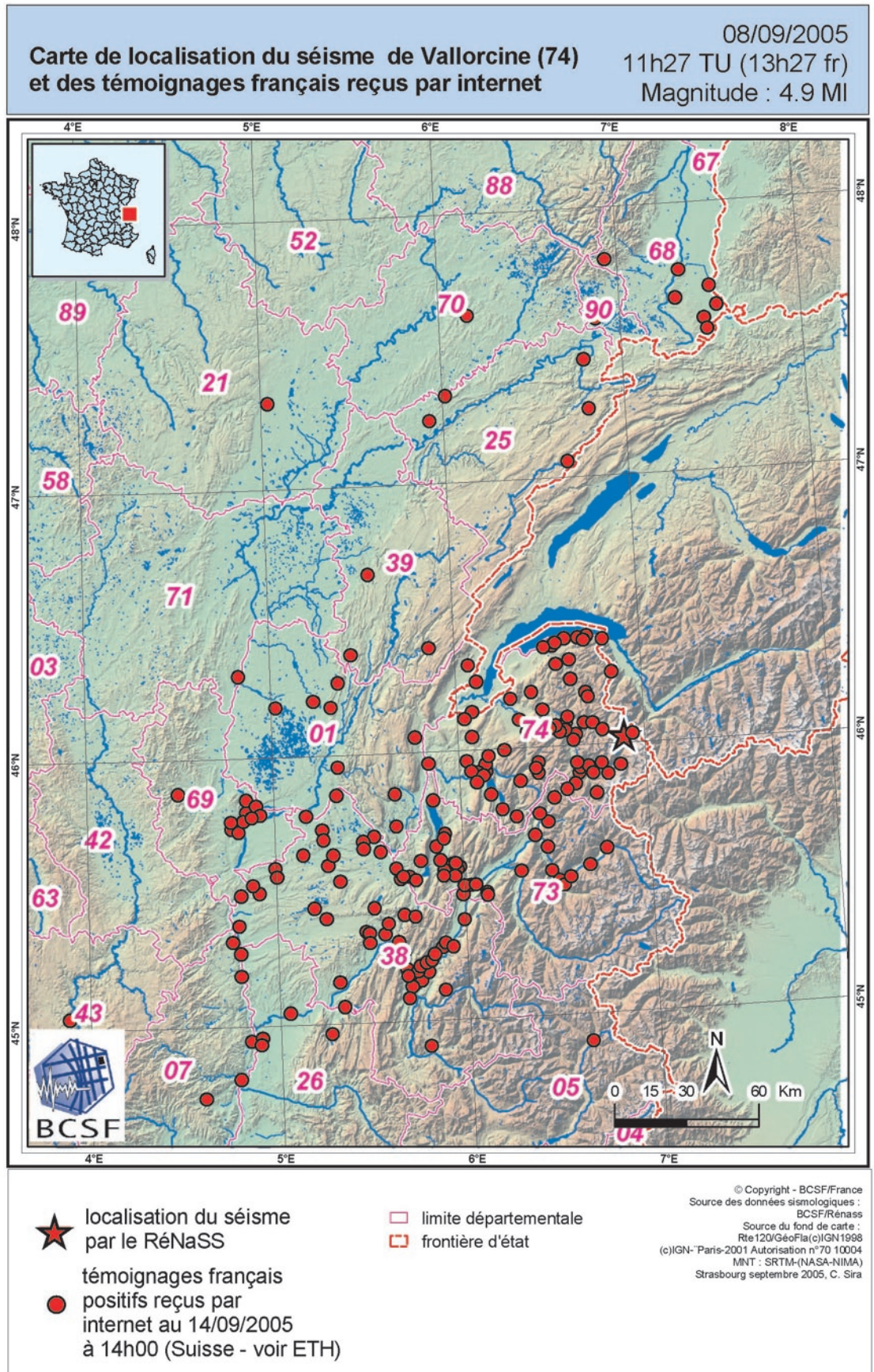
Codis 38 : 40 appels - 1 sortie pour une chute d'échelle à 3m de hauteur à 13h33 (coïncidence ?) ;

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) ;

Fig.12 Carte de localisation des témoignages reçus sur le site du BCSF



Codis 39 : 1 appel 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.

Département de la Savoie (73)

A Chambéry de rares personnes ont noté un bruit équivalent à un bruit sourd, «comme si un voisin poussait un meuble» dit un témoignage. 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 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 quelques personnes immobiles ont perçu le séisme. Les personnes en activité ou se déplaçant n'ont pas ressenti le phénomène.

Département de l'Isère (38)

Dans leur grande majorité les habitants de l'Isère n'ont pas entendu de bruit, seuls de rares témoignages évoquent un faible grondement. La perception du phénomène à Grenoble est notée par l'oscillation lente des bâtiments ou par la vibration d'objets ou du mobilier.

A Bourgoin-Jallieu un bruit faible est rapporté, le séisme étant perçu comme une faible oscillation des bâtiments. Sur quelques communes la secousse est comparée au passage d'un train ou d'un camion, comme à Meylan, à Moirans ou au Pont-de-Beauvoisin.

Département des Hautes-Alpes (05)

Un seul témoignage individuel nous est parvenu de Briançon dans les Hautes-Alpes où le bruit a ressemblé à une explosion et la maison est entrée en vibration. 3 témoignages de communes conduisent à attribuer des intensités supérieures ou égales à II : Cervières - III, Montgenèvre - II, Briançon - II.

Département de la Drôme (26)

Les témoignages sont assez rares sur le

département de la Drôme et le niveau de la secousse est de très faible intensité. Six communes dans le rayon de notre enquête obtiennent une intensité II : Saint-Vallier (187 km), Romans-sur-Isère (180 km), Marges (174 km), Bouvante (173 km), Laveyron (184km). Saint-Laurent-en-Royans (165 km) a connu une intensité III.

Département de l'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 rapporté que dans les communes de Serrière (183 km) et de Champagne (183 km), confirmé par le formulaire d'enquête de la mairie. 5 communes seulement déclarent avoir ressenti le séisme avec des intensités faibles (II principalement), toutes situées à une distance comprise entre 180 et 200 km de l'épicentre.

Département de l'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 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 une concentration plus importante est présente dans le sud du département en limite du département de l'Isère.

Département du Doubs (25)

Au final malgré une distance à l'épicentre assez proche, le département du Doubs n'a que peu ressenti l'événement. Seules 7 communes 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. Il sera intéressant de comparer celles-ci avec les séismes récemment étudiés.

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 ce qui a pu jouer sur nombre d'intensités attribuées. Le

séisme a été ressenti dans de rares cas sur Lyon où l'intensité ne dépasse pas II.

Département du Jura (39)

(Sans information collective)

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, ainsi qu'à Villechantria sans bruit mais avec de faibles oscillations d'objets suspendus. Il est probable que d'autres communes aient perçu les secousses sur ce département, mais l'absence de formulaires collectifs n'a pas permis leur détermination.

Département des la Haute-Saône (70)

L'enquête lancée sur 191 communes se révèle négative. Seule la commune de Tremoins relève une très faible vibration. La chute d'une pierre tombale notée sur cette commune n'est pas significative de la secousse.

Territoire de Belfort (90)

(Sans information collective)

Selon le retour des témoignages individuels sur le site internet du BCSF, le séisme a été très

faiblement ressenti à Belfort et Sevenan, principalement dans les étages supérieurs au 3ième. Aucun effet sur les objets n'a été noté. Aucun bruit n'a été relevé sauf pour un témoin à Belfort qui souligne un effet comparable 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, mais l'absence de formulaires collectifs n'a pas permis leur détermination.

Département du Haut-Rhin (68)

Le séisme a été faiblement ressenti sur le sud du département pourtant à une distance inférieure à 200 km. 5 communes nous ont rapporté les effets du séisme dans des intensités faibles. Les distances s'établissent entre 180 et 200 km de l'épicentre déterminé par le RéNaSS.

Références :

- Grünthal, G. (ed.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 EMS-98, *Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 15, Luxembourg, p. 99.
- Di Maro, R. and Tertulliani, A., 1990. The relation between intensity and magnitude for italian earthquakes, *Pageoph* 132, 711-718.
- Sieberg, 17., 1932. Die erdbeben, in *Handbuch der geophysik*, Band IV, 527-686, tabelle 102, p.552.

IV4. Conclusion

Ce séisme de magnitude $M_I=4,9$ (RéNaSS) qui s'est produit en milieu de journée le 8 septembre 2005 a son épocentre à l'ouest du village du Couteray sur la commune de Vallorcine (74). C'est le plus important séisme s'étant produit dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres depuis celui du Grand Bornand (74) le 14 décembre 1994 ($M_I=5,1$). Il faut remonter à 1905 pour trouver des séismes de magnitude supérieure ou comparable dans cette zone (29 avril 1905 - magnitudes entre 5,5 et 6; et 13 août 1905 - magnitude de l'ordre de 4,5).

L'analyse préliminaire des données instrumentales du choc principal et de ses répliques, montre que l'origine du séisme est un brusque coulissage dextre d'une faille verticale orientée W-SW - E-NE. Cette rupture de faille s'est produite à relativement faible profondeur dans le socle cristallin. L'analyse des enregistrements de réplique obtenus lors d'une installation temporaire de 27 stations sismologiques portables est en cours. Elle permettra de préciser les caractères de ce séisme et son lien éventuel avec le séisme du 29 avril 1905, de plus forte magnitude et dont l'épicentre était situé à moins d'une dizaine de kilomètres de celui du 8 septembre 2005.

Le séisme du 8 septembre 2005 n'a pas causé de dommage significatif aux constructions en France. L'intensité macrosismique n'y a atteint V que sur la commune de Sixt-Fer-à-Cheval et a été estimée entre IV et V sur la commune de Vallorcine. 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 par les trois pays sera nécessaire pour confirmer ou infirmer ce dernier point.

Après le séisme du Grand Bornand de 1994, celui d'Annecy-Epagny de 1996 et les deux séismes de 1905, le séisme de Vallorcine du 8 septembre 2005 confirme que le département de la Haute-Savoie fait partie des zones sismiques les plus actives du territoire métropolitain.

