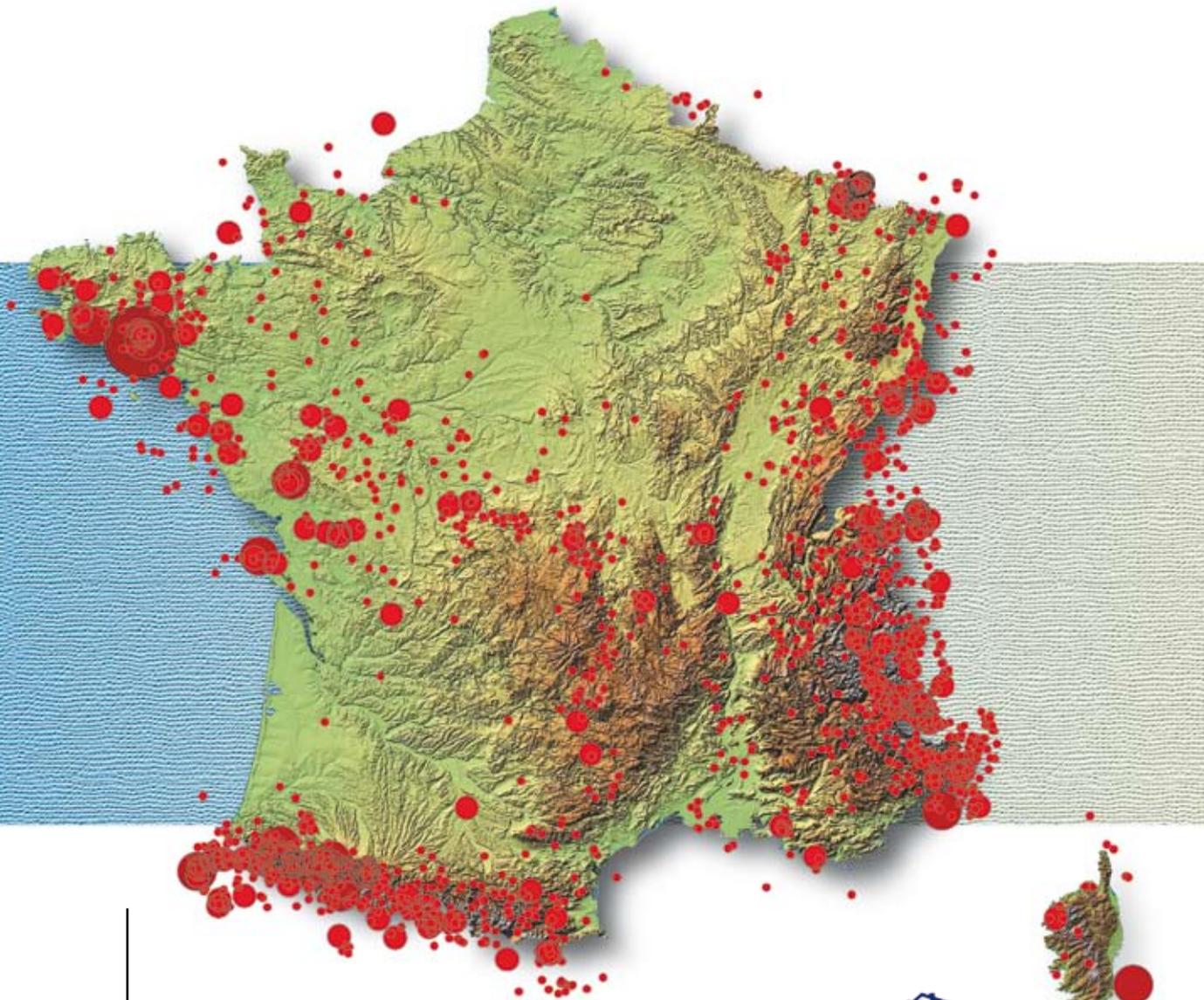


Observations sismologiques



Sismicité de la France
en 2000, 2001 et 2002



BCSF

**Bureau Central
Sismologique
Français**

Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre



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.15
- 4.2 Région Ouest	p.19
- 4.3 Région Nord-Est	p.23
- 4.4 Région Sud-Est	p.26
5 - Fiches séismes	p.31
6 - Publications (de 2000 à 2002) : Sismicité et tectonique active en France	p.111
7 - Annexes	
■ Annexe I : échelle d'intensité EMS98	p.120
■ Annexe II : formulaires d'enquêtes macrosismiques	p.121
■ Annexe III : coordonnées des stations de surveillance sismique en France métropolitaine	p.128
■ Annexe IV: contacts des réseaux sismologiques	p.137
■ Annexe V : glossaire des sigles	p.141

1. Introduction

Le Bureau central sismologique français (BCSF) a pour mission de collecter les observations sismologiques relatives à la France et de faciliter leur diffusion. Depuis la dernière publication (2002) qui portait sur la sismicité en métropole de 1997 à 1999, les procédures de traitement des observations macrosismiques ont fortement évolué. L'échelle d'intensité EMS98 a d'une part été introduite systématiquement à partir du 1^{er} janvier 2000 et le développement des enquêtes individuelles, notamment grâce à l'outil Internet, a permis plus de réactivité et la prise en compte de nouvelles sources d'information.

Les données dont nous faisons état ici portent sur la sismicité de 2000 à 2002. Ces données acquises sur fonds publics sont d'accès libre. Certaines sont détenues par le BCSF à Strasbourg, d'autres par différents centres de données ou laboratoires des universités et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) ; d'autres, enfin, proviennent du Département analyse surveillance environnement du commissariat à l'énergie atomique (CEA-DASE).

Comme dans la précédente publication, seules les données relatives au territoire métropolitain sont rapportées. Celles portant sur la sismicité des Antilles feront l'objet d'un volume spécial «Antilles» couvrant la période 2000-2005.

Les données sur la sismicité instrumentale proviennent essentiellement du Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS) et du réseau du Laboratoire de détection et de géophysique du CEA-DASE (LDG). Afin de donner l'information la plus complète possible pour chaque séisme, nous indiquons 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» de stations sismologiques. Enfin, pour certains événements, nous rapportons également des données du Réseau accélérométrique permanent (RAP) qui s'est rapidement développé pendant la période couverte par cette publication.

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 civiles avec, depuis 2001, des compléments provenant des enquêtes individuelles. Ces enquêtes individuelles correspondent à des témoignages spontanés de particuliers. Parvenant au BCSF sur des formulaires papier ou via le site internet le nombre de témoignages individuels a progressivement augmenté. Il y avait déjà 1500 témoignages pour le séisme de Nice du 25 février 2001 ($M_L=4,5$).

Chaque événement de magnitude locale supérieure à 3,5 ayant donné lieu à une enquête macrosismique exploitable entre 2000 et 2002 fait l'objet d'une fiche illustrée d'une carte topographique et d'une carte macrosismique. Les commentaires sur le contexte sismotectonique de chaque région épicentrale sont toutefois présentés différemment de ceux de la publication précédente: afin d'éviter des redites, une présentation par grand secteur géographique précédant les «fiches séisme» a été introduite.

Les paramètres instrumentaux déterminés par le RéNaSS et par le LDG sont systématiquement reportés sur ces fiches (coordonnées de l'épicentre, profondeur du foyer, magnitude). La localisation dite «BCSF» 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. En plus de la localisation et de la magnitude, les événements les plus importants ont généralement donné lieu à une ou plusieurs déterminations du mécanisme au foyer. Nous avons reporté ces solutions sur les cartes qui accompagnent les fiches de synthèse (demi-sphère focale inférieure et zones d'ondes P compressives en gris) avec les conventions usuelles.

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. Contrairement aux publications antérieures du BCSF, nous avons introduit 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.

En complément des «fiches séismes», 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>) de l'Ecole et Observatoire de Sciences de la Terre à Strasbourg. Les données accélérométriques sont quant à elles disponibles sur le site Internet du RAP (<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/>) de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble.

Enfin, comme dans la précédente publication, on trouvera ici une liste de l'ensemble des publications de la période 2000-2002 concernant la sismicité en France ou zones limitrophes et issues de laboratoires français.

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 et du CEA pour les données instrumentales, personnels des Services interministériels de défense et de protection civiles des préfectures, services des mairies, gendarmeries, directions départementales de l'équipement et casernes de sapeurs-pompiers pour les données macrosismiques. Que tous soient ici remerciés de leur contribution.

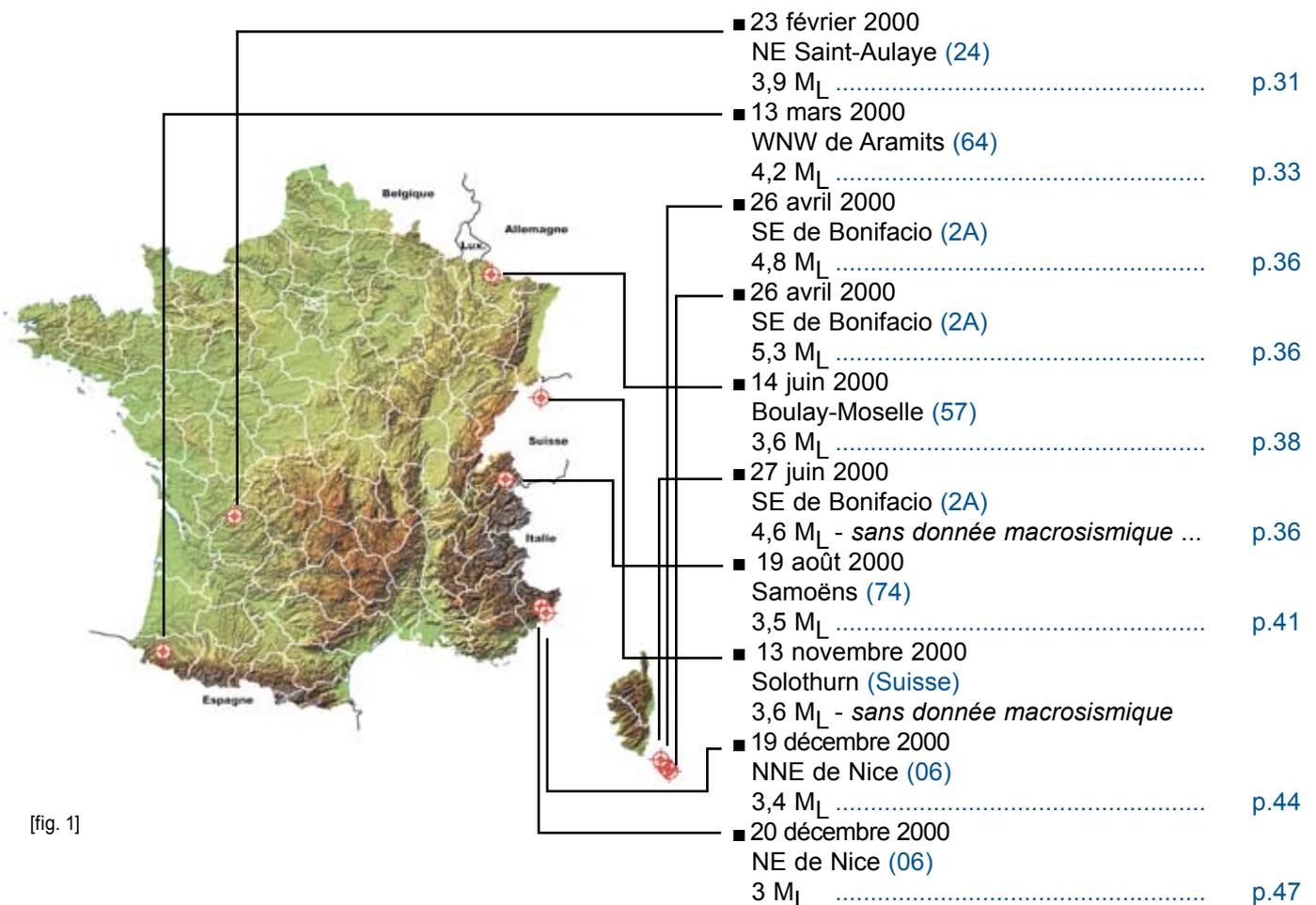
Michel Cara

Directeur de l'Ecole et observatoire
des sciences de la Terre,
et du Bureau central sismologique français

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

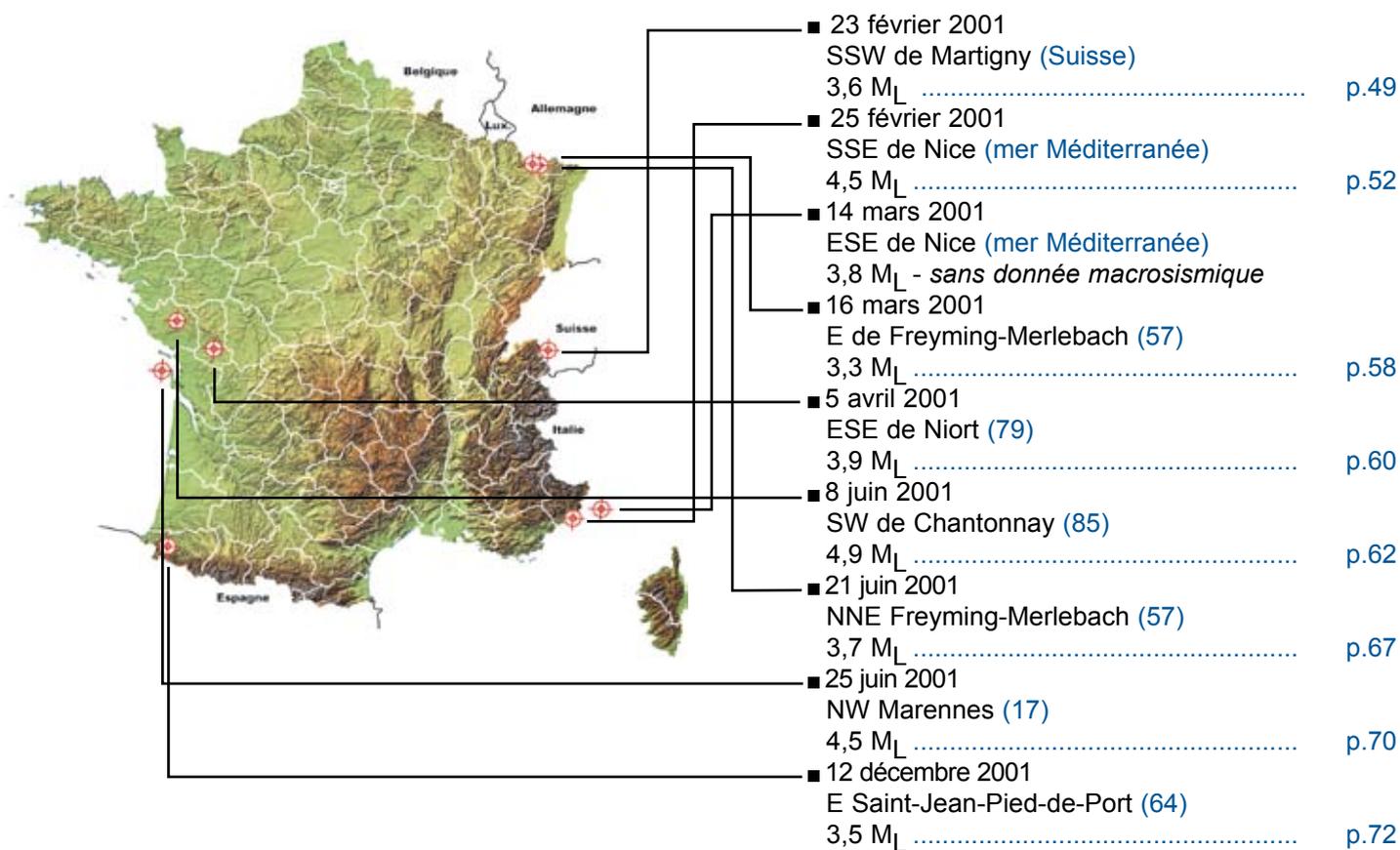
Les magnitudes locales indiquées ici, sont les valeurs calculées pas le RéNaSS. Les séismes sans donnée macrosismique ne comportent pas de description dans cette publication. Plusieurs raisons peuvent avoir été à l'origine de ce manque de données : un décalage important entre l'épicentre instrumental 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 intéressants.

2000



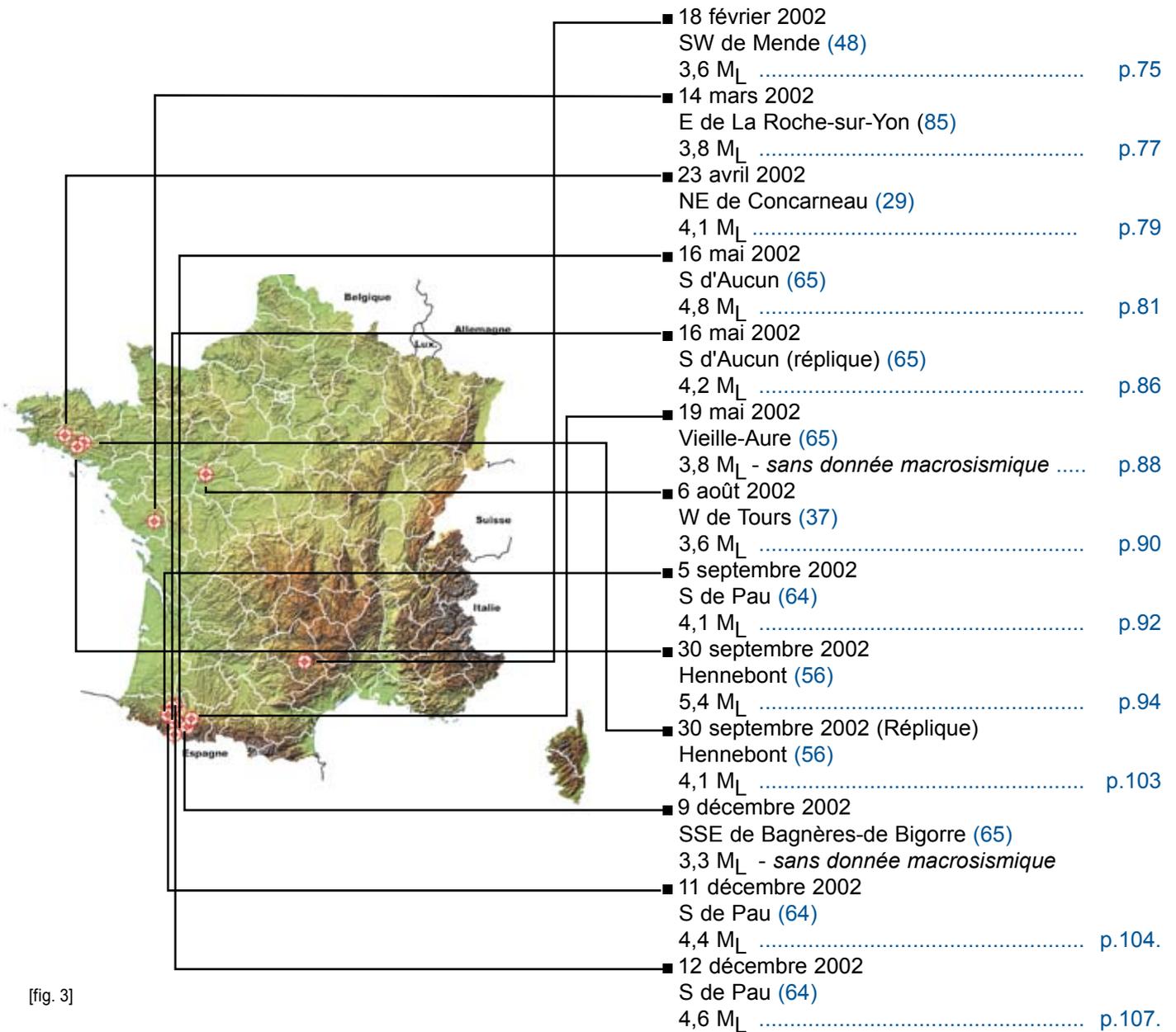
[fig. 1]

2001



[fig. 2]

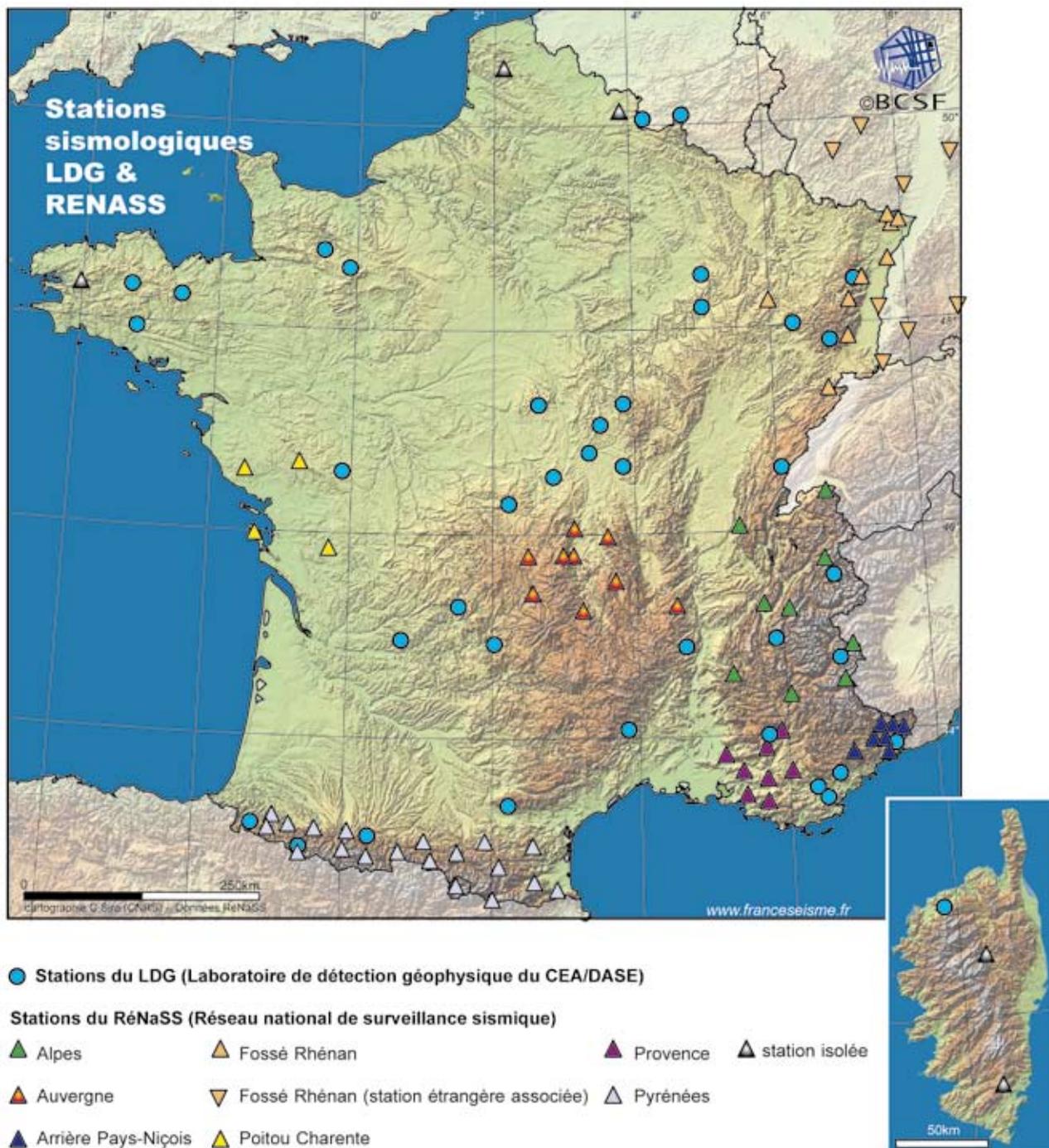
2002



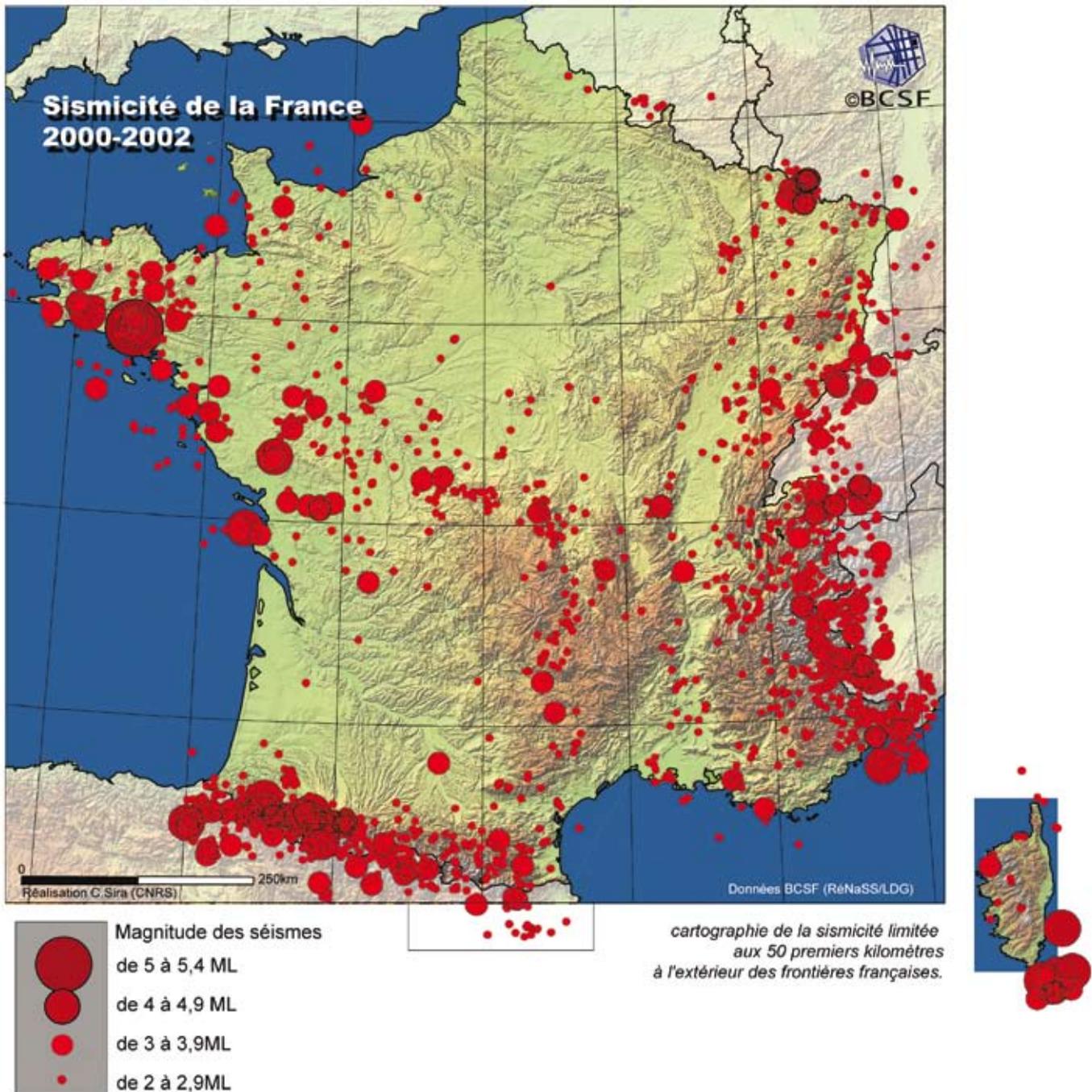
[fig. 3]

3. Sismicité instrumentale

[fig. 4] Stations sismologiques utilisées par "la solution BCSF" au 01/11/2005



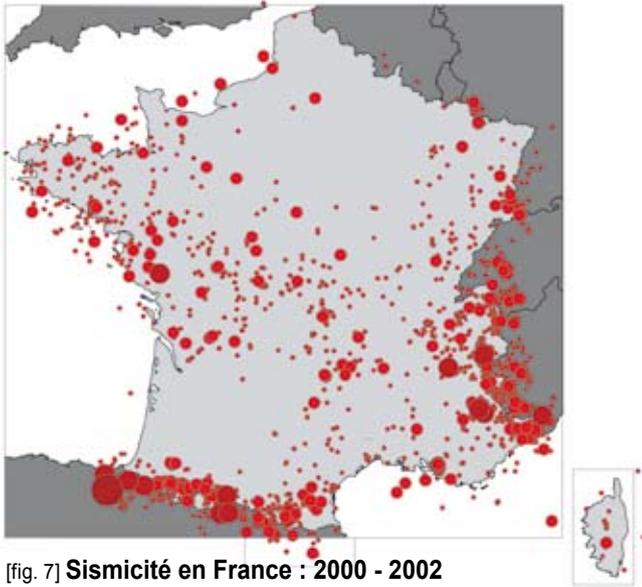
[fig. 5] Sismicité de la France 2000-2002



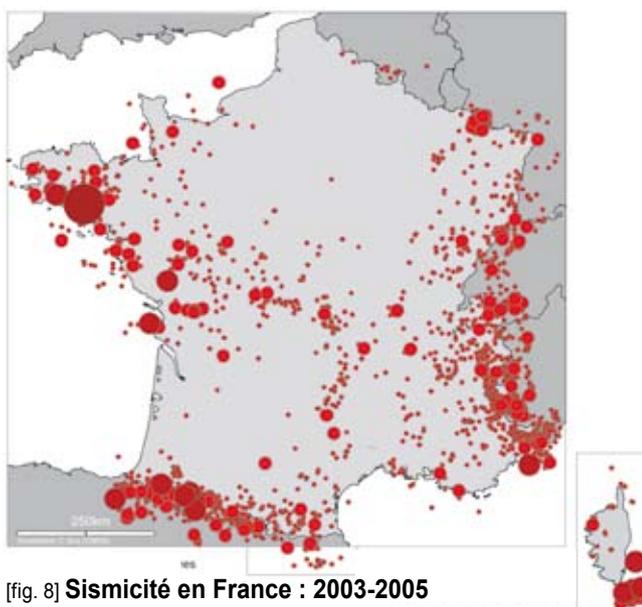
Les épicentres reportés sur la carte ci-dessus et dont les caractéristiques figurent dans le CD-ROM, sont calculés à partir des seules données du RéNaSS et du LDG (solution dite BCSF dans les fiches «séisme» de ce volume). La règle générale retenue pour ces localisations est de restreindre les données 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.

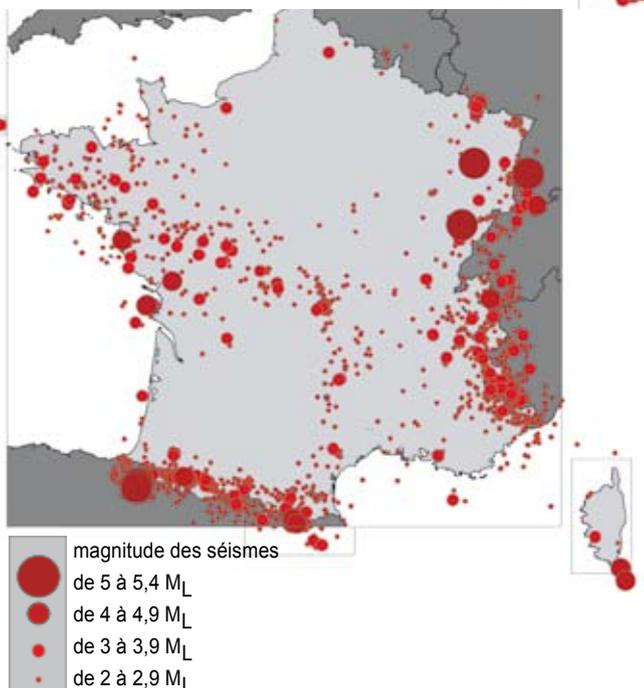
[fig. 6] Sismicité en France : 1997 - 1999



[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 2000-2002, 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 ReNaSS 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 Armoricaïn, 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-Forêt au nord de Strasbourg). D'autres sont liés aux répliques des séismes les plus importants. Les événements de magnitudes inférieures 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 (RENaSS)), 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 Armoricaïn, 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'augmenta-

tion 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.

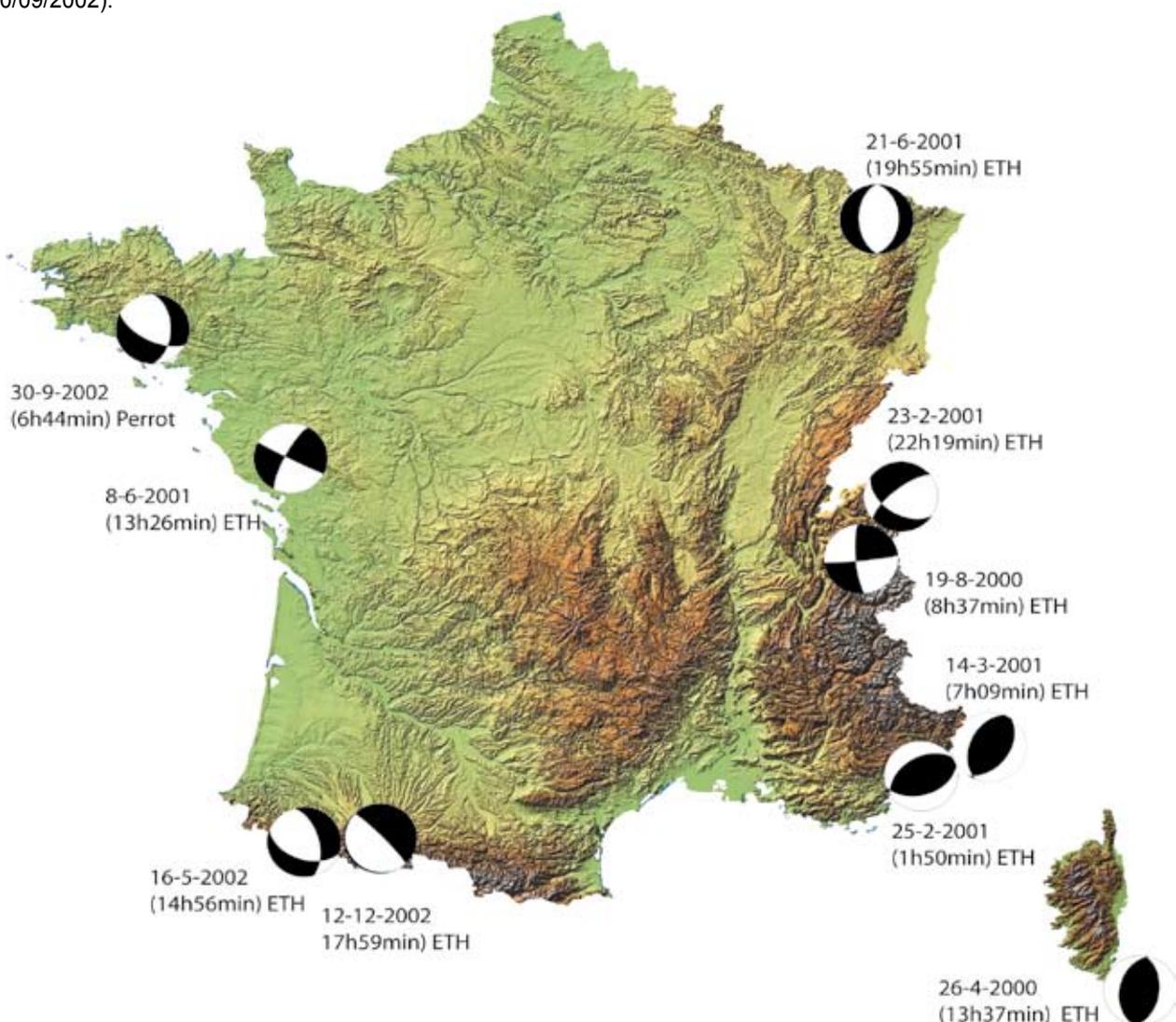
Les différences majeures en termes de nombre de séismes pour les trois périodes sont dues aux répliques du séisme de Rambervillers, aux répliques des séismes de la région de Pampelune ainsi qu'à une activité microsismique soutenue proche de Barcelonnette sur la période 2003-2005. Mais la majeure partie 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 évènements

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.

Mécanismes au foyer des principaux événements sismiques (2000-2002)

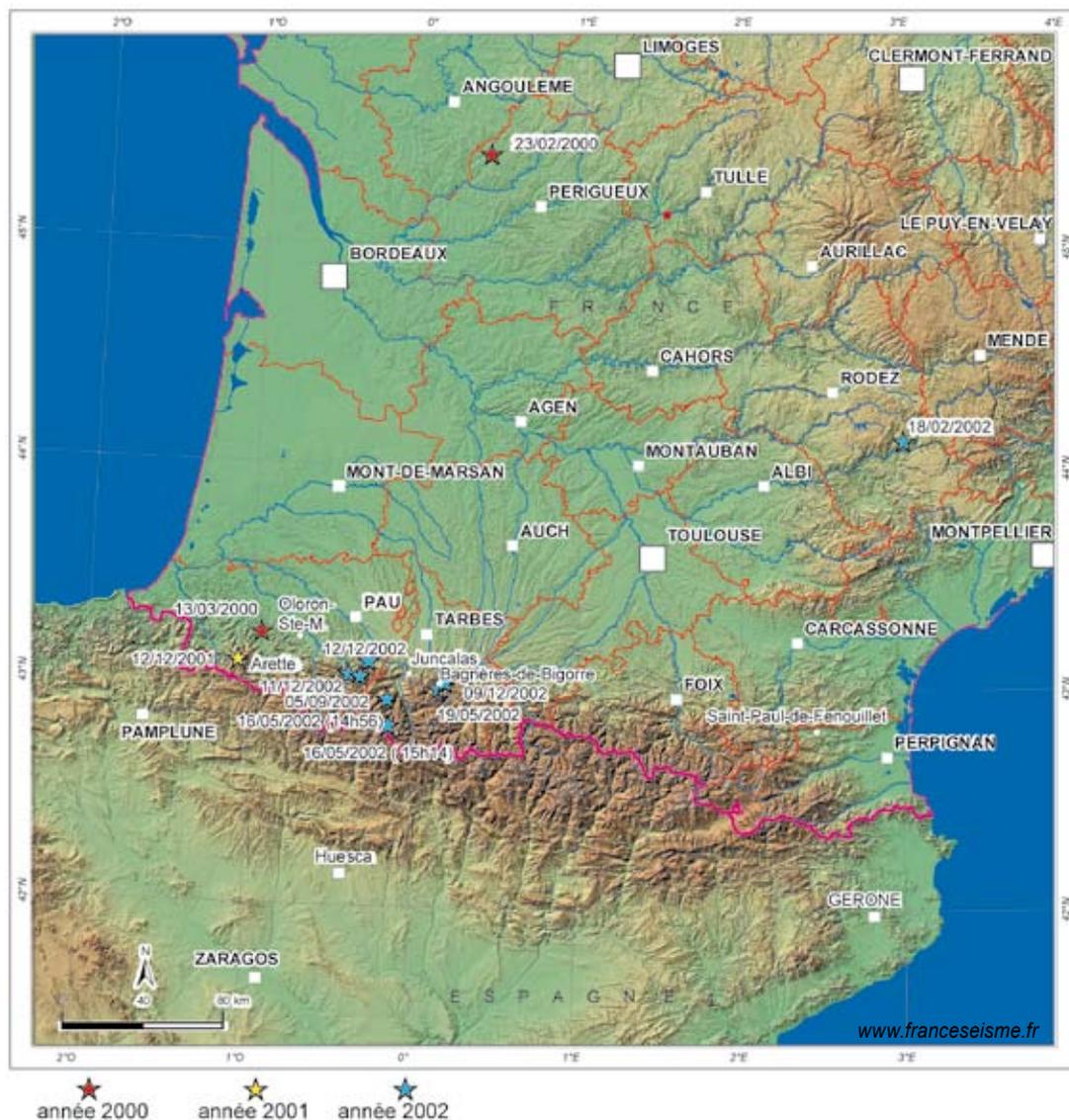
[fig. 9] Les mécanismes au foyer des principaux événements couverts par la présente publication sont regroupés sur la carte ci-dessous (solution SED-ETH résultant de l'analyse des données large-bande européennes à l'exception du séisme de Hennebont du 30/09/2002).



4 - Sismicité régionale et contextes tectoniques

4.1 Région Sud-Ouest

[fig. 10] Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2000 - 2002



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 tectonique.

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 (Mattauer, 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 Nuvel1 (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, sub-verticale, 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 déformation 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 cette zone est faible et de magnitude modérée. A l'extrémité orientale de la chaîne, un séisme de magnitude $M_L(\text{RENASS}) = 5,6$ s'est produit 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).

Au nord du chevauchement Nord Pyrénéen, l'exploitation du gisement de gaz de Lacq induit 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).

La zone axiale, limitée au nord par 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 de 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 ($5,3 M_L(\text{LDG})$ le 13/08/1967, $5,1 M_L(\text{RENASS})$ 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 $M_L(\text{RENASS}) = 4,9$ s'y est produit le 27/10/1998 ainsi que les 18 et 30 septembre 2004 de magnitude $M_L(\text{RENASS}) = 5,2$ 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'Arrette, 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 NW-SE. 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 épicertrale 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 épicertrale comprise entre VIII et IX ont eu lieu dans les Pyrénées, deux sur la région ouest de la faille Nord Pyrénéenne en Bigorre (Bagnères, $I_0 = \text{VIII-IX}$ en 1660 et Juncalas, $I_0 = \text{VIII}$ en 1750), deux dans la partie centrale de la chaîne au sud de la faille Nord Pyrénéenne (Ribagorza, $I_0 = \text{VIII-IX}$ en 1373 et Viella, $I_0 = \text{VIII}$ en 1923).

Sismicité 2000-2002

La sismicité des Pyrénées a été relativement importante sur la période couverte par cette publication avec six séismes de magnitude dépassant 4 ($M_L(\text{RENASS})$). Les événements traités dans ce document et qui ont eu lieu dans cette région sont :

13 mars 2000

NW de Aramits ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,2$

12 décembre 2001

SE de Saint-Jean-Pied-de-Port ; $M_L(\text{RENASS}) = 3,5$

16 mai 2002

S d'Aucun ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,8$

16 mai 2002

NW de Vieille-Aure ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,2$

19 mai 2002

Vieille-Aure ; $M_L(\text{RENASS}) = 3,8$ - sans donnée macrosismique

5 septembre 2002

S de Pau ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,1$

9 décembre 2002

SE de Bagnères-de Bigorre ; $M_L(\text{RENASS}) = 3,3$

11 décembre 2002

S de Pau ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,4$

12 décembre 2002

SE de Pau ; $M_L(\text{RENASS}) = 4,6$

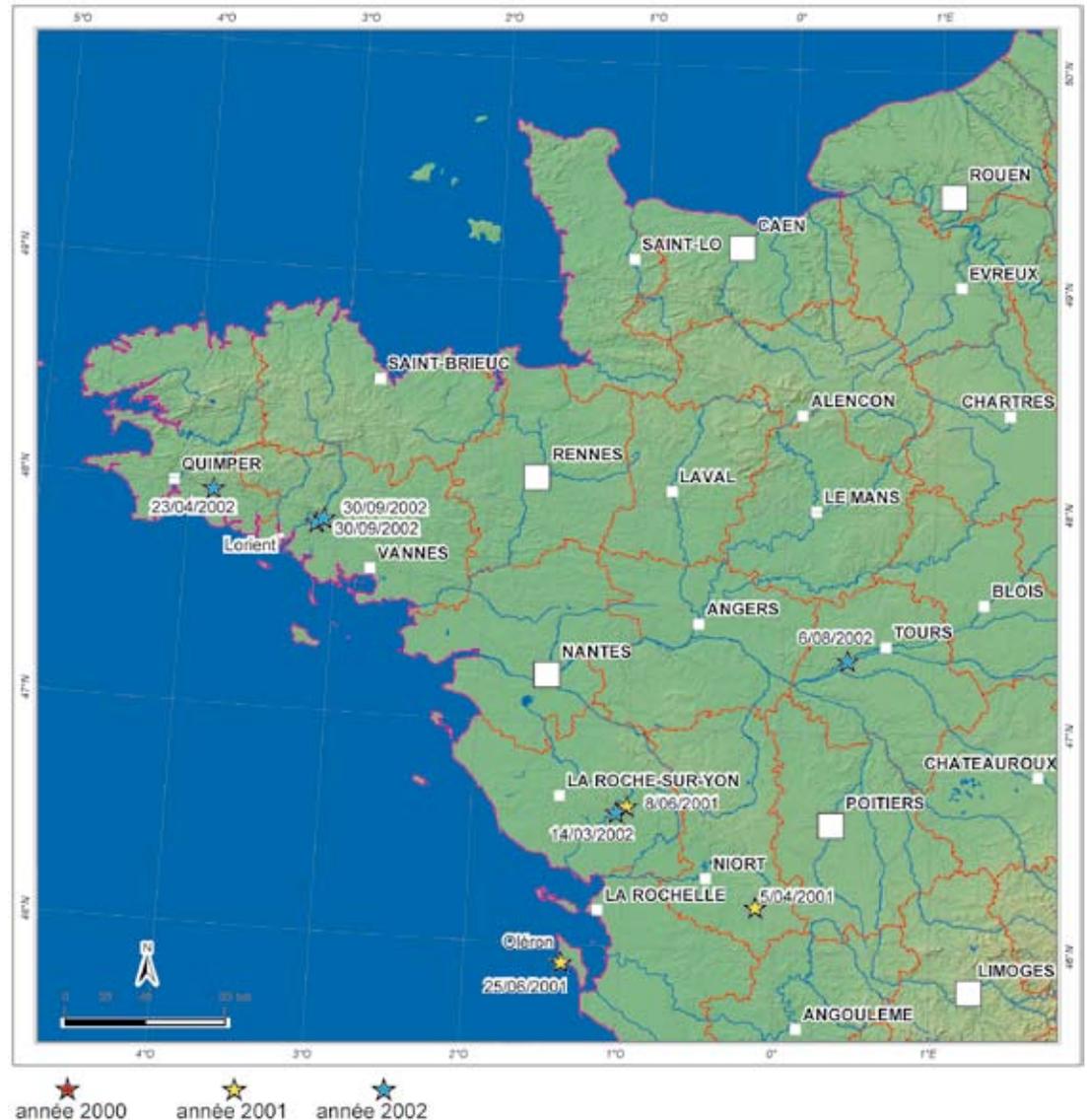
La plupart de ces événements peuvent être associés à la partie occidentale de la zone axiale, donc à proximité de la faille Nord Pyrénéenne (FNP) sauf trois séismes : le séisme d'Aramits (13-3-2000, $M_L(\text{RENASS}) = 4,2$) dans la zone Nord Pyrénéenne et les deux séismes du 16 mai 2002, à 18 minutes d'intervalle au sud d'Aucun, dans la zone sud pyrénéenne ($M_L(\text{RENASS}) = 4,8$ et $4,2$).

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).
- Choukroune P., Tectonic evolution of the Pyrenees, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 20, 143-158, (1992).
- 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).
- 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-Beyneix J., H. Haessler et T. Modiano, The pyrenean earthquake of February 29, 1980: an example of complex faulting, *Tectonophysics*, 85, 273-290, (1982).
- 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).
- 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. Delpéch, 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., 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).
- Rigo A., A. Souriau, N. Dubos, M. Sylvander et C. Ponsolles, Sismotectonic interpretation of a microseismicity analysis in the central part of the Pyrenees (France), *J. Seismology*, 9, 2, 211-222, (2005).
- 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 M. Sylvander, Les séismes dans les Pyrénées, Loubatieres ed., Porter sur Garonne, France, 163 p., (2004).
- 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).
- 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 Ouest

[fig. 11] Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2000 - 2002



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 iden-

tifiable 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.

A 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 NE-SW (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 (Judenhert 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., 1987, 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.

Sismicité antérieure à 2000

« L'Armorique » a connu un passé sismique notoire avec des intensités épacentrales 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 épacentres 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-armoricaire [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 Coblentz, 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 ($10=VII$, $M_L(LDG)=5,7$ 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 (Delhaye, 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.

Sismicité 2000-2002

Les séismes ayant affecté cette région au cours des années 2000 à 2002 et ayant fait l'objet d'une enquête macrosismique ($M_L(RENASS) \geq 3,5$) sont :

23 février 2000

NE de Saint-Aulaye ($M_L(RENASS)=3,9$)

5 avril 2001

SE de Niort ($M_L(RENASS)=3,9$)

8 juin 2001

SW de Pouzauges ($M_L(RENASS)=4,9$)

25 juin 2001

NW de Marennes ($M_L(RENASS)=4,5$)

14 mars 2002

SE de la Roche-sur-Yon ($M_L(RENASS)=3,8$)

23 avril 2002

NE de Concarneau ($M_L(RENASS)=4,1$)

6 août 2002

NW de Tours ($M_L(RENASS)=3,6$)

30 septembre 2002 et sa réplique principale
près d'Hennebont ($M_L(RENASS)=5,4$ et $4,1$).

Les séismes de Concarneau et d'Hennebont sont à proximité de la ZCSA. Le séisme d'Hennebont est l'événement le plus fort sur le territoire métropolitain sur la période 2000-2002 et le plus important enregistré dans le nord-ouest de la France depuis le séisme du 7 septembre 1972. Il a fait l'objet de travaux détaillés (Perrot et al., 2005) dont les éléments principaux sont résumés dans la fiche du séisme. La zone de rupture associée au séisme d'Hennebont 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 compatible avec la transition fragile – ductile de la zone. Les autres séismes de la période 2000-2002 se répartissent entre les différentes structures de la branche sud de la ZCSA sauf le séisme du 6 août 2002, près de Tours, qui pourrait être associé à la prolongation vers l'est de la branche nord de la ZCSA. Ces événements confirment l'activité non négligeable de la région, sur des structures de grande dimension mais soumises à des déformations très lentes ce qui implique des périodes de temps très longues entre les plus importants séismes.

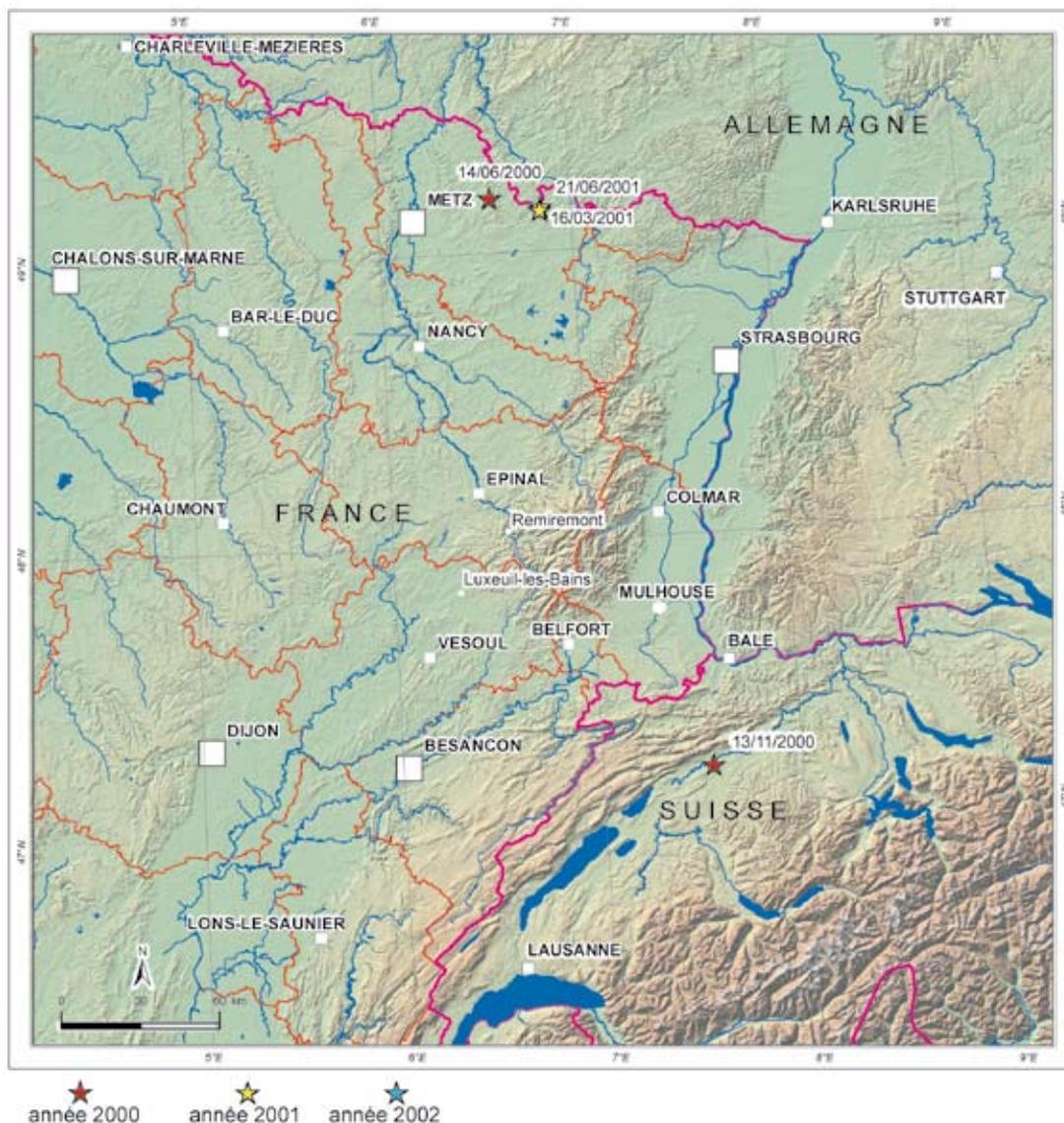
Références citées :

- 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., Tectonique et dynamique du relief: le socle armoricain au Pléistocène, Thèse, Université Rennes I, Rennes, 352 p., (1998).
- 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).
- 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).
- Delhaye 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. Coblentz, Origins of the European regional stress field, *Tectonophysics*, 226, 11-24, (1996).

- Judenherc S., M. Granet, J. P. Brun, G. Poupinet, J. Plomerov'a, 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 B. N. P. Agarwal, Topography of the Moho undulations in France from gravity data: their age and origin, *Tectonophysics*, 350, 193-213, (2002).
- Lefort J. P. et J. D. Poulpiquet, Corrélations entre les profils de sismique réflexion profonde ECORS-Gascogne et ECORS-Nord de la France au travers de la suture sud-armoricaine, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 12, 8, 321-330, (1990).
- 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. Delpéch, 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. Chantraine, 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 Armoricain 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. 12] Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2000 - 2002



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'Éocène (~40 Ma). Ce système de rift s'étend depuis la Mer du Nord jusqu'à la Méditerranée (Brun et al., 1991 ; Echter, 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 jus-

qu'à l'actuel. Le réseau hydrographique jeune incisant des terrasses quaternaires au front du Jura (SE de la Serre, Forêt de Chau) 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 Rhéan atteignent une épaisseur de plus de 3300 m. Les terrasses fluviatiles 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 actives 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). 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°) et la contrainte minimale horizontale est orientée N45°. 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 Rhéan la contrainte maximale horizontale tend à s'orienter N160° (Plenefisch and Bonjer, 1997). Dans la couverture sédimentaire du Jura, la contrainte maximale horizontale S_H , 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 Rhéan se traduisant par le relèvement des Vosges du sud (et de la forêt Noire) et la subsidence relative du Fossé Rhéan.

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 ($l_o = VIII$) 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 épiscopale estimée à VIII, les crises de l'année 1973 dominées par l'événement du 22/02/1973 ($M_L(LDG) = 4,1$), et la crise de Remiremont de décembre 1984 avec son

paroxysme le 29/12/1984 ($l_o = VI$, $M_L(LDG) = 4,8$). 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°, 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 mécanisme au foyer calculé pour le séisme d'Epinal en 1974 est comparable. L'ensemble est compatible avec le champ de contraintes régional. Les séismes de 849, 1682 et 1984 se répartissent géographiquement du sud au nord.

L'activité sismique du Fossé Rhéan est diffuse et difficilement corrélable à des accidents en surface. La sismicité augmente dans la zone de transition entre le Fossé Rhéan et le Jura. La région du Sundgau subit une forte activité sismique comme en témoigne la crise de Mulhouse de 1980, avec l'événement principal du 15/07/1980, $M_L(LDG) = 4,9$, $l_o = VI-VII$. 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 Rhéan est limitée au sud par les plis et chevauchements du Jura Frontal et le seuil Rhin-Saône. L'événement marquant du Fossé Rhéan est le séisme de Bâle (Suisse) du 18/10/1356, ($l_o = IX$), l'un des plus importants séismes ressentis en France et le plus important connu au nord des Alpes.

La zone frontale de l'arc du Jura correspond essentiellement à un chevauchement relayé localement par des plis faillés. Elle est active depuis le Miocène supérieur (~ 10 Ma). La déformation de la couverture, plissée et décollée du socle, est associée à des décrochements senestres le long d'accidents N0 à N20, donnant à certains plis une allure sigmoïdale. La morphologie souligne clairement les plis et les décrochements associés au chevauchement. L'ensemble du Front du Jura est actif et marqué par une sismicité instrumentale moyenne ($M_L(LDG) < 4,5$) et une sismicité historique assez bien corrélée aux accidents frontaux où des mouvements récents sont reconnus. La région du Jura a été touchée par trois séismes notables, proches de la zone frontale. Le séisme du 18/01/1155, $l_o = VII$, dans la région de Lons-le-Saunier (Jura), région où l'on observe actuellement un essaim de microsismicité. Le séisme du 30/10/1828, $l_o = VII$, aux environs de Besançon, qui se situe au niveau de la zone frontale du Jura. Le séisme du 21/06/1971, $M_L(LDG) = 4,8$, $l_o = VII$, « 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, $l_0 = \text{VII-VIII}$.

La sismicité instrumentale à proximité du horst de Mulhouse-Altkirch est principalement associée à la crise de juillet 1980 concentrée dans la zone nord du Horst. La sismicité historique, plus diffuse (1239, 1784, 1444, 1372), est située le long du flanc ouest et à proximité des failles normales orientées NS à N30.

Sismicité sur la période 2000-2002

La sismicité du secteur Nord-Est a été particulièrement faible au cours de la période couverte par

cette publication.

Les séismes de la région nord-est ayant fait l'objet d'une enquête macrosismique sont :

14 juin 2000

($M_L(\text{RENASS})=3,6$) dans la région de Boulay-Moselle (57),

16 mars 2001 ($M_L(\text{RENASS})=3,3$)

21 juin 2001 ($M_L(\text{RENASS})=3,7$) ces deux derniers étant dans la région de Freyming-Merlebach (57).

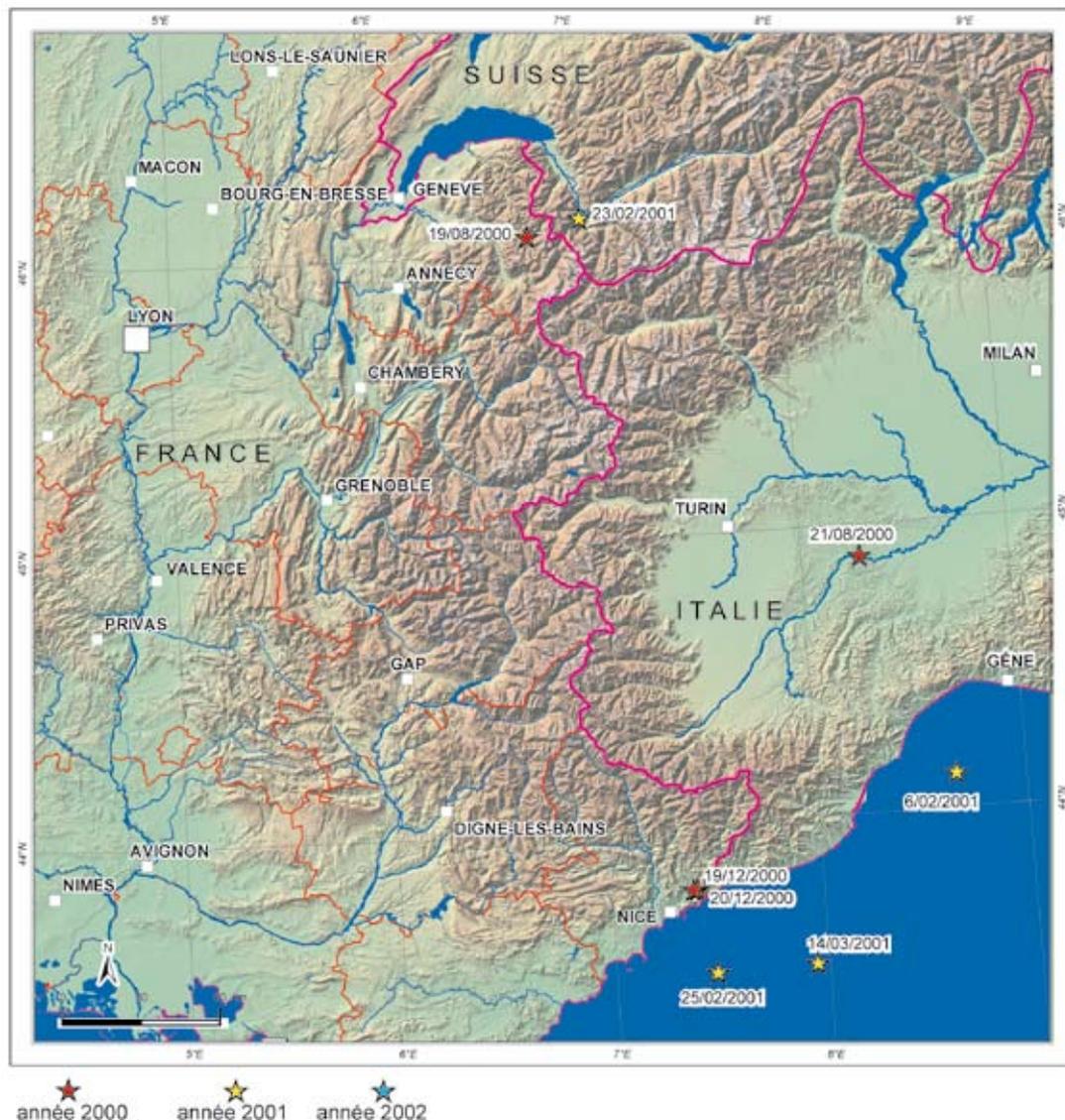
Ces trois événements modérés sont très proches les uns des autres, à moins de 25 km. Cette région n'est pas connue pour être le siège de déformations tectoniques notables, par contre la majeure partie des nombreux événements détectés dans ce secteur sont en relation avec les exploitations minières actuelles ou passées.

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).
- 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).
- 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 International*, 154, 72-88, (2003).
- 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*, p. 347-358, (1988).
- Plenefish T. et K. P. Bonjer, The stress field in the Rhine Graben area inferred from earthquake focal mechanisms and estimation of frictional parameters, *Tectonophysics*, 275, 71-97, (1997).
- Theobald N., H. Vogt et O. Wittmann, Néotectonique de la partie méridionale du bloc rhénan, *Bull. BRGM*, 2, 121-140, (1977).
- Vogt H., Étude géomorphologique du rebord sud-occidental du Fossé rhénan., Thèse d'état, Université Strasbourg, Strasbourg, p., (1980).

4.4 Région Sud-Est

[fig. 13] Localisation BCSF des principaux séismes sur la période 2000 - 2002



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

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 (Rouze 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. Pendant la période couverte par cette publication, deux événements marquent l'activité au front des massifs cristallins externes. Ce sont les séismes du 17 août 2000 ($M_L(RENASS) = 2,9$) à 15 km au sud de Grenoble et du 3 décembre 2000 ($M_L(RENASS) = 2,9$) à 14 km à l'est de Grenoble, sur la bordure du massif de Belledonne.

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) décrochantes 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 $M_L(RENASS) = 5,2$ 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 ($M_L(RENASS) = 4,7$).

Déformation récente et sismicité du Jura

La structuration du Jura a commencé au Miocène. 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. Dans la couverture sédimentaire du Jura, la contrainte maximale horizontale, décollée 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 NW-20°, probablement associés à des accidents du socle. Cette zone est limitée au sud par le chevauchement interne à la bordure du bassin molassique et au nord par le chevauchement frontal. La sismicité apparaît plus importante au voisinage des chevauchements internes et frontaux et reste diffuse au sein même du domaine.

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, $I_0 = VII$, Jura, (Lons le Saunier), du 30/10/1828, $I_0 = VII$, aux environs de Besançon et du 21/06/1971, $M_L(LDG) = 4,8$, $I_0 = VII$ à proximité du barrage de Vouglans (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, $I_0 = VII-VIII$.

Sismicité 2000-2002

La sismicité des Alpes est restée très modérée sur la période 2000-2002. Bien que ce soit la région du territoire métropolitain où la sismicité est la plus forte avec les Pyrénées, aucun événement de magnitude supérieure à 4,5 n'y a eu lieu.

Les événements traités dans ce document et qui ont eu lieu dans cette région sont :

19 août 2000

près de Samoëns ; $M_L(RENASS) = 3,5$

13 novembre 2000

près de Solothurn (Suisse); $M_L(RENASS) = 3,6$

19 et 20 décembre 2000

au NE de Nice ; $M_L(RENASS) = 3,4$ et 3,0

23 février 2001

au SO de Martigny; $M_L(RENASS) = 3,6$

25 février 2001

au SE de Nice ; $M_L(RENASS) = 4,5$

14 mars 2001

au SE de Nice ; $M_L(\text{RENASS}) = 3,8$

Ces séismes sont répartis sur trois secteurs. Les événements des 19 août 2000 et 23 février 2001 ont eu lieu dans les Alpes du Nord. Le séisme

du 13 novembre 2000 a eu lieu à la limite Jura-Bassin Molassique. Les trois autres séismes ont eu lieu dans la région de Nice. Le séisme le plus fort sur la période est celui du 25 février 2001, en mer Ligure au sud de Nice. Une synthèse sismo-tectonique lui est consacrée dans sa fiche.

Références citées :

- 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 micro-seismicity in the south-east of France, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 15, 1782, (2003).
- 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).
- 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. Courboulex, 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., N. Béthoux et B. Madeddu, Instrumental Seismicity of the Western Alps: A Revised Catalogue, *Pure and Applied Geophysics*, 152, 707-731, (1998).
- Nicolas M., J. P. Santoire et P. Y. Delpéch, Intraplate seismicity: new seismotectonic data in Western Europe, *Tectonophysics*, 179, 27-53, (1990).
- 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).
- Rebañ 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).
- Ray D., T. Quarta, P. Mouge, M. Miletto, R. Lanza, A. Galdeano, M. T. Carrozzo, 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., 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).

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).

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).

5 - Fiches séismes

Séisme du 23 février 2000 nord-est Saint-Aulaye (Dordogne)



HEURE
en temps universel :
15h46min
en temps légal :
16h46min

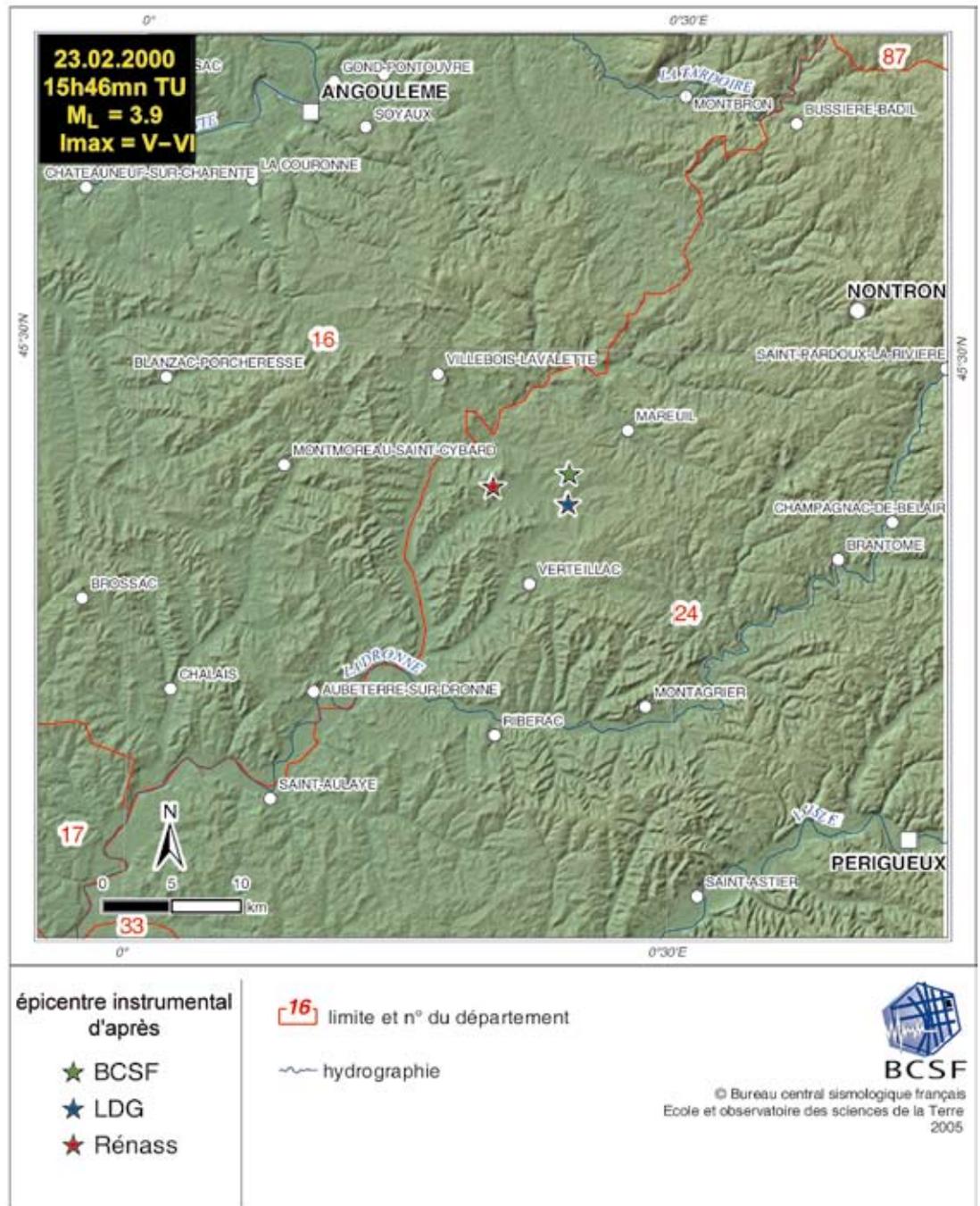
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,9 M_L
LDG : 4,1 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 45,41° N
long. : 0,33° E
profondeur : 7 km

LDG
lat. : 45,40° N
long. : 0,4° E
profondeur : 3 km

BCSF
lat. : 45,42° N
long. : 0,4° E
profondeur : 5 km



[fig. 14]

**DONNÉES
MACROSISMQUES**

intensité
maximale : V-VI
formulaire
collectés : 236
secousse ressentie
dans 55 communes

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

surface : 1116 km²
population : 62 000 h.
communes : 75

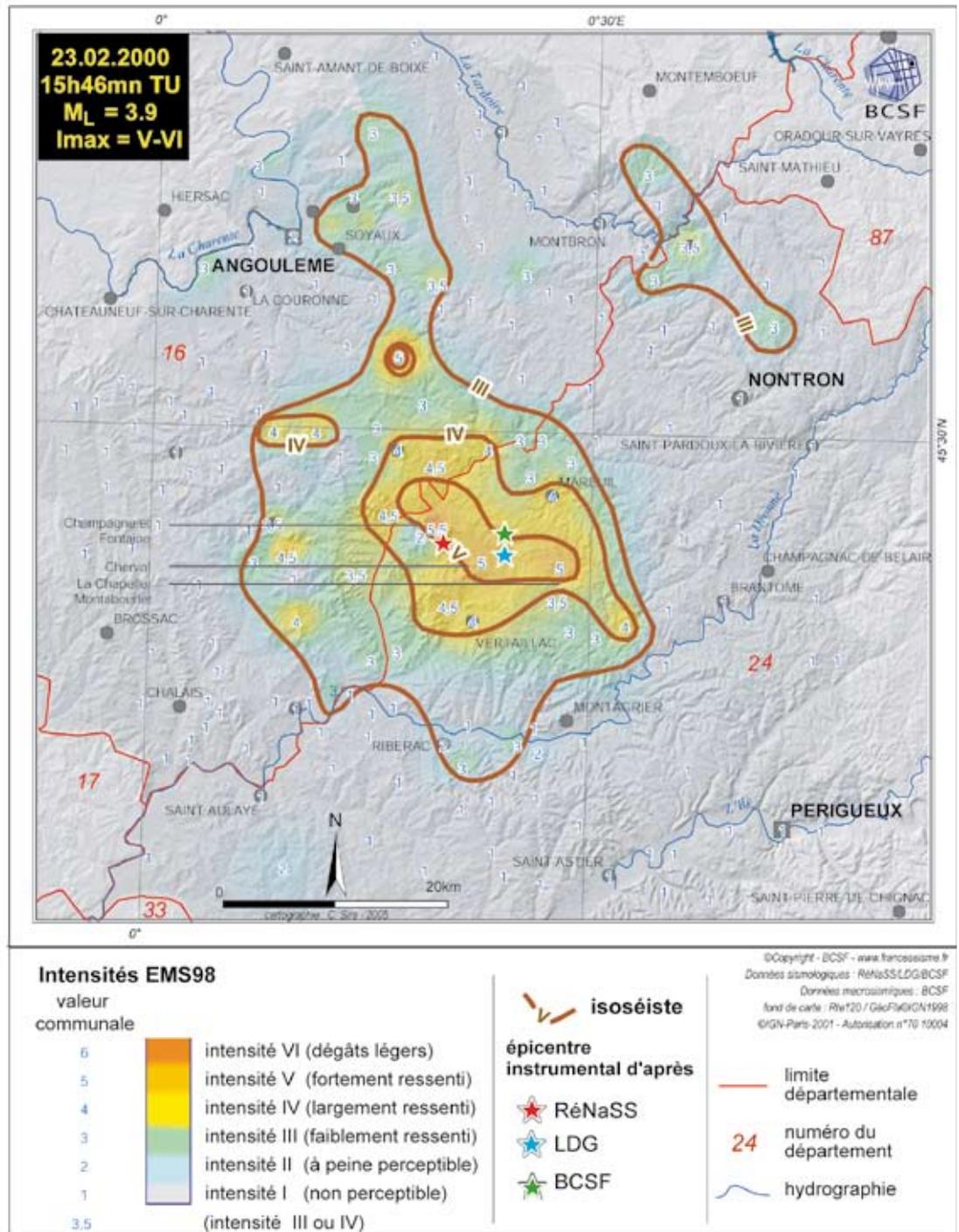
Dégâts signalés
dans 11 communes

Observations macrosismiques

Cette secousse a été enregistrée en milieu d'après-midi (16h46 min. heure locale). Localisée en Dordogne, dans le pays Ribérais, au NE de Saint-Aulaye, elle a été ressentie dans un rayon de 20 km avec une extension des effets vibratoires vers le nord jusqu'à 40 km (département de la Charente - commune de Brie - intensité III).

Dans un rayon de 10 km autour de l'épicentre, une forte secousse a été perçue par les habitants atteignant localement l'intensité maximale V ou

VI à Champagne-et-Fontaine où des dégâts sur les toitures ont été indiqués par la mairie. On peut également noter une amplification des effets dans le pays de Bussière-Badil au NNW de Nontron à une trentaine de kilomètres de l'épicentre (intensité III-IV), ainsi qu'à l'est d'Angoulême. ■



[fig. 15]

Séisme du 13 mars 2000 nord-ouest d'Aramits (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE
en temps universel :
04h16min
en temps légal :
05h16min

MAGNITUDE
RénaSS : 4,2
LDG : 3,8 ML
RSSP : 3,7 ML

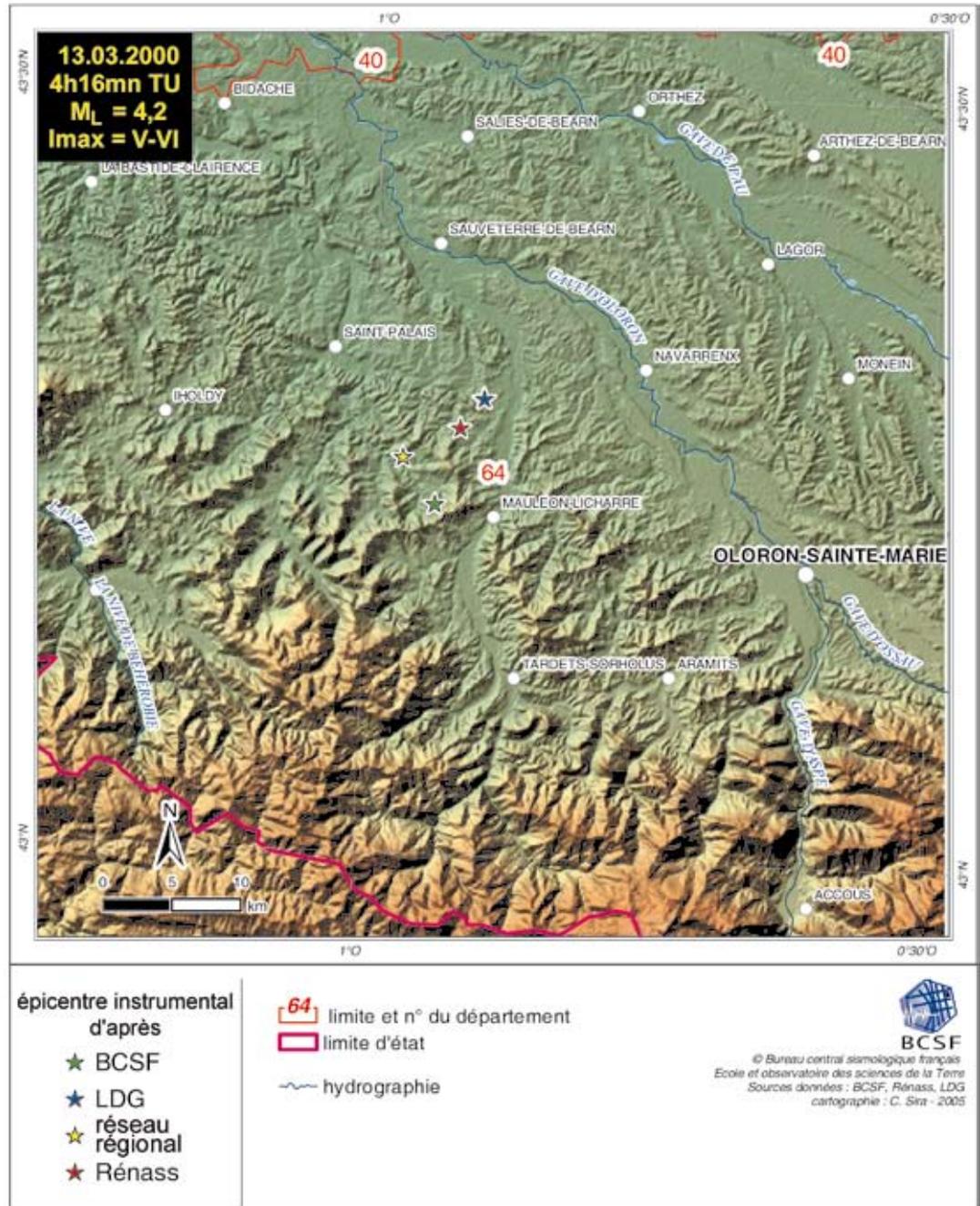
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,28° N
long. : 0,92° W
profondeur : 3 km

LDG
lat. : 43,3° N
long. : 0,9° W
profondeur : 13 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 43,26° N
long. : 0,97° W
profondeur : 12 km

BCSF
lat. : 43,23° N
long. : 0,94° W
profondeur : 10 km



[fig. 16]

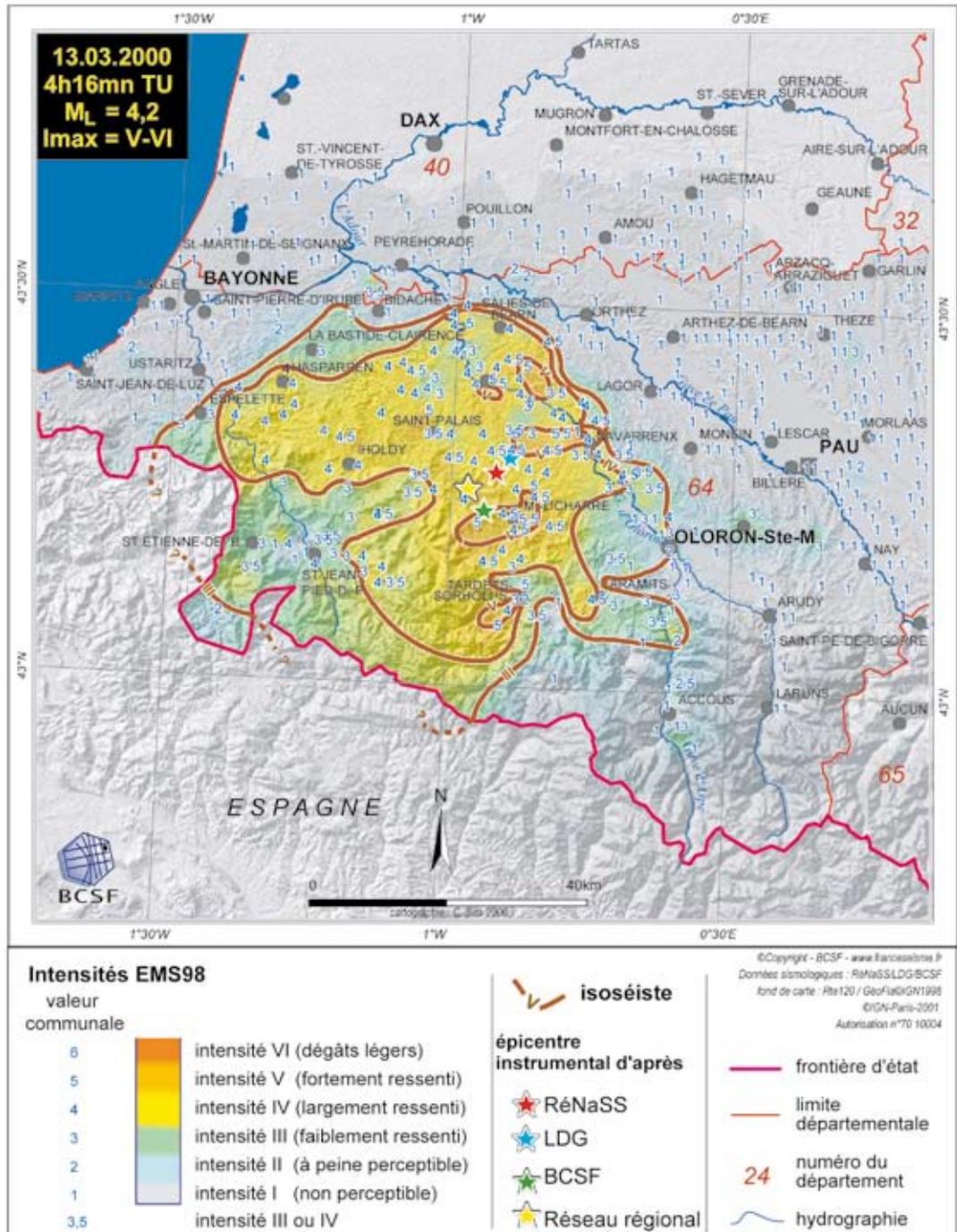
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité maximale :
V-VI
formulaire collectés
: 506
secousse ressentie
dans 141 communes
françaises

Paramètres de l'isosséiste d'intensité III

surface : indéterminée
(tracé ouvert)
population (française) :
80300 h.
communes : 185

Dégâts signalés II communes



[fig. 17]

Observations macrosismiques

Localisé en Ostabaret dans le département des Pyrénées-Atlantiques, ce séisme a été largement ressenti par la population comme le confirment les formulaires d'enquête collectés. Comme habituellement pour les Pyrénées, la forme des isosséistes s'étire dans la direction NNW - SSE, ici sur une quarantaine de kilomètres de part et d'autre de l'épicentre.

A 5h16 (heure locale), la population proche de l'épicentre a été réveillée par une forte détonation, notamment dans le secteur de Mauléon-Licharre. A Etcharry, la mairie mentionne la

ressemblance avec le bruit d'un avion passant le mur du son. Les intensités V-VI ont été relevées sur les 2 communes de Mauléon-Licharre (3 km de l'épicentre du BCSF) et Castetnau-Camblong (16 km). L'enquête a permis de déterminer l'intensité pour 499 communes ; 141 ont ressenti l'événement, 59 d'entre elles ont connu une intensité III (faible vibration) et 82 supérieure ou égale à IV (largement ressenti). Le tracé de l'isosséiste III n'a pu être réalisé complètement faute de données en Espagne. 11 communes mentionnent des effets sur les bâtiments principalement de niveau 1 sur des constructions de classe de vulnérabilité 1 (maçonnerie, matériaux tout venant). Plus rare-

ment des effets de niveau 2 et 3 ont été indiqués (Bosdarros et Castetnau-Camblong)
Trois zones d'amplification de la vibration (intensité V) sont observables sur la carte à une

quinzaine de kilomètres au nord de l'épicentre BCSF. ■

Séismes du 26 avril 2000 et 27 juin 2000 sud-est de Bonifacio (Corse du sud)



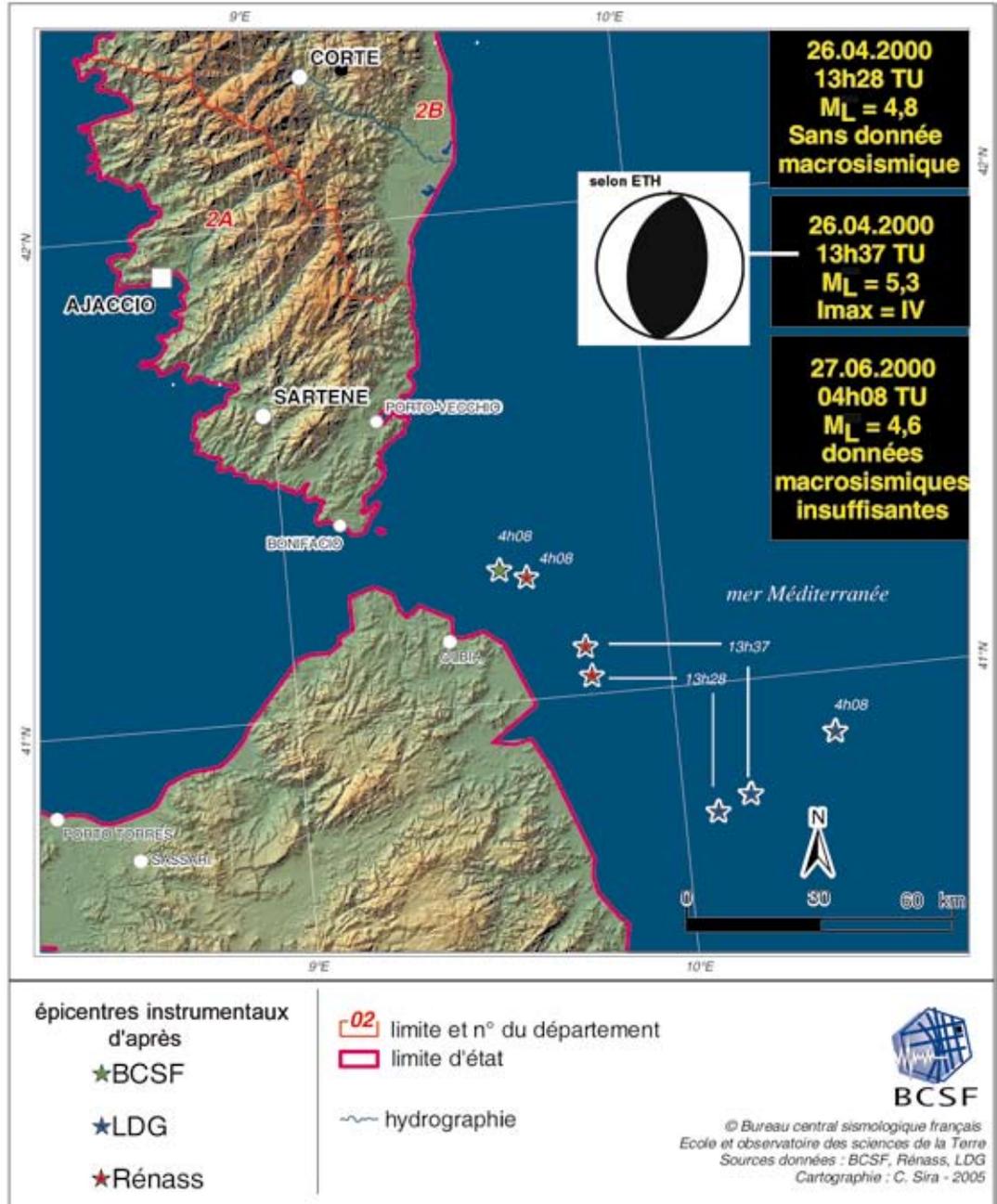
DATE
26.04.2000
HEURE
en temps universel :
13h28min
en temps légal :
15h28min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,8 ML
LDG : 4,3 ML

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 41,04° N
long. : 9,79° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 40,74° N
long. : 10,09° E
profondeur : 10 km



[fig. 18]

DATE
26.04.2000
HEURE
en temps universel :
13h37min
en temps légal :
15h37min

MAGNITUDE
RéNaSS : 5,3 ML
LDG : 5,0 ML

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 41,10° N
long. : 9,78° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 40,77° N
long. : 10,18° E
profondeur : 10 km

<p>DATE 27.06.2000 HEURE en temps universel : 04h08min en temps légal : 06h08min</p>	<p>MAGNITUDE RéNaSS : 4,6 ML LDG : 4,3 ML</p>	<p>LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:</p> <p>RéNaSS lat. : 41,25° N long. : 9,64° E profondeur : 10 km</p>	<p>LDG lat. : 40,88° N long. : 10,42° E profondeur : 10 km</p>
--	--	--	--

**DONNÉES
MACROSISMQUES**

séisme du
26.04.2000
13h28 TU

intensité
maximale
en France : IV
formulaires
collectés : 14
secousse ressentie
dans 9 communes
françaises

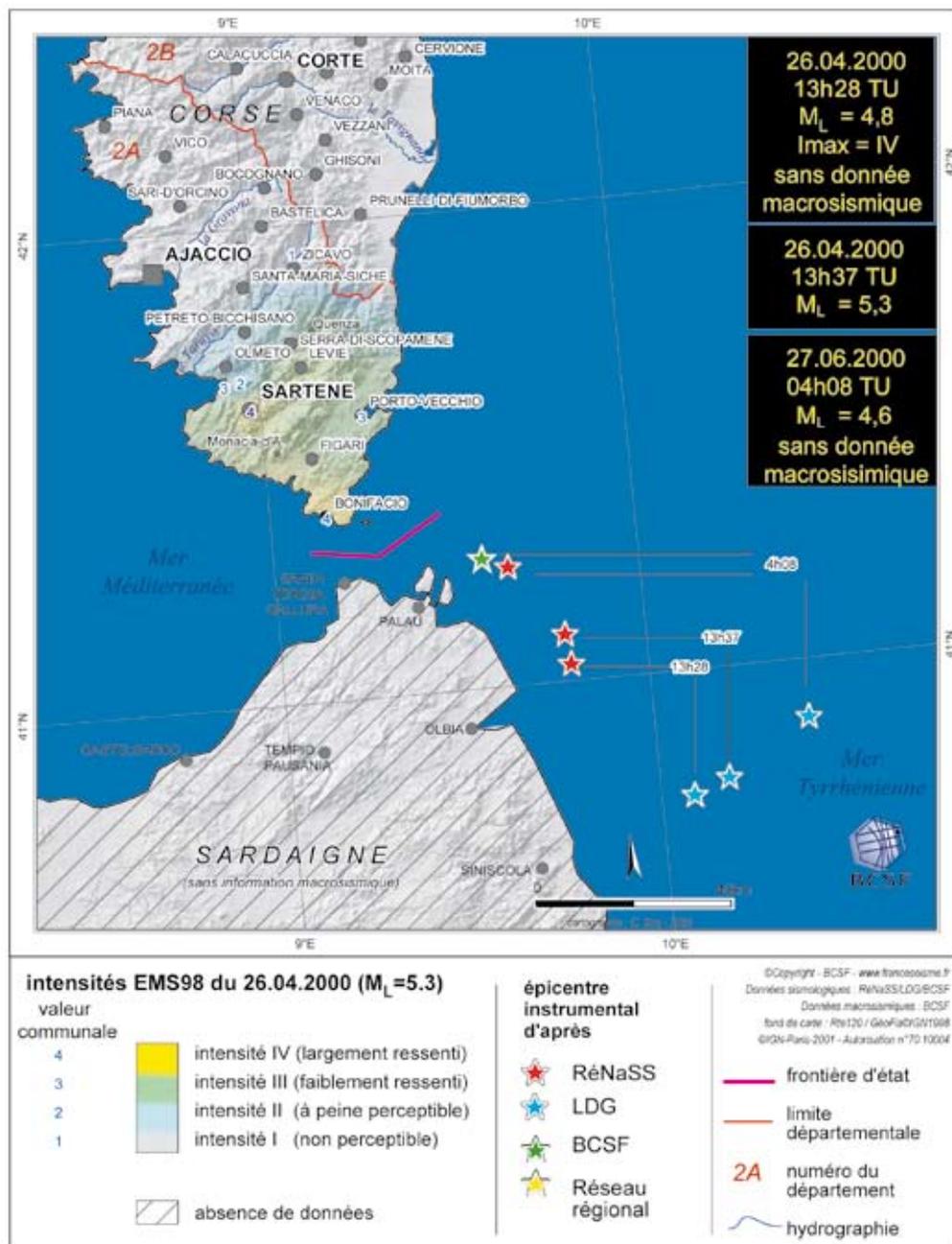
**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface : indétermi-
née
(tracé ouvert)
population (France) :
24800 h.
communes : 8

Dégâts signalés
0 commune

**ABSENCE DE
DONNÉES
MACROSISMQUES**

séisme du 26.04.2000
13h37 TU

séisme du 27.06.2000
04h08 TU



[fig. 19]

Observations macrosismiques

Les deux événements consécutifs de 13h28 ($4,8 M_L$) et 13h37 ($5,3 M_L$) du 26 avril 2000 ont été ressentis modérément au sud de la Corse jusqu'à une quarantaine de kilomètres à l'intérieur des Terres (Quenza, I = III). Localisés en mer à une quinzaine de kilomètres à l'est des côtes de la Sardaigne et à une cinquantaine des côtes corses selon le RèNaSS, ils n'ont provoqué aucun dégât dans les communes de Corse. Compte tenu du très court délai entre les deux événements, il a été très difficile d'être certain de l'affectation des effets à l'un ou l'autre des événements. Seules les deux communes de Bonifacio et Monacia-d'Aullène relèvent les effets modérés des deux séismes.

Au vu de la localisation de Monacia-d'Aullène, à 19 km au NW de Bonifacio et sauf d'effet de site particulier ayant amplifié les vibrations à cette distance, il est fort probable que d'autres communes aux alentours aient pu percevoir les effets de chacun des deux chocs consécutifs sans que le BCSF en soit averti.

Le séisme du 27 juin de magnitude 4,6 localisé au nord des deux précédents, et à 37 km des côtes corses, a été ressenti faiblement à Bonifacio. Trois formulaires collectifs seulement sur les 89 communes enquêtées ont été retournés au BCSF, ce qui n'a pas permis de préciser la zone affectée par le séisme. Par ce fait, aucune carte macrosismique n'a pu être réalisée. ■

Séisme du 14 juin 2000

Boulay-Moselle (57)



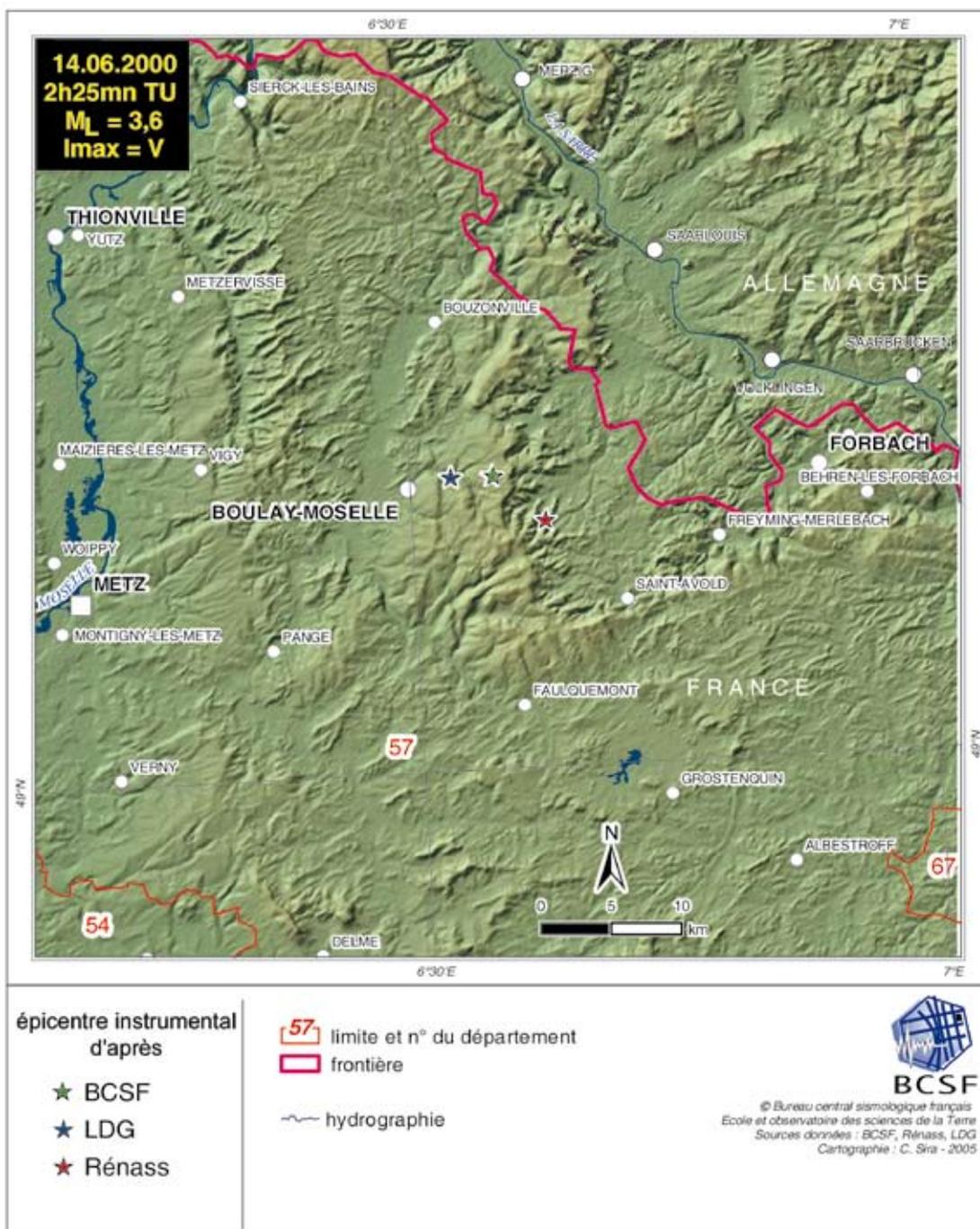
HEURE
 en temps universel :
 02h25min
 en temps légal :
 04h25min

MAGNITUDE
 RéNaSS : 3,6 M_L
 LDG : 3,9 M_L

LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:
 RéNaSS
 lat. : 49,16° N
 long. : 6,63° E
 profondeur : 1 km

LDG
 lat. : 49,19° N
 long. : 6,54° E
 profondeur : 2 km

BCSF
 lat. : 49,16° N
 long. : 6,58° E
 profondeur : 1 km

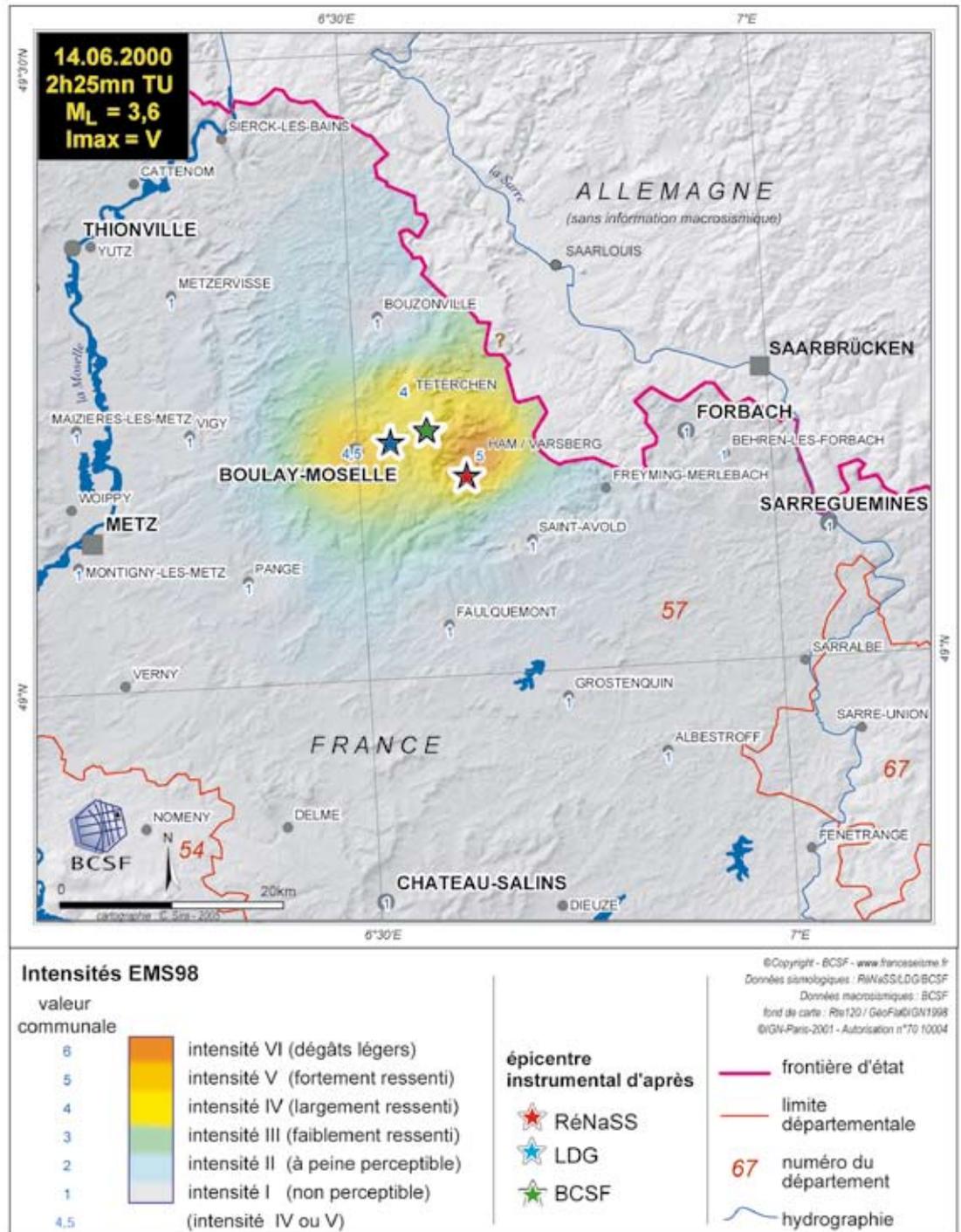


[fig. 20]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 20
secousse ressentie
dans 3 communes
françaises

Dégâts signalés
en France
2 communes



[fig. 21]

Observations macrosismiques

Ce séisme a été localisé à environ 6 km de Boulay-Moselle soit à une dizaine de kilomètres de la frontière allemande. Une note technique de l'INERIS du 22/06/2000 basée sur le réseau sismique local des Houillères du Bassin de Lorraine souligne que l'épicentre est localisé hors de leur réseau. Selon cette note technique, la localisation de cet événement place l'épicentre au sud de la commune de Varsberg au droit d'un secteur minier qui n'est plus exploité depuis une quinzaine d'années avec une incertitude

de localisation de l'ordre de 5 km.

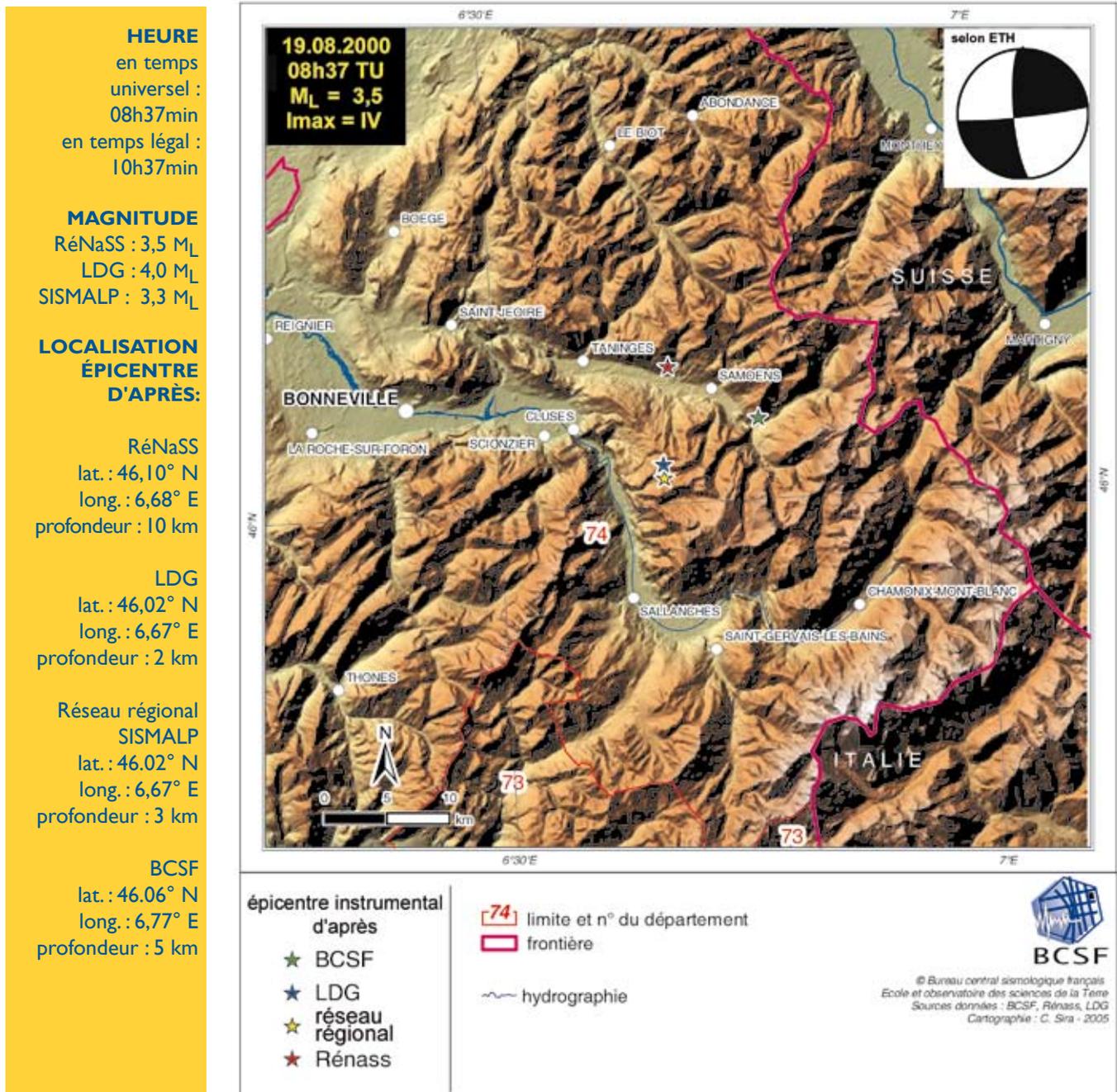
L'enquête lancée par le BCSF dans les jours qui ont suivi, comme pour tout événement de magnitude supérieure à 3,5 en France, n'a pu être effective que le 12 septembre 2000. Il faut donc prendre avec prudence la qualité des intensités estimées compte tenu du temps passé entre l'événement et les témoignages en mairies. Le travail d'interprétation tient également compte des données issues de la presse au lendemain de l'événement (Républicain Lorrain).

La brève secousse matinale, de 3 à 4 secondes, a

réveillé de nombreux habitants sur un rayon d'une quinzaine de kilomètres. Quelques personnes ont perçu un bruit d'explosion et sont sorties de leur habitation comme à Guerting. Deux communes relèvent des niveaux légers de dommages (niveau 1 en

petit nombre) sur des bâtiments de vulnérabilité A. La faible densité de points d'observation ne permet pas de tracer les isoséistes. ■

Séisme du 19 août 2000 de Samoëns (Haute-Savoie)



[fig. 22]

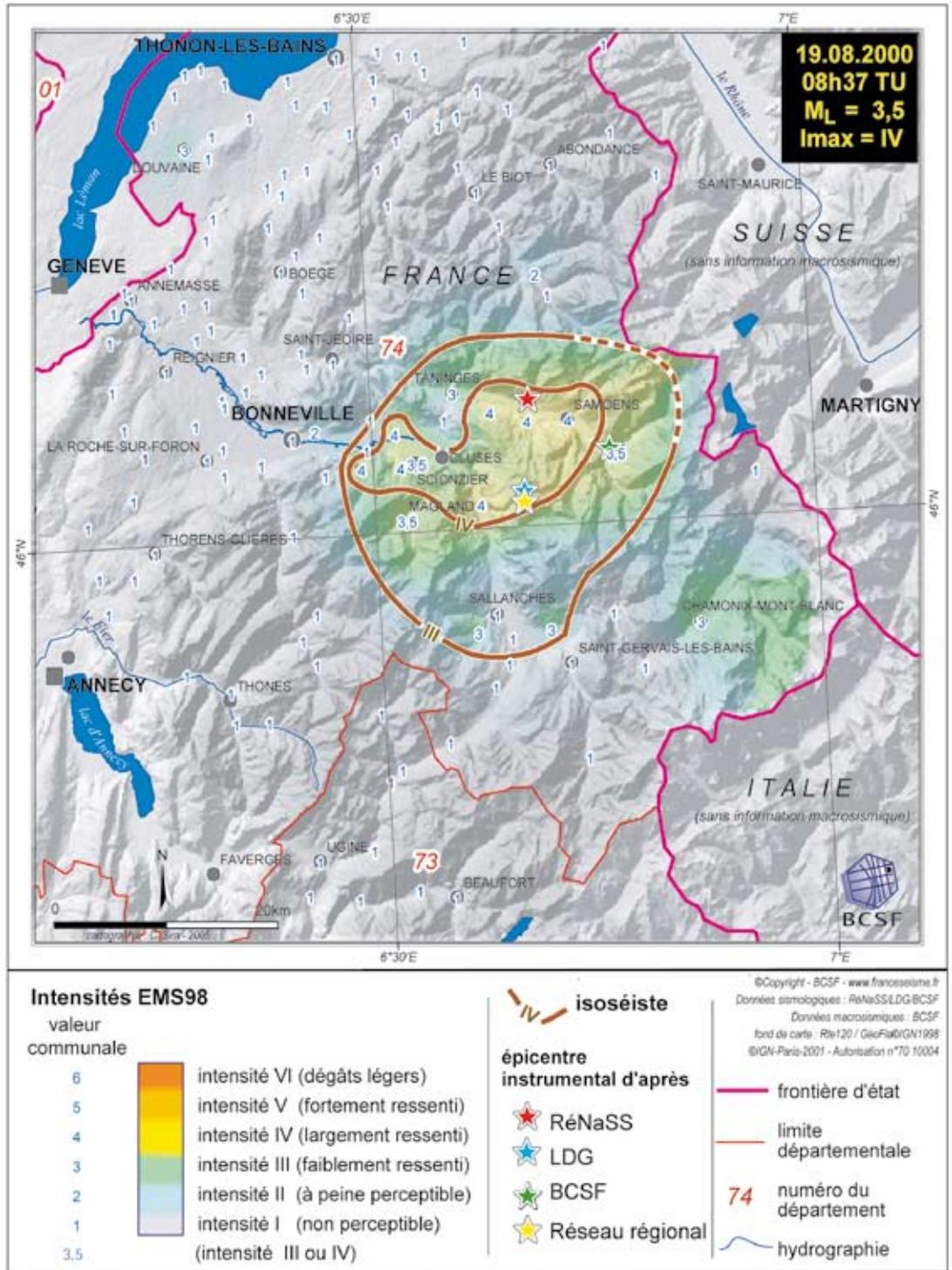
DONNÉES MACROSISMIQUES

intensité maximale : IV
 formulaires collectés : 147
 secousse ressentie dans 17 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : 580 km²
 population : 59400 h.
 communes : 20

Aucun dégât signalé



[fig. 23]

C'est en milieu de matinée, à 10h37min (heure légale), que ce séisme localisé à proximité de Samoëns dans le pays du Chablais au nord de Sallanches a eu lieu. Les effets largement ressentis par la population se sont limités à une vibration modérée sans générer de dégât sur un rayon d'une quinzaine de kilomètres autour de l'épicentre.

Dans la station de Carroz par exemple, plusieurs habitants d'une résidence sont sortis dans la rue pour comprendre la cause de ce séisme (Le Dauphiné Libéré du 20 août).

Le tremblement de terre ne semble pas toujours avoir été identifié immédiatement même si cette secousse a été largement ressentie par la population des communes affectées. L'annonce d'un séisme a semblé parfois étonner la population, identifiant plutôt ce phénomène à une explosion accidentelle, comme à Samoëns, Magland, Les Carroz, La Rivière-Enverse, Passy (pour peu de personnes). Les appels arrivés dans les gendarmeries ou au CODIS signalaient l'événement mais n'ont pas nécessité de secours. Aucun effet n'a été signalé sur le département de la Savoie.

Les données macrosismiques n'ont pas une répartition géographique suffisamment homogène sur la zone épacentrale pour établir un tracé isoséiste fiable. On peut toutefois souligner que parmi les formulaires retournés correspondants aux intensités IV, les effets sur la commune de

Magland semblent légèrement supérieurs à ceux des autres communes, ce qui semble conforter les localisations de SISMALP et du LDG qui ont placé l'épicentre à 4 km à l'est de cette commune. ■

Séisme du 19 décembre 2000 nord-est de Nice (Alpes-Maritimes)



HEURE
 temps universel : 14h20min
 temps légal : 15h20min

MAGNITUDE
 RéNaSS : 3,4 M_L
 LDG : 3,7 M_L
 Géosciences Azur : 3,2 M_L

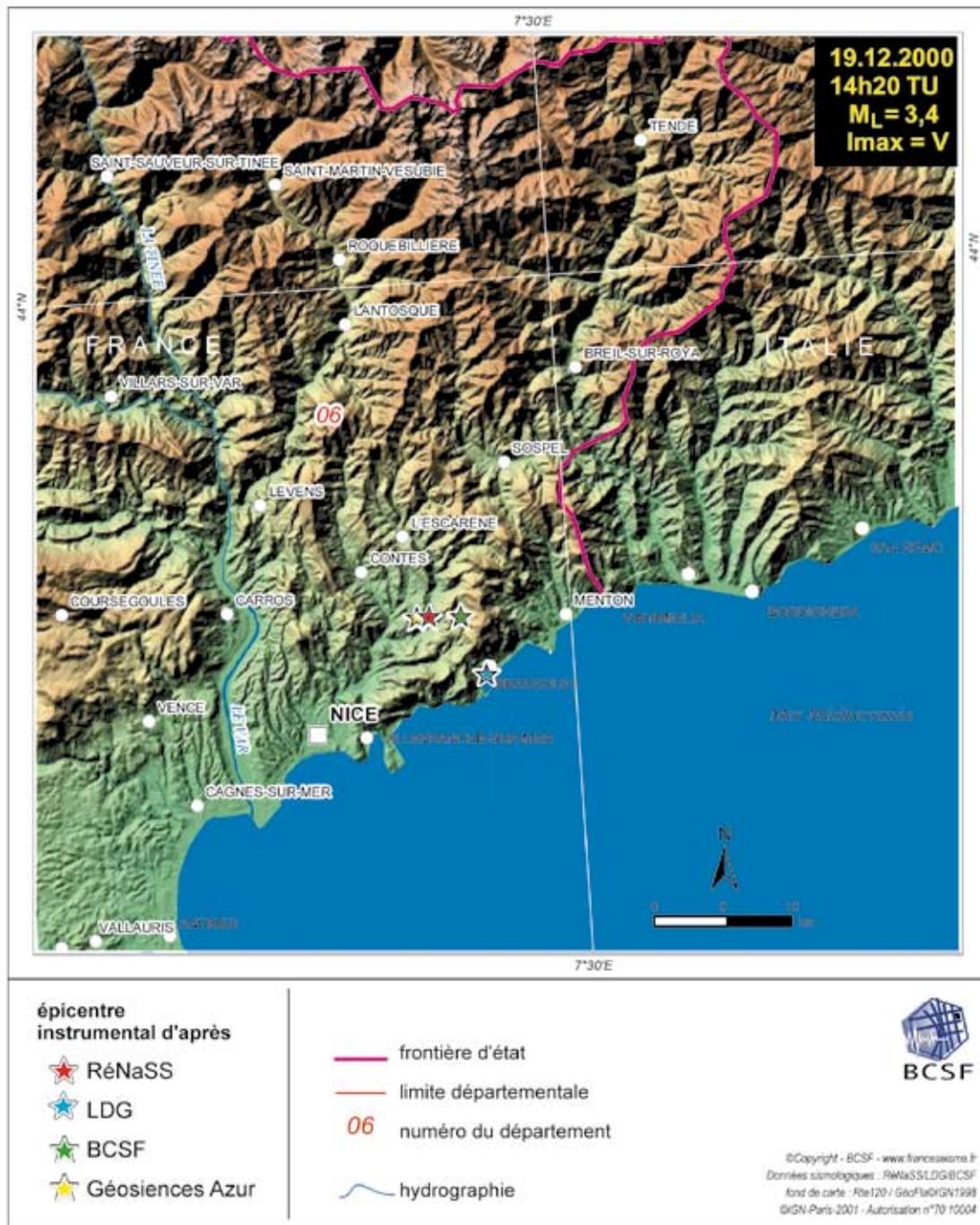
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 43,78° N
 long. : 7,37° W
 profondeur : 5 km

LDG
 lat. : 43,74° N
 long. : 7,42° W
 profondeur : 2 km

Réseau régional
 Géosciences Azur :
 lat. : 43,788° N
 long. : 7,366° W
 profondeur : 3 km

BCSF
 lat. : 43,78° N
 long. : 7,40° W
 profondeur : 5 km



[fig. 24]

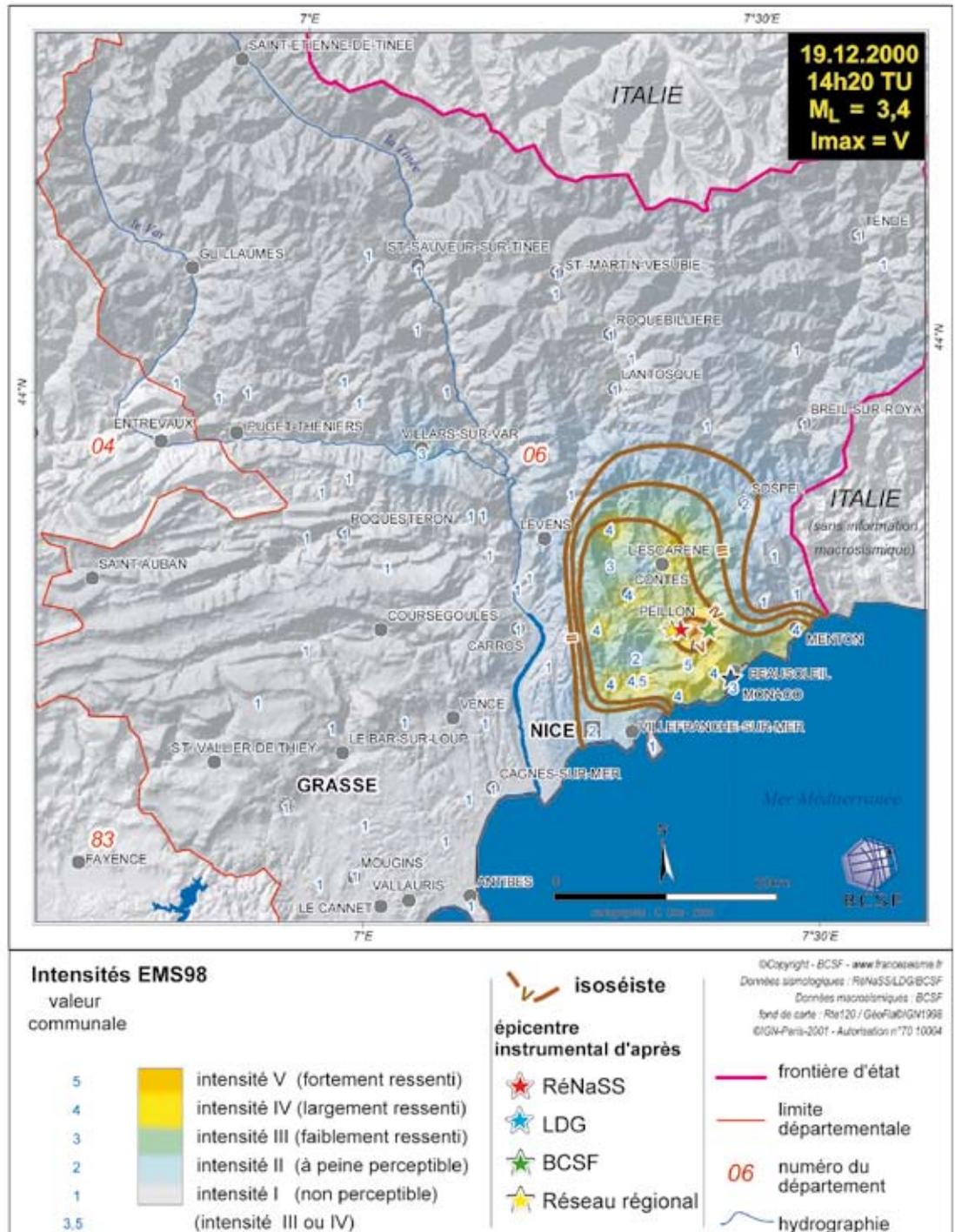
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité maximale : V
formulaires collectés : 122
secousse ressentie dans 23 communes françaises

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : indéterminée
isoséiste ouverte
population : 75000 h.
communes : 22

Dégâts signalés
7 communes



[fig. 25]

Observations macrosismiques

Pratiquement un an après le séisme du 1^{er} novembre 1999 (43,78°N, 7,36°E, magnitude 3,3M_L, intensité max V-VI), à 15h20 (heure locale) le mardi 19 décembre ce séisme a surpris les habitants de la commune de Peillon et de ses environs dans l'arrière pays niçois.

Le matin même, à partir de 1h17, 11 événements avaient précédé le choc principal. Compte tenu de leur faible magnitude (2,2M_L en moyenne) seuls quelques témoins de Peillon ont ressenti les séismes de 1h25

(2,1M_L) et 1h52 (2,8M_L), ces témoins indiquent aussi avoir ressenti les événements des jours précédents, sans plus de précision, (les 8, 16 et 17 décembre des séismes de magnitude proche ou égale à 2,4 ont été enregistrés et localisés à proximité de Peillon).

A la suite de l'enquête lancée par le BCSF avec l'aide du SIDPC du département des Alpes-Maritimes, 84 intensités communales ont été estimées ; 20 communes ont ressenti la secousse. Les communes de Peillon et la Trinité ont connu une forte secousse (intensité IV-V et V). Dans 9 autres communes, la

secousse a été largement ressentie (intensité IV) ; dans 4 autres faiblement (I=III) et dans 4 autres encore (I=II) très faiblement. L'enquête montre une décroissance très rapide des intensités avec la distance puisque dans les quinze premiers kilomètres, l'intensité passe de V à I (secousse non ressentie). Ce fut également le cas en 1999 mais le séisme était légèrement inférieur en magnitude. A l'est de l'épicentre cette décroissance est beaucoup plus rapide puisque l'on passe dans les 8 premiers kilomètres de l'intensité V à l'intensité I (non ressentie), même s'il est possible toutefois que cette intensité I soit en fait une intensité II.

Malgré un dessin partiel des isoséistes dû à la proximité de la mer (lacune intervenant à une dizaine de kilomètres de l'épicentre), on peut observer une directivité NW-SE assez nettement marquée.

Sept communes déclarent avoir eu un petit

nombre de dégâts, principalement de niveau 1 sur des bâtiments de vulnérabilité A. Dans les communes de Peille, Peillon et Saint-André, les effets aux constructions semblent plus importants.

A Nice le séisme n'a été ressenti que faiblement (quartiers nord). La Principauté de Monaco (5 km de l'épicentre) semble quant à elle, avoir assez bien ressenti la vibration sismique. Des témoins dans les étages élevés soulignent une forte vibration.

D'après les formulaires retournés par les mairies, la population a été effrayée sur 4 communes : Peille, Peillon, La Turbie et la Trinité. Un bruit d'explosion a été perçu à Peillon, l'Escarene, Peille, Tourette-Levens. Cinq autres répliques (de 1,8 à 3,2 M_L) ont été enregistrées au cours du mois de décembre. ■

Séisme du 20 décembre 2000 nord-est de Nice (Alpes-Maritimes)



HEURE
en temps
universel :
5h45min
en temps légal :
6h45min

MAGNITUDE
RéNaSS : 3,0 M_L
LDG : 3,2 M_L
Géosciences Azur :
3,0 M_L

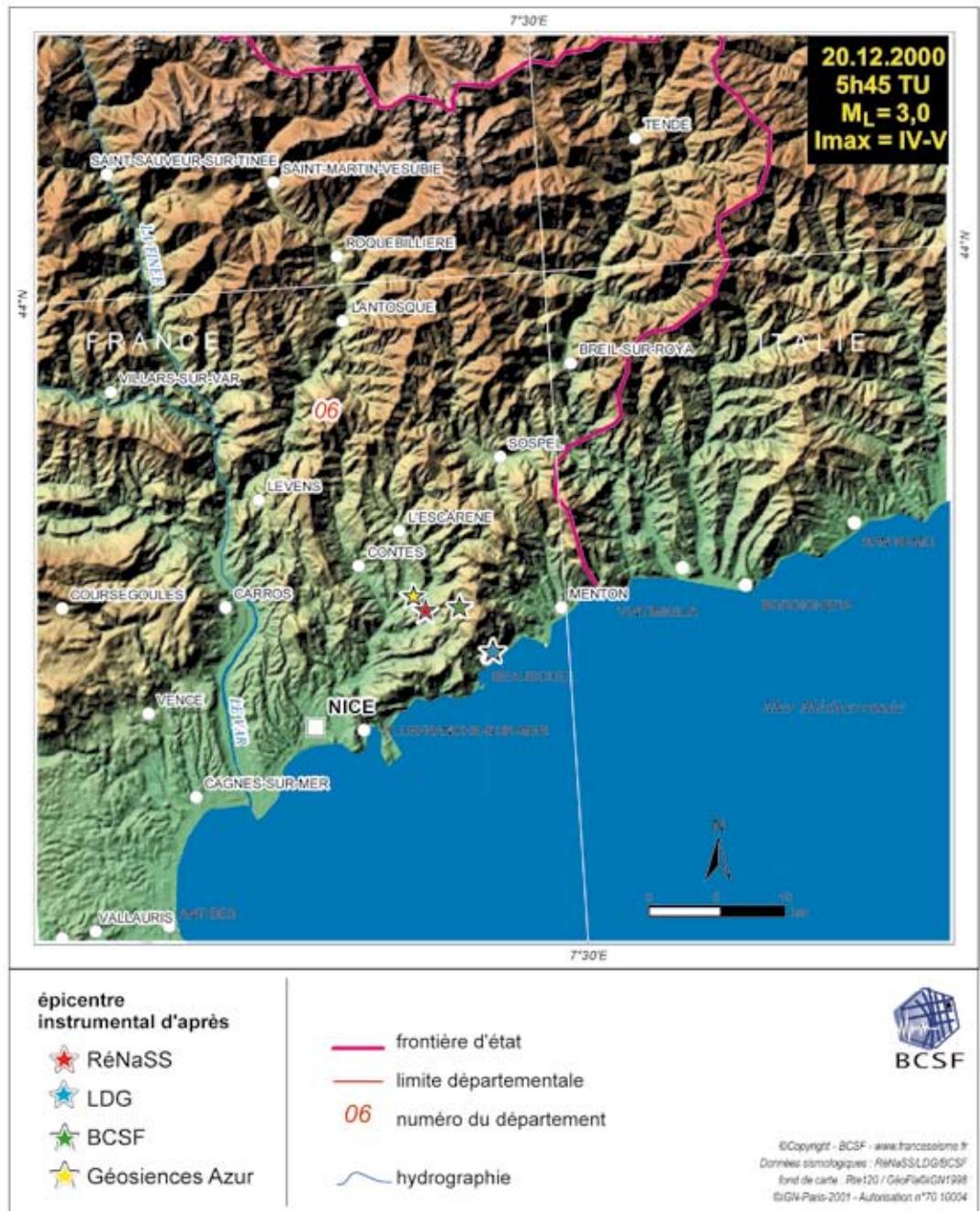
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,78° N
long. : 7,37° E
profondeur : 5 km

LDG
lat. : 43,75° N
long. : 7,43° E
profondeur : 2 km

réseau régional
Géosciences Azur
lat. : 43,790° N
long. : 7,361° W
profondeur : 3 km

BCSF
lat. : 43,78° N
long. : 7,39° E
profondeur : 5 km



[fig. 26]

**DONNÉES
MACROSISMIQUES**

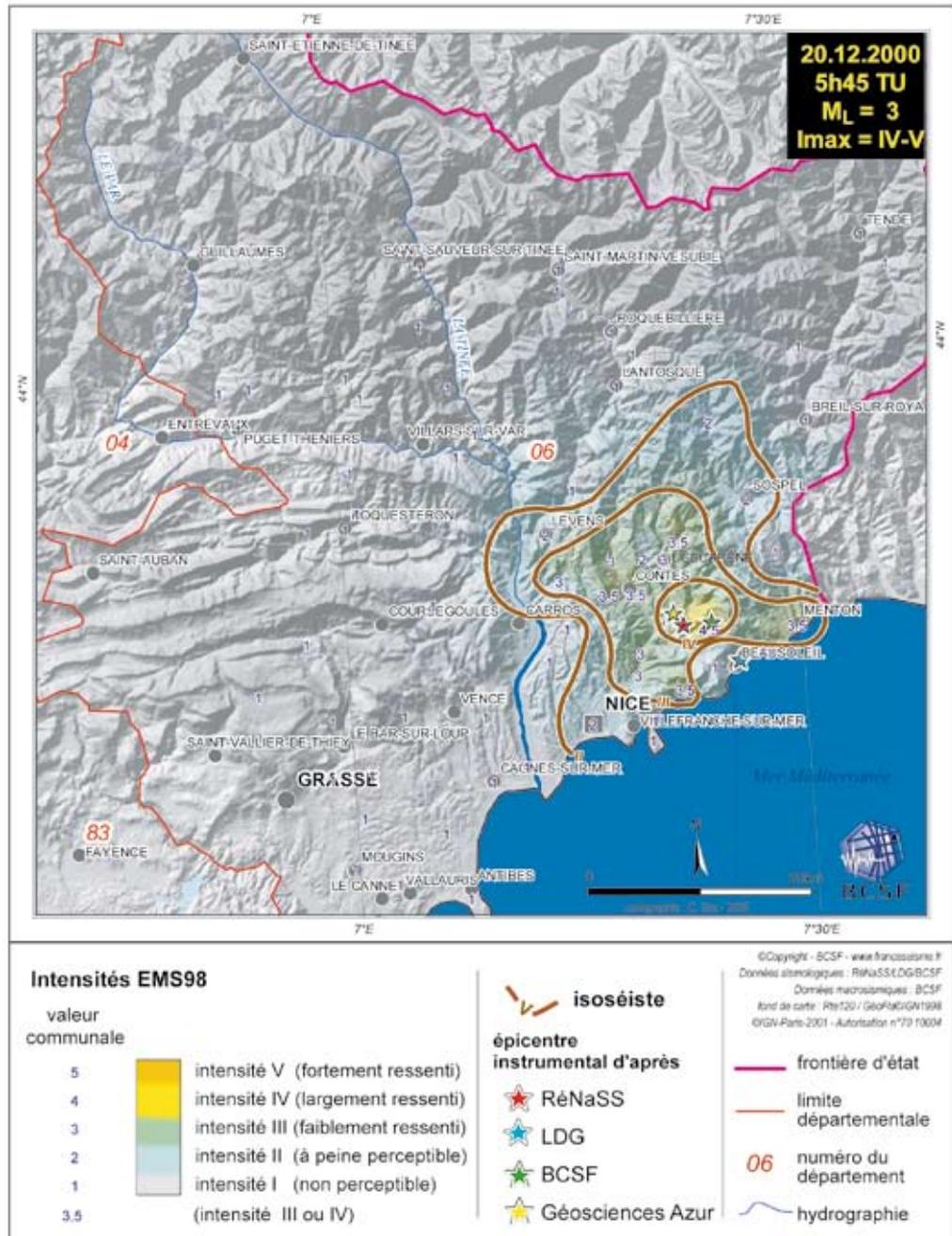
intensité
maximale : IV-V
formulaires
collectés : 83
séisme ressenti
dans 16 communes

**Paramètres de
l'isoséiste**

d'intensité III
surface : 230 km²
population : 82 100 h.
communes : 19

Dégâts signalés

1 commune



[fig. 27]

Observations macrosismiques

Cette réplique du séisme du 19 décembre qui eut lieu à 6h45 du matin, a été ressentie dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres; l'intensité III ne s'étendant pas au-delà de 14 kilomètres de l'épicentre.

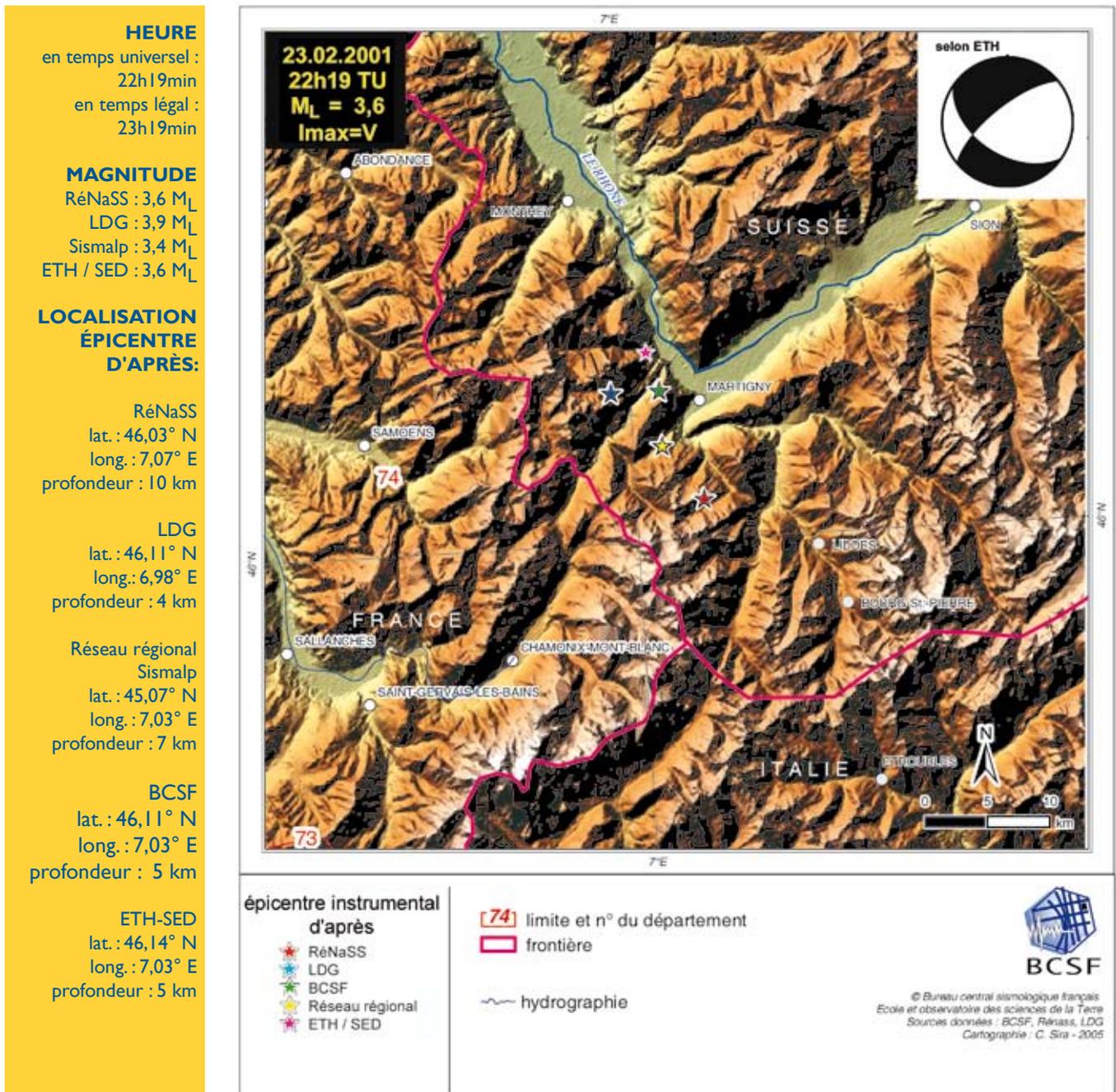
La secousse a vraisemblablement atteint l'intensité V localement sur la commune de Peillon. Des chutes d'objets, des déplacements de mobilier ont été signalés de façon individuelle (témoignages internet). Seule cette commune relève des fissures de niveau 1 en petit nombre. Les intensités IV ont été estimées sur les communes de Contes,

Touet-l'Escarène, Chateauf-Vieille-Ville, Menton et Eze. En conformité avec les règles EMS98 nous retiendrons une intensité maximale de IV pour cet événement.

La vibration a connu sa plus longue extension en direction du col de Brouis localisé au NNE de l'épicentre (commune de Molinet intensité II), ce qui était déjà le cas pour le séisme du 1^{er} novembre 1999 (3,3 MI).

Sur Nice une faible secousse a été ressentie, notamment dans les étages supérieurs où certaines personnes signalent une vibration des vitres semblable au "passage d'un gros camion" ■

Séisme du 23 février 2001 sud de Martigny (Suisse)

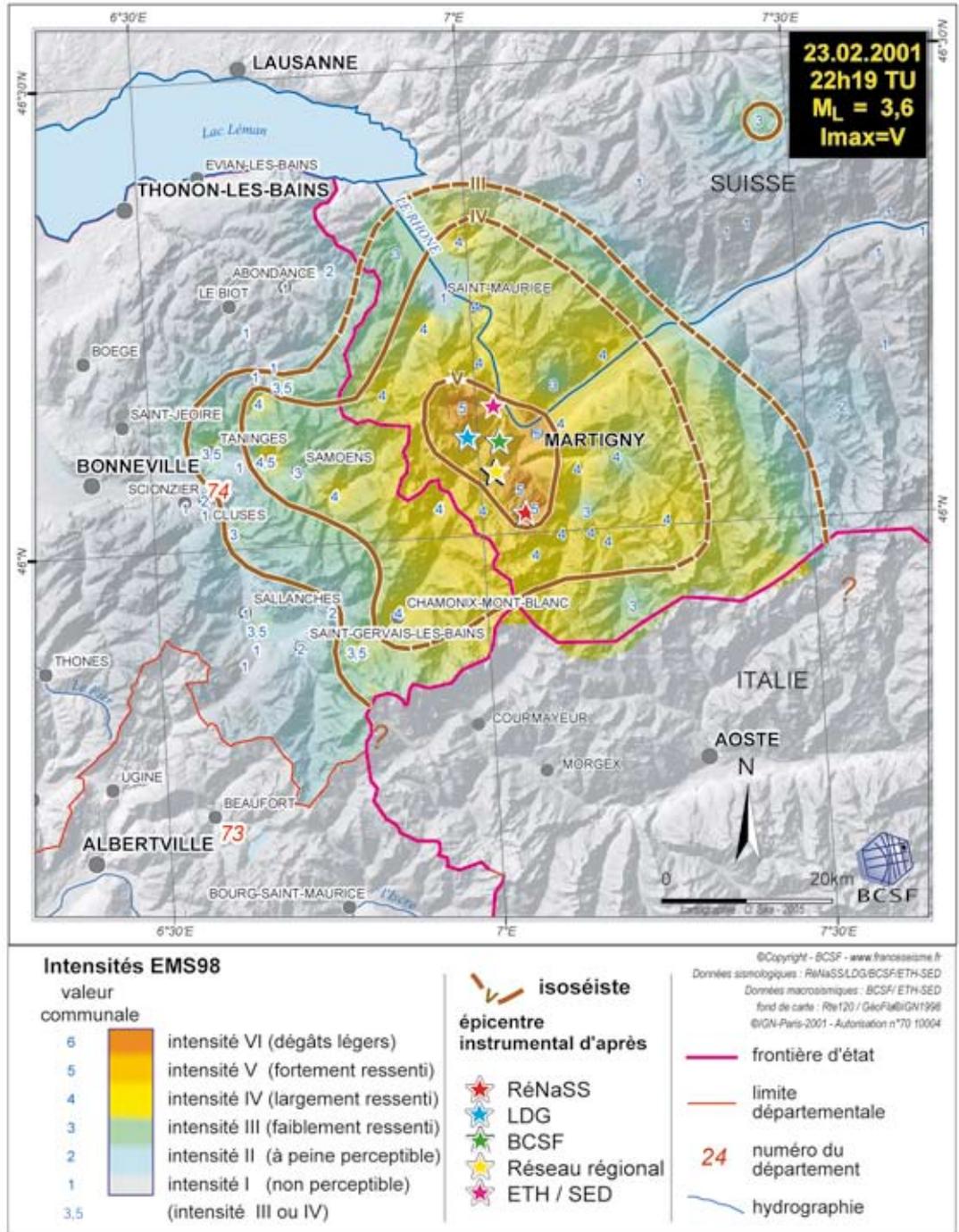


[fig. 28]

DONNÉES MACROSISMIQUES

intensité maximale : V (SED-ETH Suisse)
Formulaires collectés en France : 34
Séisme ressenti dans 43 communes françaises

Paramètres sur l'isoséiste d'intensité III surface partielle (France et Italie) : 2876 km²
communes françaises : 17



[fig. 29]

Enquête macrosismique

C'est à 23h19 que les habitants de la haute vallée de l'Arve et du Giffre en Haute-Savoie et des environs de Martigny en Suisse ont été secoués par "une forte déflagration faisant chuter des objets des meubles".

La plus grande partie des surfaces macrosismiques de cet événement est localisée en Suisse. Pour la France, 15 communes déclarent avoir ressenti la secousse, dont onze atteignant une intensité supérieure ou égale à III.

Sur le village du Lavancher à 7 km de Chamonix, le tremblement de terre a été accompagné d'un

bruit "impressionnant". A Samoëns, le bruit de deux explosions successives est signalé, d'autres témoins parlent d'un fort grondement. C'est également le cas à Sixt-Fer-à-Cheval selon le formulaire rempli par la mairie.

L'isoséiste maximale d'intensité V est localisée en Suisse à plus de 5 km de la frontière. L'intensité maximale V a été relevée sur quatre localités suisses (Martigny, Salvan, Bovernier et Champex - SED-ETH).

Côté français, l'intensité maximale IV-V a été observée sur la commune de Verchaix à vingt sept kilomètres de l'épicentre Sismalp. L'intensité IV a été estimée sur quatre communes françaises

(Chamonix-Mont-Blanc, Sixt-Fer-à-Cheval, Les Gets, Vallorcine).
Aucune commune enquêtée n'a recensé de dégât côté français. ■

Séisme du 25 février 2001 sud de Nice (Alpes-Maritimes)



HEURE
en temps universel :
18h34min
en temps légal :
19h34min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,5 M_L
LDG : 5,1 M_L
Géosciences Azur :
4,6 M_L

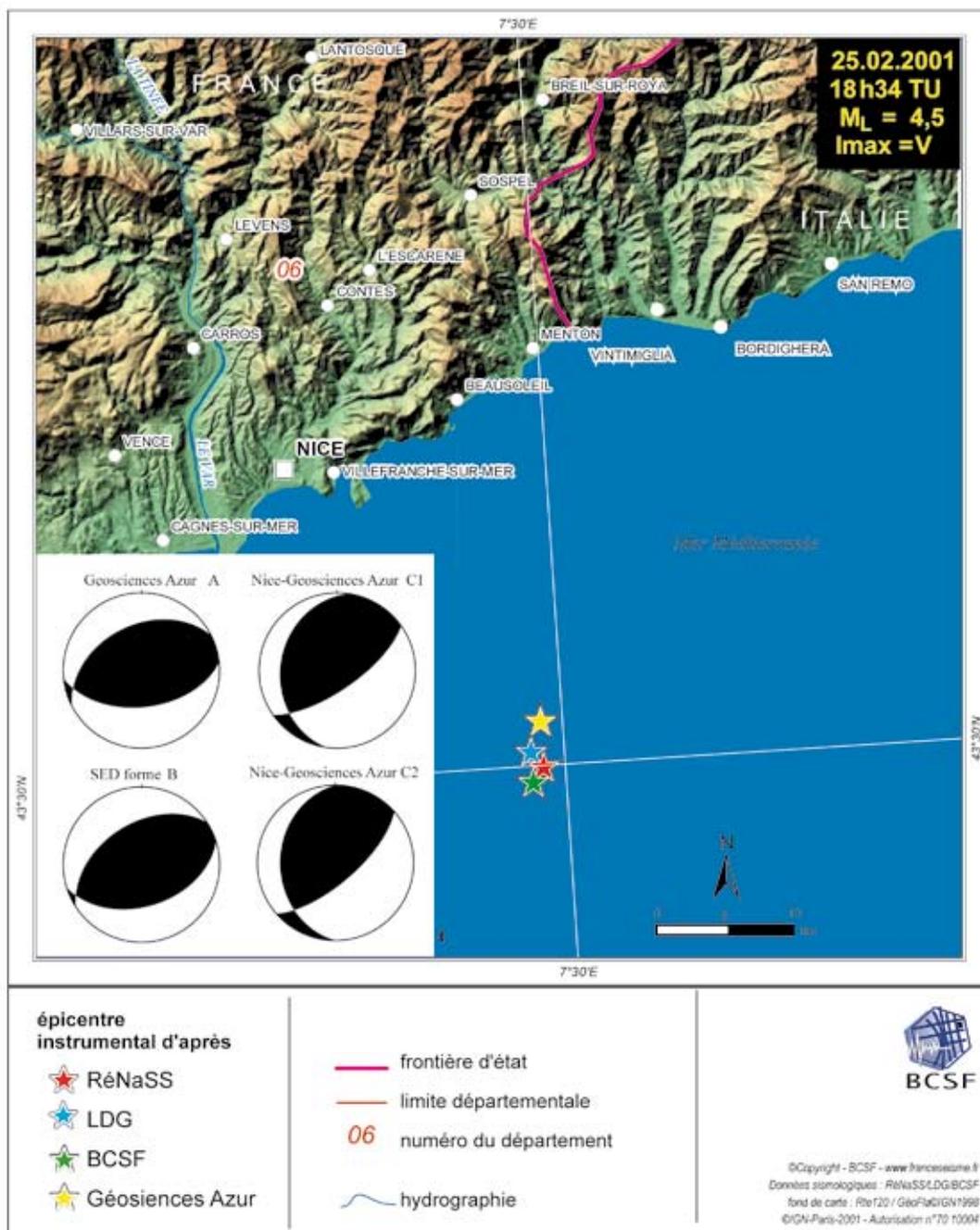
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,50° N
long. : 7,48° E
profondeur : 7 km

LDG
lat. : 43,51° N
long. : 7,47° W
profondeur : 16 km

Réseau régional
Géosciences Azur
lat. : 43,53° N
long. : 7,48° E
profondeur : 11 km

BCSF
lat. : 43,49° N
long. : 7,47° E
profondeur : 5 km



[fig. 30]

La microplaque Corso-Sarde a subi une rotation antihoraire de 20-30° (Westphal et al., 1973 ; Réhault et al., 1974). Cette rotation a accompagné l'ouverture du Bassin Liguro-Provençal de forme triangulaire (rifting continental) entre 35 et 20 Ma suivi d'une océanisation vers 21-19 Ma (Montigny et al., 1981). Cette ouverture est

interprétée comme étant celle d'un bassin arrière-arc en réponse à la subduction de la plaque africaine sous la marge continentale européenne (Tapponnier, 1977 ; Faccenna et al., 2001).

A notre époque, en contexte de collision généralisée entre l'Afrique et l'Europe, le Bassin Liguro-provençal est pris en étau entre les marges

italiennes et provençales. Les séismes qui se produisent entre 5 et 15 km de profondeur au large de la côte Ligure présentent des mécanismes au foyer compressifs ou décrochants (Bethoux et al., 1992 ; Courboux et al., 1998 ; Baroux et al., 2001 ; Larroque et al., 2001). Cependant, le long de la marge Ligure, à une trentaine de kilomètres de la côte, on observe des failles normales de direction NE-SW à pendage SE qui montrent une activité quaternaire (Chaumillon et al., 1994). Pour réconcilier ces deux jeux d'observation apparemment contradictoires, Chaumillon et al., (1994) proposent que la marge Ligure soit flexurée en réponse au rapprochement entre le domaine continental (la marge Ligure, partie des Alpes méridionales) et la mince lithosphère océanique Ligure. Ceci se traduit entre 5 et 15 km de profondeur par de la compression accommodée par des failles inverses et décrochantes (déformation d'intrados) et dans les deux premiers kilomètres de la couverture sédimentaire par le jeu de failles normales (déformation d'extrados) (Chaumillon et al., 1994). D'après les mécanismes au foyer disponibles dans la région, la marge Ligure et l'arrière-pays niçois sont soumis à un régime de contrainte compressif décrochant dont la composante la plus compressive est orientée NW-SE. En mer Ligure, le régime de contrainte est aussi compressif, la composante compressive maximum étant orientée un peu plus E-W (ESE - WNW) (Baroux et al., 2001).

Le séisme du 25 février 2001 s'est produit sous la mer Ligure (environ 2000 m d'eau à l'aplomb du séisme), au pied de la marge. Sa profondeur est estimée entre 5 et 16 km en fonction des observatoires (ReNaSS, LDG, Sismalp, BCSF). A l'aide de stations sismiques complémentaires situées en fond de mer (OBS - Ocean Bottom Seismometer), Géosciences Azur a pu localiser précisément les répliques et en déduit une profondeur de 11 km pour l'événement principal (Courboux et al., 2006). Son mécanisme au foyer a été déterminé soit à partir de la distribution des sens de premiers mouvements d'onde P (fig.30, solution A,) soit en modélisant la forme des ondes de surface à partir de stations large bande régionales (détermination du SED - Zurich, solution B) soit à partir de l'inversion d'accélérogrammes et en considérant une source étendue (Legrand et Delouis, 1999) conduisant alors à deux solutions proches (fig.30, solutions C1 et C2). Les mécanismes montrent tous un jeu de faille inverse avec une faible composante décrochante. Ils traduisent une déformation en

compression, sur des failles orientées NS à NE-SW avec un pendage compris entre 30 et 45°. Ces mécanismes sont assez proches de celui du séisme du 26/12/1989, situé à quelques kilomètres plus au nord-est, (Ritz et al., 1990, Béthoux et al., 1992) et du séisme du 19/07/1963, situé environ 55 kilomètres plus à l'est, (Bossolasco et al., 1972 ; Baroux et al., 2001).

Le SED estime un moment sismique de $6,0 \cdot 10^{15}$ Nm ce qui correspond à une magnitude de moment : $M_w = 4,5$. Le LDG, à partir des caractéristiques spectrales de la source (déduites de l'analyse de la coda des ondes régionales) obtient une valeur de moment sismique de $2,0 \cdot 10^{16}$ Nm, ce qui correspond à une magnitude $M_w = 4,8$. Enfin, à partir de l'inversion de la forme d'onde enregistrée sur deux stations accélérométriques, Delouis (<http://www-geoazur.unice.fr/PERSO/delouis/recherche>) propose que la rupture a une dimension de 1,6 km de côté, le foyer est à 12 km de profondeur et la magnitude est de $M_w = 4,3$. Les informations accélérométriques sont issues du site du RAP (<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>). Ce séisme a été enregistré par des stations du réseau accélérométrique permanent (RAP-AZUR et RAP-LGIT) ainsi que par les stations du réseau associé de l'IRSN, jusqu'à des distances dépassant 300 km. La figure p.56 montre les accélérations horizontales nord-sud à 5 stations. Les amplitudes maximales ont été de 0,04g et 0,02g sur les stations NALS et NPOR du centre de Nice. Les mouvements observés manifestent une très grande variabilité sur de très courtes distances, en liaison directe avec les conditions géologiques locales, les mouvements étant systématiquement plus importants dans les deux vallées centrales remplies d'alluvions récents du Paillon. Les valeurs pics sont ainsi multipliées par un facteur 4 à 5 entre le Mont-Boron et les jardins Alsace-Lorraine. Les amplifications spectrales révélées par les rapports spectraux entre chaque station et la référence située au Mont-Boron indiquent des facteurs dépassant 10 à partir de 0,8 Hz à Alsace-Lorraine, atteignant 7 à 10 entre 1 et 2 Hz à Saint-Roch, et autour de 4-5 vers 2 Hz pour Libération. Ces niveaux d'amplification sont identiques à ceux observés lors des précédents séismes (Peille, 01/11/1999 ; Alessandri, 21/08/2000 ; Blasac, 19 et 20/12/2000), ainsi qu'à ceux mesurés précédemment sur de plus petits séismes (Duval, 1994). ■

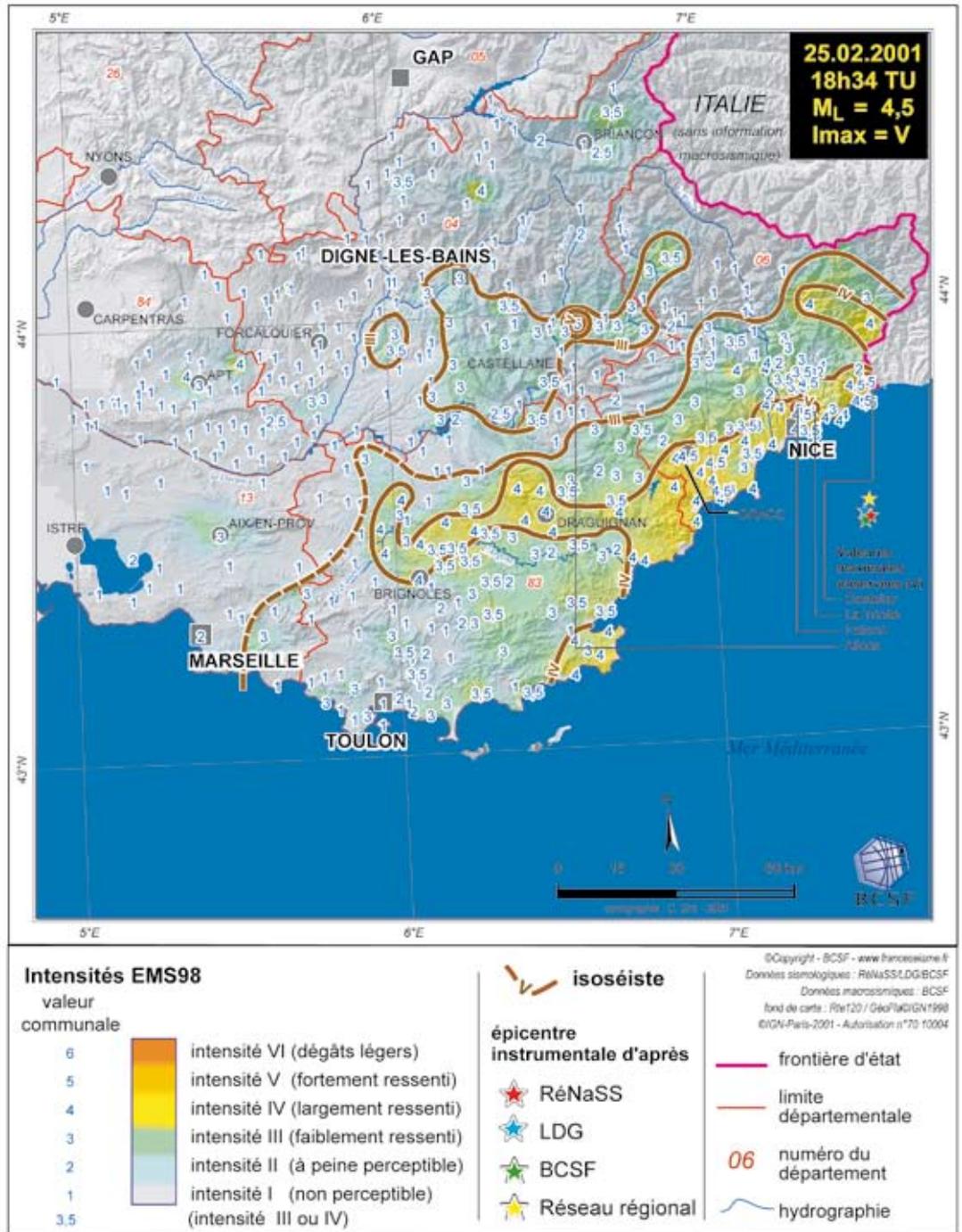
DONNÉES MACROSISMIQUES

Intensité
maximale
(sur continent) : V
formulaires
collectés : 1756
séisme ressenti
dans 181 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface :
indéterminée
isoséiste ouverte
Population :
1 316 900 h.
communes : 239

Dégâts signalés
40 communes



[fig. 31]

Observations macrosismiques

Le séisme du 25 février 2001 de magnitude 4,7 M_L a son épicentre macrosismique en mer Ligure à 28 km au SE de Nice. Ce séisme a été largement ressenti par la population, les effets de la secousse étant perçus jusqu'à 120 km à l'intérieur des terres sur cinq départements (Alpes-Maritimes, Var, Alpes de Hautes-Provence, Bouches-du-Rhône, et Vaucluse). Il n'a été ressenti que faiblement en Italie sur la côte Ligure.

Grâce à l'enquête menée par l'intermédiaire des

SIDPC des préfectures, le BCSF a pu déterminer l'intensité sur 406 communes, 157 d'entre elles ont une intensité supérieure ou égale III; l'intensité maximale à terre a été estimée à V sur trois communes du département des Alpes-Maritimes (Falcon, Castellar, la Trinité) et une des Alpes-de-Haute-Provence (Allons).

Aucun blessé n'a été signalé mais les services de secours des Alpes-Maritimes ont reçu quelques quatre mille appels lors de cet événement.

Accompagné d'un grondement sourd "semblable au passage d'un camion", d'un "avion de chasse"

ou encore d'une "explosion" pour les zones les plus proches de l'épicentre et d'une durée évaluée entre 2 et 5 secondes, le bruit du séisme a été mentionné sur 112 communes.

Au-delà de la zone d'intensité V, correspondant à une forte secousse, l'intensité IV s'étend principalement le long du littoral, touchant le pays niçois à l'est pour s'étendre aux pays antibois, cannois, l'Estérel, mais également sur sa partie ouest à l'intérieur des terres vers Draguignan et le pays Brignolais.

Quelques effets de sites sont mis en lumière comme à Allons (04), à Chateaudouble (83) et à Gignac (84) avec une intensité IV et respectivement à 89 km, 84 km et 164 km de l'épicentre.

La secousse a été ressentie au 15^{ème} étage d'une tour à Grenoble à 235 km de l'épicentre.

La zone d'intensité III, localisée sur le pays du Verdon (Castellane) et du Haut-Verdon, est détachée de la zone d'intensité III de bord de côte par une atténuation franche des intensités (I à II) sur les Préalpes entre Grasse et Castellane. Dans la vallée de la Tinée, entre 50 et 100 km de l'épicentre, aucun des villages entre Roure et Tournafort n'a perçu la secousse. Plus haut en altitude, mais également plus loin en distance, seule la commune d'Isola semble avoir largement observé la secousse.

Sur la ville de Nice et grâce aux témoignages individuels collectés et localisés par étage, on observe que les sentiments (inquiétude, frayeur, panique) sont étroitement liés à la hauteur où se trouvait le témoin dans l'immeuble. Les seuls cas de panique relevés sont parvenus de témoins habitant au 5^e étage ou plus. La même observation peut être faite pour les villes d'Antibes, Beausoleil, Cagnes-sur-Mer, Cannes, Fréjus, La Colle-sur-Loup, La Motte, La Trinité et Le Cannet du département des Alpes-Maritimes. Il est important de noter que le formulaire d'intensité utilisé depuis l'année 2000 permet de prendre en compte ce paramètre et de corriger la valeur d'intensité pour la ramener au niveau du sol, conformément aux spécifications de l'échelle EMS98.

A Nice la perception a été assez variable d'un quartier à l'autre. Dans la vieille ville des dizaines de personnes sont descendues dans la rue ou sont sorties sur leur balcon. Au centre ville du côté de la place Masséna la secousse fût plus modérée.

Le rapport du CETE Méditerranée (Duval et al. 2002) issu de l'enquête macrosismique réalisée sur la ville de Nice par collecte de formulaires

individuels, indique que 87% des personnes ont ressenti physiquement la secousse, majoritairement comme une légère vibration ou le passage d'un gros camion. Peu de personnes (3%) disent avoir été effrayées ou paniquées. 21% des observateurs notent des déplacements d'objets lourds et 10% des chutes de ces mêmes objets. Les dommages observés sont très rares et mineurs. L'analyse aboutit à la conclusion que la perception de la secousse semble optimale sur les zones recouvertes de 30 à 40 mètres d'alluvions. Toutefois cette tendance doit être prise avec circonspection vu le faible niveau de la secousse et la répartition inégale des formulaires sur le territoire, toujours selon ce même rapport.

A Monaco la secousse a été moins importante que pour le séisme du 19 décembre 2000 localisé près de Blausac et donc plus proche de la ville, mais de magnitude plus faible.

La commune de Castellar (06) indique que plus de 50% des habitants sont sortis dans la rue. Dans les communes de Beaulieu-sur-Mer (06), Saint-Laurent-du-Var (06), Sante-Agnès (06), Brignoles (83), Trans-en-Provence (06), Breil-sur-Roya (06), Falicon (06), la Trinité (06), Saint-André (06), Grasse (06), Cap-d'Ail (06), 10 à 50% des habitants sont sortis de leur habitation. 45 autres communes indiquent que moins de 10% de la population a quitté son logement.

Des chutes d'objets dans les étages élevés des bâtiments mais également dans les étages inférieurs au 3^{ème} ont été signalés dans 12 communes des Alpes-Maritimes, 4 communes du Var et 2 communes du Vaucluse (Gignac, Apt).

Des chutes de mobilier léger ont été signalées au dessus du 3^{ème} étage à Collobrières (06), Bouyon (06), Grasse (06). A Nice des effets similaires ont été notés du rez-de-chaussée, jusqu'au 4^{ème}. Quatre témoins indiquent des chutes de mobilier lourd à Grasse et Nice du 1^{er} au 4^{ème}.

Des coupures d'électricité se sont produites durant 10 min sur l'ensemble d'un quartier au Cannet. A Nice le séisme a provoqué une baisse sensible de l'intensité de la tension électrique sans coupure de courant (durant 1 à 2 s). Quelques coupures de téléphone fixe se sont produites probablement suite à une saturation du réseau.

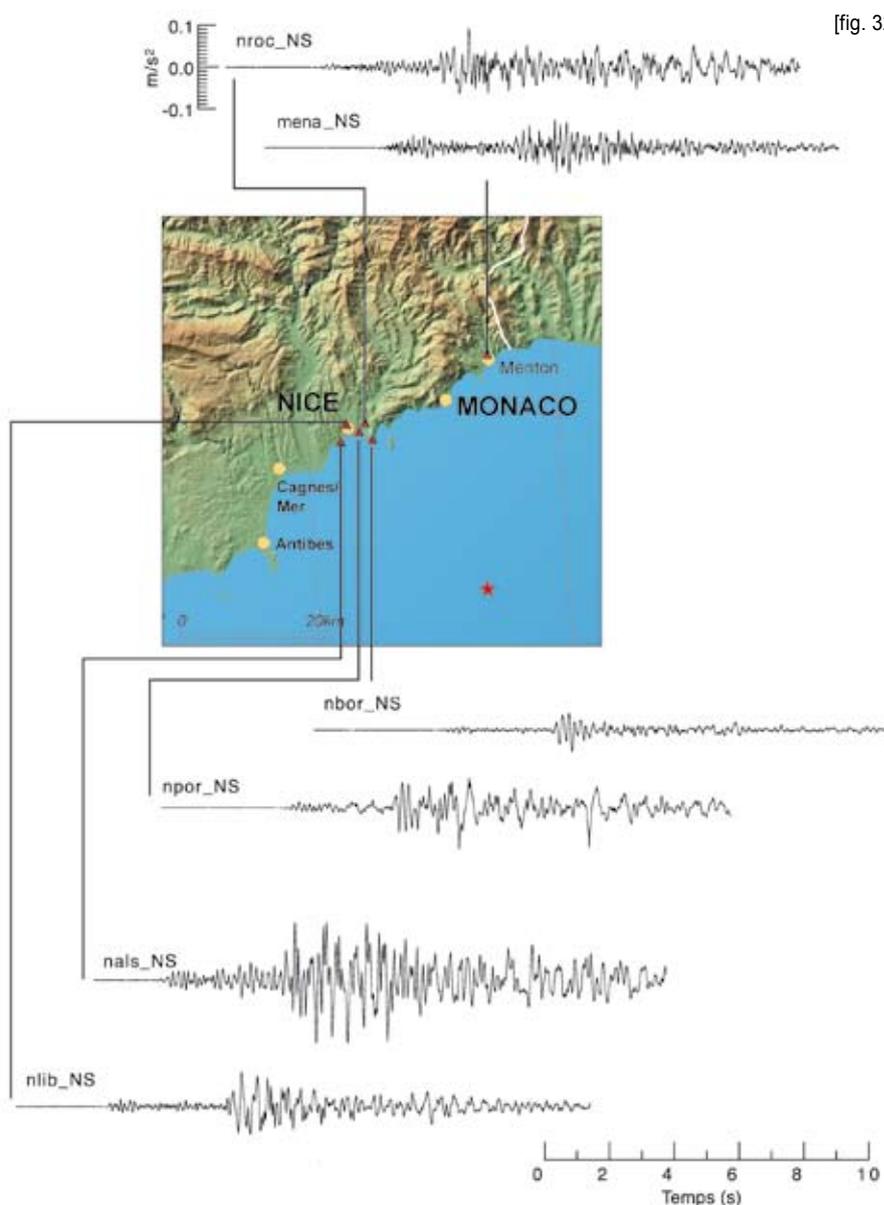
Les dégâts signalés sur les constructions de quarante communes se répartissent principalement sur une frange littorale d'une vingtaine de kilomètres dans les Alpes-Maritimes. Quelques communes plus éloignées signalent également des effets sur les constructions. Les dommages

sont principalement de niveau 1 et 2 sur quelques constructions de type A et B. 5 communes signalent des niveaux 4 (Falcon, Nice, Saint-André, Isola, Mandelieu).

Enfin, signalons que le Château du XVIII^e siècle de la commune de Gignac (département 84) a subi dans les jours suivant le choc principal un effondrement de voûtes et un affaissement de sa terrasse principale. Ces dégâts sont-ils indirectement liés au séisme ? Sur cette même commune un agriculteur a indiqué également la chute de mobilier léger et l'apparition de dégâts de niveau

1 en petit nombre durant le séisme.

Il est important de noter que la description des dégâts signalés dans cette fiche n'a pas été contrôlée par le personnel du BCSF. Elle repose entièrement sur les témoignages reçus. ■



[fig. 32] **Accélérations horizontales du sol (NS)**

Réseau Accélérométrique Permanent (RAP)

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

Parmi les 29 enregistrements accélérométriques obtenus par le RAP lors du séisme du 25 février 2001, 6 sont dans la région de Nice et à Menton. La figure ci-contre montre les accélérations horizontales nord-sud à ces stations. D'importantes variations d'amplitudes sont observées à Nice entre les mesures effectuées par la station au rocher (nbor) et par les stations au sédiment (npor, nlib, nals et nroc).

Références citées

- Baroux E., N. Béthoux et O. Bellier, Analyses of the stress field in southeastern France from earthquake focal mechanisms, *Geophys J. Int.*, 145, 336-348, (2001).
- Béthoux N., J. Fréchet, F. Guyoton, F. Thouvenot, M. Cattaneo, C. Eva, M. Nicolas et M. Granet, A closing Ligurian Sea? *Pageoph*, 139, 179-194, (1992).
- Bossolasco M., G. Cicconi, C. Eva et V. Pasquale, La rete sismica dell'Istituto Geofisico di Genova e primi risultati sulla sismo-tettonica delle Alpi Marittime e Occidentali e del Mar Ligure, *Riv. Ital. Geofis.*, 21, 229-247, (1972).
- Chaumillon E., J. Deverchère, J. P. Réhault et E. Guegen, Réactivation tectonique et flexure de la marge continentale Ligure (Méditerranée Occidentale), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 319, 675-682, (1994).
- Courboulex F., A. Deschamps, M. Cattaneo, J. Deverchère, J. Virieux, P. Augliera, V. Lanza et D. Spallarosa, Source study and tectonic implications of the 1995, Ventimiglia (border of Italy and France) earthquake (ML = 4.7), *Tectonophysics*, 290, 245-257, (1998).
- Courboulex F., C. Larroque, A. Deschamps, C. Kohrs-Sansorny, C. Gélis, J. L. Got, J. Charreau, J. F. Stéphan, N. Béthoux, J. Virieux, D. Brunel, C. Maron, A. M. Duval, S. Vidal et P. Mondielli, Seismic hazard on the French Riviera: new data, interpretations and Simulations, *Geophysical Journal International*, (sous presse 2006).
- Duval A. M., Détermination de la réponse d'un site aux séismes à l'aide du bruit de fond: évaluation expérimentale thèse, Université Paris-6, Paris, France, 265 p., (1994).
- Duval A.-M., A. Milliard, C. Fleury, A. Tortet, S. Vidal, P. Munier, J.-L. Gastaud, J.-P. Méneroud et V. Rémy, Etude de la perception du séisme du 25 février 2001 à Nice; Exploitation de l'enquête lancée par voie de presse auprès de la population niçoise, rapport du CETE Méditerranée à la Direction de la Prévention des Risques du Ministère de l'Environnement, LCPC : OP11M031/2002/ERA6/A2, 69 pages + 53 cartes en annexe, juil. (2002).
- Faccenna c., F. Funicello, D. Giardini et P. Lucente, Episodic back-arc extension during restricted mantle convection in the Central Mediterranean, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 187, 105-116, (2001).
- Lambert J., A. Levret-Albaret, M. Cushing et C. Durouchoux, Mille ans de séismes en France, Catalogue d'épicentre, paramètres et références, Ouest Edition ed., Presses Académiques, 80 p., (1998).
- Larroque C., N. Bethoux, E. Calais, F. Courboulex, A. Deschamps, J. Deverchere, J. F. Stephan, J.-F. Ritz et E. Gilli, Active and recent deformation at the Southern Alps-Ligurian Basin junction, *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw*, 80, 255-272, (2001).
- Montigny R., J. B. Edel et R. Thuizat, Oligocene-Miocen rotation of Sardinia; K/A ages and paleomagnetic data of Tertiary volcanics, *Earth Planet Sci Lett.*, 54, 261-271, (1981).
- Réhault J. P., J. L. Olivet et J. M. Auzende, Le bassin nord-occidental Méditerranéen: structure et évolution, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, 281-294, (1974).
- Ritz J. F., P. H. Trong, S. Rebai, H. Philip et G. Herquel, Le séisme du 26 décembre 1989 en Méditerranée, au large de la Côte d'Azur: tectonique en compression, perturbation de contraintes et inversion tectonique au niveau d'une marge continentale, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 31, 1505-1512, (1990).
- Tapponnier P., Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée: poinçonnement et écrasement rigide-plastique, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, 437-460, (1977).
- Westphal M., C. Bardon, A. Bossert et R. Hamzeh, A computer fit of Corsica and Sardinia against southern France, *Earth Planet Sci Lett.*, 18, 137-140, (1973).

Sites internet utilisés:

http://www-geoazur.unice.fr/PERSO/delouis/recherche/page_image2_recherche.html
http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/bulletin/Seisme_Nice_2001.02.25/BULLETTIN_WEB_RAP.htm

Séisme du 16 mars 2001 est de Freyming-Merlebach (Moselle)



HEURE
en temps universel :
10h13min
en temps légal :
11h13min

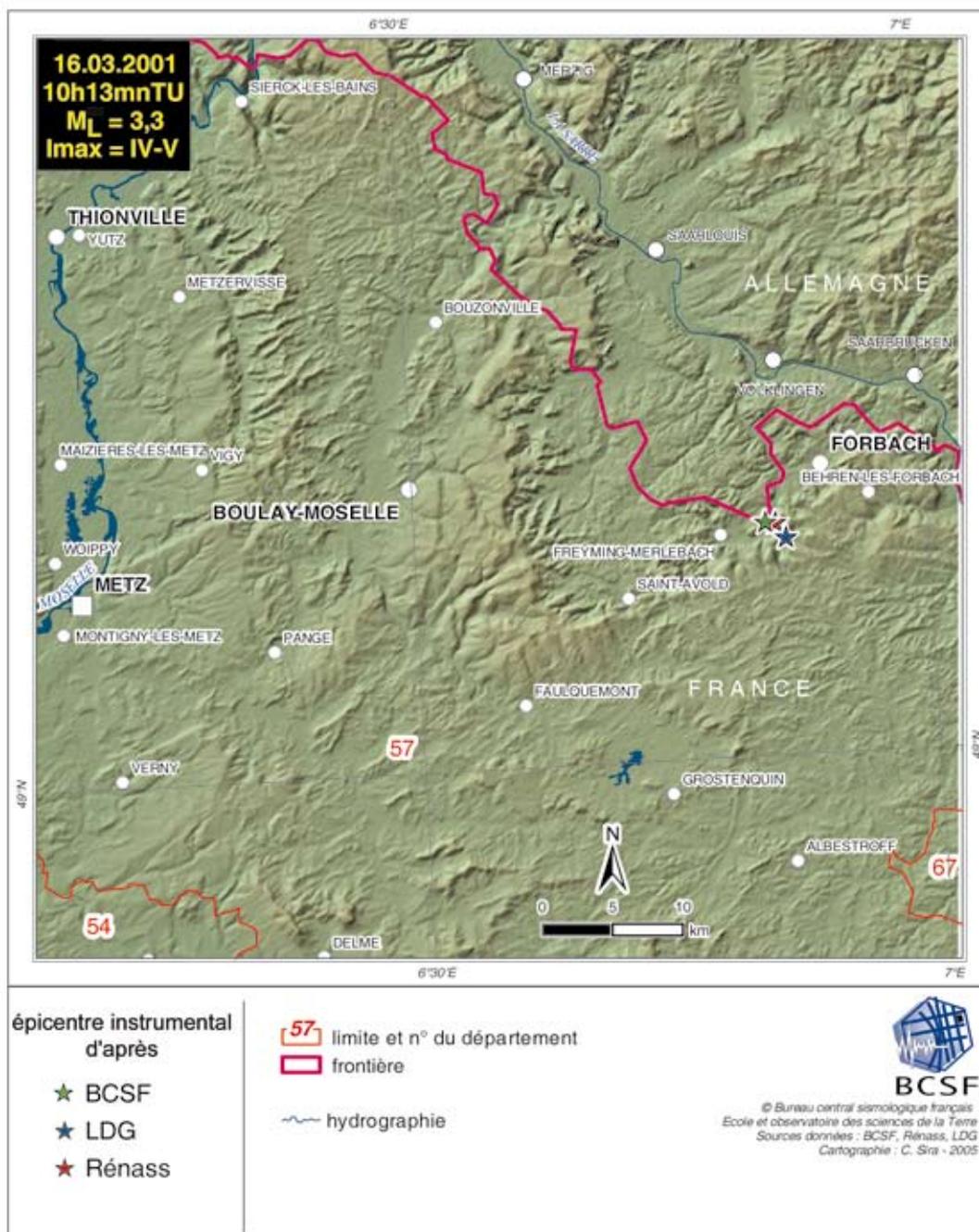
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,3 M_L
LDG : 3,7 M_L

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 49,15° N
long. : 6,85° E
profondeur : 1 km

LDG
lat. : 49,14° N
long. : 6,86° E
profondeur : 1 km

BCSF
lat. : 49,15° N
long. : 6,84° W
profondeur : 1 km



[fig. 33]

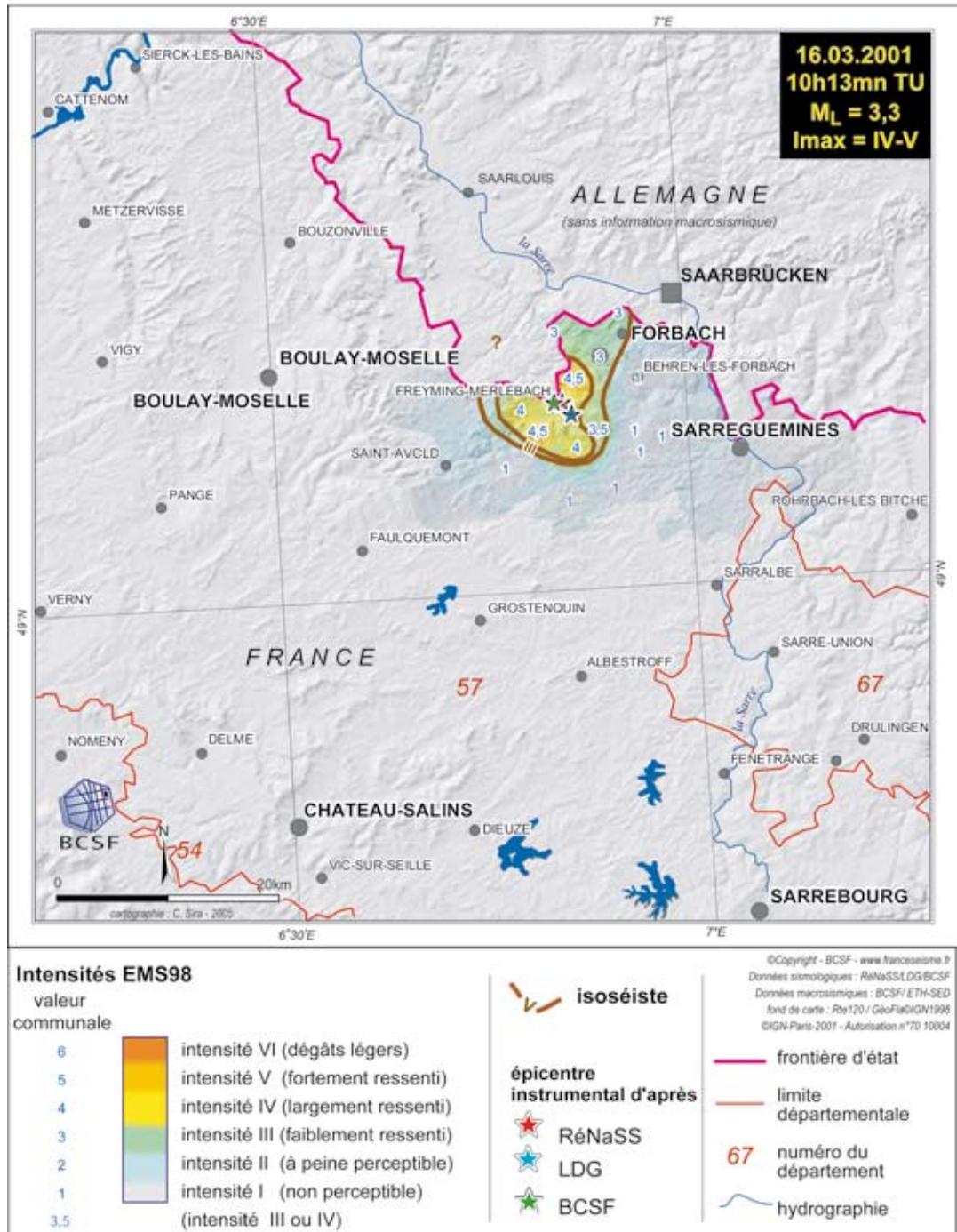
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité maximale : IV-V
formulaires collectés : 40
séisme ressenti dans 10 communes françaises

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : indéterminée
isoséiste ouverte
population française : 88200 h.
communes : 15

Dégâts signalés 2 communes



[fig. 34]

Observations macrosismiques

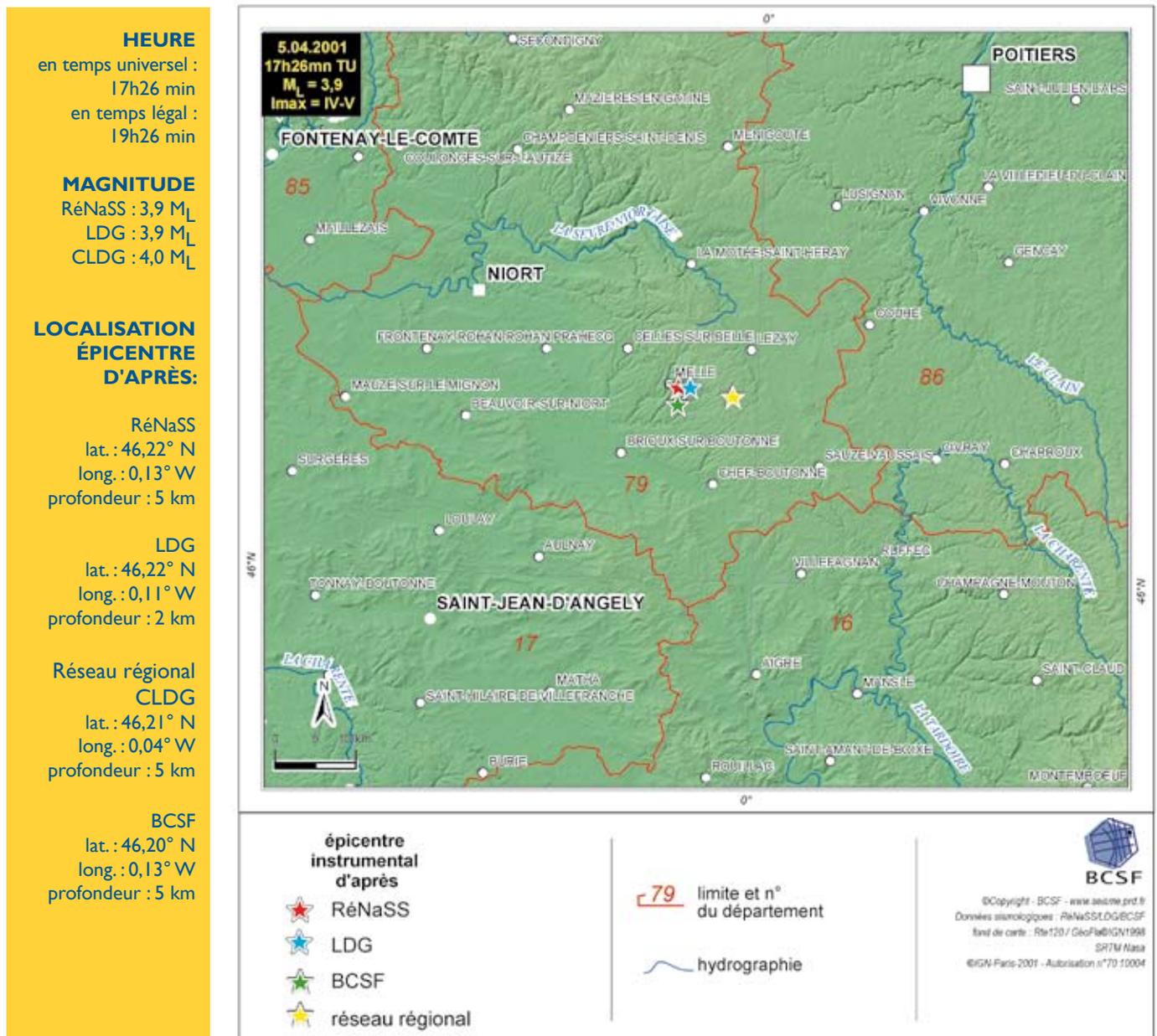
La localisation de cet évènement coïncide avec les exploitations minières de Freyming-Merlebach. La surface macrosismique est d'environ 93 km² pour la partie française.

Dix communes ont subi des intensités supérieures à l'intensité III, dont 3 d'intensité IV ou V. Ce petit choc localisé très proche de la surface a effrayé la population de Morsbach, Rosbruck, par son bruit de tonnerre proche et fort. A Rosbruck quelques objets sont tombés et quelques déplacements de mobilier léger ont été observés. Une toiture a

été endommagée. Des dégâts aux constructions sont signalés bien qu'il soit difficile sans vérification sur le terrain de valider leur concomitance avec le séisme.

Des dégâts de niveau 1 à 2 sur la salle des fêtes communale ont également été signalé par la mairie de la commune de Béning-Lès-Saint-Avoid (bâtiment de type maçonnerie en pierre ou en parpaing). Les chocs ou mouvements de terrain passés ayant pu fragiliser les bâtiments, il reste une incertitude sur la valeur maximale atteinte, probablement IV ou V. ■

Séisme du 5 avril 2001 sud-est de Niort (Deux-Sèvres)



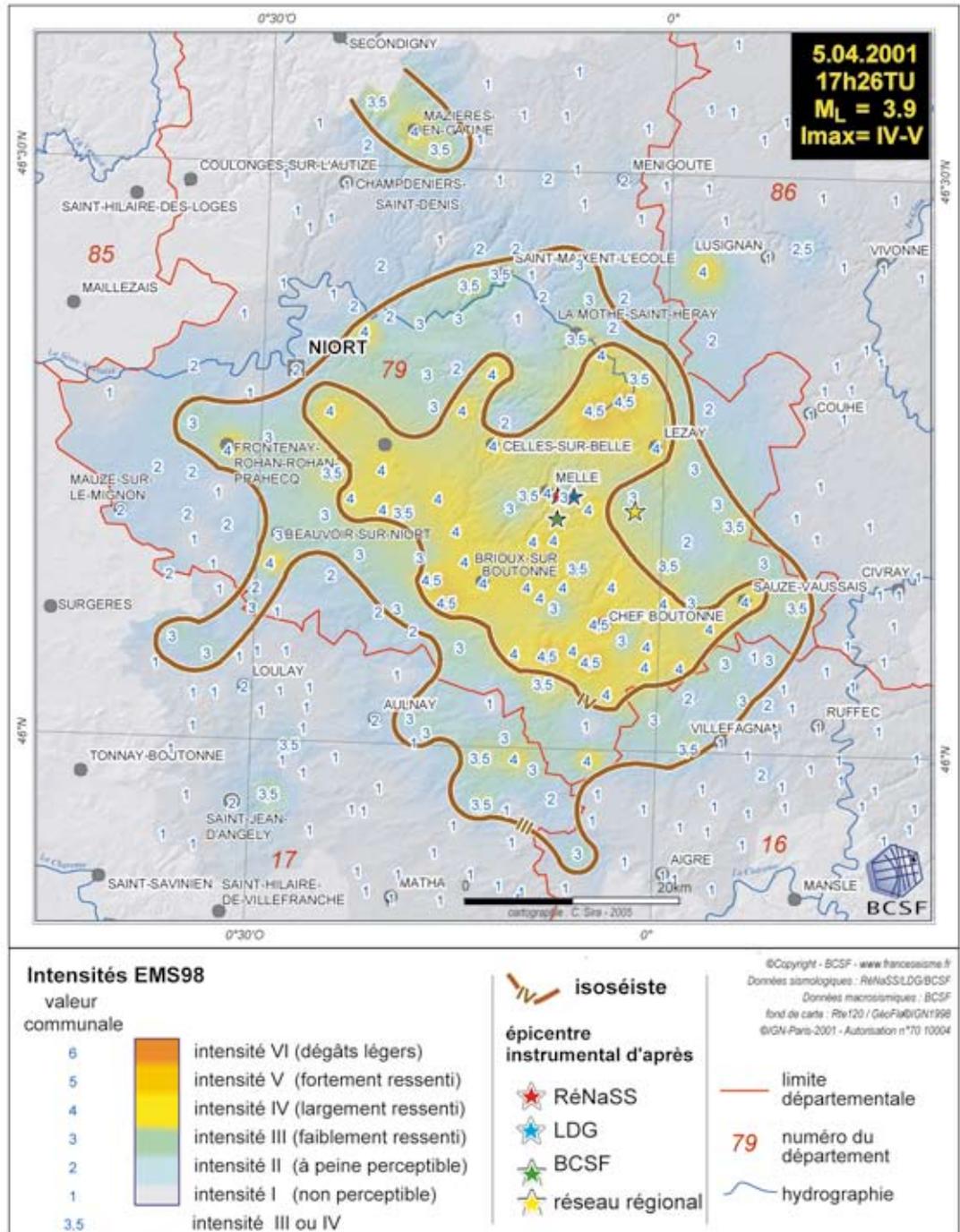
[fig. 35]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV-V
formulaire
collectés : 377
séisme ressenti
dans 135 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface : 1925 km²
population : 97 000 h.
communes : 133

Dégâts signalés
10 communes



[fig. 36]

Observations macrosismiques

C'est à 19h26 heure locale, sur le plateau Mellois à quelques kilomètres de Melle au sud du département des Deux-Sèvres, que le séisme a surpris la population. L'intensité maximale a dépassé IV sur 7 communes du pays Mellois, mais n'a atteint V que très localement. L'intensité III a été ressentie dans un rayon moyen d'une trentaine de kilomètres autour de l'épicentre. On observe une zone d'amplification de la vibration d'intensité III-IV, sur Mazière-en-Gatine au NNW de l'épicentre instrumental.

De nombreux habitants on perçu un "grand

boum" pensant parfois à un avion, une explosion de chaudière ou au choc de plusieurs véhicules, mettant en vibration objets et mobilier. A Chauray (24 km de l'épicentre) quelques alarmes ont retenti, malgré une vibration modérée.

Peu d'effets aux constructions ont été observés. Dix communes proches de l'épicentre déclarent des dégâts de niveau divers, dont une dans le département de la Charente-Maritime. Les témoignages individuels ne rapportent quant à eux qu'un seul dégât, un vieux mur pour partie écroulé a subi une dégradation sur la commune de Périgné. ■

Séisme du 8 juin 2001 est de Chantonnay (Vendée)



HEURE
en temps universel :
13h26min
en temps légal :
15h26min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,9 M_L
LDG : 5,1 M_L
CLDG : 5,0 M_L

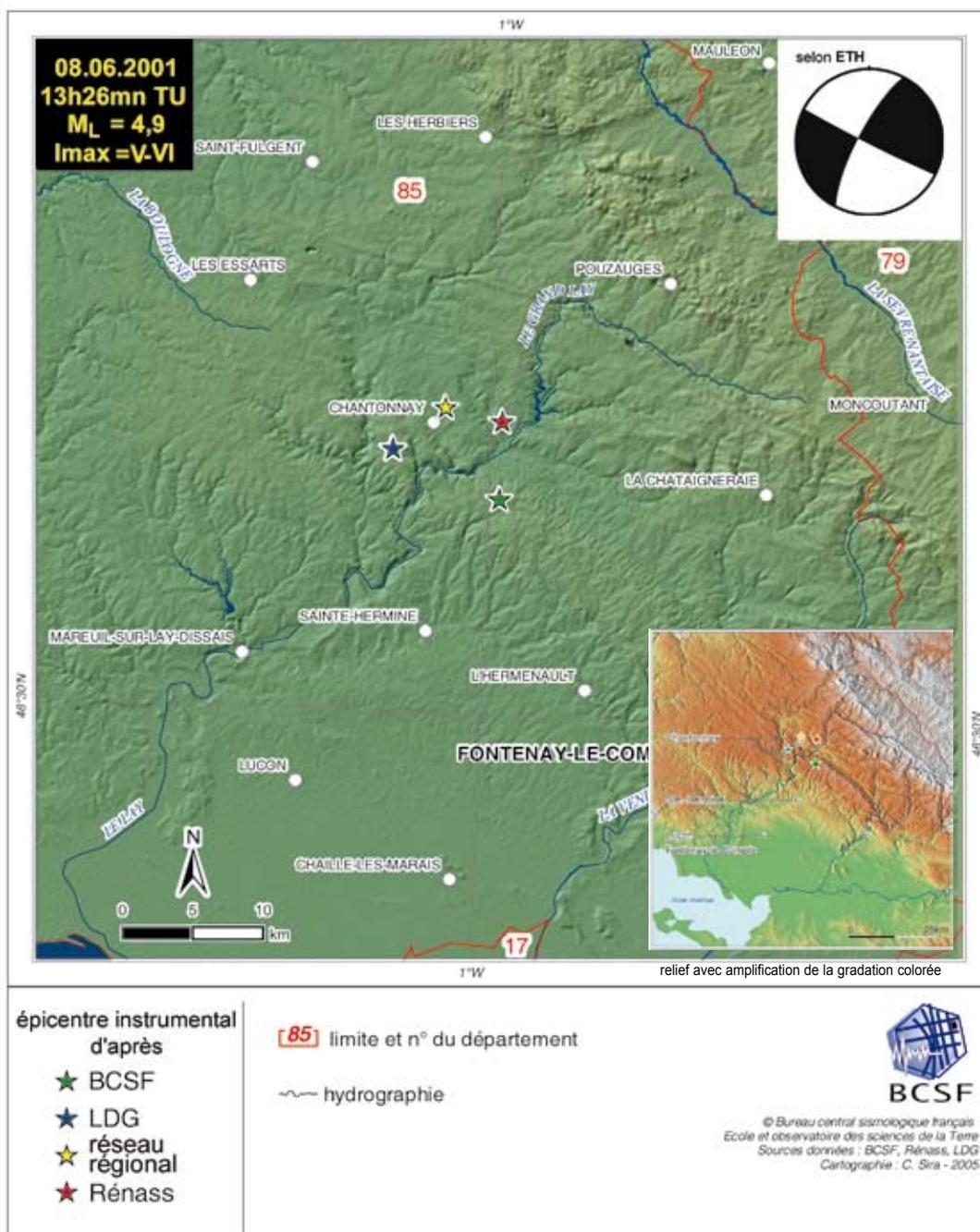
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 46,69° N
long. : 0,99° W
profondeur : 12 km

LDG
lat. : 46,67° N
long. : 1,09° W
profondeur : 3 km

Réseau régional
CLDG
lat. : 46,70° N
long. : 1,04° W
profondeur : 15 km

BCSF
lat. : 46,64° N
long. : 0,99° W
profondeur : 5 km



[fig. 37]

Le séisme du 8 juin 2001 s'est produit dans la partie sud du Massif Armoricaïn à quelques kilomètres de Chantonnay. Ce secteur est traversé par un ensemble de grandes failles NW-SE formées il y a 350 millions d'années, le faisceau du Cisaillement sud Armoricaïn, lequel montre des signes d'activité récente. Celui-ci marque une limite entre une zone où le socle hercynien

affleure (au SW) et une autre (au NE) où affleure une couverture sédimentaire Mésozoïque dont l'épaisseur est inférieure à quelques centaines de mètres.

Le séisme du 8 juin 2001 s'est produit à proximité de la faille de Chantonnay, faille à fort pendage vers le NE bien marquée dans la topographie et montrant des signes d'activité récente. Cette

région se déforme lentement, produisant de temps à autre des séismes ressentis par la population. Le séisme du 8 juin 2001 a été suivi de trois répliques à 15h35 ($M_L(\text{RENASS})=3$), à 16h32 ($M_L(\text{RENASS})=2,7$) et 20h00 ($M_L(\text{RENASS})=2,8$) heures locales. La première réplique est localisée à proximité du choc principal. Les deux autres répliques sont localisées à 10-15 km au NW et font partie d'un petit essaim de sismicité détecté entre le 8 et le 12 juin 2001. Leurs magnitudes sont comprises entre 2 et 3 et leurs épicentres sont répartis sur 10 km selon une direction NNE-SSW entre deux segments de faille orientés environ N125. Des segments de failles NNE-SSW recoupant les grands accidents armoricains sont présents dans le secteur mais l'association de cette microsismicité avec une structure déterminée est difficile faute de données précises notamment sur la profondeur.

Le mécanisme au foyer du séisme principal du 8 juin 2001 obtenue par le SED (Zurich) est principalement décrochant avec 2 plans nodaux subverticaux : l'un d'orientation N120 est principalement dextre et parallèle à la direction de la faille de Chantonnay, l'autre d'orientation N27 est sénestre et lui est perpendiculaire. Ce mécanisme est très voisin de celui du séisme du 12 janvier 1997 ($M_L(\text{RENASS})=4,3$, intensité épicentrale V MSK64, cf. publication du BCSF 1997-1999) situé à 10 km au SSW du séisme du 8 juin 2001. La faible magnitude de ces évènements

($M_L(\text{RENASS})=4,9$ et 4,3 respectivement) rend les mécanismes de ces deux évènements compatibles aussi bien avec les directions des structures majeures (N120-130) que secondaires (N20-30). Le plus important séisme enregistré dans la région est celui du 7 septembre 1972, de magnitude 5,7 ($M_L(\text{LDG})$) qui s'était produit à une dizaine de kilomètres à l'ouest de l'île d'Oléron, près d'une centaine de kilomètres au SSW de Chantonnay. Son mécanisme au foyer montrait un mouvement décrochant dextre avec une faible composante en extension sur une structure de direction NW-SE (Delouis et al., 1993). Les vibrations associées à ce séisme avaient lézardé une quinzaine de maisons, fait tomber environ 400 cheminées et fut ressenti jusqu'à Paris (intensité épicentrale VII MSK64).

Parmi les séismes les plus forts connus et à une distance de moins de 100 km de l'épicentre, on note les séismes du 9 janvier 1772 (Parthenay - magnitude estimée 5,1, intensité maximale VII-VIII), du 2 mai 1780 (magnitude estimée 4,6, intensité maximale VI-VII) et du 25 janvier 1799 (Bouin-Noirmoutier - magnitude estimée 5,1, intensité maximale : VII-VIII). Le séisme de 1799 avait notamment renversé des cheminées dans la ville de Nantes et créé des dommages importants dans les villes de Machecoul, Bouin et sur l'île de Noirmoutier.

Références citées

- BRGM, Carte Géologique de la France au Millionième, 6ème édition, Orléans, (1996).
- CEA-LDG, Sismicité de la France 1962-1993, CEA-Laboratoire de Détection et de Géophysique, Bruyère le Chatel, (1995).
- CEA-LDG, Fichier de la sismicité instrumentale de la France et des régions limitrophes (1962-1998), L.D.G./C.E.A., Bruyères le Châtel, (1998).
- Delhay A., Etude de la sismicité récente de la région d'Oléron, Thèse, Université Paris VI, Paris, 61 p., (1976).
- Delouis B., H. Haessler, A. Cisternas et L. Rivera, Stress tensor determination in France and neighbouring regions, *Tectonophysics*, 221, 413-437, (1993).
- Grellet B., P. Combes, T. Granier et H. Philip, Sismotectonique de la France métropolitaine dans son cadre géologique et géophysique, *Mém. Soc. géol. France*, 164, 24 pl., 21 cartes, 76 p., (1993).
- L.E.P.C.A.T., (maintenant CLDG) Bulletin du Réseau Sismologique Régional Poitou-Charente-Vendée, N°2, Séismes régionaux enregistrés du 1er janvier 1997 au 30 juin, 1997 La Rochelle, (1998).
- Lambert J., A. Levret-Albaret, M. Cushing et C. Durouchoux, Mille ans de séismes en France, Catalogue d'épicentre, paramètres et références, Ouest Edition ed., Presses Académiques, 80 p., (1998).
- Nicolas M., J. P. Santoire et P. Y. Delpéch, Intraplate seismicity: new seismotectonic data in Western Europe, *Tectonophysics*, 179, 27-53, (1990).

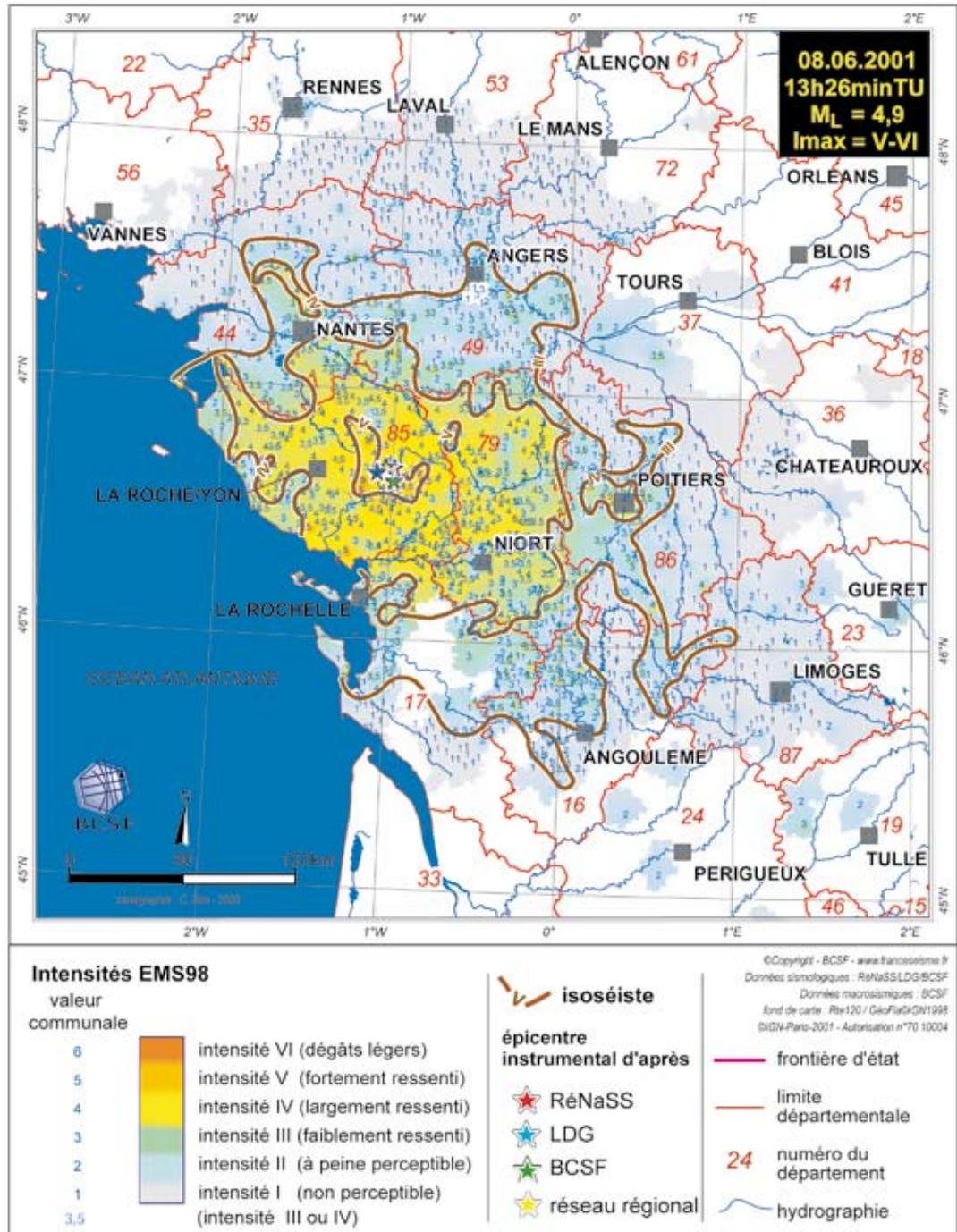
**DONNÉES
MACROSISMQUES**

intensité
maximale : V-VI
formulaire
collectés : 46
séisme ressenti
dans 926 communes

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

surface :
indéterminée
isoséiste ouverte
population :
2 544 400 h.
communes : 1367

Dégâts signalés :
62 communes



[fig. 38]

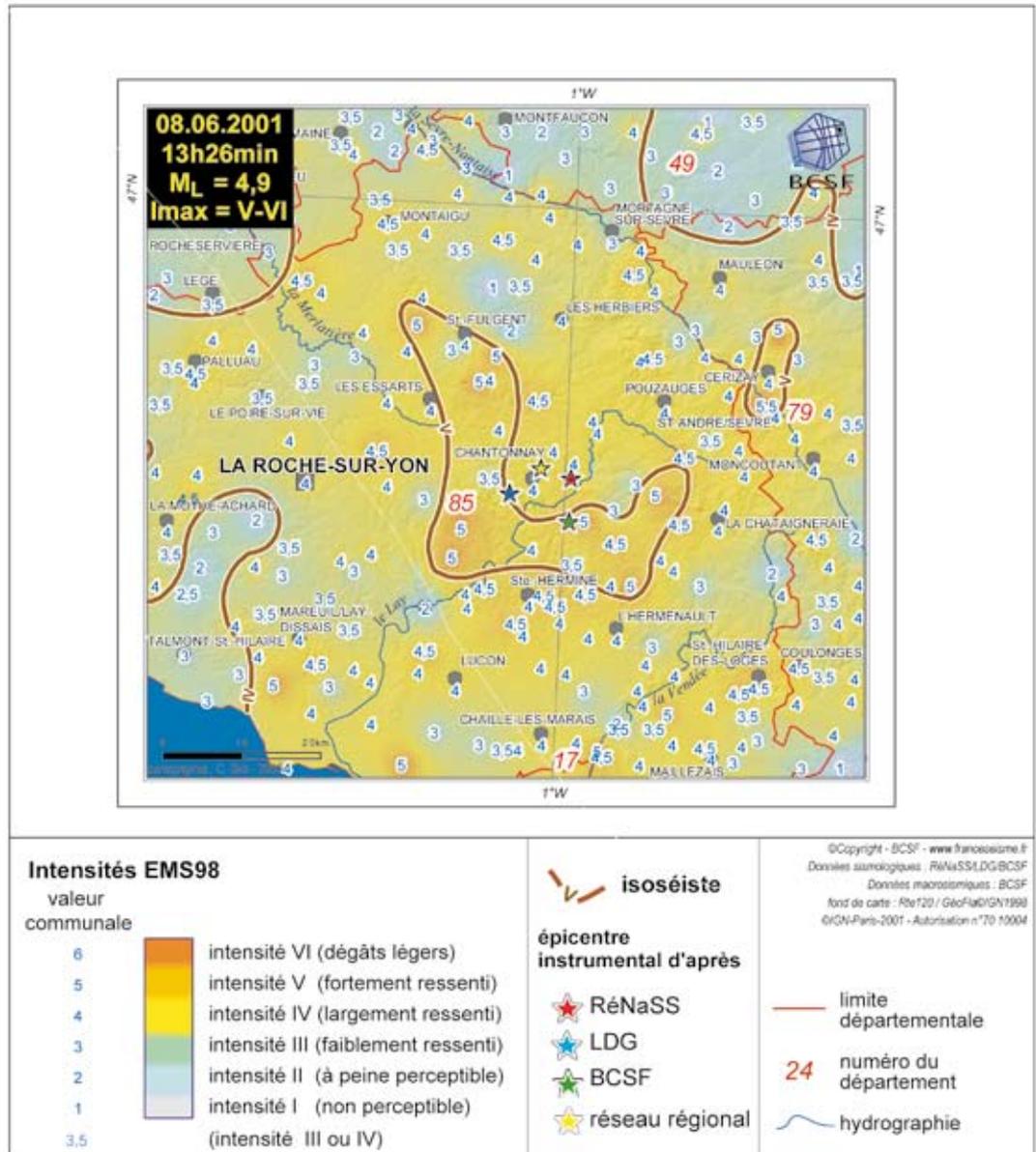
Observations macrosismiques

Localisé dans le triangle "Les Herbiers-Pouzauges-Chantonay", le séisme a été fortement ressenti par la population. Des intensités V (forte secousse) ont été relevées de façon assez disséminée sur une vaste zone du bocage vendéen jusqu'à une cinquantaine de kilomètres autour de l'épicentre instrumental. Cette secousse est caractérisée par une grande dispersion des intensités, l'aire enveloppant l'intensité V est assez large et comporte de nombreuses valeurs IV ou IV-V.

L'intensité maximale V-VI a été déterminée à Saint-André-sur-Sèvre. 21 intensités V ont été estimées. On a pu attribuer une intensité à 1873 communes, dont 734 ont été supérieures ou égales à III.

Les centres de secours, Météo France et les différentes rédactions des médias ont été assaillis d'appels téléphoniques.

A Limoges (87) quelques témoins ont fortement ressenti le séisme. Pour autant ces témoignages distants restent isolés mais le séisme a bien été ressenti jusqu'à 255 kilomètres (Seilhac - Corrèze - distance la plus éloignée).



[fig. 39]



[fig. 40] Exemple d'habitat, sortie est de Chantonnay

Bien que la partie océanique ne permette pas de fermer les isoséistes IV et III (à 43 km de l'épicentre), on observe néanmoins une orientation NW-SE des isoséistes, ainsi qu'une extension plus importante en direction SSE (160 km) qu'en direction du NNW (120 km) pour les intensités III.

Sur la zone épicode centrale, les personnes ont res-

senti de fortes vibrations et observé d'importantes oscillations d'objets suspendus. Les petits objets instables ou mal fixés ont été déplacés et parfois ont chuté.

Le séisme du 8 juin 2001, bien que ressenti par la population de nombreux départements, n'a pas eu de conséquences graves.

Hormis les grandes agglomérations (Nantes, Niort,...), cette région présente un habitat généralement de faible hauteur (souvent 1 à 2 niveaux - fig. 40), ce qui a pu conduire à réduire les effets ressentis pour un séisme de cette magnitude.

Malgré le signalement de dégâts sur de nombreuses communes (46), ceux-ci restent majoritairement de 1^{er} niveau (fissures fines en petit nombre). On dénombre :

- 21 communes avec des niveaux 1 uniquement
- 13 communes avec des niveaux 1 à 2

- 10 communes avec des niveaux 1 à 3 (rares)
- 2 communes avec des niveaux 1 à 4 (rares)
(Le Bourdet et de Sainte-Eanne/lieu-dit Le Breuil).

Le bruit a été signalé dans 762 communes. Dans 189 d'entre elles il est identifié comme un grondement faible et lointain, souvent comparé au bruit d'un camion passant près de l'habitation, dans 524 autres communes, le bruit est identifié plutôt

comme un coup de tonnerre proche et fort. Dans une plus faible proportion (27 communes) il est associé à une explosion.

566 formulaires d'enquête collectives rapportent que la secousse a "inquiété", 27 "effrayé", et 5 "paniqué". Les mêmes proportions sont retrouvées à partir des témoignages individuels collectés directement par le BCSF (233 "inquiété", 25 "effrayé" et 10 "paniqué"). ■

Séisme du 21 juin 2001 nord-est de Freyming-Merlebach (Moselle)



HEURE
en temps universel :
19h55min
en temps légal :
21h55min

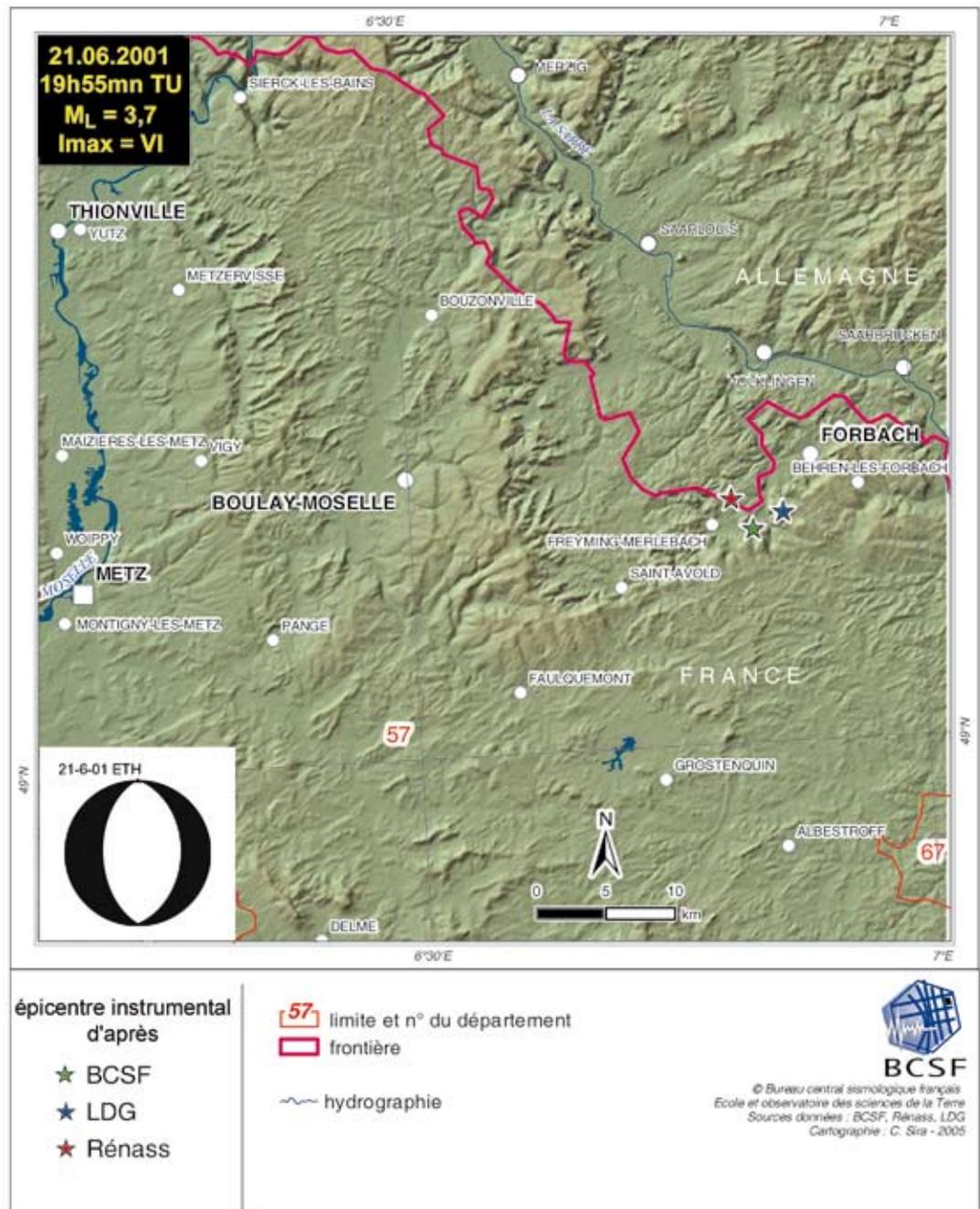
MAGNITUDE
RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 4,2 M_L

**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 49,16° N
long. : 6,82° E
profondeur : 1 km

LDG
lat. : 49,15° N
long. : 6,87° E
profondeur : 1 km

BCSF
lat. : 49,14° N
long. : 6,84° E
profondeur : 1 km



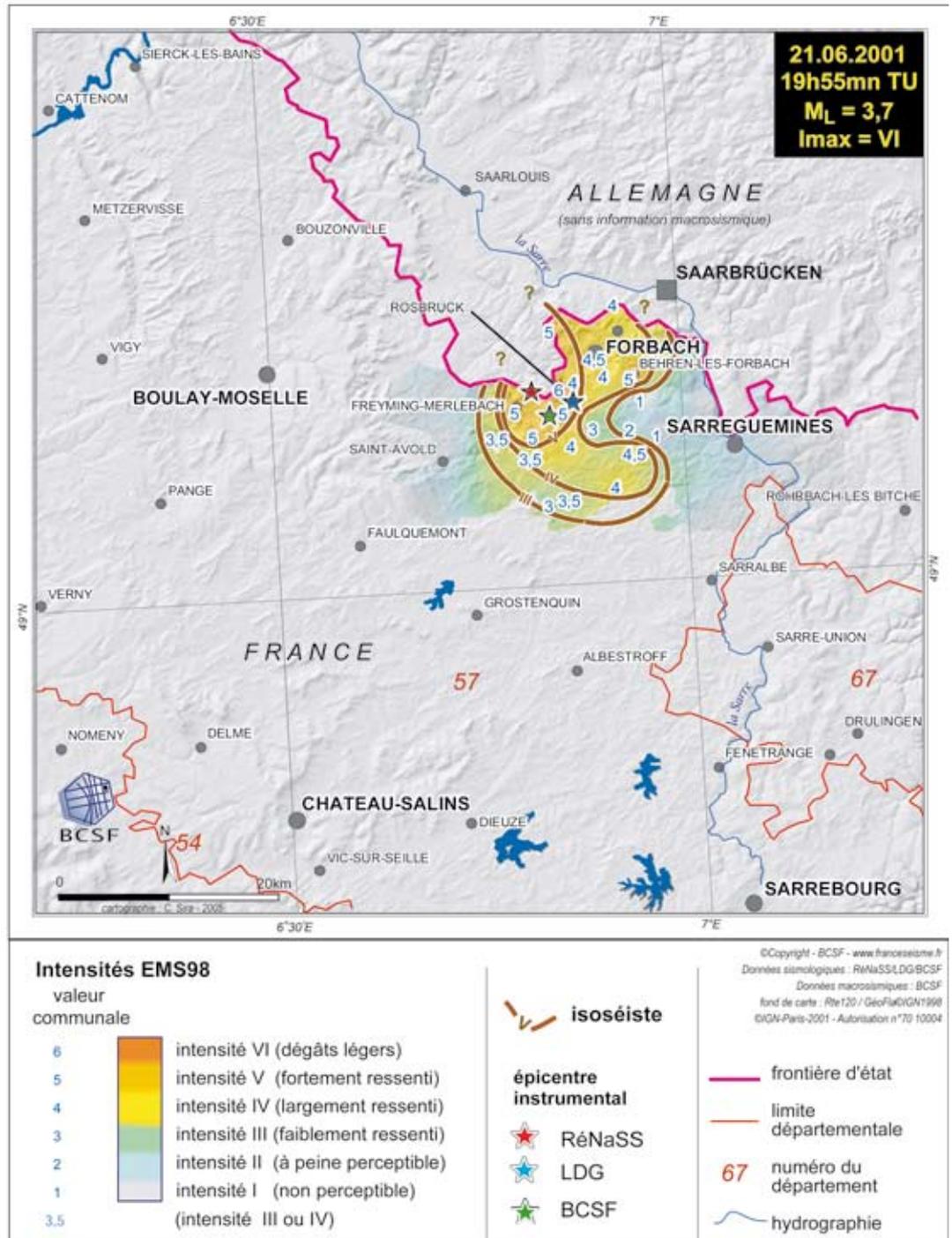
[fig. 41]

**DONNÉES
MACROSISMQUES**

intensité
maximale : VI
formulaire
collectés : 59
séisme ressenti dans
20 communes
françaises

**Paramètres de
l'isoseïste
d'intensité III :**

surface :
indéterminée
isoseïste ouverte
population :
126800 h.
communes : 32

**Dégâts signalés
6 communes**

[fig. 42]

Observations macrosismiques

De magnitude supérieure au précédent choc du 16 mars 2001, et localisé à faible profondeur dans le même secteur géographique, ce séisme a provoqué des effets en surface plus importants et affecté une zone géographique plus large. Grâce à l'enquête menée conjointement avec les services de la protection civile de la préfecture, le BCSF a collecté près de 59 formulaires collectifs.

Un bruit d'explosion a été entendu à Forbach,

Morsbach et Rosbruck. C'est sur cette dernière commune que l'intensité maximale VI a été atteinte. La population a été effrayé voir paniqué dans certains cas. De nombreux effets sur les objets ont été notés et des déplacements de mobilier léger et lourd se sont produits. Les constructions ont subi quelques dommages comme la chute de morceaux de cheminées, de tuiles, des fissures larges sur des murs (principalement sur des bâtiments de type A et B), et enfin des chutes de morceaux de plâtres.

Des dégâts similaires ont été notés à Cocheren

bien que les autres effets (objets, mobilier) semblent inférieurs.

D'autres communes ont subi quelques dégâts ; légers pour certaines (Morsbach, Petite-Roselle - niveau 1 à 2) ; plus importants pour d'autres (Freyding-Merlebach, Forbach - niveau 1 à 3). Comparativement à un séisme de même magnitude localisé à une quinzaine de kilomètres de

profondeur, cet évènement superficiel présente une intensité III jusqu'à une distance deux fois moins importante (15 km au lieu d'une trentaine). L'intensité épiscopentrale maximale est par contre supérieure de pratiquement 1 degré (cf 23 février 2001 séisme de Martigny p.49) de magnitude comparable. ■

Séisme du 25 juin 2001 nord-ouest de Marennes (Charente-Maritime)



[fig. 43]

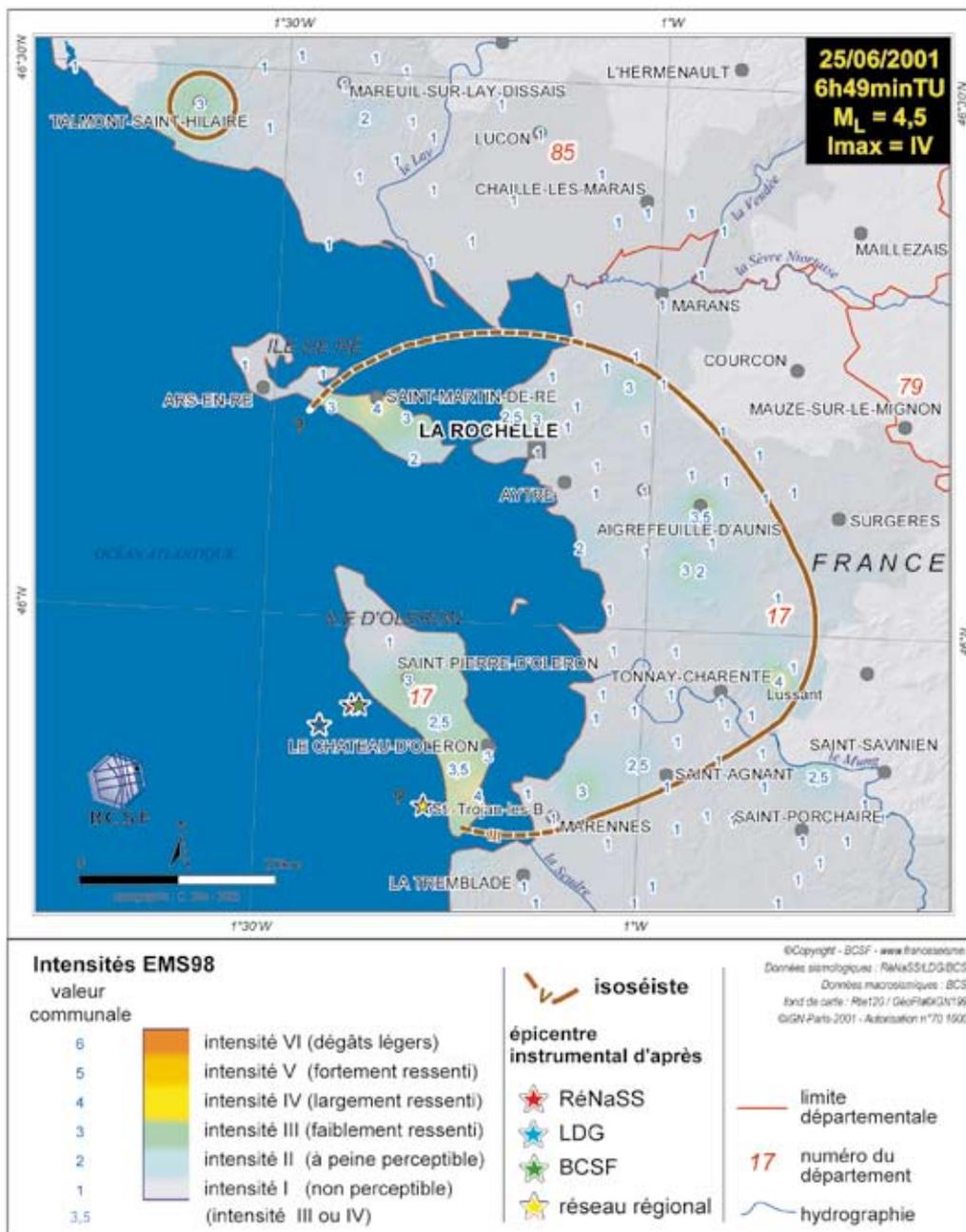
DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 155
séisme ressenti dans
22 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface :
indéterminée
isoséiste ouverte
population :
241700 h.
communes : 80

Aucun dégât
signalé



[fig. 44]

Observations macrosismiques

Pour la troisième fois consécutive en 2001, l'ouest de la France a été touché par un séisme modéré. Il a été ressenti principalement sur l'Île d'Oléron, le pays Rochefortais, l'île de Ré et plus partiellement dans le pays d'Aunis.

Sur l'île d'Oléron les témoignages rapportent des effets plus modérés que pour le séisme du 8 juin 2001.

Compte tenu de sa localisation en mer, l'isoséiste III ne peut-être déterminée à l'ouest. Il est vraisemblable que l'intensité V serait atteinte à l'aplomb de l'évènement compte tenu de la magnitude. A Saint-Trojan (Île d'Oléron) à 6 km de l'épicentre,

le choc a été comparable à un "choc de véhicule". Sur le continent à Châtelailon-Plage (30 km) un bruit fort, sourd comme un coup de tonnerre a été entendu, suivi d'un tremblement très bref, du sol, du plafond, du mobilier et des objets.

Comme indiqué sur la carte macrosismique, le séisme n'a été que partiellement ressenti sur le continent. Sur l'île, à Saint-Pierre d'Oléron (13km) la secousse était déjà très atténuée (III).

Une amplification locale de la vibration (III) a été déterminée à 75 km au nord de l'épicentre du réseau régional (Talmont-St.-Hilaire).

Aucun dégât n'a été signalé aux services de secours ni rapporté sur les formulaires collectés. ■

Séisme du 12 décembre 2001 est de Saint-Jean-Pied-de-Port (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE
en temps universel :
12h10 min
en temps légal :
13h10 min

MAGNITUDES
RéNaSS : 3,5 M_L
LDG : 3,3 M_L
RSSP : 3,1 M_L

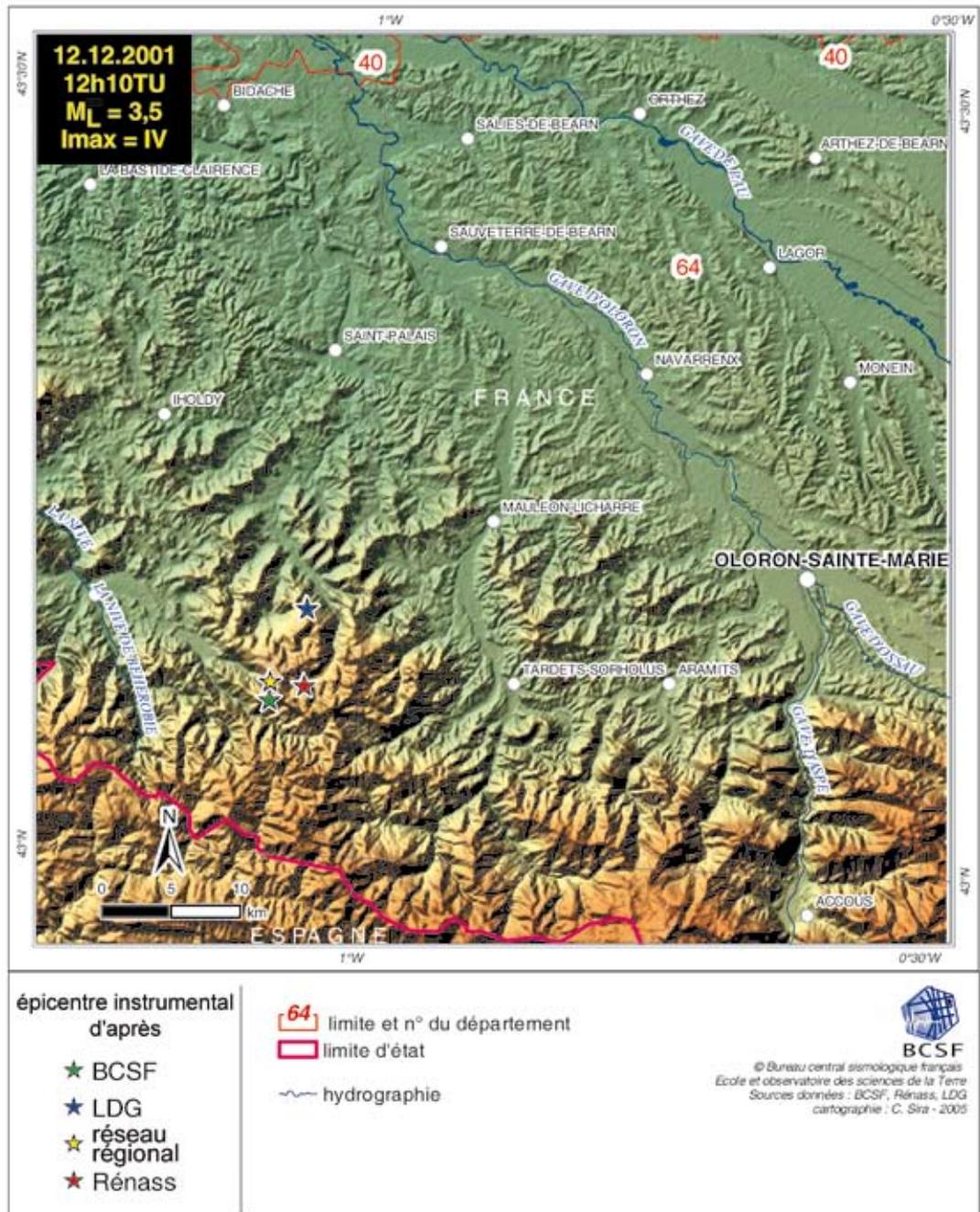
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,11° N
long. : 1,05° W
profondeur : 9 km

LDG
lat. : 43,16° N
long. : 1,05° W
profondeur : 10 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 43,11° N
long. : 1,08° W
profondeur : 10 km

BCSF
lat. : 43,10° N
long. : 1,08° W
profondeur : 5 km



[fig. 45]

Localisation

Le 12 décembre 2001, à 13h10 (heure légale), un séisme de magnitude 3,5 M_L s'est produit à environ 17 km à l'est de Saint-Jean-Pied-De-Port. Aucune réplique n'a été détectée après ce séisme.

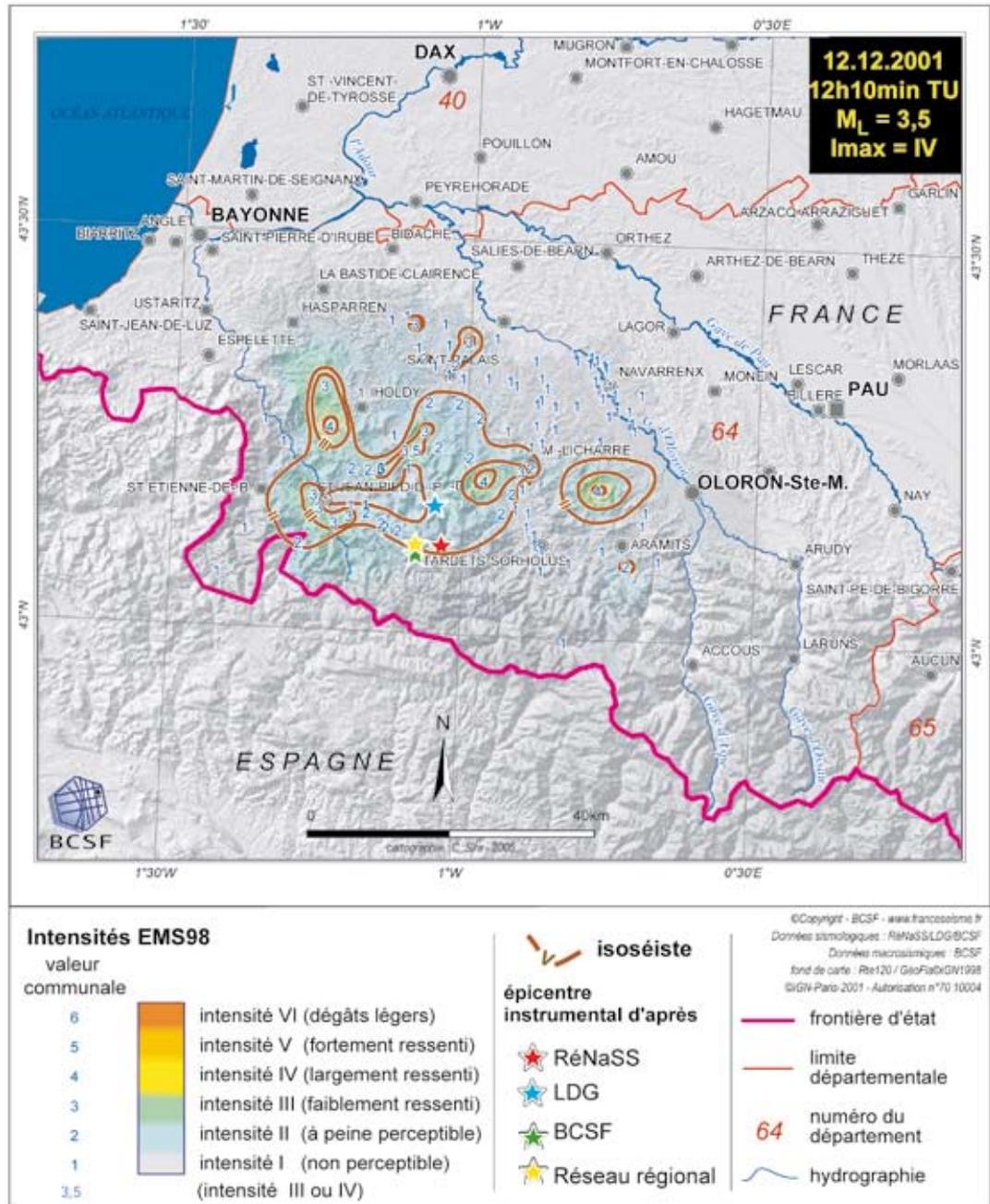
La détermination du RSSP (réseau régional) est la plus fiable, combinant les données des stations françaises et espagnoles.

**DONNÉES
MACROSISMIQUES**

intensité
maximale : IV
formulaire
collectés : 103
séisme ressenti
dans 33 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
Surface : 140 km²
population : 6200 h.
communes : 14

Dégâts signalés :
2 communes



[fig. 46]

Observations macrosismiques

La secousse localisée dans les Pyrénées-Atlantiques a été faiblement ressentie jusqu'à une trentaine de kilomètres de l'épicentre. Ce séisme est localisé dans une partie montagneuse très faiblement peuplée à 11 km de la frontière espagnole. Par conséquent, notre enquête n'a pas permis d'estimer l'intensité de manière homogène sur l'ensemble de la zone touchée.

L'enquête a été lancée sur un rayon de trente kilomètres autour de l'épicentre instrumental. Le BCSF a collecté via l'intermédiaire du SIDPC de la préfecture des Pyrénées Atlantiques 103 formulaires collectifs.

Aucun formulaire individuel n'a été collecté sur le site internet du BCSF.

Dans l'isoséiste d'intensité III, on compte environ 6200 habitants pour 14 communes. 11 communes ont répondu à l'enquête.

Le séisme a été faiblement ressenti, aucun appel n'a été enregistré par le groupement de gendarmerie du département. Le Service départemental d'incendie et de secours n'a pas non plus été sollicité.

14 communes ont connu une secousse d'intensité supérieure ou égale à III. L'intensité maximale du séisme, égale à IV, a été estimée sur 3 communes : Musculdy (13 km de l'épicentre), Irissarry (21 km), Barcus (27 km).

Le bruit a été signalé dans 12 communes principalement comme un grondement faible et lointain, ou dans une plus faible proportion comme un coup de tonnerre proche et fort (Larceveau-Arrots-Cibits - 14 km, Aincille - 10 km).

Sept formulaires seulement soulignent l'inquiétude des habitants. Aucun ne rapporte de panique ni de perte d'équilibre. Seule la commune d'Irissary, nous indique que 10 à 50% des habitants sont sortis des bâtiments, inquiétés par la secousse et le grondement.

Aucune chute ni déplacement d'objets ou de mobilier ne se sont produits, seules des vibrations

modérées d'objets ont été notées. Les objets suspendus se sont balancés légèrement dans les communes de Barcus, Musculdy et Uhart-Cize - au-dessus du 3^{ème} étage.

Deux communes rapportent des dégâts :

- Alcay-Alcabehey-Sunharette (petit nombre de fissures fines dans des bâtiments de type "tout venant") ;
- Amorots-Succos (petit nombre de fissures fines, et chutes de petits morceaux d'éléments dans des bâtiments de type "béton armé"). ■

Séisme du 18 février 2002 sud-ouest de Mende (Lozère)



HEURE

en temps universel :
6h11min TU
en temps légal :
7h11min

MAGNITUDE

RéNaSS : 3,7 M_L
LDG : 3,6 M_L

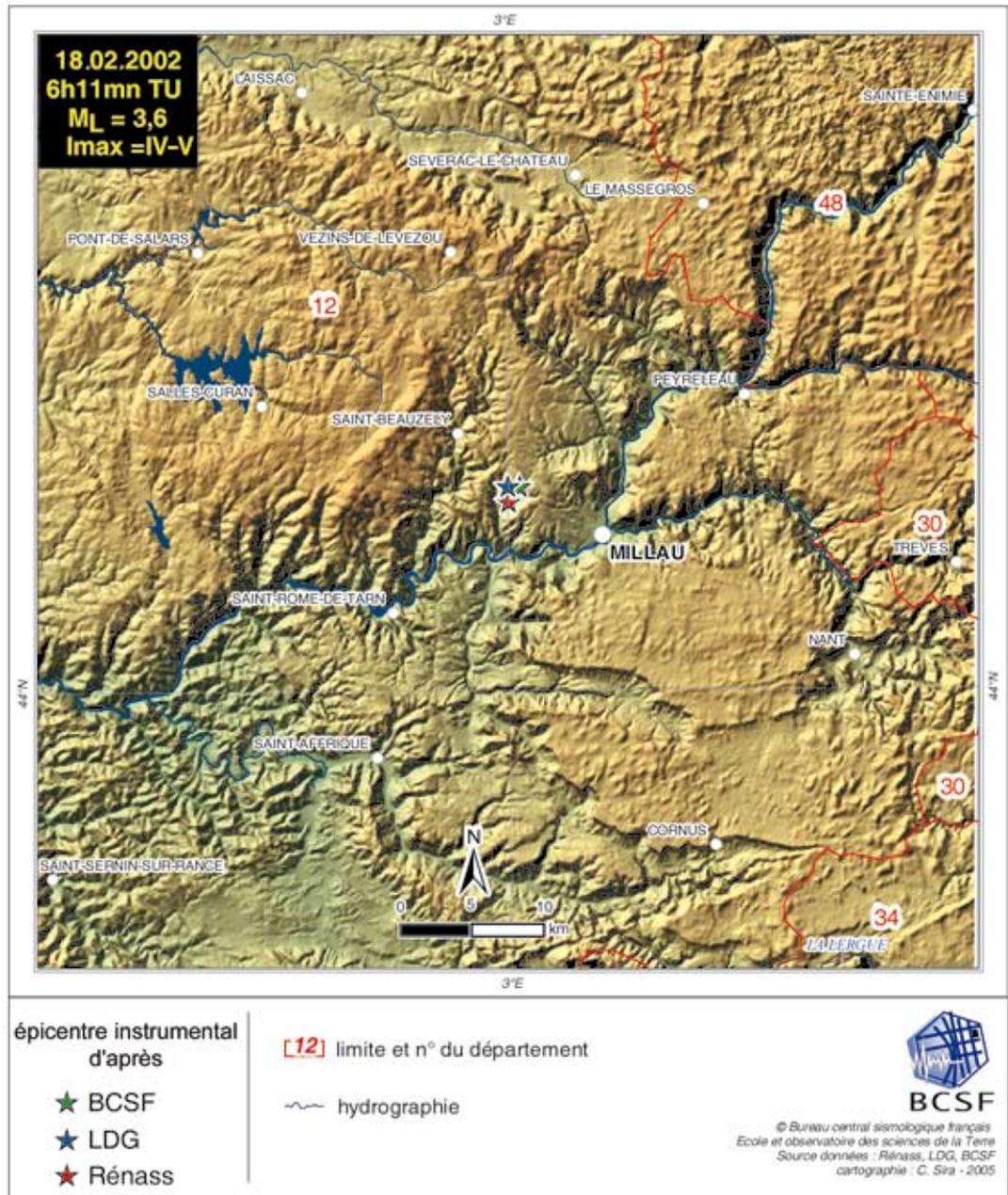
LOCALISATION

ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 44,12° N
long. : 3,00° E
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 44,13° N
long. : 3,00° E
profondeur : 6 km

BCSF
lat. : 44,13° N
long. : 3,01° E
profondeur : 5 km



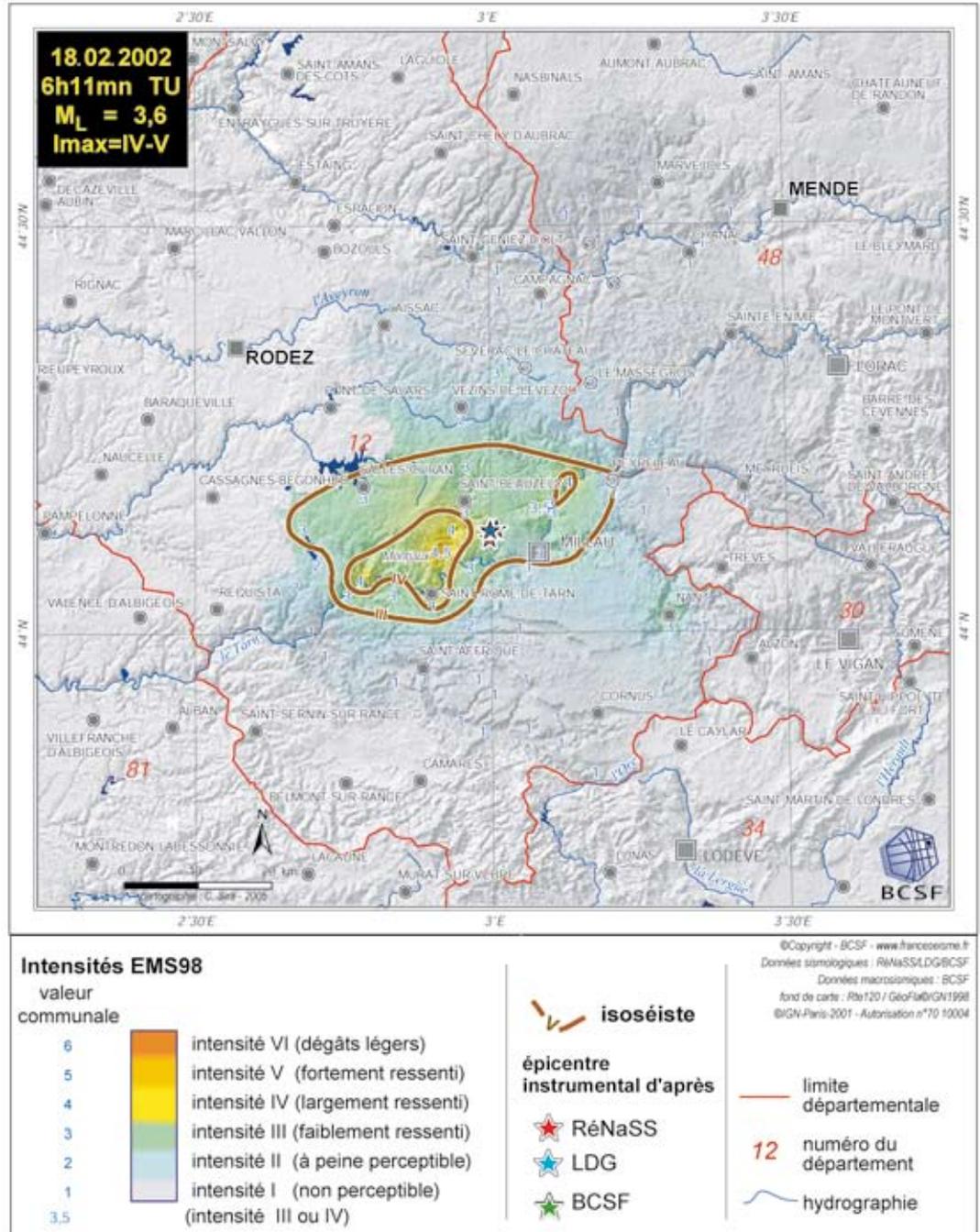
[fig. 47]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité maximale : IV-V
 formulaires collectés : 106
 séisme ressenti dans 26 communes

Paramètres de l'isoséiste d'intensité III
 Surface : 696 km²
 population : 32700 h.
 communes : 24

Aucun dégât signalé



[fig. 48]

Observations macrosismiques

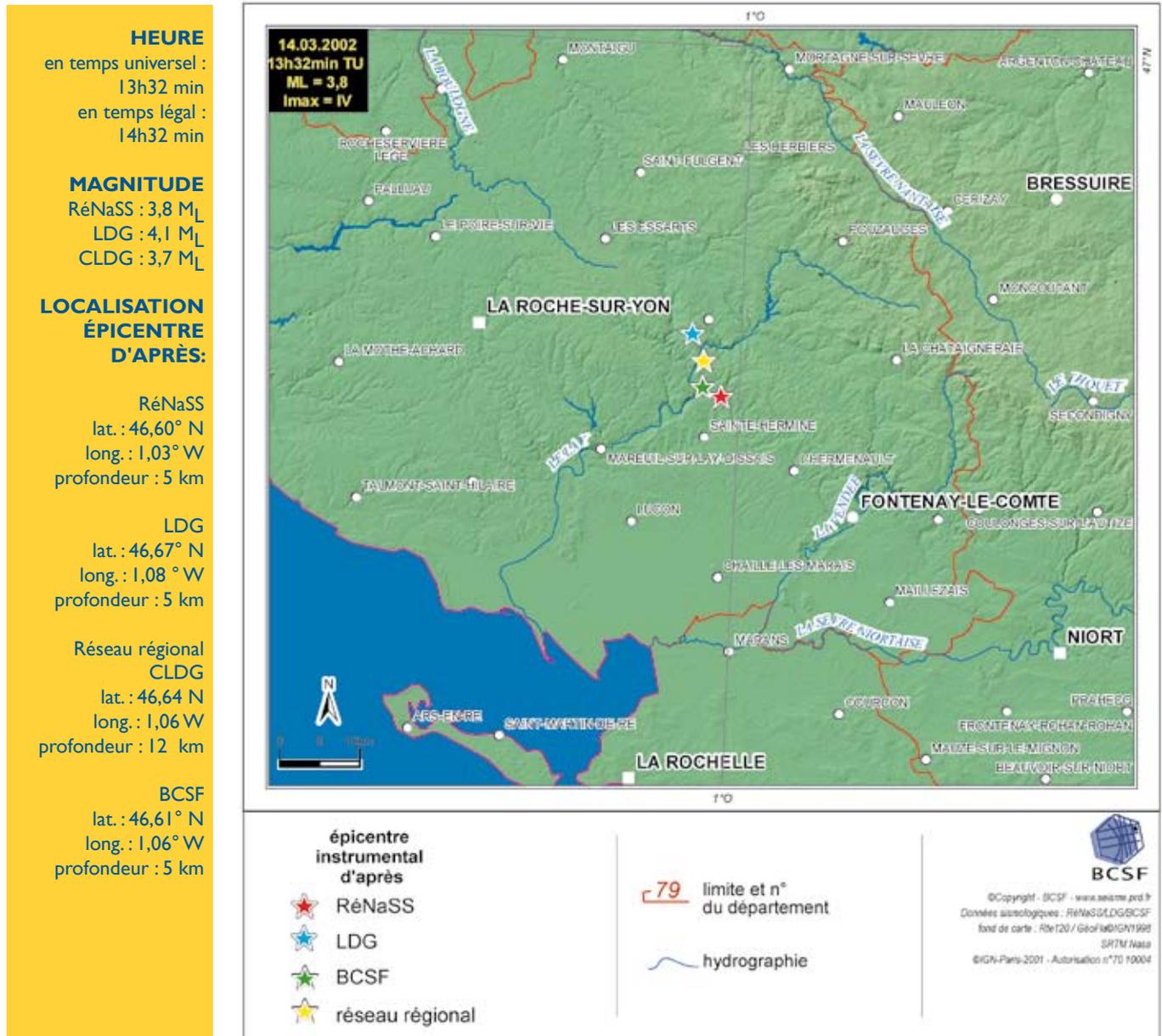
Localisé à 7 km à l'ouest de Millau au sud du département de la Lozère, ce séisme a été faiblement ressenti entre Alrance et Rivière-sur-Tarn en limite des deux pays du Lévezou et de Saint Affrique sur environ 700 km² (Isoséiste III). Seule la population de la commune de Montjoux à 9 km à l'ouest de l'épicentre a été effrayée par le bruit d'explosion de l'événement et le déplacement d'objets. L'intensité maximale IV-V a été estimée sur cette commune.

Les autres communes enquêtées signalent l'in-

quiétude de la population suite à un grondement souterrain et sourd plus ou moins intense. Des personnes ont été vérifier leur chaudière (St.-Beauzely - 6 km de l'épicentre), quelques chiens se sont mis à aboyer. Dans d'autres communes on a pensé à un tir de mine (Compeyre - 8 km de l'épicentre) ou encore à un passage d'avion à réaction (Seyverac-le-Château - 22 km de l'épicentre). Quelques vibrations modérées ont été perçues.

Aucun dégât n'a été signalé suite à cet événement. ■

Séisme du 14 mars 2002 est de La Roche-sur-Yon (Vendée)



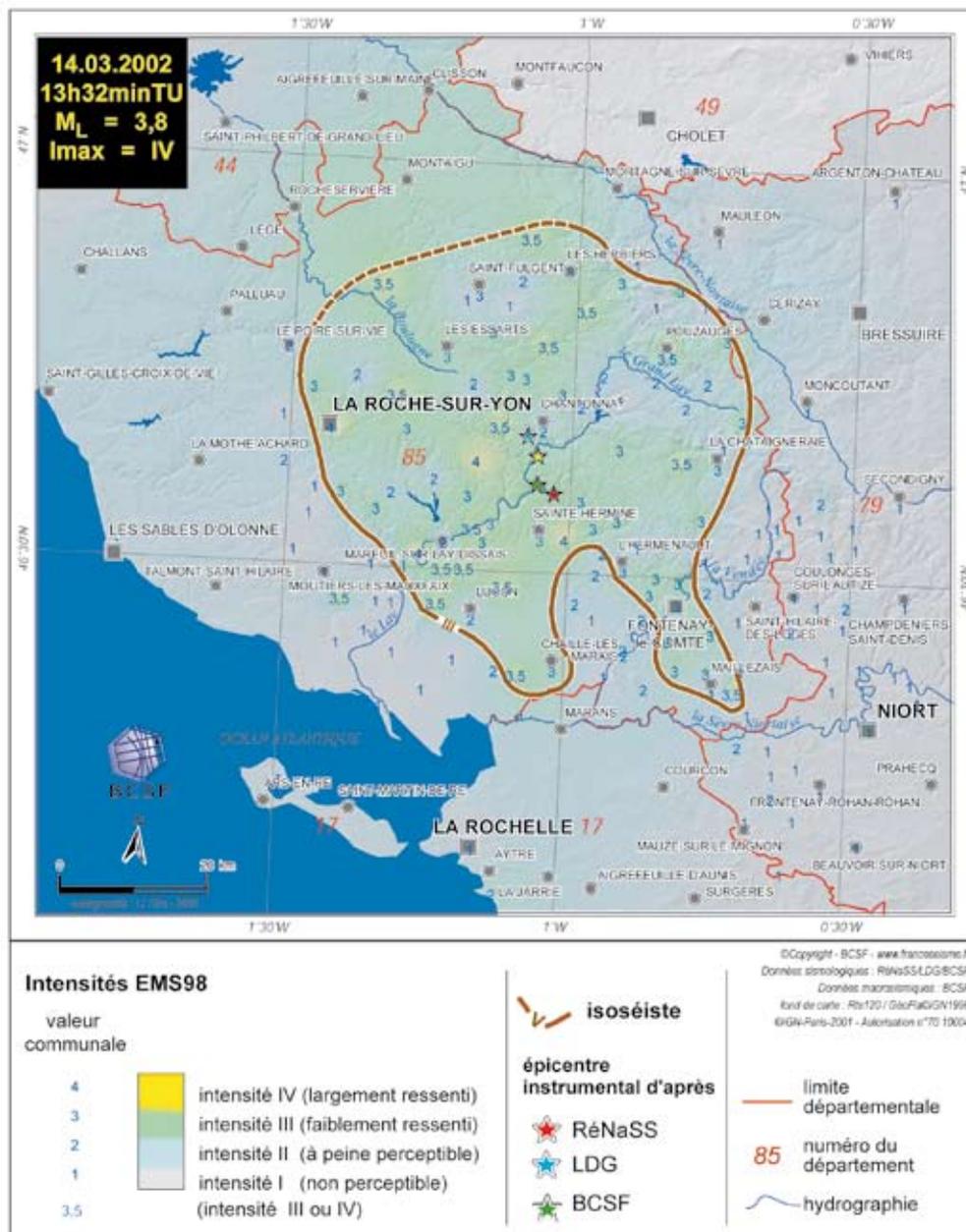
[fig. 49]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaires
collectés : 238
séisme ressenti dans
88 communes

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
surface : 2672 km²
population :
216 800 h.
communes : 115

Aucun dégât
signalé



[fig. 50]

Observations macrosismiques

Placé dans le pays de Sainte-Hermine au sud du département de la Vendée, ce séisme est très proche géographiquement de celui du 12 janvier 1997 de magnitude 4,3.

Comparativement, l'aire de l'isoséiste III est 3,5 fois plus petite que celle de ce dernier. Les intensités maximales atteintes (IV) sont très dispersées.

4 communes atteignent cette valeur : Thire (8 km de l'épicentre), Bournezeau (8 km), La Couture (18 km) et La Roche-sur-Yon (29 km).

Ressenti sur la plus longue distance jusqu'à 100 kilomètres dans la commune de Caunay

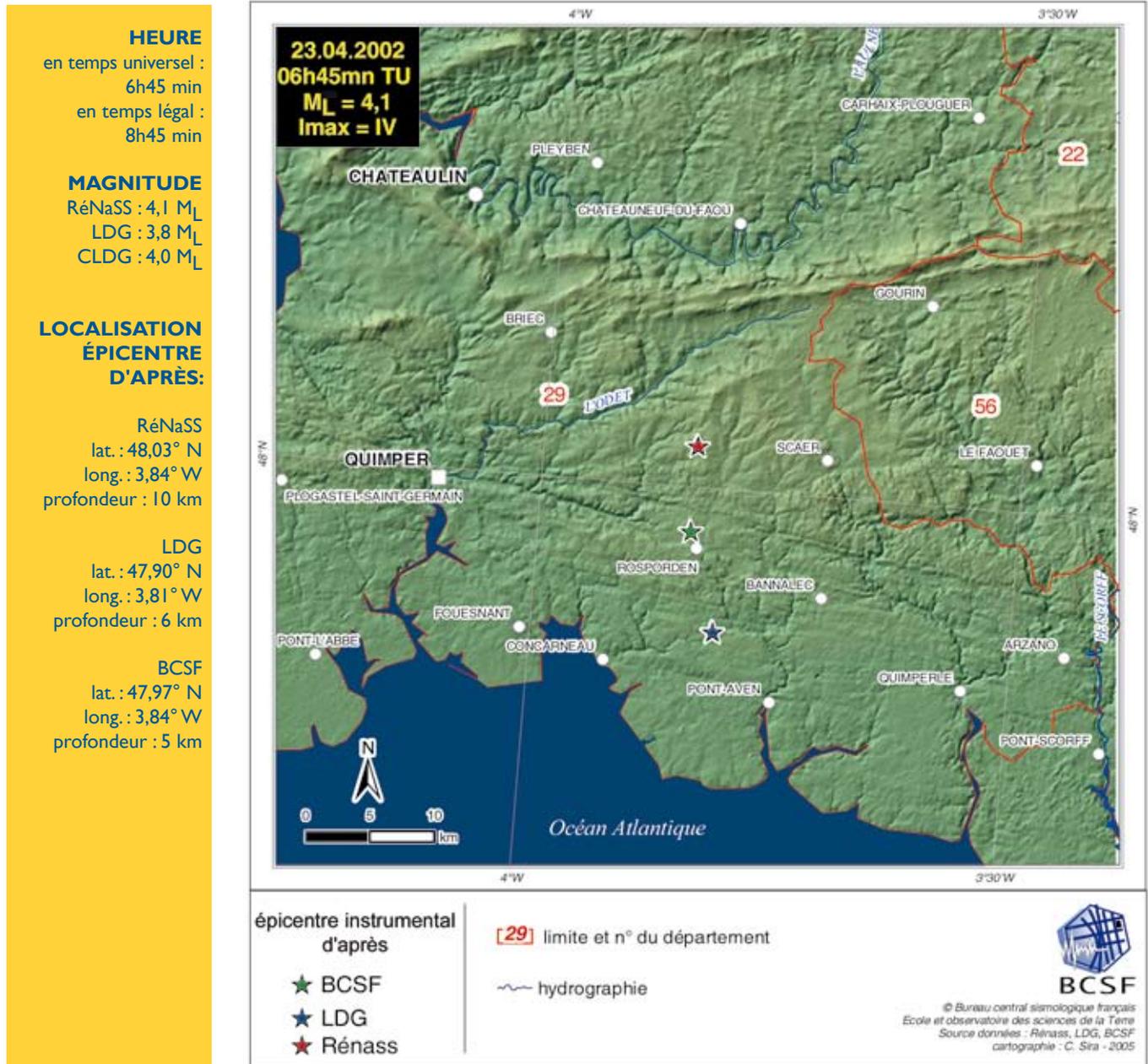
(départ. 79 - intensité II), ce séisme s'est traduit par de faibles effets : vibrations de vitres, tremblements d'objets.

La population n'a pas été effrayée par le grondement, plus ou moins fort en fonction de la distance à l'épicentre ; sans doute habituée depuis quelques temps à l'activité sismique du sud du massif armoricain.

De rares personnes sont sorties de leurs habitations dans des communes parfois distantes d'une cinquantaine de kilomètres et avec une intensité faible (II à III).

Aucun dommages aux constructions n'a été relevé. ■

Séisme du 23 avril 2002 nord-est de Concarneau (Finistère)



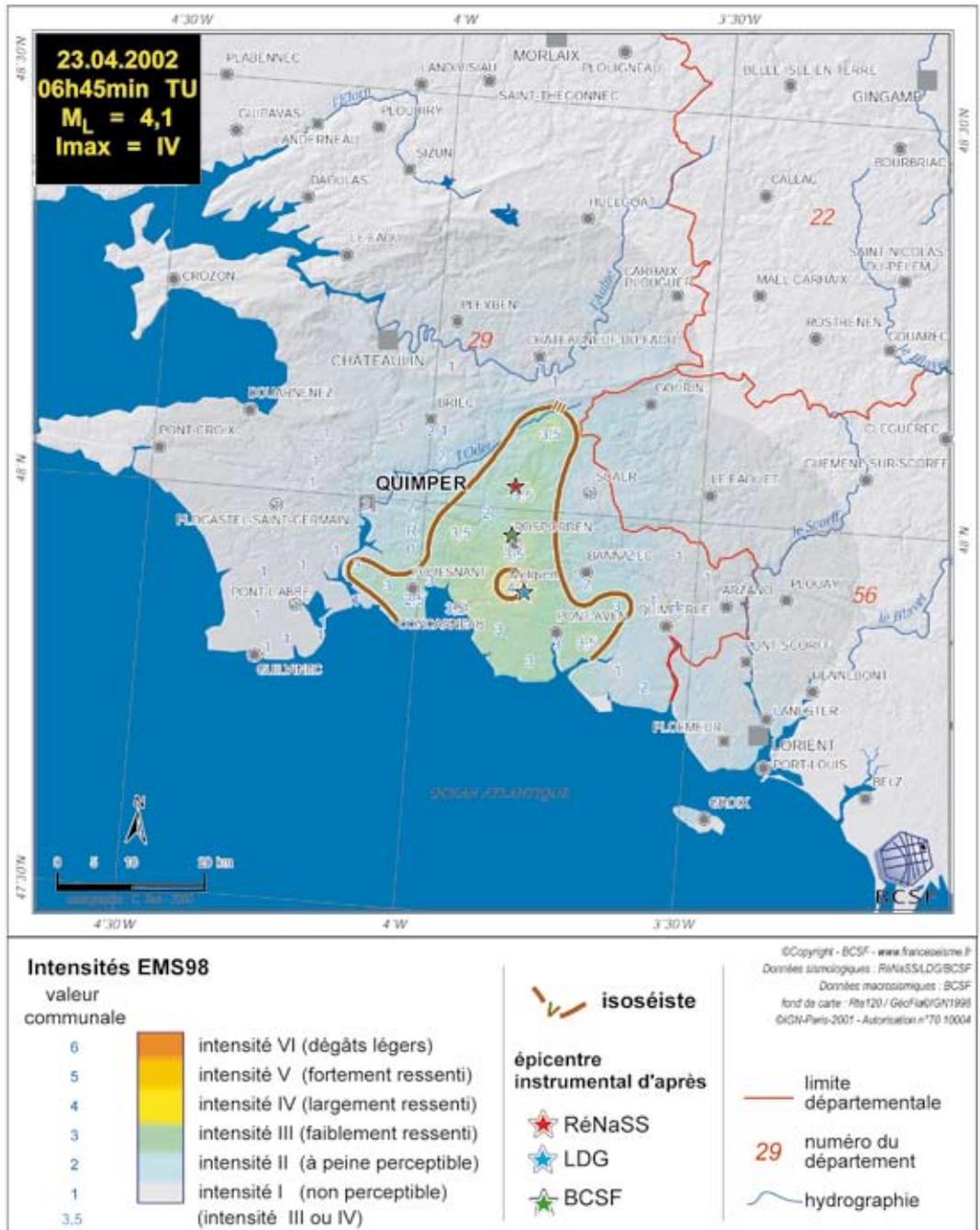
[fig. 51]

DONNÉES MACROSISMI- QUES

intensité
maximale : IV
formulaires
collectés : 132
séisme ressenti
dans 24 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface :
indéterminée
isoséiste ouverte
Population :
67400 h.
communes : 18

Dégâts signalés
2 communes



[fig. 52]

Observations macrosismiques

Le mardi 23 avril 2004 à 8h45 a eu lieu une secousse sismique dans le pays de Concarneau qui a été ressentie jusqu'à une distance maximale de 25 km de l'épicentre instrumental du LDG (vraisemblablement la meilleure détermination). Ce séisme n'a produit que de très rares effets de niveau 1 aux constructions sur les seules communes de Concarneau et de Riec-sur-Belon. Les effets sur les personnes et les objets sont restés très modérés et cette secousse n'a pas toujours été reconnue comme un tremblement de terre. A Concarneau le bruit a parfois été comparé "au

bang d'un avion passant le mur du son" ou "à l'essorage d'une machine à laver".

L'intensité maximale IV a été estimée à Melgven à 2 km de l'épicentre du LDG, où un bruit d'explosion a été perçu. La secousse accompagnée d'un bruit d'explosion a été largement ressentie par la population. Les effets vibratoires sont ici encore restés modérés mais légèrement supérieurs à ceux constatés à Concarneau.

Bien que le tracé de l'isoséiste III soit pour partie, localisé en bordure de littoral, une elongation de en direction nord-sud semble exister au nord de Melgven du côté des Montagnes Noires.

Séismes du 16 mai 2002 sud d'Aucun (Hautes-Pyrénées)



HEURE
en temps universel :
14h56 min
en temps légal :
16h56 min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,8 M_L
LDG : 4,8 M_L
RSSP : 4,5 M_L

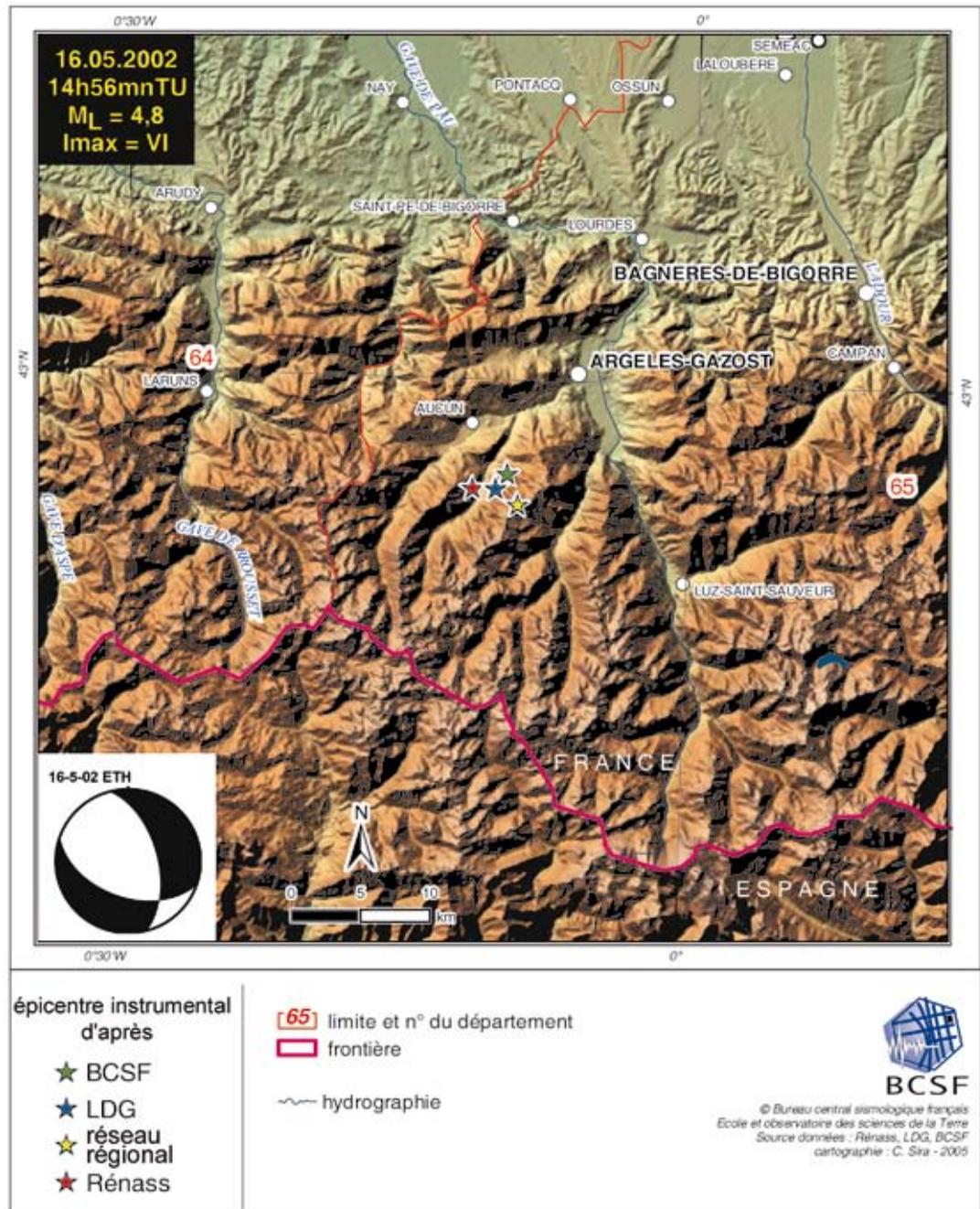
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 42,93° N
long. : -0,19° W
profondeur : 5 km

LDG
lat. : 42,93° N
long. : -0,17° W
profondeur : 3 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 42,92° N
long. : -0,15° W
profondeur : 8 km

BCSF
lat. : 42,94° N
long. : -0,16° W
profondeur : 10 km



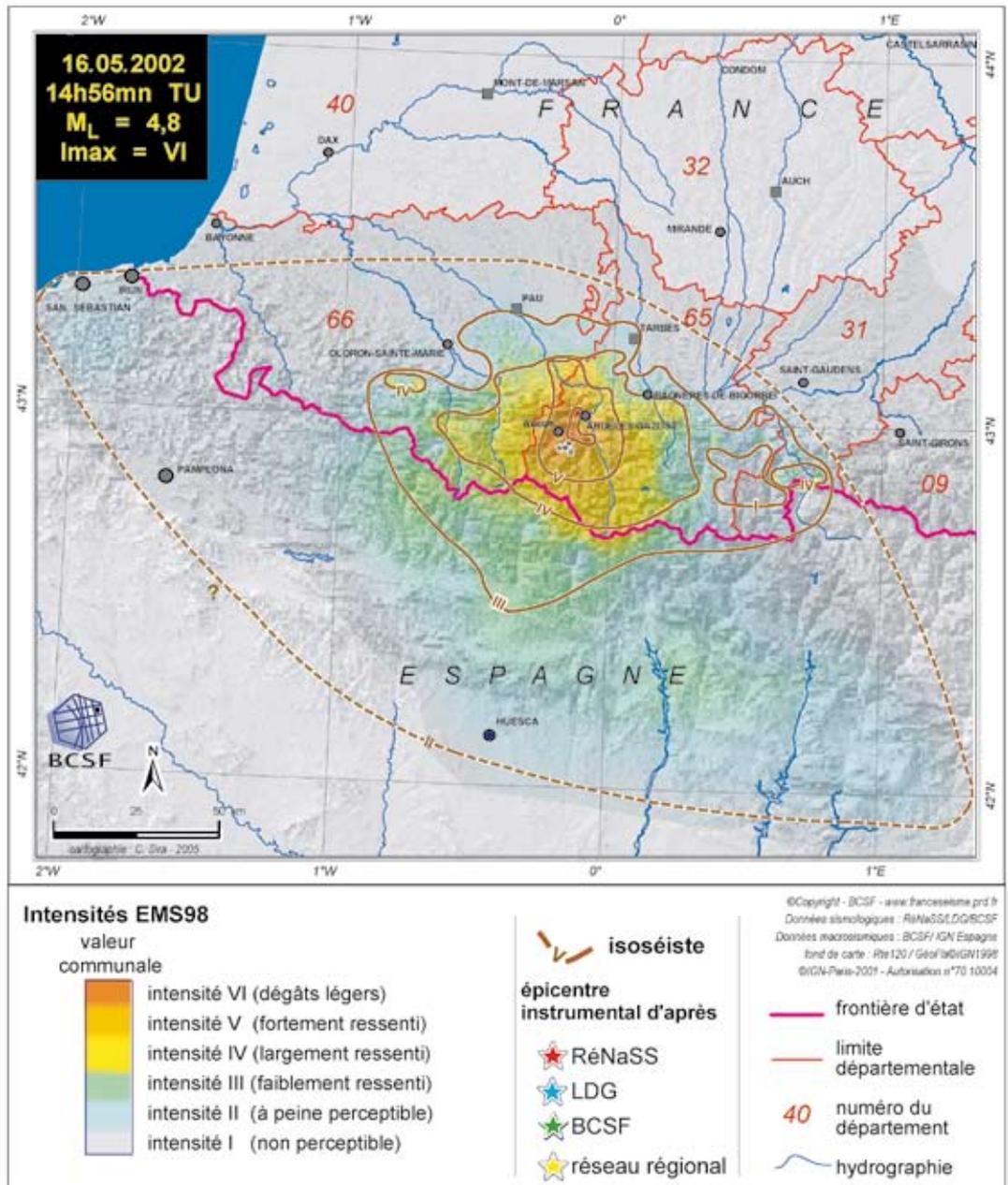
[fig. 53]

DONNÉES MACROSISMQUES

Intensité
maximale : VI
formulaires
collectés : 976
séisme ressenti
dans 191 communes
françaises

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
surface (incertaine):
7566 km²
population
(française) :
234 500 h.
389 communes
françaises

Dégâts signalés
33 communes



[fig. 54]

Observations macrosismiques

Localisé entre le Pays d'Azun et le Pays de Cauterets à 5 km au sud-est de la commune d'Aucun dans les Hautes-Pyrénées, ce séisme (16h56min heure locale) a été suivi par plusieurs répliques. Seule celle de 17h14, 18 minutes après le premier choc, a été largement ressentie par la population (voir p.87).

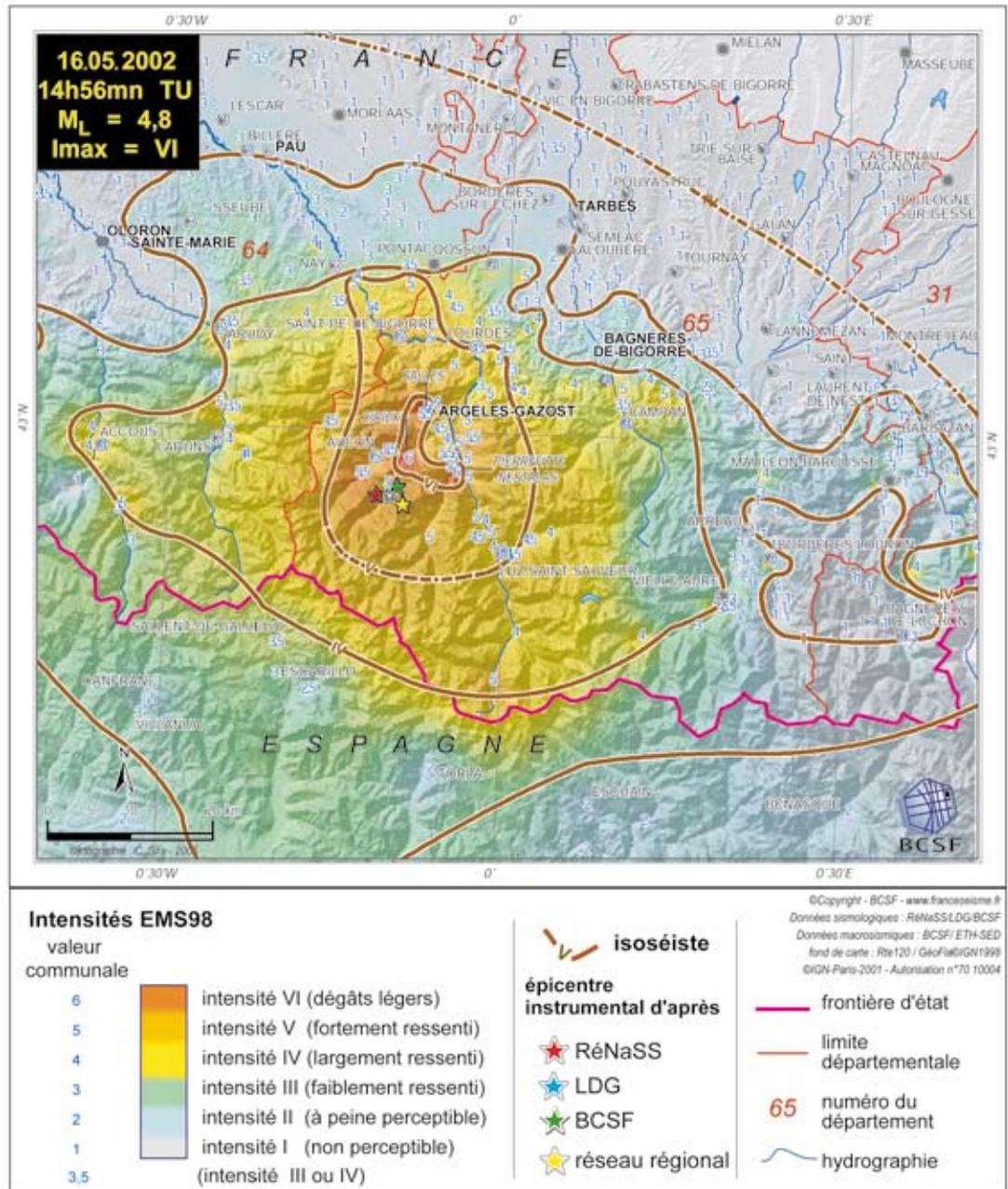
L'enquête du BCSF, lancée sur les deux événements, a été réalisée sur les départements des Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne et de l'Ariège. L'enquête est complétée par des données de terrain rapportées par le BRGM (Marcot et al., 2002).

Le premier choc a été ressenti au moins jusqu'à 93 km de l'épicentre du BCSF avec une intensité

III dans la commune d'Arneguy (64).

Les intensités maximales de VI ont été atteintes sur les deux communes de Sirieux (4 km de l'épicentre) et Pierrefitte-Nestalas (7 km de l'épicentre) dans le département des Hautes-Pyrénées. Sur la carte macrosismique, les isoséistes sont assez clairement orientées allongées dans une direction parallèle à la chaîne des Pyrénées. En Espagne le séisme a été faiblement ressenti. L'intensité maximale n'a pas dépassé III-IV à Sallent-de-Gallego.

Des zones d'amplification de la secousse se distinguent comme au-dessus de Saint Bât au sud de la Haute-Garonne (Arlos, Melles, Cazaux-Larisse - intensité IV) ou encore dans le Baretous (Arette, Montory - intensité IV).



[fig. 56]



photo BRGM © 2002

[fig. 55] - Pierrefitte-Nestalas, poutre en bois d'escalier désolidarisée de la charpente principale



photo BRGM © 2002

[fig. 57] - Chapeau de cheminée tombé et cassé dans le village de Lugagnan

L'isoseiste IV s'étend sur près de vingt kilomètres dans les directions est-ouest et sur une quarantaine de kilomètres dans les directions nord-sud. La faible densité de points d'intensité incite toutefois à la prudence quant à l'interprétation de la surface couverte par les différentes isoseistes et leur orientation, notamment dans la zone épicerentrale (intensité IV et V)

Des effets sur les constructions se sont étendus jusqu'à 75 kilomètres de l'épicerentre touchant principalement des bâtiments de vulnérabilité A ou B, en tout venant ou maçonnerie.

Le BRGM (Marcot et al., 2002) précise que les dégâts principaux portent sur le bâti ancien en maçonnerie de mauvaise qualité.

Le bruit a été perçu sur 127 communes ; 84 témoignages communaux l'identifient comme un grondement fort et lointain, souvent semblable au bruit d'un camion ou d'un métro, 21 autres le rapprochent d'un coup de tonnerre notamment en zone épicerentrale.

Selon M. Mogos Nivelais (2003), on observe une nette directivité ONO-ESE des manifestations sonores. Il est également observé dans ce rapport OMP une limite d'audibilité au nord qui semble correspondre à la limite du Chevauchement Frontal Nord Pyrénéen. Les milieux géologiques joueraient d'après ce rapport, un rôle important dans la propagation des sons : les manifestations sonores seraient plus importantes dans

les régions cristallines que dans les régions sédimentaires.

Principaux effets en zones épiceentrale.

A proximité de l'épicentre, la secousse a été qualifiée d'intense et violente dans un rayon d'une quinzaine de kilomètres, la plupart des personnes sont sorties de leurs habitations sans pour autant céder à la panique (3 communes seulement

petit nombre), et 14 indiquent du niveau 3 (en petit nombre).

Dans la commune de Pierrefitte-Nestalas à 7 km de l'épicentre (dép. 65), la mairie a indiqué trois secousses successives dont une précédée par un bruit d'explosion. Des déplacements d'objets légers et lourds ont été constatés. Les dégâts ont été principalement observés du côté de la gare. Huit habitations ont connu de nombreuses



[fig. 58] - Cheminée ébranlée à l'entrée de Caunterets



[fig. 59] - Désolidarisation du toit et du mur en maçonnerie d'une vieille maison attenante à l'église de Salles-Argeles

notent ce type de réaction).

Pour 22 communes les objets instables ou mal fixés ont été déplacés, 14 d'entre elles ont indiqué des chutes. Le mobilier léger a été déplacé dans 13 communes, 2 indiquent des chutes. Le mobilier lourd a parfois été déplacé et seule la commune Viella (16 km) indique des chutes.

Selon Marcot et al., (2002), les églises anciennes (patrimoine historique vulnérable) semblent n'avoir subi aucun dégât significatif.

Des dégâts ont été signalés au BCSF dans de nombreuses communes, 34 au total, mais ils restent ponctuels et principalement de niveau 1 à 2 (fissures). 10 communes déclarent du niveau 1 (en petit nombre), 10 atteignent le niveau 2 (en

fissures fines, la chute de morceaux de plâtre, la déstabilisation de maçonnerie, et quelques chutes de couronnes ou parties de cheminées se sont produites. La commune a déploré des dégâts au niveau de l'école maternelle (appareillage électrique), des logements du bâtiment scolaire (maçonnerie, cheminée). Un hôtel en cours d'aménagement a signalé de nombreuses fissures et "déseboîtage" d'un escalier en bois. Une société a constaté des fissures importantes sur la dalle porteuse de son magasin, les murs et cloisons des bureaux, avec des dysfonctionnements électriques. La seconde secousse plus faible a également été observée.



[fig. 60] - Entre Pierrefitte-Nestalas et Caunterets, éboulement occasionné par le séisme sur le versant est du pic de Cabaleros



[fig. 61] - Au dessus d'Estaing, chute de blocs depuis le pic d'Arrens, ayant engendré un nuage de poussière ainsi que la mort d'un mouton en contrebas écrasé par un bloc de roche (localisation hypothétique de la zone de départ des blocs)

Sur la commune de Salle à 10 km de l'épicentre (départ. 65), la plupart des habitants sont sortis de leurs habitations en ressentant cette forte secousse, semblable selon la mairie, à un grondement de tonnerre proche et fort, faisant chuter de petits objets et du mobilier léger et déplaçant du mobilier lourd. De nombreuses fissures larges et profondes sont constatées, ainsi que la chute de morceaux de plâtre.

Dans cette commune, l'équipe du BRGM (Marcot et al., 2002) a constaté l'ébranlement d'une cheminée et la déformation de son support d'antenne, ainsi que quelques fissures sur l'église ayant entraîné la chute au sol d'éléments de maçonnerie. Une vieille maison en maçonnerie attenante à l'église a connu une large ouverture entre la charpente et le mur de soutien (fig. 59).

La mairie de Cauteret a signalé au BCSF une très forte explosion semblable à l'explosion d'une bonbonne de gaz (notamment au centre du village) Quelques personnes sont sorties de leurs habitations. Toutefois aucun dégât ne n'a été relevé. Des chutes de rochers ont également été signalées au BCSF près de la station hydrothermale de Cauterets (7 km de l'épicentre) à l'extrémité de la vallée du Lavedan.

D'autres chutes de pierres et éboulis ont été observées à environ 600 m d'altitude sur la commune d'Accous (départ. 64) dans la vallée d'Aspe et cela consécutivement à la secousse ressentie durant 3 à 4 secondes.

Le BRGM relève quant à lui la chute de blocs depuis le pic d'Arrens, au-dessus d'Estaing (départ. 65), ayant engendré un nuage de poussière lors de l'éboulement et la mort d'un mouton localisé en contrebas. C'est également sur le versant est du Pic du Cabaliros (départ. 65) entre Pierrefitte-

Nestalas et Cauterets que le BRGM a relevé quelques éboulements de roches, du centimètre à plus de 80 cm de long.

La commune d'Uz (7 km de l'épicentre), nous a indiqué que l'eau de source alimentant le village est restée troublée durant 4 jours.

Effets post-sismiques.

A Siradan, la mairie nous a signalé un effondrement de terrain le 17 mai, formant un trou de 2,5 m de diamètre sur 1 m de profondeur à proximité du ruisseau du Gouhouron en bordure de la RD 924.

A la sortie de Laruns sur 40 mètres, la route CD 934 qui mène aux Eaux-Chaudes s'est effondrée le mardi 21 mai. Cet éboulement pourrait être dû à l'action répétée d'infiltrations d'eau entre les strates rocheuses, le gel et dégel de l'hiver ainsi que les vibrations sismiques des jours précédents selon un document édité par le Conseil général.

Le rapport préliminaire du BCSF (août 2002) décrit en détail l'ensemble des effets constatés sur les communes. ■

Références citées :

Nivelais M., Manifestations sonores et impressions acoustiques des populations lors d'un séisme, Mémoire de maîtrise Observatoire Midi-Pyrénées, 63p, 2003.

Marcot N., Bertrand E., coll. Dominique P., (2002) Séisme du 16 mai 2002 à Estaing (Hautes-Pyrénées - 65) - Rapport de mission post-sismique. Rapport BRGM, RC-51679-FR.

Cara M., Sira C., Jacques E. 2002. Séismes d'Aucun du 16 mai 2002, Note préliminaire BCSF, Strasbourg, 29 p. 2002.

HEURE ORIGINE

en temps universel :
15h14min
en temps légal :
17h14min

MAGNITUDE

RéNaSS : 4,2 M_L
LDG : 4,4 M_L
RSSP : 4,2 M_L

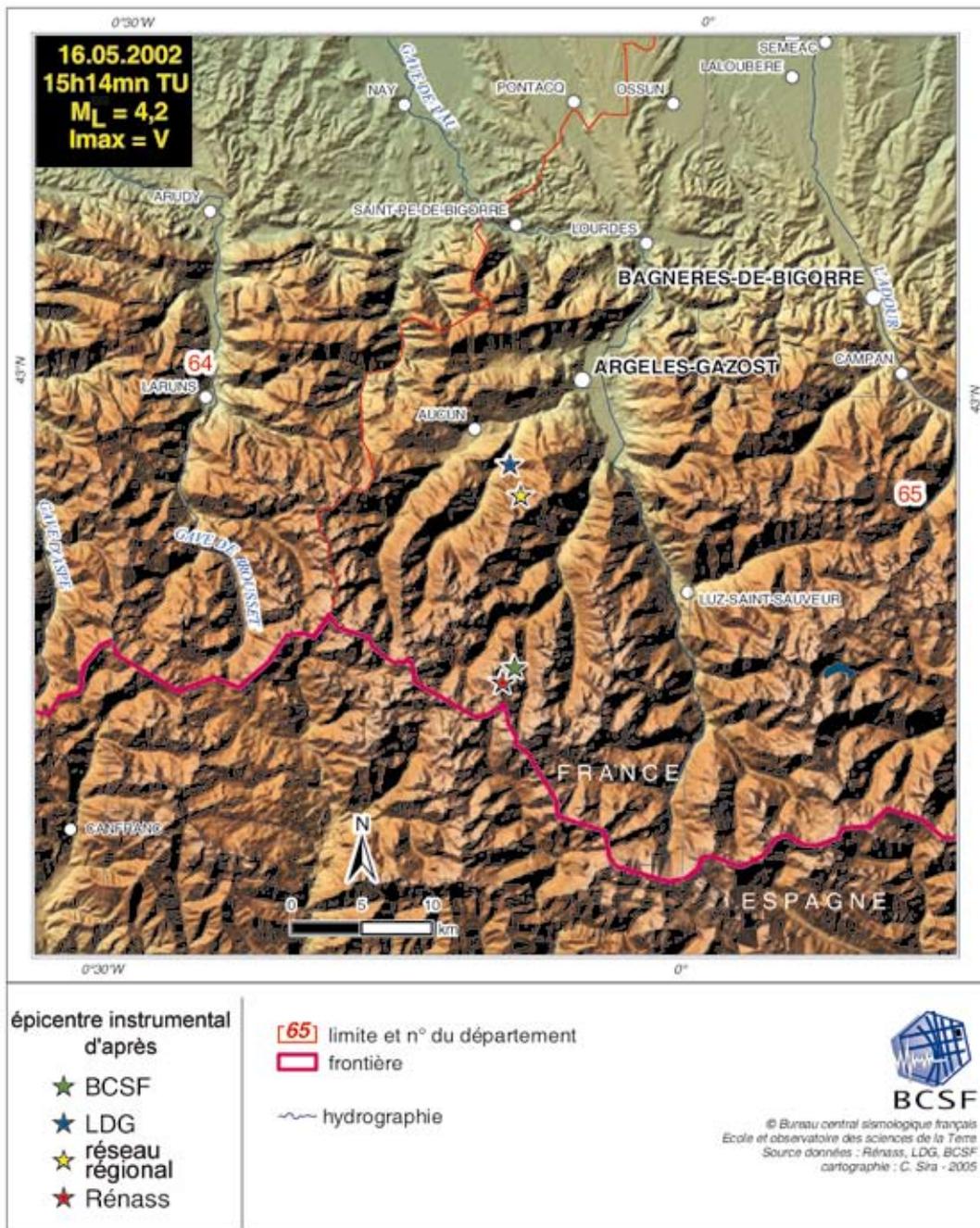
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

BCSF
lat.: 42,82°N
long.: 0,15°W
profondeur : 10 km

RéNaSS
lat. : 42,81° N
long. : 0,16° W
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 42,95° N
long. : 0,16° W
profondeur : 4 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 42,93° N
long. : 0,15° W
profondeur : 7 km



[fig. 62]

Localisation

Le séisme de 15h14min (TU) est très probablement une réplique de celui de 14h56min. La localisation instrumentale du RéNaSS ainsi que celle du BCSF sont douteuses. L'épicentre déterminé par le réseau régional de l'OMP et par le LDG, très proches de celui du séisme de 14h56min, sont plus vraisemblables.

DONNÉES MACROSISMQUES réplique 15h14 TU

intensité
maximale : V
formulaire : 622
séisme ressenti
dans 94 communes

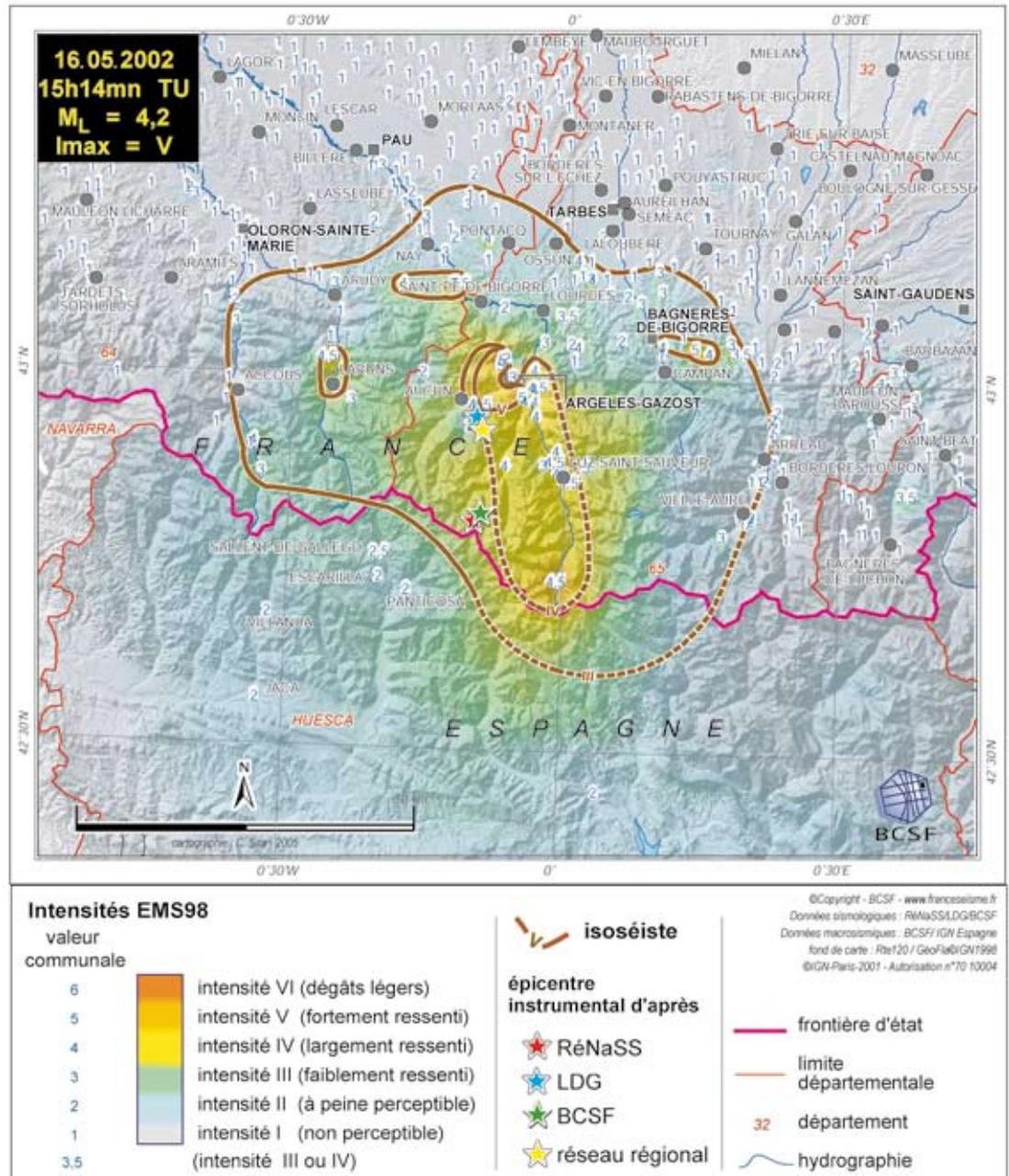
Paramètres de l'isoséiste d'intensité III

surface : 3799 km²
(incertaine)

population :
105100 h.
communes
françaises : 219

Dégâts signalés
12 communes
(incertain)

Réplique à 17h14 (heure légale) du séisme de 14h56min (TU) - 16h56 (heure légale)



[fig. 63]

Observations macrosismiques

18 minutes après le choc principal, cette réplique a été majoritairement signalée comme plus faible. Elle aura cependant augmenté l'inquiétude de la population, l'obligeant dans de nombreuses communes à se diriger vers l'extérieur des bâtiments.

L'intensité maximale a été déterminée à V sur 6 communes, à une distance comprise principalement entre 6 et 12 km de l'épicentre instrumental du RSSP. Les deux communes de Lesthelle-Betharram et Marsas pourtant à 24 et 33 km de ce même épicentre ont encore subi une

forte secousse.

La zone du pays de Barousse et jusqu'à Gouaux de Luchon, au sud du département de la Haute-Garonne confirme des intensités plus importantes malgré une distance assez grande (près de 60 km de l'épicentre estimé par le RSSP).

Il est par ailleurs très difficile d'attribuer les dégâts à l'un ou l'autre des événements au vu des documents dont dispose le BCSF.

En Espagne le séisme a été faiblement ressenti, l'intensité n'a pas dépassé II-III à Sallent-de-Gallego selon l'IGN espagnol. ■

Séisme du 19 mai 2002 Vielle-Aure (Hautes-Pyrénées)



HEURE ORIGINE

en temps universel :
4h44min
en temps légal :
6h44min

MAGNITUDE

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

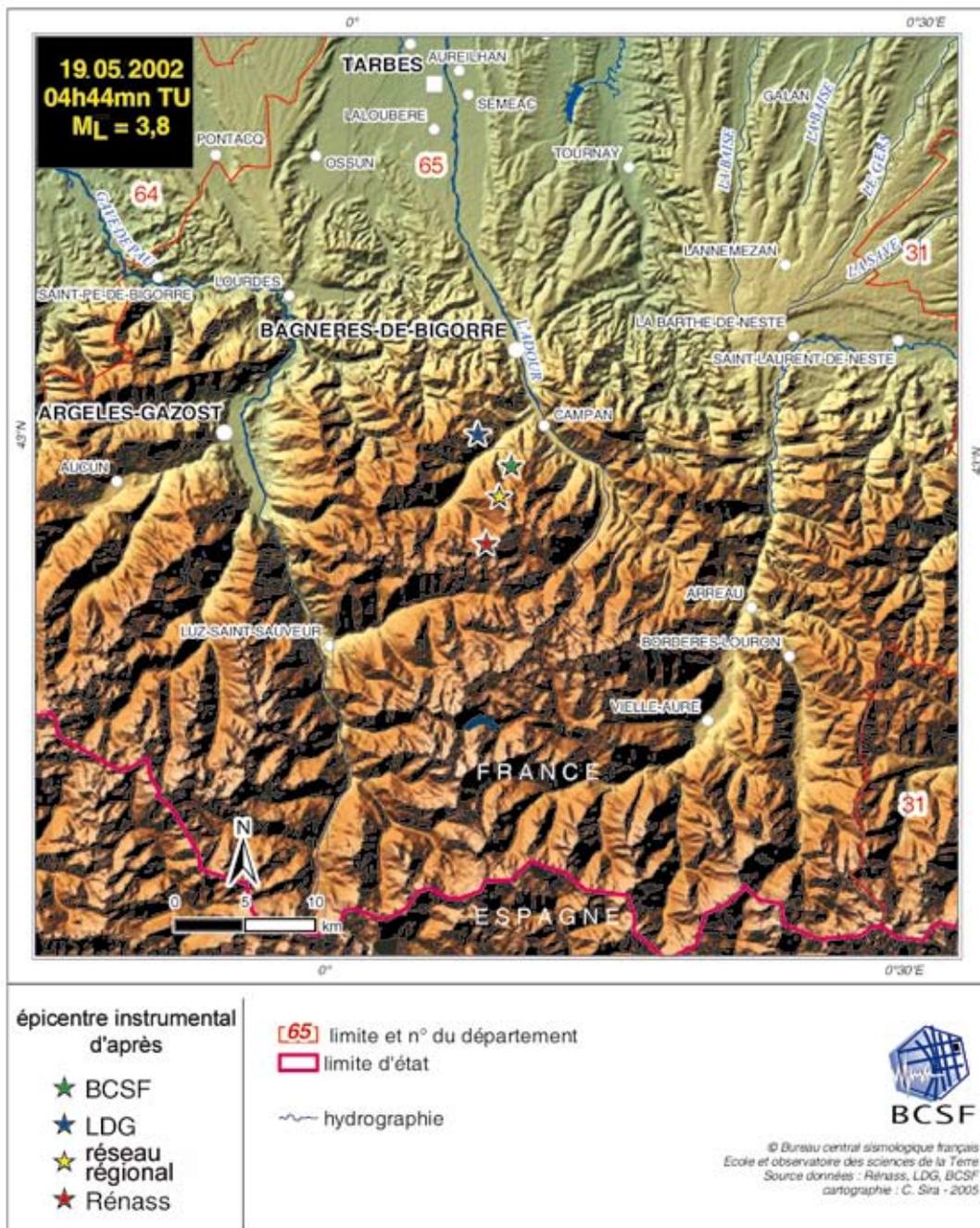
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 42,94° N
long. : 0,13° E
profondeur : 5 km

LDG
lat. : 43,01° N
long. : 0,12° E
profondeur : 4 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 42,97° N
long. : 0,14° E
profondeur : 13 km

BCSF
lat. : 42,99° N
long. : 0,15° E
profondeur : 10 km



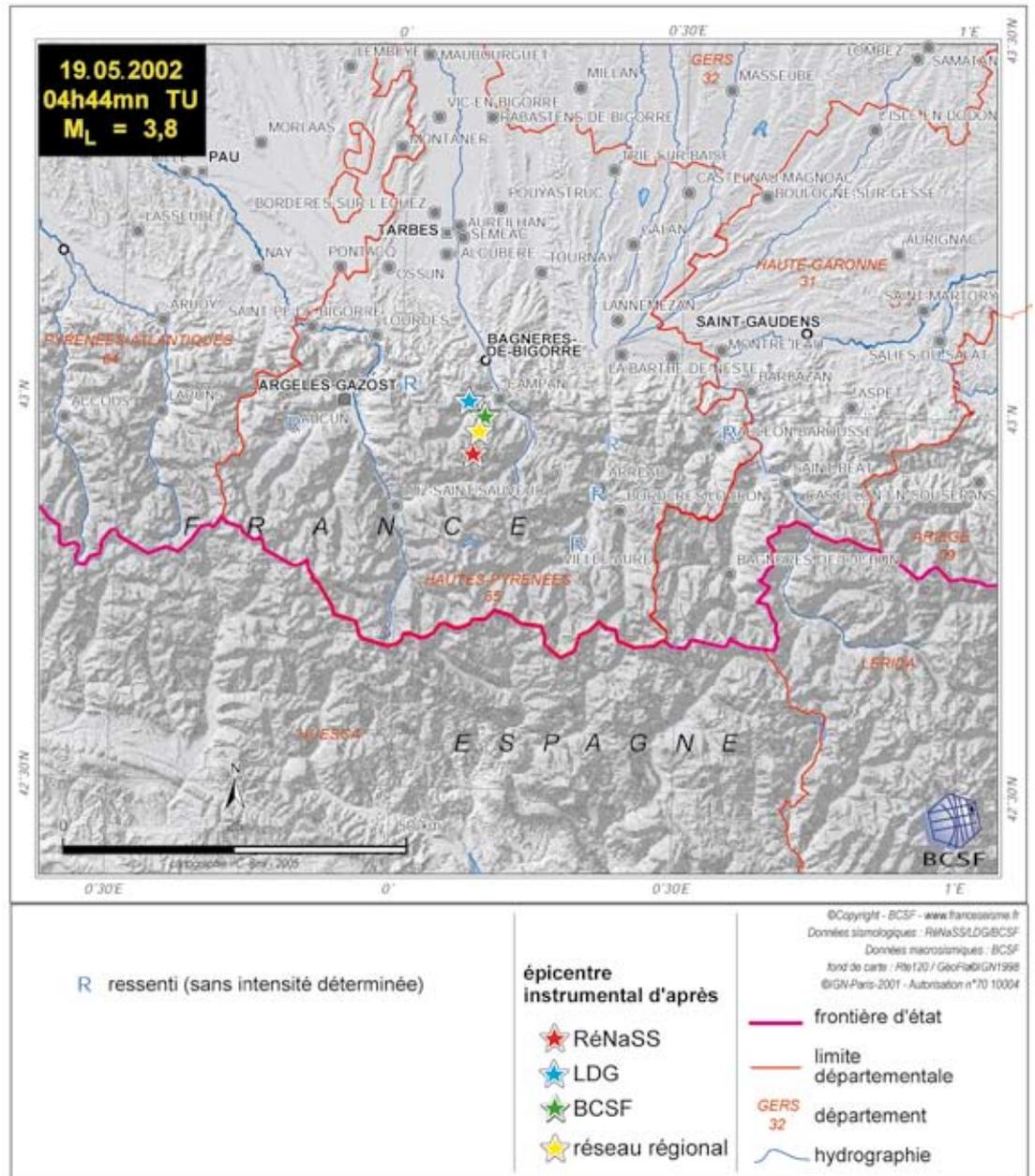
[fig. 64]

DONNÉES MACROSISMQUES

séisme ressenti
dans 8 communes
formulaires collectés :
9 (individuel)

sans enquête

intensité maximale
probable : IV



[fig. 65]

Observations macrosismiques

Après les deux séismes du 16 mai (16h56 et 17h14), le BCSF n'a pas lancé d'enquête collective pour cet événement. Le risque était grand de voir apparaître des confusions dans les réponses par formulaires papier. Dans le cadre de ce séisme, une enquête en ligne a été toutefois

mise en place sur le site du BCSF permettant la collecte de témoignages spontanés. Les 9 témoignages reçus ne suffisent cependant pas à la réalisation d'un travail cartographique habituel. 8 communes ont été identifiées comme ayant ressenti le séisme. Les témoignages rapportent des effets vibratoires modérés permettant de penser que l'intensité maximale n'a sans doute pas dépassé IV. ■

Séisme du 6 août 2002 ouest de Tours (Indre-et-Loire)



HEURE ORIGINE

en temps universel :
17h25min
en temps légal :
19h25min

MAGNITUDE

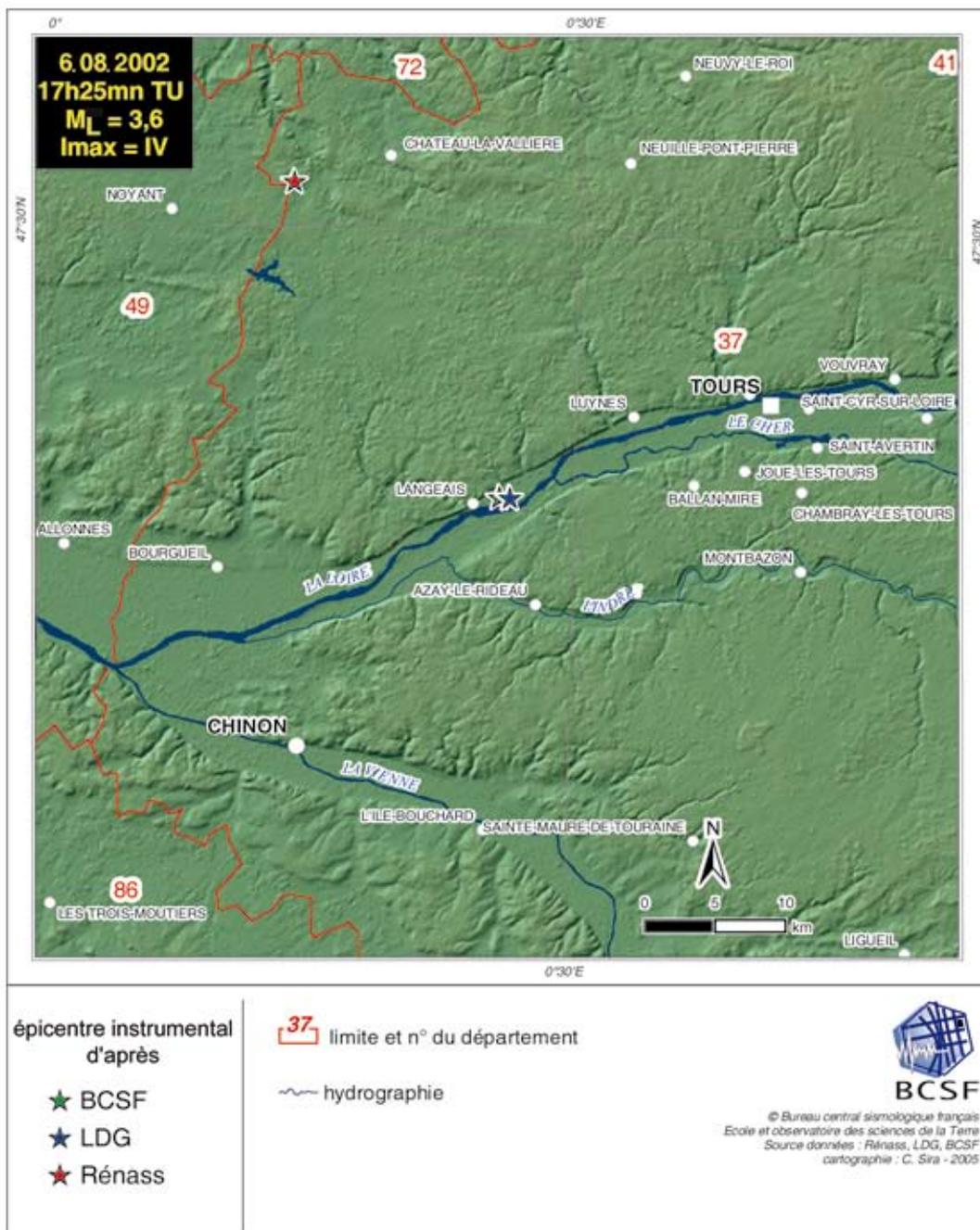
RéNaSS : 3,6 M_L
LDG : 3,6 M_L

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat.: 47,53° N
long.: 0,23° E
profondeur : 5 km

LDG
lat.: 47,33° N
long.: 0,44° E
profondeur : 5 km

BCSF
lat.: 47,33° N
long.: 0,43° E
profondeur : 5 km



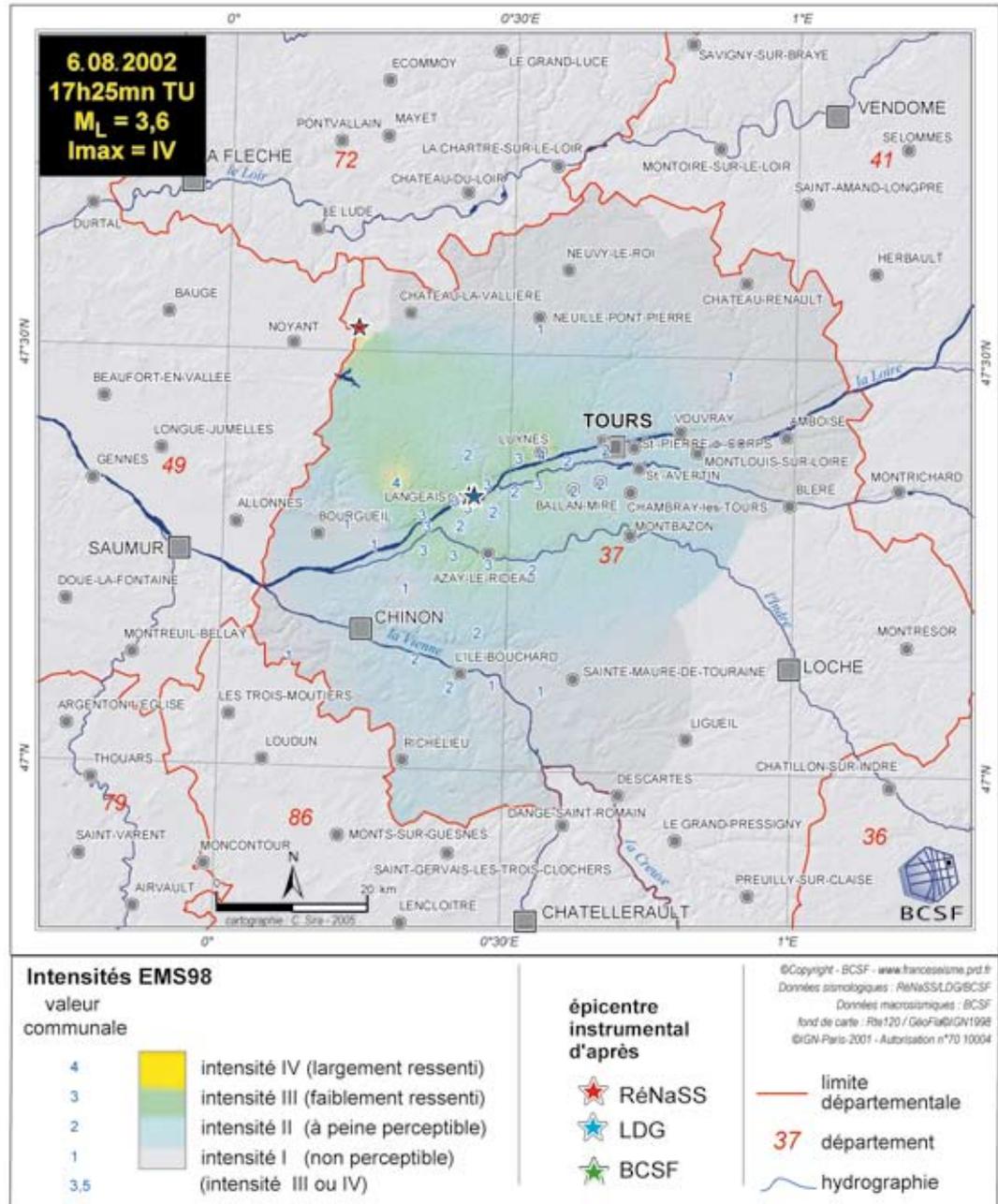
[fig. 66]

Localisation

L'épicentre estimé par le LDG ou le BCSF (données RénaSS + LDG) est le mieux contraint. Il est confirmé par les localisations des effets.

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : IV
formulaires collectés :
45
séisme ressenti
dans 25 communes



[fig. 67]

Observations macrosismiques

Localisé dans le Val de Loire, plus exactement dans le pays de Langeais à 20 km au WSW de Tours, ce petit événement a été ressenti faiblement sur une distance maximale de 25 kilomètres. L'ensemble des données collectées n'a pas permis le tracé des isoséistes, pour autant l'intensité maximale de IV a pu être fixée sur les communes de Luynes et des Essards respectivement à 11 et 10 km de l'épicentre instrumental du BCSF. Ces deux communes sont distantes de 20 km l'une de l'autre. La commune des Essards rapporte des fissures fines et superficielles et des dégâts sur les cheminées de quelques construc-

tions, alors qu'aucun effet n'est signalé sur les objets. Seule une petite partie de la population (inférieure à 10%) a ressenti cet événement. La mairie indique l'inquiétude des habitants face à cette secousse qui a ressemblé "au franchissement du mur du son par un avion".

Sur la commune de Luynes, aucun effet aux constructions n'est rapporté, quelques objets instables sont tombés ; le bruit ressemblant à un coup de tonnerre proche et fort a fait sortir une petite partie de la population dans la rue sans que le sentiment de celle-ci n'ait dépassé le stade de l'inquiétude. A Tours la secousse a été partiellement ressentie notamment par les personnes dans les étages supérieurs des immeubles. ■

Séisme du 5 septembre 2002 sud de Pau (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE ORIGINE

en temps universel :
20h42min
en temps légal :
22h42min

MAGNITUDE

RéNaSS : 4,1 M_L
LDG : 4,1 M_L
RSSP : 4,0 M_L

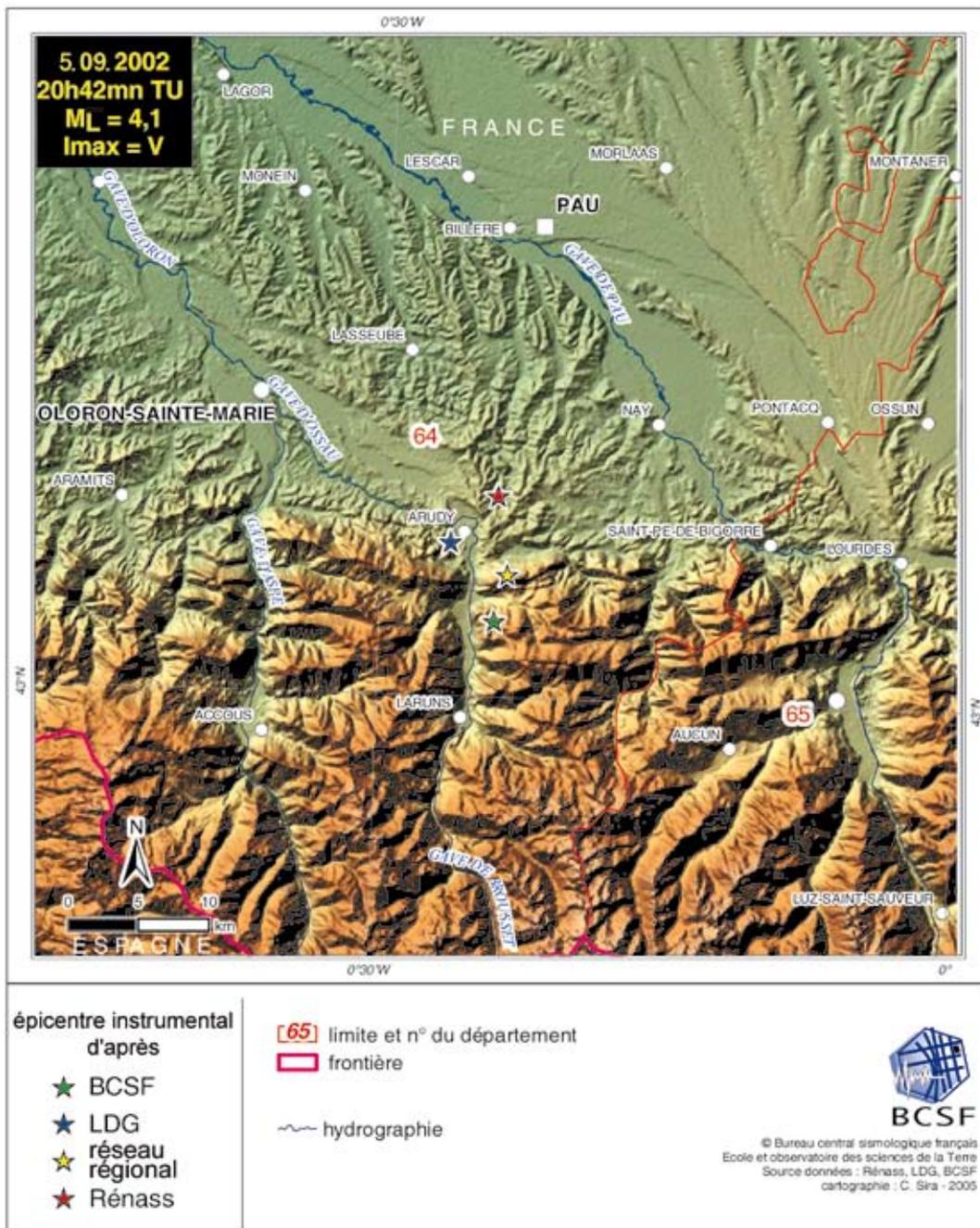
LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
lat. : 43,13° N
long. : 0,40° W
profondeur : 4 km

LDG
lat. : 43,10° N
long. : 0,44° W
profondeur : 10 km

Réseau régional
RSSP
lat. : 43,08° N
long. : 0,39° W
profondeur : 9 km

BCSF
lat. : 43,05° N
long. : 0,40° W
profondeur : 6 km



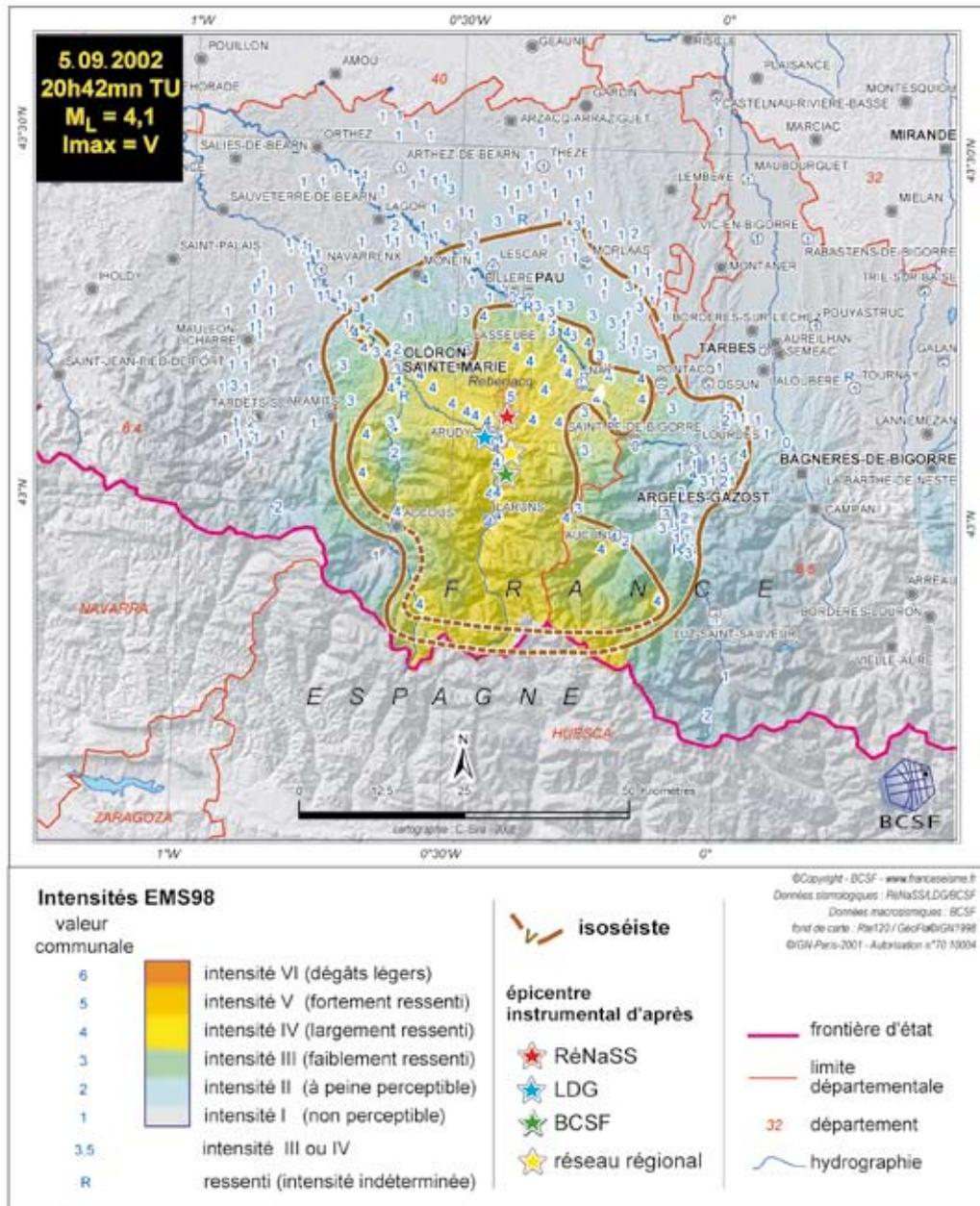
[fig. 68]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaire
collectés : 387
séisme ressenti
dans 128 communes
françaises

Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III
surface : 3057 km²
(incertaine)
population :
271 400 h.
communes
françaises : 218

Dégâts signalés
8 communes



[fig. 69]

Observations macrosismiques

C'est à 22h42 que s'est produit cet événement en Béarn, dans la vallée d'Ossau. L'intensité maximale V a été enregistrée à Rebenacq (12 km de l'épicentre du BCSF - 9 km de l'épicentre du RSSP) et 7 communes ont atteint une intensité de IV-V.

Plus ponctuellement on peut observer quelques intensités IV dans le Pays de Nay (Coarrazze, Igon, Arros-de-Nay) et la vallée d'Aspe (Lurbe-Saint-Christau, Bedous).

Aucune panique n'a gagné les Béarnais, mais 18 communes signalent que la population a été effrayée.

11 communes signalent le bruit comparable à celui d'une explosion, 21 le désignent comme un grondement fort et proche, 53 comme un gronde-

ment faible et lointain.

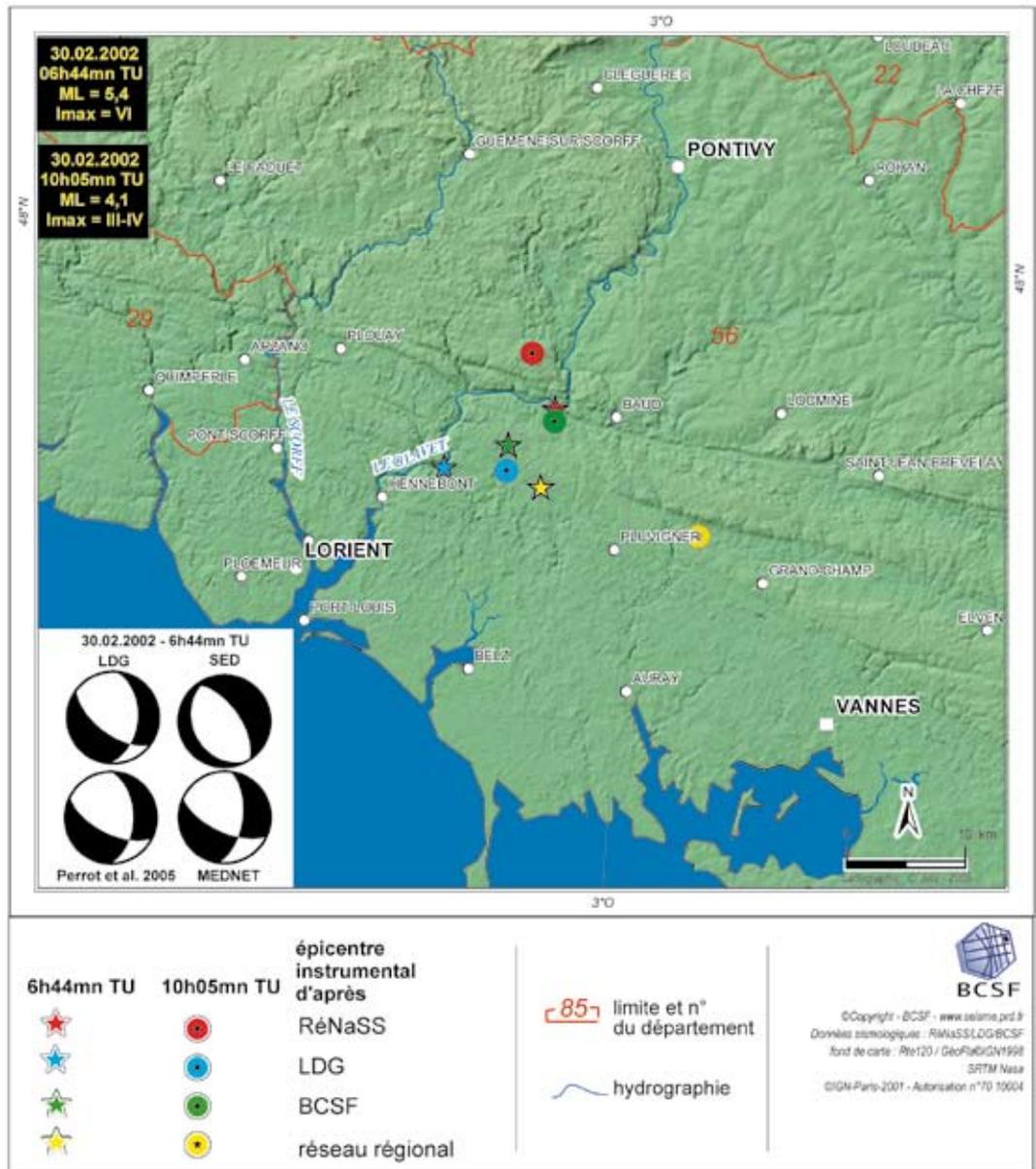
8 communes ont indiqué des dégâts aux constructions principalement de niveau 1. Des effets de niveau 2 à 4 sont néanmoins notés en petit nombre.

Une légère directivité nord-sud est observable sur la cartographie macrosismique, l'isoséiste III ayant un rayon moyen d'une trentaine de kilomètres. La proximité des isoséistes III et IV dans la partie sud est en partie due à l'absence de données sur ce secteur. Il est donc probable que la superficie de l'isoséiste III indiquée ci-dessus soit inférieure à la réalité. La décroissance de la vibration sur cet événement est assez rapide, puisque la plus grande distance d'effets ressentis ne dépasse pas 43 kilomètres de l'épicentre instrumental du RSSP (Menditte). ■

Séismes du 30 septembre 2002 Hennebont (Morbihan)



<p>Séisme principal HEURE en temps universel : 6h44min en temps légal : 8h44min</p> <p>MAGNITUDE RéNaSS : 5,4 M_L LDG : 5,7 M_L CLDG : 5,4 M_L</p> <p>LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:</p> <p>RéNaSS lat. : 47,88° N long. : 3,09° W profondeur : 10 km</p> <p>LDG lat. : 47,83° N long. : 3,21° W profondeur : 9 km</p> <p>Réseau régional CLDG lat. : 47,82° N long. : 3,10° W profondeur : sans</p> <p>BCSF lat. : 47,85° N long. : 3,14° W profondeur : 10 km</p>	<p>Réplique HEURE en temps universel : 10h06min en temps légal : 12h06min</p> <p>MAGNITUDE RéNaSS : 4,1 ML LDG : 4,1 ML CLDG : 4,1 ML</p> <p>LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:</p> <p>RéNaSS lat. : 47,92° N long. : 3,12° W profondeur : 10 km</p> <p>LDG lat. : 47,83° N long. : 3,14° W profondeur : 4 km</p> <p>Réseau régional CLDG lat. : 47,79° N long. : 2,92° W profondeur : sans</p> <p>BCSF lat. : 47,87° N long. : 3,09° W profondeur : 10 km</p>
--	---



[fig. 70]

Synthèse des caractéristiques sismo-tectoniques du séisme d'Hennebont

Le séisme d'Hennebont a eu lieu à proximité des branches nord et sud du Cisaillement Sud Armoricaïn. La branche sud du Cisaillement Sud Armoricaïn est une des grandes failles décrochantes d'âge hercynien du massif armoricaïn. Elle est bien marquée en profondeur dans la lithosphère (Judenherc, 2000), et en surface sa trace topographique est très nette. Les directions structurales

de la zone épacentrale sont N110 pour l'accident majeur, le Cisaillement Sud Armoricaïn, et N30 ou N150 pour les petites structures entre les branches N et S du Cisaillement sud Armoricaïn, toutes héritées de l'orogénèse hercynienne (Vignerresse, 1988). Les structures N150 sont des failles en échelon générées lors du mouvement dextre sur les deux branches du CSA. Elles ont probablement joué en faille normale au cours de l'Oligocène et des soulèvements de blocs suggèrent des mouvements récents (Gros et Limasset,

1984 ; Wyns 1991 ; Perrot et al., 2005). Les directions N110 et N150 sont les plus visibles dans la morphologie. Les structures EW à N120 montrent des mouvements dextres au cours de l'Hercynien et leurs pendages sont supérieurs à 60 voire 75° (Perrot et al., 2005).

Les localisations de l'épicentre du séisme d'Hennebont par le RéNaSS et par le LDG sont situées respectivement à proximité des branches nord et sud du Cisaillement Sud Armoricaïn. La localisation du séisme par le LDG est probablement la meilleure compte tenu de la bonne couverture de la région par les stations de ce réseau, notamment avec une station à environ 12 km de l'épicentre.

La profondeur de l'événement principal a été estimée à 12 ± 2 km par analyse fine du signal sismique (analyse cepstral) sur des stations de Côte d'Ivoire et de Mongolie et à 10 km à partir de la station « QUIF » du LDG située à 12 km de l'épicentre (Perrot et al., 2005)

Les magnitudes estimées en Mw par les réseaux suisse (SED Mw=4,31) et italien (MEDNET Mw=4,34) ainsi que par Perrot et al., (2005 ; Mw=4,27) sont comparables et indiquent un moment sismique de $3,3 \pm 0,4 \cdot 10^{15}$ Nm. Aussi, la surface de la faille ayant rompu est d'environ 3 à 4 km². Les valeurs de la fréquence-coin (2,5 Hz) mesurée par le LDG, du moment sismique et de l'aire de rupture sont compatibles avec un déplacement cosismique d'environ 15 cm et une chute de contrainte de l'ordre de 60 bars. Ces valeurs élevées suggèrent que la rupture du séisme d'Hennebont s'est effectuée avec une faible perte d'énergie par friction (Perrot et al., 2005). La magnitude M_L , communément utilisée pour caractériser les séismes locaux, donne pour le séisme d'Hennebont des valeurs fortes ($M_L(\text{LDG})=5,7$ et $M_L(\text{RENASS})=5,4$). Cette « surestimation » de la magnitude M_L est due à la présence d'ondes Lg de forte amplitude. Elle pourrait être liée à un facteur de qualité plus élevé dans cette région de socle que sur l'ensemble du territoire métropolitain, comme l'indique l'atténuation moindre des intensités macrosismiques dans cette région (Arroucau et al., 2006).

Plusieurs mécanismes au foyer pour le choc principal ont été proposés. Hormis celui de SED (Swiss Earthquake Data centre), tous montrent un mouvement normal avec une composante décrochante dextre sur un plan orienté environ N120 avec un pendage d'environ 60° vers le sud-ouest (Mazabraud et al, 2005, Perrot et al, 2005).

Entre le 2 et 15 octobre, 62 répliques de magnitude inférieure à 2 ont été localisées par un réseau temporaire (Perrot et al., 2005 ; Arroucau, 2006). Si certains épicentres étaient sur la bran-

che sud du CSA, la plupart sont localisés entre les deux branches. Le mécanisme au foyer de la plupart des répliques montre un mouvement décrochant avec une composante normale en accord avec les caractéristiques du CSA. Un mécanisme en faille normale avec composante dextre a aussi été observé. Ils sont globalement compatibles avec des failles orientées N120 avec un pendage d'environ 60° vers le sud-ouest et leurs profondeurs sont comprises entre 12 et 13,5 km. Les contraintes déduites des mécanismes au foyer indiquent un régime décrochant à transtensif avec une contrainte maximale orientée NW-SE et une contrainte minimale orientée NE-SW. Ceci est compatible avec le régime observé régionalement (cf. synthèse sur la région ouest) - pages 19-22.

La zone de rupture associée au séisme d'Hennebont 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).

A partir des mesures du réseau LDG, les deux événements les plus proches de celui d'Hennebont ont eu lieu à moins de 15 km, respectivement les 31 janvier 1996 et 24 avril 2001; dans les deux cas, leur magnitude était de 3,3. Dans un rayon de 100 km, le dernier événement remarquable est survenu au nord de Saint-Nazaire le 13 mars 1993 ; sa magnitude était de 4,6. Il faut s'éloigner un peu vers le sud-est, en Vendée près de la Roche-sur-Yon, pour trouver un séisme récent (8 juin 2001) de magnitude 5,1, affectant la branche sud du Cisaillement Sud Armoricaïn.

En remontant encore dans le passé, dans un rayon de 50 km autour de la zone épiscopale du choc du 30/09/2002, on compte au siècle dernier deux séismes ayant occasionné des dommages notables (intensité épiscopale $I_0 = VII$). Le plus à l'ouest a eu lieu le 2 janvier 1959 près de Quimper. Sa magnitude est estimée à $M_L = 5,8$ par l'IPG – Strasbourg, à $M_L(\text{LDG}) = 5,2$ par le LDG à $M_L = 5,4$ par l'IRSN qui propose une profondeur de 10 km. L'autre a eu lieu le 9 janvier 1930 près de Vannes avec une magnitude 5 (estimation IRSN). Ces séismes avaient été très largement ressentis dans toute la Bretagne et auraient été engendrés par une rupture sur la Faille Sud-Armoricaine. Enfin, le plus fort séisme connu de la région ouest a été celui du 25 janvier 1799 ($I_0 = VII-VIII$), 150 km plus au SW, qui avait renversé un grand nombre de cheminées dans la ville de Nantes et créé des dommages importants dans les villes de Machecoul, Bouin et sur l'île de Noirmoutier.

Références

- Arroucau P., Sismicité du Massif Armoricain : relocalisations et interprétation tectonique, Thèse, Université Nantes, Nantes, 3 ann., 190 p., (2006).
- Arroucau P., A. Mocquet et P. Vacher, Atténuation de l'intensité macrosismique pour la France métropolitaine: importance de l'intensité épiscoptrale, C.R. Géoscience, 338, 9, 596-605, (2006).
- Gros Y. et O. Limasset, Déformations récentes dans le socle cristallin: exemple du Massif Armoricain, 84, BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), (1984).
- Judenherc S., Etude et caractérisation des structures hercyniennes à partir de données sismologiques: le cas du Massif armoricain, Thèse, Université L. Pasteur, Strasbourg, 147 p., (2000).
- 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).
- Perrot J., P. Arroucau, J. Guilbert, J. Déverchère, Y. Mazabraud, J. Rolet, A. Mocquet, M. Mousseaul 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).
- Vignerresse J., La fracturation post-hercynienne du Massif Armoricain d'après les données géologiques, Géol. Fr., 4, 3-10, (1988).
- Wyns R., Evolution tectonique du bâti armoricain oriental au Cénozoïque d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des formations géologiques associées, Géol. Fr., 3, 11-42, (1991).

**DONNÉES
MACROSISMQUES**

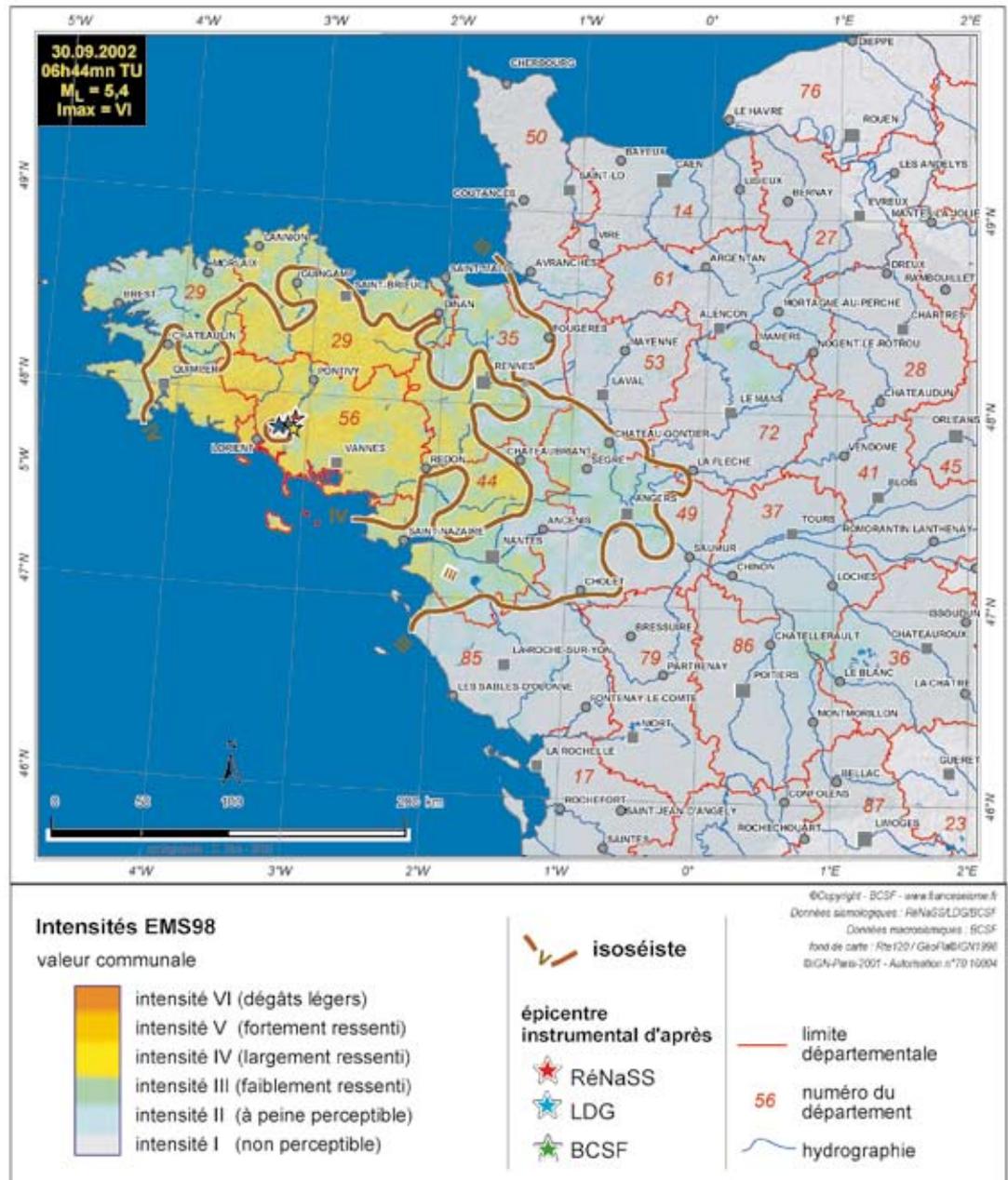
(séisme principal)

intensité
maximale : VI
formulaire
collectés : 5592
séisme ressenti
dans au moins
1343 communes

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

surface :
indéterminée
isoséiste ouverte
population :
1 653 000 h.
communes : 660

**Dégâts signalés
130 communes**



[fig. 71]

**Observations
macrosismiques**

Le 30 septembre 2002, à 8h44 heure locale, la région du pays de Lorient a subi un séisme de magnitude 5,4 (RéNaSS), suivi de nombreuses répliques dont la plus forte a été celle de 12h06 (4,1 M_L).

Le BCSF a procédé à une enquête auprès de la population sur les effets ressentis, pour les deux événements consécutifs de 8h44 et 12h06. L'enquête a couvert 13 départements : le Finistère, le Morbihan, les Côtes-d'Armor, la Loire-Atlantique, l'Ille-et-Vilaine, la Manche, la Mayenne, la Maine-et-Loire, la Sarthe, les Deux-Sèvres, l'Indre-et-Loire, la Vendée, et le nord

de la Charente-Maritime. Le BCSF a collecté par internet 2906 formulaires individuels venant compléter les 2686 formulaires collectifs des 13 départements. L'ensemble de ces données a pu être complété et en partie vérifié sur le terrain par le BCSF (C.Sira). Cette enquête montre que le séisme n'a fait que des dégâts légers et aucune victime.

La zone affectée par la secousse s'étend sur le quart nord-ouest de la France, jusqu'à 400 km de l'épicentre (Limoges - 403 km).

Lorient (61000 habitants - intensité IV-V) et Hennebont (13412 habitants - intensité VI) sont les villes principales situées dans la zone épicroentre et respectivement à 21 et 11 km de la localisation du séisme faite par le BCSF. La commune



[fig. 72] - Côte littorale



[fig. 73]

la plus proche de l'épicentre instrumentale est la commune de Languidic, située à 2 km. L'intensité est estimée à IV-V.

Le Codis (Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours) du département du Morbihan centralisant les appels sur le n°18 a compté près de 800 appels dans les premières 45 minutes. Les intensités relevées sur la zone épiscopentrale restent assez faibles au vu de la magnitude instrumentale, déterminée par le RéNaSS ou le LDG. On peut toutefois observer que du point de vue macrosismique plusieurs raisons peuvent expliquer la faiblesse des dommages subis :

- un habitat en très grande partie récent dû à une reconstruction à près de 80% suite à la seconde

guerre mondiale ; la pression foncière de Lorient a également amené les communes alentours à connaître une forte augmentation de leur population, avec la construction de maisons neuves depuis une quinzaine d'années.

- des constructions majoritairement de faible hauteur (RC+2 et 3),
- un socle granitique peu favorable aux amplifications locales des secousses.

Seule la forte expansion de la ville de Lorient durant les années 70 a conduit à l'aménagement des zones marécageuses en terrains à bâtir, favorable à l'amplification des vibrations comme nous le verrons plus loin.



[fig. 74] - Fissure sur mur extérieur - façade ouest (Ecole Notre Dame du Vœu, Hennebont).

L'intensité maximale VI a été estimée sur la commune **d'Hennebont**. Sur cette commune, des dégâts de niveau 1 (fissures fines sur murs porteurs et cloisons) sont relevés sur des bâtiments de classe A et B (maçonnerie, pierre de taille), voire de niveau 2 à 3 en petit nombre (chute de couronne de cheminée). Quelques bâtiments de classe C (béton armé) ont subi des dégâts de niveau 1.

Le quartier sud-est mis à part, il y a un sous-sol granitique assez homogène sur l'ensemble de la commune. Le secteur longeant les bords du Blavet et situé en contrebas de la commune, a subi une intensité inférieure (IV-V).

Le bruit accompagnant la secousse sismique a été pour de nombreuses personnes celui d'une explosion. Celle-ci a été suivie dans la seconde par un grondement fort produisant d'importantes vibrations, sur le mobilier comme sur les structures des bâtiments. Ce bruit a été très fréquemment assimilé par les habitants à *"un camion entrant en collision avec leur habitation"*, ou à *"l'explosion de leur chaudière"*.

Le séisme aura engendré une forte oscillation des objets suspendus, ainsi que des liquides dans

les récipients. Quelques portes ont été ouvertes, quelques cadres et de nombreux objets ont été déplacés ou ont chuté, effrayant ou paniquant les habitants.

Un témoin de la rue Guy Perrichot, par exemple, a cru que sa toiture allait s'effondrer. Les vitres tremblaient très fortement, les murs et les sols également, les ardoises sur les toits ont émis un bruit de claquement. Les personnes situées à l'extérieur ont pu observer l'oscillation des bâtiments.

De nombreuses personnes sont sorties de chez elles, parfois dans l'urgence.

Les élèves des dix écoles d'Hennebont ont été évacués des bâtiments.

Des éléments de plâtre des plafonds et des moulures ont été fragilisés ou sont tombés dans quelques habitations, comme ce fut le cas au Haras National, pour des enduits extérieurs de bâtiments centenaires (écuries, selleries et locaux divers).

La vibration a également produit la chute d'une partie de couronne de cheminée de la maison d'un particulier rue du Meunier.

La maison montre à l'intérieur un mouvement de la structure, puisqu'en certains points on relève des fissures entre les murs de pierre et le mur revêtu de plaques de plâtre récemment réalisé. L'escalier de la maison non fixé dans sa partie inférieure, a également « joué » sur 1 cm. Un mur extérieur de soutien d'une terrasse en mauvais état a connu quelques chutes de pierres mineures. Les propriétaires présents au moment du séisme confirment des effets correspondant à l'intensité VI.

L'école primaire Notre Dame du Vœu a connu, sur le bâtiment le plus ancien, un ébranlement de sa cheminée. Elle fut démontée par les pompiers après une mise en sécurité du secteur. Comme l'indique le rapport du Codis, les élèves de l'école ont été évacués dans la cour. L'école est restée fermée quelques jours par mesure de sécurité.

Un deuxième bâtiment annexe, en béton armé et de construction plus récente (1970) a été fissuré assez largement sur sa grande longueur.

Les observations faites auprès des particuliers dans le quartier confirment une forte secousse.

Les lycéens de l'établissement Victor Hugo ont connu quelques frayeurs, *"comme si le laboratoire de physique-chimie explosait"*, nous ont-ils rapporté. Le séisme a produit une très forte vibration, les tables *"ont sauté"*, le mobilier léger a été déplacé ainsi que des petits objets. Des plaques du plafond se sont détachées et quelques fissures sont apparues sur les murs.

Dans l'établissement scolaire Pierre et Marie Curie, quelques luminaires sont tombés.

[fig. 75] - Chute d'une partie de couronne de cheminée (Hennebont, rue du Meunier).



[fig. 76] - Localisation d'une cheminée ébranlée, démontée ici (Hennebont - Ecole Ntre.Dame du Vœu).

La vérification par les services techniques de la mairie de l'ensemble des équipements : station de pompage et d'épuration, parc, château, basilique, et les postes de transformation n'a révélé aucun dégât. Le viaduc SNCF n'a pas été endommagé (Communication du Directeur des services techniques de la ville d'Hennebont).

Sur la commune d'Inzinzac-Lochrist (5395 habitants), à 4 km au nord d'Hennebont et 9 km de l'épicentre du BCSF, l'intensité a atteint V. La secousse a été ressentie par l'ensemble des habitants à tous les étages, la vibration d'objets et de mobilier léger a été observée.

Sur cette commune, l'intensité de la secousse semble avoir été un degré en dessous de celle d'Hennebont. Le bruit a principalement été assimilé à un grondement puissant et sourd "*selon une trajectoire est-ouest*", certaines personnes le comparent à un tir de mines dans une carrière "*en 10 fois plus fort*".

De rares fissures ont été signalées par les habitants. Un témoin nous a indiqué qu'il avait observé le balancement des lignes à haute tension au sud de Lochrist.

Seul le centre socio-culturel (1950) a eu de nombreuses vitres cassées sur sa façade est. Localement les témoignages confirment une forte

secousse d'intensité VI, au-dessus de l'intensité ressentie sur l'ensemble de la commune, avec la chute d'objets dont une pile de chaises. Des tableaux ont aussi été déplacés.

Nous avons pu constater de rares dégâts, comme cet éclatement de peinture au-dessus de la porte principale de la mairie (fig. 78), qui traduit un mouvement du bâtiment. Les répliques de 10h31(2,3M_L) et 12h06 (4,1M_L) ont été perçues.



[fig. 77] - Vitres cassées - façade est (Inzinzac-Lochrist, Centre socio-culturel).



[fig. 78] - Eclatement de peinture - façade est (Inzinzac-Lochrist, mairie).

Sur la commune de Languidic (6489 habitants - 2 km de l'épicentre du BCSF - intensité IV-V) un bruit (explosion et grondement) a mis en émoi la population du village.

La plupart des personnes sont sorties des bâtiments. Quelques tableaux ont bougé, des objets ont connu une forte vibration, certains plus instables ont chuté et quelques meubles légers ont été déplacés. De rares dégâts de niveau 1 se sont produits. Les murs ont connu quelques chutes de morceaux de plâtre correspondant à des dégâts de niveau 1 sur des bâtiments de vulnérabilité A ou B (6 déclarations en mairie). Aucune ouverture de porte, craquement de poutre ni oscillation de liquide n'a été observé.

A quelques kilomètres au sud du bourg, le hameau de Kerhen-Liven a connu une intensité légèrement plus forte, sans doute proche d'une valeur VI. Une vieille cheminée s'est effondrée sur le toit de la maison voisine (fig. 80), vraisemblablement par la différence de comportement des bâtiments adjacents lors de la secousse. Quelques fissures sont apparues sur les murs porteurs de deux maisons. Le propriétaire nous a indiqué un sol plutôt argileux et l'existence d'un souterrain sous la maison.



[fig. 79] - fissure intérieure (Kerhen-Liven, Languidic)



[fig. 80] - cheminée cassée au ras du toit (Kerhen-Liven, Languidic).

A Lorient (20 km de l'épicentre du BCSF), l'intensité a été estimée à IV-V. Les vibrations sont restées de façon générale assez modérées. La secousse n'a pas toujours été reconnue comme un événement sismique, sauf par les personnes ayant déjà vécu un tremblement de terre.

De très nombreux témoignages ont repéré deux chocs successifs, souvent comparés à un "*bang supersonique*", ou à une "*explosion de gaz*". Au vu de la taille de l'agglomération, les dégâts sont très peu nombreux et relèvent du 1^{er} niveau sur des bâtiments de type B et C.

On peut noter une amplification de la secousse dans certains quartiers de la ville, notamment les anciennes zones marécageuses, comme le site du lycée Marie-Lefranc qui compte quelques élargissements de joints de dilatation et quelques fissures mineures (fig. 83).

Le lycée Colbert (construit en 1960) laisse



[fig. 83] - Fissures sur sol et murs (Lycée Colbert - Lorient)



[fig. 81] - élargissement d'un joint de dilatation (Lycée Marie-Lefranc - Lorient)

également apparaître quelques fissures au sol du 1^{er} étage. Des effets de niveau 1 à 2 sont aussi apparus sur le lycée Colbert, l'école du Bois Bissonet (proche de la ZUP au sud ouest de la ville), située sur une poche de kaolin, ou l'école Bilingue datant des années 60 et construite sur d'anciennes vasières.



[fig. 82] - Lycée Colbert - Lorient

Sur la région, les églises n'ont connu aucun dommage, hormis celle de Grand-Champ (24 km de l'épicentre du BCSF) qui est marquée de quelques légères fissurations entre les arcs et les murs extérieurs.

Si des dégâts de faible importance (niveau 1 et 2) sont déclarés dans de nombreuses communes du

Morbihan (130 en date du 15 janvier 2003 - formulaires collectifs), ils restent en petit nombre dans chacune des communes. Les dégâts de niveaux supérieurs sont peu nombreux et semblent localisés sur des zones d'anciens marécages, ou sur des terrains meubles susceptibles d'amplifier les vibrations (sols argileux).

La nature du bruit et son intensité sont principalement fonction de la distance à l'épicentre. Elles présentent néanmoins une très grande variabilité en fonction des sites (types d'habitations, étages...) et de l'activité des personnes. Le bruit est souvent assimilé à une forte explosion semblable à un "tir de mine", ou une "explosion de chaudière" dans les 20 premiers kilomètres. Dans les 20 à 40 kilomètres suivants, il se transforme en "explosion d'usine" plus lointaine. Si l'on s'éloigne encore, l'effet sonore devient semblable à un grondement sourd, plus ou moins proche, et similaire à "un camion lourdement chargé passant dans la rue", ou encore au "passage d'un métro" sous l'immeuble. Certaines localisations particulières comportant un sous-sol géologiquement favorable à la propagation sonore peuvent amplifier les bruits. Nous retrouvons ainsi des effets d'explosions sur des distances assez lointaines mais de façon plus ponctuelle. Il faut toutefois relativiser cette observation car le formulaire du BCSF ne permet pas d'indiquer si cette explosion est faible ou forte. On part donc de l'a priori que le terme explosion signifie un bruit fort.

Dans le département de l'Indre-et-Loire, à Tours (300 km de l'épicentre) le bruit n'existe plus, seules sont perçues les vibrations produites par le passage de l'onde. A des distances aussi éloignées soulignons que de très rares personnes ont ressenti les vibrations, sans doute dans des conditions locales particulières.

Une "suppression de l'oreille interne" est signalée au moment des secousses dans le département de l'Ille et Vilaine à Redon (85 km de l'épicentre),



[fig. 84] - fissures sur arc de voûte (église de Grand-Champ)

à Bagger Morvan (128 km de l'épicentre), ainsi que dans le département du Maine-et-Loire à Angers (200 km de l'épicentre). Plus proche de l'épicentre les témoins parlent plutôt d'assourdissement dû au bruit.

Il est possible que la distinction des deux ondes P et S soit perçue assez fréquemment. Ainsi, à 85 kilomètres de l'épicentre dans le Finistère, un témoin parle de deux secousses consécutives à "plusieurs secondes" d'intervalle. La première est toujours signalée de plus faible amplitude que la seconde. On retrouve cette distinction dans L'Ille et Vilaine à Rennes (117 km de l'épicentre) où plusieurs personnes font cette remarque, mais aussi en Loire Atlantique à Nantes et Orvault.

Une infirmière du Morbihan exerçant sur les villes de Plouhanel, Carnac, Saint-Philibert et Erdeven nous a rapporté que « Les personnes âgées ou mentalement plus fragiles ont été agitées le reste de la matinée, certains pensant à un bombardement ».

Les hommes à bord de bateaux à flot n'ont entendu que la déflagration sans ressentir d'autres effets.

REPLIQUE

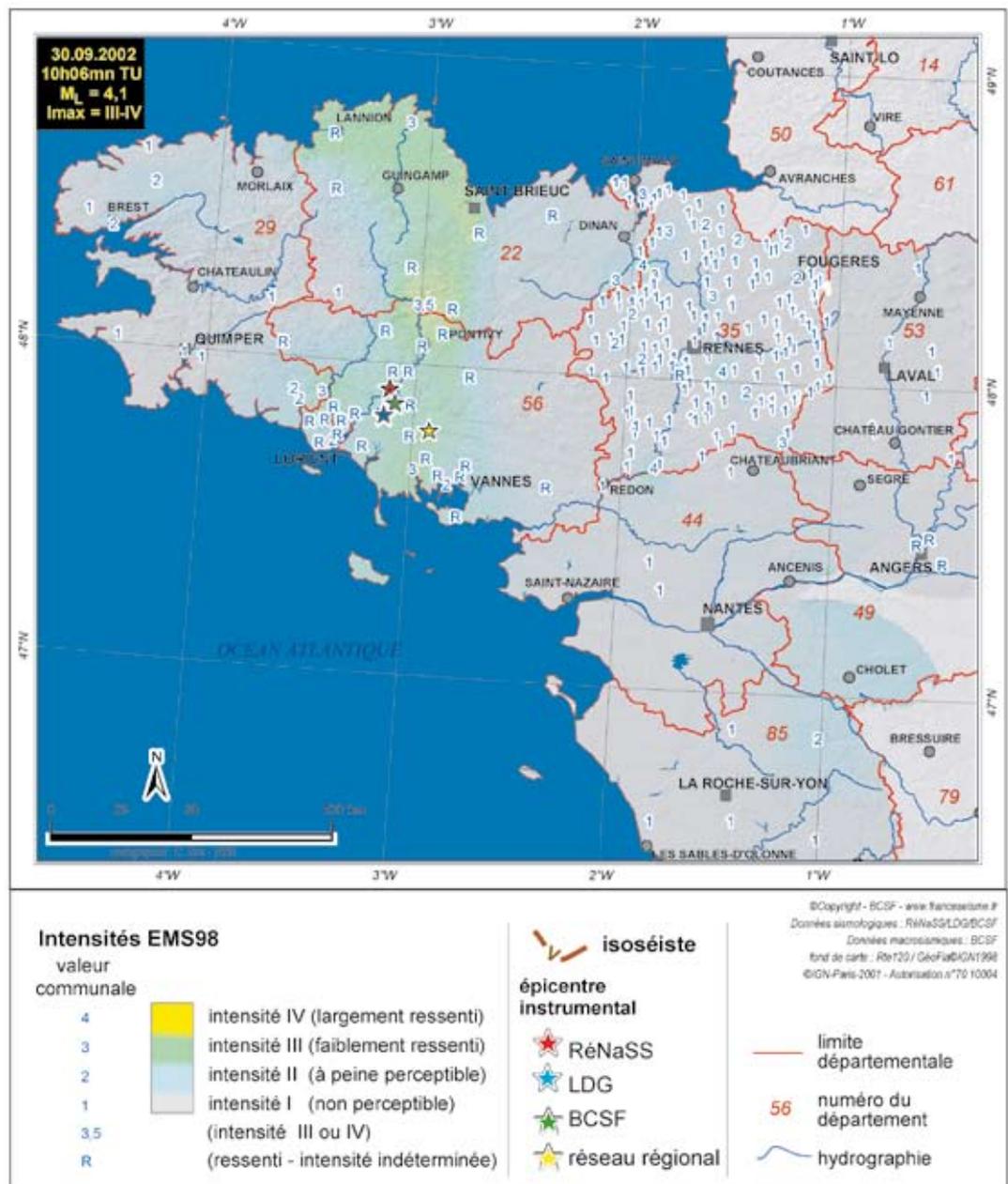
DONNÉES
MACROSISMIQUESréplique de 10h06 TU
12h06 heure légaleIntensité
maximale : III-IV
formulaires
collectés : 287
séisme
ressenti dans
62 communes

Plusieurs répliques ont été ressenties sur la zone épiscopale, 8h50 (3,3M_L), bruit d'explosion et des vibrations très fortes, à 9h03 (3,3M_L) et à 9h27 (2,3M_L) mais d'intensités plus faibles.

La plus importante reste celle de 12h06 (heure française) atteignant une intensité III sur environ une quarantaine de kilomètres. L'intensité maximale semble ne pas avoir dépassé IV. Sa zone de perception a été largement inférieure à celle du choc principal, proche de 70 km.

La plupart des personnes ont principalement répondu sur le premier événement, et n'ont donné que peu d'informations sur cette réplique, se limitant le plus souvent à nous signaler l'heure.

Comme nous l'avons déjà observé par le passé, Il est toujours difficile d'obtenir une information fiable sur des événements consécutifs, les témoins se concentrant sur le choc principal et n'octroyant que peu d'intérêt pour la description des répliques. Il a donc été impossible de tracer des isoséistes à partir de ces résultats partiels.



[fig. 85]

Séisme du 11 décembre 2002 sud de Pau (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE
 en temps universel :
 20h09 min
 en temps légal :
 21h09 min

MAGNITUDE
 RéNaSS : 4,4 M_L
 LDG : 4,3 M_L
 RSSP : 4,2 M_L

LOCALISATION ÉPICENTRE D'APRÈS:

RéNaSS
 lat. : 43,05° N
 long. : 0,32° W
 profondeur : 10 km

LDG
 lat. : 43,12° N
 long. : 0,38° W
 profondeur : 5 km

Réseau régional RSSP
 lat. : 43,09° N
 long. : 0,36° W
 profondeur : 12 km

BCSF
 lat. : 43,04° N
 long. : 0,33° W
 profondeur : 5 km



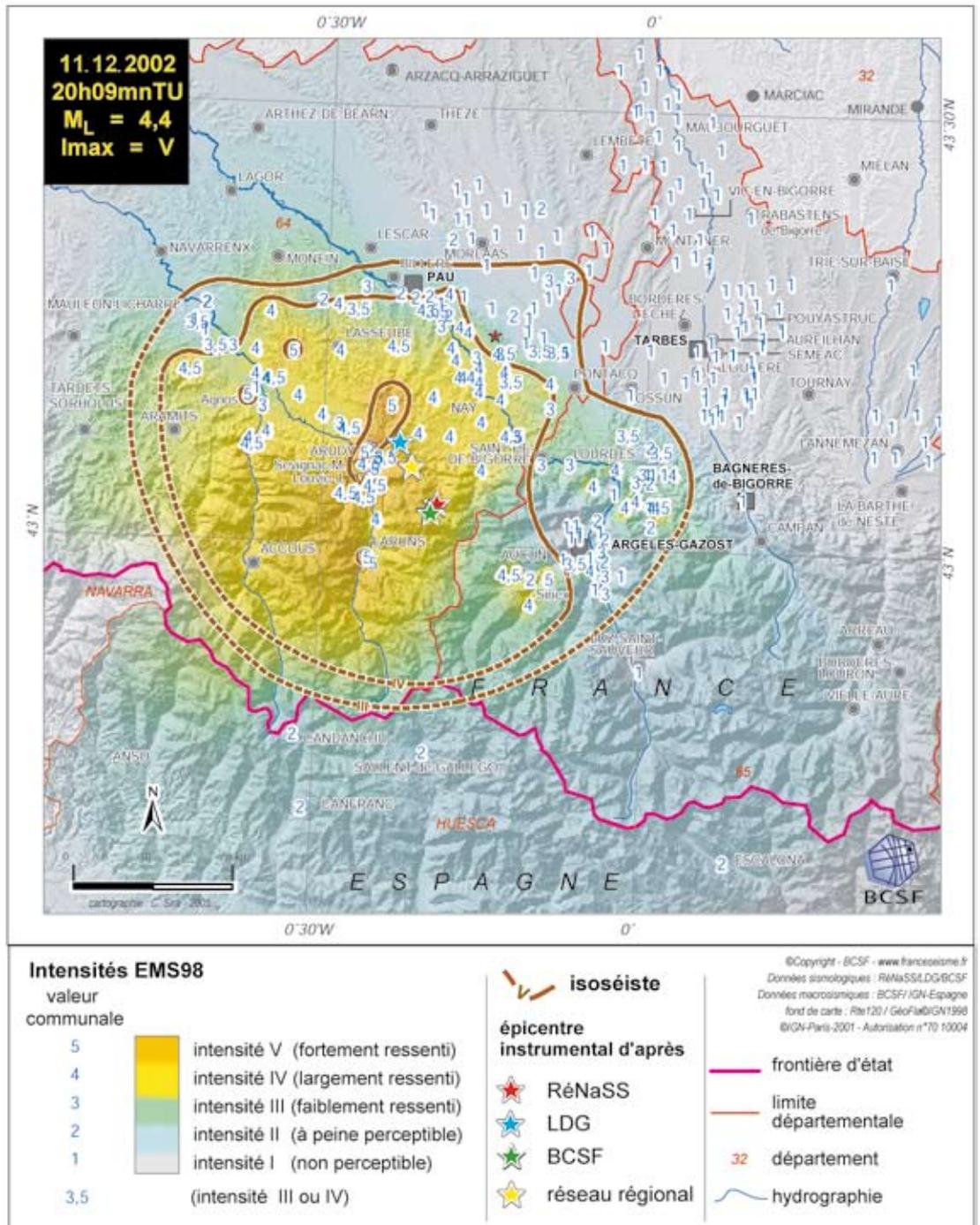
[fig. 86]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaires
collectés : 318
séisme ressenti
dans 107 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface : indéterminée
isoséiste incertaine
population :
243200 h.
communes
françaises : 208

**Aucun dégât
signalé**



[fig. 87]

Observations macrosismiques

Le 11 décembre 2002 à 21h09 (heure locale), le Béarn a subi un séisme de magnitude 4,3 M_L suivi le lendemain à 18h59 par un événement de magnitude légèrement supérieure, 4,6 M_L .

Ces séismes s'inscrivent dans une activité sismique plus importante en 2002 que dans les années précédentes dans les Pyrénées. On y aura compté sur l'année, 8 événements sismiques de magnitude supérieure à 3,5 M_L .

C'est dans le bas de la vallée d'Ossau et plus pré-

cisément dans le secteur des communes d'Arudy, Seignacq-Meyracq et Louvie-Juzon que l'intensité maximale V (forte secousse) a été atteinte par ce premier événement. L'intensité V a été atteinte sur 9 communes dans un rayon moyen de 15 km autour de l'épicentre. L'intensité V a également été atteinte sur des communes parfois distantes, comme à Agnos (27 km à l'ouest) ou Sirieux (17 km à l'est).

Un grondement sourd, une déflagration sèche et forte (parfois en deux chocs successifs), ont été perçus par les habitants. Le séisme a provoqué le tremblement ou la chute d'objets dans la zone

épicentrale, mais aussi quelques déplacements de mobiliers légers ou lourds (Beost, Estialescq, Uzès, Sirieux).

Bien qu'habitué aux effets des séismes dans la région, la population fit état d'un vif émoi sur ce séisme.

Plusieurs témoignages rapportent des comportements anormaux d'animaux comme ces 5 vaches d'un fermier de Gan (21 km de l'épicentre BCSF) qui ont refusé la traite.

Le diamètre de l'isoséisme III est d'environ 70 km et celui de l'isoséisme IV d'environ 57 km.

A l'intérieur de l'isoséisme V on a observé principalement des dégâts de niveau 1 (fissures fines sur murs porteurs et cloisons) sur des bâtiments de classe A et B (pierres brutes, maçonnerie).

L'intensité sur la commune de Pau n'a pu être

établie par manque de données ; pour autant il est fort probable qu'elle ait atteint le degré III, lors de ce premier événement.

La secousse a été ressentie jusqu'à au moins 38 km de l'épicentre du BCSF, sur la commune d'Aren (intensité = II). L'isoséisme V est orientée nord-sud.

Les unités de gendarmerie des cantons touchés du département des Pyrénées-Atlantiques ont enregistré 7 appels ne donnant lieu à aucune intervention. Aucun dégât n'a été constaté.

Le Codis des Pyrénées-Atlantiques a reçu quant à lui 15 appels de particuliers originaires des communes de Pau, Rebenacq, Bosdarros, Oloron, Gan, Sevignacq, Laruns et Arudy.

Séisme du 12 décembre 2002 sud de Pau (Pyrénées-Atlantiques)



HEURE
en temps universel :
17h59 min
en temps légal :
18h59 min

MAGNITUDE
RéNaSS : 4,6 M_L
LDG : 4,9 M_L
RSSP : 4,6 M_L

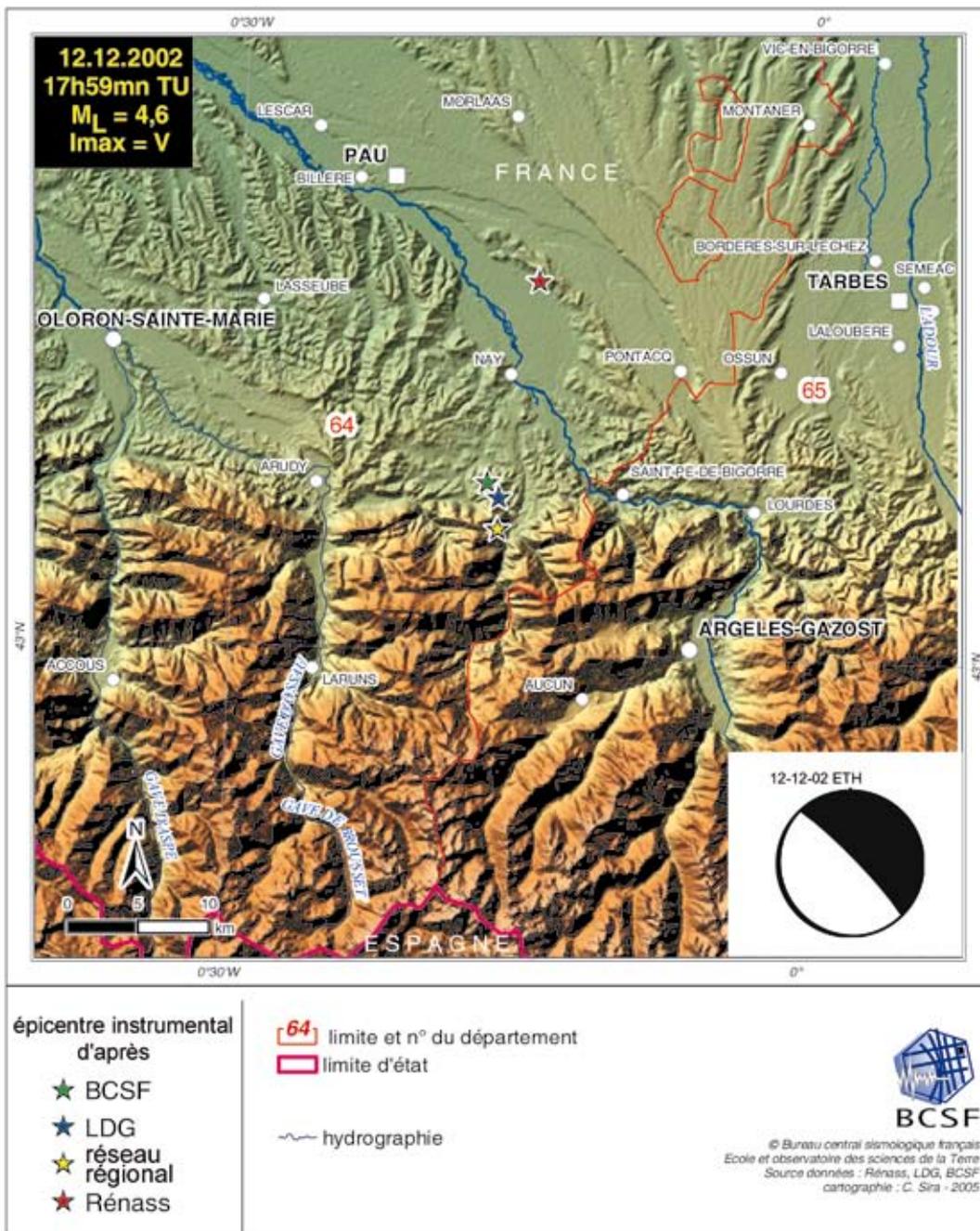
**LOCALISATION
ÉPICENTRE
D'APRÈS:**

RéNaSS
lat. : 43,24° N
long. : 0,24° W
profondeur : 10 km

LDG
lat. : 43,10° N
long. : 0,27° W
profondeur : 3 km

Réseau régional RSSP
lat. : 43,08° N
long. : 0,27° W
profondeur : 9 km

BCSF
lat. : 43,11° N
long. : 0,28° W
profondeur : 10 km



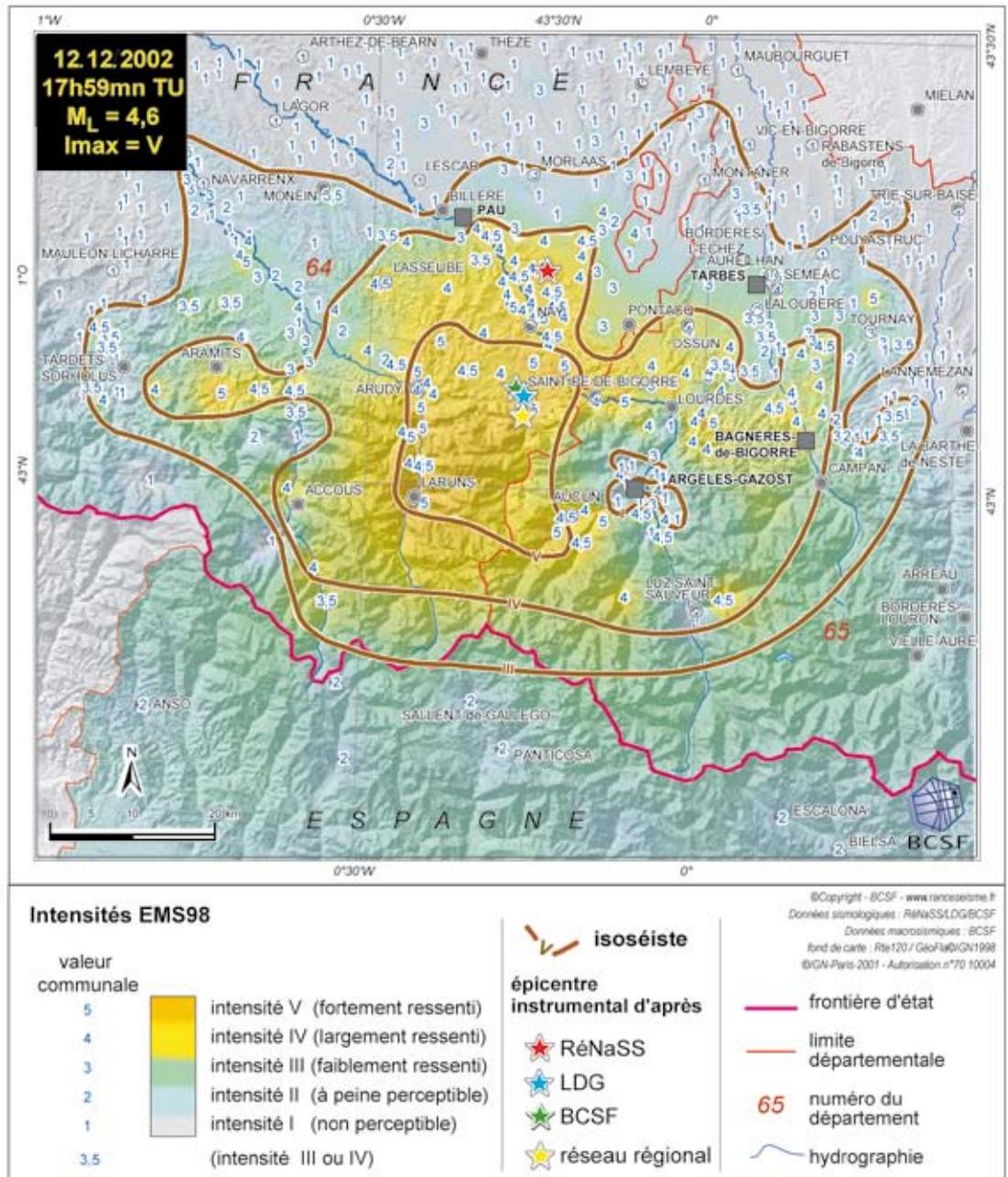
[fig. 88]

DONNÉES MACROSISMQUES

intensité
maximale : V
formulaires
collectés : 777
séisme ressenti
dans 193 communes

**Paramètres de
l'isoséiste
d'intensité III**
surface : 4912 km²
population : 387700 h.
communes françaises:
403

Dégâts signalés
11 communes



[fig. 89]

Observations macrosismiques

Localisé à 3 km au nord-ouest d'Artez-d'Asson dans les Pyrénées-Atlantiques, ce séisme aura généré une forte secousse d'intensité V sur 9 communes dans un rayon de 45 km autour de l'épicentre. Parmi celles-ci, 3 d'entre elles sont distantes de plus de 30 km : Clarac (45 km), Geronce (36 km), Arette (35 km).

Un témoignage individuel parle d'une secousse effrayante durant laquelle toute la structure de la maison a semblé osciller. Cette personne prise de panique s'est précipitée dehors.

À Arudy (11 km de l'épicentre du BCSF), la population a entendu une violente et sèche déflagration. Quelques témoins ont distingué 2 détona-

tions consécutives (à 1 seconde d'intervalle).

A Gan (21 km), un témoin dit que l'eau d'une piscine était encore en mouvement 5 minutes après le choc.

Pour le réseau régional, la profondeur du séisme du 12 décembre est inférieure de 3 km à celui du 11 décembre.

Le nombre de communes touchées par une intensité III ou supérieure à III est 2 fois plus importante.

On observe une décroissance rapide des effets dans le sens NS, la plus grande largeur des isoséistes étant orientée E-W (Iso III = 100 km).

Le séisme a été perçu au moins jusqu'à une distance de 51 km de l'épicentre du BCSF dans la

commune de Diusse (départ. 64 ; intensité = III)

Des déplacements de mobilier lourd ont été indiqués (Gan, Ogeu-les-Bains), engendrant quelques angoisses auprès de la population (les enfants notamment).

Plusieurs témoignages signalent que des animaux ont montré une certaine agitation "avant la secousse": chien et chat (Gan), âne (Arros-de-Nay) et poules (Oloron-Sainte-Marie).

On a pu observer par les témoignages individuels collectés sur la commune de Pau d'importants contrastes dans les valeurs d'intensités sans doute amplifiées par les étages. Généralement faible, l'intensité de la secousse a par endroit été accompagnée d'un bruit de type "bang d'avion", laissant ici ou là de rares fissures fines sur des structures fragiles (ex : joints entre plaques de placoplâtre).

Sur les deux départements des Pyrénées-Atlantiques et des Hautes-Pyrénées, les dégâts ont été dans l'ensemble modérés (niveau 1) et en petit nombre (non généralisés). On trouve néanmoins quelques effets supérieurs de niveau 2 à 3, dans les Pyrénées-Atlantiques sur les communes de : Balansun, Louvie-Juzon, Boeil-Bezing, Arros-de-Nay, Coarraze, Borderes où des chutes de tuiles ont été signalées par les mairies et dans les Hautes Pyrénées sur la commune de Bartres. A Bosdarros (64), une partie d'un "tableau de fenêtre" en pierre de taille est tombée.

Des répliques ont été ressenties sur les communes :

- d'Asson :

-12/12/02 à 22 heures (intensité IV)
(21h54 - 2,4M_L)

- 13/12/02 à 07 heures (intensité IV)
(7h00 - 2,9M_L)

- 14/12/02 à 06 heures (intensité III)
(non enregistré par le RéNaSS)

- de Nay : 12/12/02 à 19h03
(incertitude de corrélation)
(18h11min - 2,2M_L)

- de Mirepeix : le 13/12/02 à 7h.
(7h00 - 2,9M_L)

6 - Publications (2000 - 2002) : 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 doctorant

ANNEE 2000

Publications

Amorèse D., A. Walker, J.-L. Lagarde, J.-P. Santoire, P. Volant, M. Font et M. Lecornu, New seismotectonic data from an intraplate region : focal mechanisms and tectonics in the Armorican Massif (Northwestern France), *Geophys. J. Int.*, 143, 837-846, (2000).

Antoine P., J.-P. Lautridou et M. Laurent, Longterm fluvial archives in NW France : response of the Seine and Somme rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes, *Geomorphology*, 33, 183-207, (2000).

Banno B., G. Marquis, B. Niviere, J.-C. Maurin et M. Cushing, Investigating alluvial and tectonic features with ground-penetrating radar and analyzing diffractions patterns, *J. Appl. Geophys.*, 43, 33-41, (2000).

Beaumont C., J.-A. Muñoz, J. Hamilton et P. Fullsack, Factors controlling the Alpine evolution of the central Pyrenees inferred from a comparison of observations and geodynamical models, *J. Geophys. Res.*, 105, 8121-8145, (2000).

Becker A., The Jura Mountains; an active foreland fold-and-thrust belt ? *Tectonophysics*, 321, 4, 381-406, (2000).

Benedetti L., P. Tapponnier, G.-C.-P. King, B. Meyer et I. Manighetti, Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, Northern Italy, *J. Geophys. Res.*, 105, B9, 739-766, (2000).

Bertrand E. et A. Deschamps, Lithospheric structure of the southern French Alps inferred from broadband analysis, *Phys. Earth Planet Interiors (Spe. Iss.)*, 122, 1-2, 79-102, (2000).

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).

Bossu R., O. Scotti, F. Cotton, M. Cushing et A. Levret, Determination of geomechanical site effects in France from macroseismic intensities and reliability of macroseismic magnitude of historical events, *Tectonophysics*, 324, 81-110, (2000).

Bour M., P. Dominique, J.-L. Blès, P. Godefroy, C. Martin et M. Terrier, Zonation of Metropolitan France for the application of earthquake-resistant building regulations to critical facilities. Part 2 : seismic zonation, *Journal of Seismology*, 4, 231-245, (2000).

Calais E., R. Bayer, J. Chery, F. Cotton, E. Doerflinger, M. Flouzat, F. Jouanne, M. Kasser, M. Laplanche, D. Maillard, J. Martinod, F. Mathieu, P. Nicolon, J. Nocquet, O. Scotti, L. Serrurier, M. Tardy et C. Vigny, REGAL : a permanent GPS network in the Western Alps. Configuration and first results, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Série II fascicule A Sciences de la Terre et des Planètes*, 331, 7, 435-442, (2000).

Calais E., L. Gallissou, J. F. Stephan, J. Deltail, J. Deverchère, C. Larroque, B. M. d. Lepinay, M. Popoff et M. Sosson, Crustal Strain in the Southern Alps, France, 1948-1998, *Tectonophysics*, 319, 1-17, (2000).

Carozza J. M. et B. Delcaillau, Reponse des bassins versants a l'activite tectonique: l'exemple de la terminaison orientale de la chaine pyreneenne; approche morphotectonique, *Geomorphologie*, 2000, 1, 45-60, (2000).

Deichmann N., M. Baer, J. Braunmiller, D. B. Dolfin, F. Bay, B. Delouis, D. Fäh, D. Giardini, U. Kastrup, F. Kind, U. Kradolfer, W. Künzle, S. Röthlisberger, T. Schler, J. Salichon, S. Sellami, E. Spühler et F. Wiemer, Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 1999, *Eclogae geol. Helv.*, 93, 395-406, (2000).

Dufumier H., A. Souriau, M. Sylvander, S. Judenherc et M. Granet, Calculs de magnitudes et mécanismes au foyer pour le séisme de Saint-Béat du 4 octobre 1999, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 330, 331-338, (2000).

Dugué O., N. Poupinet, S. Baize, J.-P. Auffret, J.-P. Coutard, J.-C. Ozouf et M. Clet-Pellerin, Stratigraphie du Plio-Pléistocène inférieur de Normandie : les séries marines et fluviales des bassins du seuil du Cotentin, *Géologie de la France*, 3, 99-125, (2000).

Ebel J.-E., K.-P. Bonjer et M.-C. Oncescu., Paleoseismology : Seismicity for past large earthquakes, *Seism. Res. Letter.*, 71, 283-294, (2000).

Granet M., S. Judenherc et A. Souriau, Des images du système lithosphère-asthénosphère sous la France et leurs implications géodynamiques : l'apport de la tomographie télésismique et de l'anisotropie sismique, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 171, 149-167, (2000).

Grelaud S., D. Buil, S. Hardy et d. L. D. Frizon, Trishear kinematic model of fault-propagation folding and sequential development of minor structures; the Oupia Anticline (NE Pyrenees, France) case study, *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 171, 4, 441-449, (2000).

Josnin J. Y., F. Arthaud et P. Laurent, Indices tectoniques et microtectoniques d'une compression nord-sud, datee d'envi-

- ron 80 000 ans dans le Languedoc mediterraneen (Gard, France), Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie II, Sciences de la Terre et des Planetes. 331, 11, 733-740, (2000).
- King G.-C.-P. et M. Cocco, Fault interaction by elastic stress changes : new clues from earthquake sequences, *Advances in Geophysics*, 44, 1 - 38, (2000).
- Lacombe O. et D. Obert, Héritage et déformation de couverture : plissement et fracturation tertiaires dans l'Ouest du bassin de Paris, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 793-798, (2000).
- Lagarde J.-L., S. Baize, A. Amorese, B. Delcaillau, E. Laville et P. Volant, Active tectonics, seismicity and Geomorphology with special reference to Normandy (France), *Journal of Quaternary Science*, 15, 745-758, (2000).
- Laurent A., A propos du seisme nissart de 1564, *Geochronique*, (2000).
- Marquis G. et A. Stopin, Three-dimensional electrical conductivity structure around the Clery Fault, Vercors, *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 171, 1, 83-90, (2000).
- McCaig A. M., D. M. Wayne et J. M. Rosenbaum, Fluid expulsion and dilatancy pumping during thrusting in the Pyrenees; Pb and Sr isotope evidence, *Geological Society of America Bulletin*, 112, 8, 1199-1208, (2000).
- MOUROUX P. et O. MONGE, Séismes, sols et fondations, *Travaux*, 764, 3-11, (2000).
- Nivière B. et G. Marquis, Evolution of terrace risers along the upper Rhine graben inferred from morphologic dating methods : evidence of climatic and tectonic forcing, *Geophys. J. Int.*, 141, 577-594, (2000).
- 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).
- Plomerova J., M. Granet, C. Judenherc, U. Achauer, V. Babuska, P. Jedlicka, D. Kouba et L. Vecsey, Temporary Array Data for Studying seismic anisotropy of Variscan Massifs - The Armorican Massif, French Massif Central and Bohemian Massif, *Studia geoph. et geod.*, 44, 195-209, (2000).
- Sanchis E. et M. Séranne, Structural style and tectonic evolution of a polyphase extensional basin of the Gulf of Lion passive margin; the Tertiary Ales Basin, southern France., *Tectonophysics*, 322, 3-4, 219-242, (2000).
- Semblat J.-F. et A.-M. Duval, Quantitative estimation of the seismic site effects through modal methods, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, Ila*, 331, 91-96, (2000).
- Semblat J.-F., A.-M. Duval et P. Dangla, Numerical analysis of seismic wave amplification in Nice (France) and comparisons with experiments, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 19, 5, 347-362, (2000).
- Sue C., J. Martinod, P. Tricart, F. Thouvenot, J.-F. Gamond, J. Fréchet, D. Marinier, J.-P. Glot et J.-R. Grasso, Active deformation in the inner western Alps inferred from comparison between 1972-classical and 1996-GPS geodetic surveys, *Tectonophysics*, 320, 17-29, (2000).
- Terrier M., J.-L. Blès, P. Godefroy, P. Dominique, M. Bour et C. Martin, Zonation of Metropolitan France for the application of earthquake-resistant building regulations to critical facilities. Part 1 : seismotectonic zonation, *Journal of Seismology*, 4, 215-230, (2000).
- Van-Vliet-Lanoëa B., M. Laurent, M. Everaerts, J. L. Mansy et G. Manby, Evolution neogene et quaternaire de la Somme, une flexuration tectonique active, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie II, Sciences de la Terre et des Planetes*. 331, 2, 151-158, (2000).
- Volant P., C. Berge-Thierry, P. Dervin, M. Cushing, G. Mohammadioum et F. Mathieu, The South Eastern Durance fault permanent network : Preliminary results., *Journal of Seismology*, 4, 175-189, (2000).
- Volant P., C. Berge, P. Dervin, M. Cushing, G. Mohammadioum et F. Mathieu, The south eastern Durance fault permanent network : preliminary results, *Journal of Seismology*, 4, 2, 175-189, (2000).

Thèses

- Baroux E., Analyse 2-3D des déformations du SE de la France, Thèse, Université Paris-Sud, Orsay, Paris, 327 p., (2000).
- Bertrand E., Sismologie large-bande : des ondes de volume aux structures de la croûte et du manteau supérieur. Application aux Alpes-Maritimes et à la Campanie (Italie), Thèse, Université Sophia Antipolis, Nice, 302 p., (2000).
- Feuillet N., Sismotectonique des Petites Antilles. Liaison entre activité sismique et volcanique, Thèse, Université Paris 7, Paris, (2000).
- Hernandez B., Apport des mouvements forts et de la géodésie à l'étude de la physique de la rupture sismique : application à l'analyse de l'aléa sismique, Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 216 p., (2000).
- Judenherc S., Etude et caractérisation des structures hercyniennes à partir de données sismologiques : le cas du Massif armoricain, Thèse, Université L. Pasteur, Strasbourg, 148 p., (2000).

Rapports

- Arnal C., L. Stieltjes et N. Marcot, Projet GERIA. Prise en compte des risques naturels. *Gestione Rischi Ambientali*. Phase 1, BRGM/RP-50185-FR, (2000).
- Bour M., P. Dominique et R. Arpin, Zonage sismique de la France pour l'application des règles parasismiques aux installations classées des départements : Guadeloupe, Guyane, Martinique et Réunion, Rapport BRGM, R40831, (2000).
- Charlety J. et P. Dominique, Evaluation probabiliste de l'aléa sismique à l'échelle du territoire national - Etape 3 - EPAS 3, BRGM/RP-50532-FR, (2000).
- Cotton F. et P. Lussou, Travaux du groupe " Mouvement Sismique pour l'Ingénieur " et évolution récente du texte de l'EC8, Cahier technique de l'AFPS, 20, (2000).
- Lambert J., Sismicité historique de l'Archipel des Antilles et des Caraïbes. Constitution d'un fichier documentaire (phase 2), BRGM/RP-50391-FR, (2000).
- Lebrun B., M. Bour, H. Fabriol, P. Dominique, P. Sabourault, F. Vermeersch, C. Martin et J. Demand, XIème Contrat de plan Etat/Région Guadeloupe relatif à la prévention du risque sismique. Réseau accélérométrique de Pointe-à-Pitre : rapport final, synthèse des résultats acquis depuis 1994, BRGM/RP-50501-FR, (2000).
- Lebrun B., P. Dominique, M. Bour et P. Mouroux, Réactualisation du zonage sismique de la France (Phase 2), Rapport BRGM, RP-50423-FR, (2000).
- Lebrun B., H. Fabriol, c. M. Bour, P. Dominique et J. Demand, Réseau accélérométrique de Pointe-à-Pitre : traitement et interprétation des données de l'année 1999, Rapport BRGM, R40905, (2000).
- Lebrun B., O. Monge et M. Bour, XIème Contrat de Plan Etat/Region Guadeloupe relatif à l'évaluation et la prévention du risque sismique : Inventaire et cartographie des éléments exposés, BRGM/RP-50497-FR, (2000).
- Lebrun B., O. Monge et M. Bour, XIème CPER Guadeloupe relatif à l'évaluation et la prévention du risque sismique :

Evaluation de la vulnérabilité des bâtiments : méthodes et résultats, BRGM/RP-50500-FR, (2000).

Lebrun B., O. Monge et M. Bour, XIème Contrat de Plan Etat/Région Martinique relatif à l'évaluation et la prévention du risque sismique. Evaluation de la vulnérabilité des bâtiments : méthodes et résultats, BRGM/RP-50499-FR, (2000).

Lebrun B. et J. M. Montpelat, XIème CPER Martinique relatif à l'évaluation et la réduction du risque sismique : Enseignements tirés des conséquences du séisme du 8 juin 1999 à La Martinique, BRGM/RP-50587-FR, (2000).

Méneroud J.-P., A.-M. Duval, C. Michel, C. Thibault, S. Vidal, J.-L. Gastaut, A. Tortet, J. Delgado, T. Jessin, J.-F. Sallet et C. Tartar, GEM-GEP Phase 1 - Risque sismique sur Nice - Etude de Scénarios de gestion de crise sismique - Définition de l'aléa, de la vulnérabilité et des enjeux, rapport CETE Méditerranée, affaire n°98740136, annexes, 139 p., (2000).

Monge O., B. Lebrun, O. Sedan, C. Mirgon et M. Bour, XIème CPER Martinique : définition des séismes de scénarios et résultats des simulations, BRGM/RP-50625-FR, (2000).

Monge O. et R. MARTIN, XIème Contrat de Plan Etat/Région Martinique relatif à l'évaluation et la réduction du risque sismique : estimation à l'échelle régionale, des déplacements induits par des phénomènes de liquéfaction et de mouvements de terrain, BRGM/RP-50429-FR, (2000).

Terrier M., J.-C. Audru, M. Bour et P. Dominique, Etude de l'aléa sismique régional de l'île de Mayotte, détermination des mouvements sismiques de référence, Rapport BRGM, RP-50250-FR, (2000).

Livres

Lemoine M., P.-C. D. Graciansky et P. Tricard, De l'océan à la chaîne de montagne : tectonique des plaques dans les Alpes, Coll Géosciences, Soc. Géol. Fr. ed., Gordon and Breach Sc. Publ., Paris, 207 p., (2000).

Lomax A., J. Virieux, P. Volant et C. Berge-Thierry, Probabilistic earthquake location in 3D and layered models - Introduction of a Metropolis-Gibbs method and comparison with linear locations, in *Advances in Seismic Event Location*, edited by C. H. Thurber and N. Rabinowitz, p. 101-134, (2000).

ANNEE 2001

Publications

- Baer M., N. Deichmann, J. Braunmiller, D. B. Dolfin, F. Bay, F. Bernardi, B. Delouis, D. Fäh, M. Gerstenberger, U. Giardini, S. Huber, U. Kastrop, F. Kind, U. Kradolfer, B. Maraini, B. Mattle, T. Schler, J. Salichon, S. Sellami, S. Steimen et F. Wiemer, Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 2000, *Eclogae geol. Helv.*, 94, 253-264, (2001).
- Baroux E., N. Béthoux et O. Bellier, Analyses of the stress field in southeastern France from earthquake focal mechanisms, *Geophysical Journal International*, 145, 336-348, (2001).
- Benoit P. et J. M. Grisoni, Origine et extension laterale de la fracturation Quaternaire de la terrasse alluviale de Longueville-sur-Aube (France), *Bulletin - Association Geologique Aubeoise*, (2001).
- Bowman D. D. et G.-C.-P. King, Stress transfer and seismicity changes before large earthquakes, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 333, 591-599, (2001).
- Brault N., F. Guillocheau, J. N. Proust, T. Nalpas, J. P. Brun, S. Bonnet et S. Bourquin, Le système fluvio-estuarien Pléistocène moyen-supérieur de Pénestin (Morbihan) : une paléo-Loire ? *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 563-572, (2001).
- Calais E., R. Bayer, J. Chery, F. Cotton, E. Doerflinger, M. Flouzat, F. Jouanne, M. Kasser, D. Laplanche, D. Maillard, J. Martinod, F. Mathieu, P. Nicolon, J. M. Nocquet, O. Scotti, L. Serrurier, M. Tardy et C. Vigny, REGAL : réseau GPS permanent dans les Alpes occidentales. Configuration et premiers résultats, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 141-158, (2001).
- Camus H., Evolution des réseaux hydrographiques au contact Cévennes-Grands Causses méridionaux : conséquences sur l'évaluation de la surrection tectonique, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 549-562, (2001).
- Contrucci I., A. Nercessian, N. Bethoux, A. Mauffret et G. Pascal, A Ligurian (western Mediterranean Sea) geophysical transect revisited, *Geophys. J. Int.*, 146, 74-97, (2001).
- Courboux F., A. M. Duval, A. Deschamps, A. Lomax et C. Larroque, Les enseignements du petit séisme de Peilles (Alpes Maritimes, France), *Acad. Sci. Paris*, 333, 105-112, (2001).
- Duval A.-M., P.-Y. Bard, B. LeBrun, C. Lacave-Lachet, J. Riepl et D. Hatzfeld, H/V technique for site response analysis synthesis of data from various surveys, *Bolletino di Geofisica teorica ed Applicata*, 42, 3-4, 267-280, (2001).
- Duval A.-M., S. Vidal, J.-P. Méneroud, A. Singer, F. DeSantis, C. Ramos, G. Romero, R. Rodriguez, A. Pernia, N. Reyes et C. Griman, Caracas, Venezuela, Site effect determination with microtremors, *Pure and Applied Geophysics, PAGEOPH*, 158, 12, 2513-2523, (2001).
- Garambois S. et M. Dietrich, Seismoelectric wave conversions in porous media; field measurements and transfer function analysis, *Geophysics*, 66, 5, 1417-1430, (2001).
- Green S. et G. C. P. King, Seeing what you know : changing constructions and perceptions of landscape in Epirus, Northwestern Greece, 1945 and 1990, *History and Anthropology*, 21, 3, 255 - 288, (2001).
- Lacassin R., T. Tapponnier, B. Meyer et R. Armijo, Was the Trevaresse Thrust the source of the 1909 Lambesc (Provence) earthquake ? Historical and geomorphic evidence, *Acad. Sci. Paris*, 333, 571-581, (2001).
- Larroque C., N. Bethoux, E. Calais, F. Courboux, 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, 3-4, 255-272, (2001).
- LeBrun B., D. Hatzfeld et P. Y. Bard, Site effect study in urban area : Experimental results in Grenoble (France), *Pure and Applied Geophysics*, 158, 2543-2557, (2001).
- Martinod J., L. Roux, J. F. Gamond et J. P. Glot, Déformation actuelle de la chaîne de Belledone (Massifs cristallins externes alpins, France) : Comparaison triangulation historique-GPS, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 713-722, (2001).
- Meghraoui M., B. Delouis, M. Ferry, D. Giardini, P. Huggenberger, I. Spottke et M. Granet, Active normal faulting in the upper Rhine Graben and paleoseismic identification of the 1356 Basel Earthquake, *Science*, 293, 2070-2073, (2001).
- Nocquet J. M., E. Calais, Z. Altamimi, P. Sillard et C. Boucher, Intraplate deformation in western Europe deduced from an analysis of the International Terrestrial Reference, *J. Geophys. Res.*, 106, 11239-11258, (2001).
- Paul A., M. Cattaneo, F. Thouvenot, D. Spallarossa, N. Bethoux et J. Frechet, A three-dimensional crustal velocity model of the southwestern Alps from local earthquake tomography, *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 106, B9, 19367-19389, (2001).
- Schlupp A., G. Clauzon et J. P. Avouac, Mouvement post-Messinien sur la faille de Nîmes : implications pour la sismotectonique de la Provence, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 691-711, (2001).
- Souriau A., La Faille Nord-pyrénéenne, *Bull. Aulus. & Garbet*, 20, 1-8, (2001).
- Souriau A., M. Sylvander, A. Rigo, J. F. Fels, J. M. Douchain et C. Ponsolles, Sismotectonique des Pyrenees; principales contraintes sismologiques, *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 172, 1, 25-39, (2001).
- Tricard P., S. Schwartz, C. Sue, G. Poupeau et J. M. Lardeaux, La dénudation de la zone ultradauphinoise et l'inversion du front briannonnais au sud-est du Pelvoux (Alpes occidentales) : une dynamique moicène à actuelle, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 172, 49-58, (2001).
- Vacher P. et A. Souriau, A three-dimensional model of the Pyrenean deep structure based on gravity modelling, seismic images and petrological constraints, *Geophys J. Int.*, 145, 460-470, (2001).

Thèses

- Lussou P., Calcul du mouvement sismique associé à un séisme de référence pour un site donné avec prise en compte de l'effet de site. Méthode empirique linéaire et modélisation de l'effet de site non-linéaire., Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble I, (2001).

Rapports

- Arnal C., Projet GE.RI.A Prise en compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali - Phase 3 - Réalisation d'un scénario de risque sismique dans la zone GE.RI.A France - Synthèse, Rapport BRGM RP-51301-FR, (2001).
- Arnal C. et N. Marçot, Projet GE.RI.A Prise en compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali - Phase 2 et 3 - Harmonisation des données franco-italiennes - Scénario sismique transfrontalier, Rapport BRGM RP-51402-FR, (2001).
- BCSF (2001) - Note préliminaire du séisme de Nice du 25 février 2001.

- BCSF (2001) - Note préliminaire du séisme de Chantonnay du 8 juin 2001.
- BCSF (2001) - Note préliminaire du séisme de Saint-Jean-Pied-de-Port du 12 décembre 2001.
- Dominique P., B. Alabouvette, J. P. Capdeville, G. Delpont, B. Lebrun, E. Leroi, P. Sabourault et B. Villa, Réseau Accélérométrique Permanent - RAP - Année 2001, Rapport BRGM, RP-51208-FR, (2001).
- Marcot N., Projet GE.RI.A. - Prise en compte des risques naturels - Gestione Rischi Ambientali - Phase 3. "Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit". Proposition d'une méthodologie et exemple d'application, BRGM/RP-50690-FR, (2001).
- Marçot N., Projet GE.RI.A. Prise en compte des Risques Naturels Gestione Rischi Ambientali - Phase 3 - Contribution à l'évaluation de la vulnérabilité du milieu construit" - Proposition d'une methodology et exemple d'application., Rapport BRGM RP-50690-FR, (2001).
- Marcot N. et P. Mouroux, Vème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels ". Prise en compte du risque sismique en région PACA - Formation : conception des bâtiments en zone sismique, problèmes du bâti existant, BRGM/RP-51441-FR, (2001).
- MONGE O., B. Lebrun, O. Sedan, C. Mirgon et M. Bour, XIème CPER Guadeloupe relatif à l'évaluation et à la prévention du risque sismique. Définition des séismes de scénario et résultats des simulations, BRGM/RP-50798-FR, (2001).
- Siame L. et O. Bellier, Etude quantitative de l'évolution de surfaces géomorphologiques utilisant les cosmonucléides produits in-situ : Analyse des processus tectoniques et de l'aléa sismique en France métropolitaine, Rapport final du contrat IPSN, 4060 1317, (2001).
- Souriau A., M. Sylvander, A. Rigo, J. F. Fels et S. Benahmed, Rapport sur les données sismologiques relatives à l'explosion sur le site de l'usine AZF, Toulouse, le 21 septembre 2001, rapport DRIRE, Toulouse, 6 p., (2001).

Livres

- Frechet J. et F. Thouvenot, Sismolog Windows : Logiciel de dépouillement, de cartographie et de modélisation sismique, Chrysis, ed., Poitiers, 126 p., (2001).
- Larroque C. et J. Virieux, Physique de la terre solide. observations et theories, Gordon & Breach Science publisher / société géologique de France ed., 360 p., (2001).

ANNEE 2002

Publications

- 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, *Geophys. Res. L.*, 29, 6, 151-154, (2002).
- Babuska V., J. Plomerova, L. Vecsey, M. Granet et U. Achauer, Seismic anisotropy of the French Massif Central and pre-disposition of Cenozoic rifting and volcanism by Variscan suture hidden in the mantle lithosphere, *Tectonics*, 21, 4, 10.1029/2001TC901035, (2002).
- Baize S., E. M. Cushing, F. Lemeille, T. Granier, B. Grellet, D. Carbon, P. Combes et C. Hibsich, Inventaire des indices de rupture affectant le Quaternaire en relation avec les grandes structures connues, en France métropolitaine et dans les régions limitrophes, *Mémoire H. S.*, 175, 1 pl. H.T., 142, (2002).
- Barruol G. et M. Granet, A Tertiary asthenospheric flow beneath the southern French Massif Central related to the west Mediterranean extension evidenced by upper mantle seismic anisotropy, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 202, 31-47, (2002).
- Baubron J. C., A. Rigo et J. P. Toutain, Soil gas profiles as a tool to characterise active tectonic areas : the Jaut Pass example (Pyrenees, France), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 196, 69-81, (2002).
- Bertrand E., A. Deschamps et J. Virieux, Crustal structure deduced from receiver functions single-scattering migration, *Geophys. J. Int.*, 150, 524-541, (2002).
- Cardozo G. L. et M. Granet, New insights in the tectonics of the Upper Rhine Graben - Jura region using local earthquake seismicity, *Tectonics*, 21, 4, 10.1029/2001TC901035, (2002).
- Deichmann N., M. Baer, J. Braunmiller, D. B. Dolfin, F. Bay, B. Delouis, D. Faeh, F. Bernardi, D. Giardini, U. Kradolfer, S. Huber, M. Gerstenberger, S. Maraini et R. Oprsal, Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 2001, *Eclogae geol. Helv.*, 95, 10.1029/2001JB000212, 249-261, (2002).
- Dufumier H., Synthesis of magnitude and focal mechanism computations for the $M > \text{or} = 4.5$ earthquakes in France for the period 1995-2000, *Journal of Seismology*, 6, 2, 163-181, (2002).
- Dutour A., H. Philip, E. Jaurand et P. Combes, Mise en évidence de déformations en faille inverse avec ruptures de surface cosmiques dans des dépôts colluviaux wurmiens du versant nord du mont Ventoux (Provence occidentale, France). *Comptes Rendus Geoscience*, 334, 11, 849-856, (2002).
- Gaillot P., J. Darrozes, P. Courjault-Radé et D. Amorèse, Structural analysis of hypocentral distribution of an earthquake sequence using anisotropic wavelet : method and application, *J. Geophys. Res.*, 107, 2218, (2002).
- Judenherc S., M. Granet, J. P. Brun et G. Poupinet, The hercynian collision in the Armorican Massif : evidence of different lithospheric domains inferred from seismic tomography and anisotropy, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 174, 1, 45-57, (2002).
- Judenherc S., M. Granet, J. P. Brun, G. Poupinet, A. Mocquet, J. Plomerova et U. Achauer, Images of lithospheric heterogeneities in the Armorican segment of the Hercynian Range in France, *Tectonophysics*, 358, 121-134, (2002).
- Lacassin R., R. Tapponnier, B. Meyer et R. Armijo, Réponse au commentaire de Maurice Mattauer à l'article Was the Trevasse Thrust the source of the 1909 Lambesc (Provence) earthquake ? Historical and geomorphic evidence, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 334, 515-517, (2002).
- Mattauer M., Commentaire à la publication de Robin Lacassin et al. intitulée : as the Trevasse Thrust the source of the 1909 Lambesc (Provence) earthquake ? Historical and geomorphic evidence, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 334, 513-514, (2002).
- Nicoud G., G. Royer, J.-C. Corbin, F. Lemeille et A. Paillet, Creusement et remplissage de la vallée de l'Isère au Quaternaire récent. Apports nouveaux du forage GMB1 (1999) dans la région de Grenoble (France). *Géologie de la France*, 4, 39-49, (2002).
- Nicoud G., G. Royer, J. C. Corbin, F. Lemeille et A. Paillet, Creusement et remplissage de la vallée de l'Isère au Quaternaire récent. Apports nouveaux du forage GMB1 (1999) dans la région de Grenoble (France). *Géologie de la France*, 4, 39-49, (2002).
- Semblat J.-F., A.-M. Duval et P. Dangla, Seismic site effects in a deep alluvial basin : numerical analysis by the boundary element method, *Computers and Geotechnics*, COGE 812, 29, 7, 573-585, (2002).
- Souriau A., M. Sylvander, V. Maupin, J. F. Fels et A. Rigo, Enregistrements sismologiques de l'explosion sur le site de l'usine AZF (Toulouse, France). *Compte-Rendus de l'Académie des Sciences Paris, Géosciences*, 334, 155-161, Corrigendum : *C.R. Géoscience* 335, (2003) p2475., (2002).

Thèses

- Cornou C., Traitement d'antenne et imagerie sismique dans l'agglomération grenobloise (Alpes françaises) : implications pour les effets de site, Thèse, Université Joseph-Fourier, Grenoble I, 260 p., (2002).

Rapports

- BCSF (2002) - Note préliminaire du séisme d'Aucun du 16 mai 2002.
- BCSF (2002) - Note préliminaire du séisme d'Hennebont du 30 septembre 2002.
- BCSF (2002) - Note préliminaire du séisme d'Arudy du 11 et 12 décembre 2002.
- Betbeder-Matibet J. et M. Bour, Lois d'atténuation pour les valeurs de pic de mouvement (accélération, vitesse, déplacement) et d'ordonnées spectrales, in *Cahier Technique AFPS n°23*, edited by AFPS, p. 23-56, (2002).
- BOUR M. et O. SEDAN, Note sur le positionnement de Mayotte en matière de règles parasismiques, BRGM/RP-51841-FR, (2002).
- CETE-Méditerranée, Final Report of the Instrument Workshop, 22-26 October 2001, University of Bergen, Norway, WP02, Controlled Instrumental Specifications, deliverable D01.02, 45 p., (2002).
- Champion C., M. Terrier et O. Bellier, Bilan sur les données tectoniques et sismotectoniques actuelles de la région Provence-Alpes Côte d'Azur. Etude réalisée dans cadre Service Public BRGM, 01-RIS-111, 81 p., (2002).
- Cotton F. et D. Hatzfeld, Réseau Accélérométrique Permanent, in *Cahier Technique AFPS n°23*, edited by AFPS, p. 57-69, (2002).
- Duval A.-M., D. Amitrano, M. Josselin, M. Glenet et S. Vidal, Essais d'identification de ruptures sismiques sur le glissement de la Clapière, compte rendu de recherche du CETE Méditerranée au LCPC suite collaboration avec le LAEGO, Ecole des

Mines de Nancy, fiche recherche 2-23-480, 36 p., (2002).

Duval A.-M., Y. Guglielmi et S. Vidal, Utilisation de la méthode H/V bruit de fond sur le glissement de la Clapière, compte rendu de recherche du CETE Méditerranée n°01-74-01362-02 au LCPC, fiche recherche 1-36-01-0, 32 p., (2002).

Duval A.-M., A. Milliard, C. Fleury, A. Tortet, S. Vidal, P. Munier, J.-L. Gastaud, J.-P. Méneroud et V. Rémy, Etude de la perception du séisme du 25 février 2001 à Nice; Exploitation de l'enquête lancée par voie de presse auprès de la population niçoise, rapport du CETE Méditerranée à la Direction de la Prévention des Risques du Ministère de l'Environnement, affaire n°017401274, produit LCPC : OP11M031/2002/ERA6/A2, 53 cartes en annexe, 69 p., (2002).

Duval A.-M. et S. Vidal, Diagnostic de vulnérabilité aux séismes : enregistrement de bruit de fond sismique dans les immeubles, compte rendu de mesure au LCPC n°OP11M031/2002/ERA6/D1, fiche recherche 136060, 18 p., (2002).

Gaffet S., E. Schissele et Plaut, Apport des antennes sismologiques pour l'analyse de l'influence régionale des hétérogénéités géologiques sur la propagation des ondes - Les expériences de Caille 1994, Annot 1998 et du LSBB (2001). Cahier technique AFPS-CFGI, in "Géologie et risque sismique", p. 49-57, (2002).

MARCOT N., E. BERTRAND et P. DOMINIQUE, Séisme du 16/mai/2002 à Estaing (Hautes-Pyrénées). Rapport de mission post-sismique, BRGM/RP-51679-FR, (2002).

Livres

Earthquake Microzoning, Pageoph Topical Volumes, ISBN 3-7643-6652-4, ed., C. Oliveira, A. Roca, Basel, Switzerland, 363 p., (2002).

7 - Annexes

7 - Annexes

- Annexe I : Echelle d'intensité EMS98 p.120
- Annexe II : formulaires d'enquêtes macrosismiques p.121
- Annexe III : Coordonnées des stations de surveillance sismique p.126
- Annexe IV : Contacts des réseaux sismologiques p.137
- Annexe V : glossaire des sigles p.141

Annexe I

Echelle d'intensité EMS98

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	Les monuments sont renversés. De nombreux bâtiments ordinaires s'écroulent partiellement et un petit nombre s'effondrent.
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 degrés de dommage aux constructions

(pour plus de précision et distinction entre les types de construction se reporter à l'échelle d'intensité EMS98)

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...)

Annexe II

Formulaires d'enquêtes macro-sismiques utilisés sur la période 2000-2002

Vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de 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 <input type="checkbox"/> C1 fort <input type="checkbox"/> C2	léger <input type="checkbox"/> C3 fort <input type="checkbox"/> C4	léger <input type="checkbox"/> C5 fort <input type="checkbox"/> C6	léger <input type="checkbox"/> C7 fort <input type="checkbox"/> C8	léger <input type="checkbox"/> C9 fort <input type="checkbox"/> C10	léger <input type="checkbox"/> C11 fort <input type="checkbox"/> C12
■ dommages aux parties non porteuses du bâtiment <i>(murs de remplissage, cloisons, revêtement des murs intérieurs ou extérieurs)</i>	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____
■ fissures fines ou superficielles _____	<input type="checkbox"/> C25 <input type="checkbox"/> C26	<input type="checkbox"/> C27 <input type="checkbox"/> C28	<input type="checkbox"/> C29 <input type="checkbox"/> C30	<input type="checkbox"/> C31 <input type="checkbox"/> C32	<input type="checkbox"/> C33 <input type="checkbox"/> C34	<input type="checkbox"/> C35 <input type="checkbox"/> C36
■ fissures larges et profondes _____	<input type="checkbox"/> C37 <input type="checkbox"/> C38	<input type="checkbox"/> C39 <input type="checkbox"/> C40	<input type="checkbox"/> C41 <input type="checkbox"/> C42	<input type="checkbox"/> C43 <input type="checkbox"/> C44	<input type="checkbox"/> C45 <input type="checkbox"/> C46	<input type="checkbox"/> C47 <input type="checkbox"/> C48
■ chute de petits morceaux de plâtre ou d'un élément haut mal scellé _____	<input type="checkbox"/> C49 <input type="checkbox"/> C50	<input type="checkbox"/> C51 <input type="checkbox"/> C52	<input type="checkbox"/> C53 <input type="checkbox"/> C54	<input type="checkbox"/> C55 <input type="checkbox"/> C56	<input type="checkbox"/> C57 <input type="checkbox"/> C58	<input type="checkbox"/> C59 <input type="checkbox"/> C60
■ chute de gros morceaux de plâtre ou de revêtement _____	<input type="checkbox"/> C61 <input type="checkbox"/> C62	<input type="checkbox"/> C63 <input type="checkbox"/> C64	<input type="checkbox"/> C65 <input type="checkbox"/> C66	<input type="checkbox"/> C67 <input type="checkbox"/> C68	<input type="checkbox"/> C69 <input type="checkbox"/> C70	<input type="checkbox"/> C71 <input type="checkbox"/> C72
■ écroûlement de morceaux de cloisons, murs, pignons _____	<input type="checkbox"/> C73 <input type="checkbox"/> C74	<input type="checkbox"/> C75 <input type="checkbox"/> C76	<input type="checkbox"/> C77 <input type="checkbox"/> C78	<input type="checkbox"/> C79 <input type="checkbox"/> C80	<input type="checkbox"/> C81 <input type="checkbox"/> C82	<input type="checkbox"/> C83 <input type="checkbox"/> C84
■ dommages à la structure du bâtiment <i>(poutres, poteaux, murs porteurs, panneaux et dalles armées, etc.)</i>	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____
■ fissures fines ou superficielles _____	<input type="checkbox"/> C97 <input type="checkbox"/> C98	<input type="checkbox"/> C99 <input type="checkbox"/> C100	<input type="checkbox"/> C101 <input type="checkbox"/> C102	<input type="checkbox"/> C103 <input type="checkbox"/> C104	<input type="checkbox"/> C105 <input type="checkbox"/> C106	<input type="checkbox"/> C107 <input type="checkbox"/> C108
■ fissures larges et profondes _____	<input type="checkbox"/> C109 <input type="checkbox"/> C110	<input type="checkbox"/> C111 <input type="checkbox"/> C112	<input type="checkbox"/> C113 <input type="checkbox"/> C114	<input type="checkbox"/> C115 <input type="checkbox"/> C116	<input type="checkbox"/> C117 <input type="checkbox"/> C118	<input type="checkbox"/> C119 <input type="checkbox"/> C120
■ fissures aux joints de poutres, poteaux, angles de murs _____	<input type="checkbox"/> C121 <input type="checkbox"/> C122	<input type="checkbox"/> C123 <input type="checkbox"/> C124	<input type="checkbox"/> C125 <input type="checkbox"/> C126	<input type="checkbox"/> C127 <input type="checkbox"/> C128	<input type="checkbox"/> C129 <input type="checkbox"/> C130	<input type="checkbox"/> C131 <input type="checkbox"/> C132
■ chute de mortier aux joints de murs ou dalles armées _____	<input type="checkbox"/> C133 <input type="checkbox"/> C134	<input type="checkbox"/> C135 <input type="checkbox"/> C136	<input type="checkbox"/> C137 <input type="checkbox"/> C138	<input type="checkbox"/> C139 <input type="checkbox"/> C140	<input type="checkbox"/> C141 <input type="checkbox"/> C142	<input type="checkbox"/> C143 <input type="checkbox"/> C144
■ flambage, torsion de poteaux _____	<input type="checkbox"/> C145 <input type="checkbox"/> C146	<input type="checkbox"/> C147 <input type="checkbox"/> C148	<input type="checkbox"/> C149 <input type="checkbox"/> C150			
■ effondrement partiel de toits et planchers d'un étage _____	<input type="checkbox"/> C161 <input type="checkbox"/> C162	<input type="checkbox"/> C163 <input type="checkbox"/> C164	<input type="checkbox"/> C165 <input type="checkbox"/> C166	<input type="checkbox"/> C167 <input type="checkbox"/> C168	<input type="checkbox"/> C169 <input type="checkbox"/> C170	<input type="checkbox"/> C171 <input type="checkbox"/> C172
■ effondrement quasi total des structures _____	<input type="checkbox"/> C173 <input type="checkbox"/> C174	<input type="checkbox"/> C175 <input type="checkbox"/> C176	<input type="checkbox"/> C177 <input type="checkbox"/> C178	<input type="checkbox"/> C179 <input type="checkbox"/> C180	<input type="checkbox"/> C181 <input type="checkbox"/> C182	<input type="checkbox"/> C183 <input type="checkbox"/> C184
■ autres dommages	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____
Cheminiées	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____
■ chute de couronne ou de partie de cheminée _____	<input type="checkbox"/> C197 <input type="checkbox"/> C198	<input type="checkbox"/> C199 <input type="checkbox"/> C200	<input type="checkbox"/> C201 <input type="checkbox"/> C202	<input type="checkbox"/> C203 <input type="checkbox"/> C204	<input type="checkbox"/> C205 <input type="checkbox"/> C206	<input type="checkbox"/> C207 <input type="checkbox"/> C208
■ chute de cheminée (cassée au ras du toit) _____	<input type="checkbox"/> C209 <input type="checkbox"/> C210	<input type="checkbox"/> C211 <input type="checkbox"/> C212	<input type="checkbox"/> C213 <input type="checkbox"/> C214	<input type="checkbox"/> C215 <input type="checkbox"/> C216	<input type="checkbox"/> C217 <input type="checkbox"/> C218	<input type="checkbox"/> C219 <input type="checkbox"/> C220
Toitures	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____	en petit nombre _____ en grand nombre _____
■ chute de tuiles, d'ardoises _____	<input type="checkbox"/> C221 <input type="checkbox"/> C222	<input type="checkbox"/> C223 <input type="checkbox"/> C224	<input type="checkbox"/> C225 <input type="checkbox"/> C226	<input type="checkbox"/> C227 <input type="checkbox"/> C228	<input type="checkbox"/> C229 <input type="checkbox"/> C230	<input type="checkbox"/> C231 <input type="checkbox"/> C232
■ effondrement _____	partiel <input type="checkbox"/> C233 total <input type="checkbox"/> C234	partiel <input type="checkbox"/> C235 total <input type="checkbox"/> C236	partiel <input type="checkbox"/> C237 total <input type="checkbox"/> C238	partiel <input type="checkbox"/> C239 total <input type="checkbox"/> C240	partiel <input type="checkbox"/> C241 total <input type="checkbox"/> C242	partiel <input type="checkbox"/> C243 total <input type="checkbox"/> C244

utilisez si nécessaire une page complémentaire pour noter les observations

(glissements de terrain, chute de rocher, crevasse dans le sol, débit de sources, niveau des sources, niveau des puits, phénomène lumineux, autre secousse ressentie (date et heure)) ...

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)

IC1



**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

■ 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

■ effondrement de morceaux de cloisons, murs, pignons

IC9

dommages à la structure du bâtiment

(poutres, poteaux, murs porteurs, panneaux 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

■ effondrement

partiel total

IC23

Notez les autres observations, utilisez si nécessaire une page complémentaire

IP18

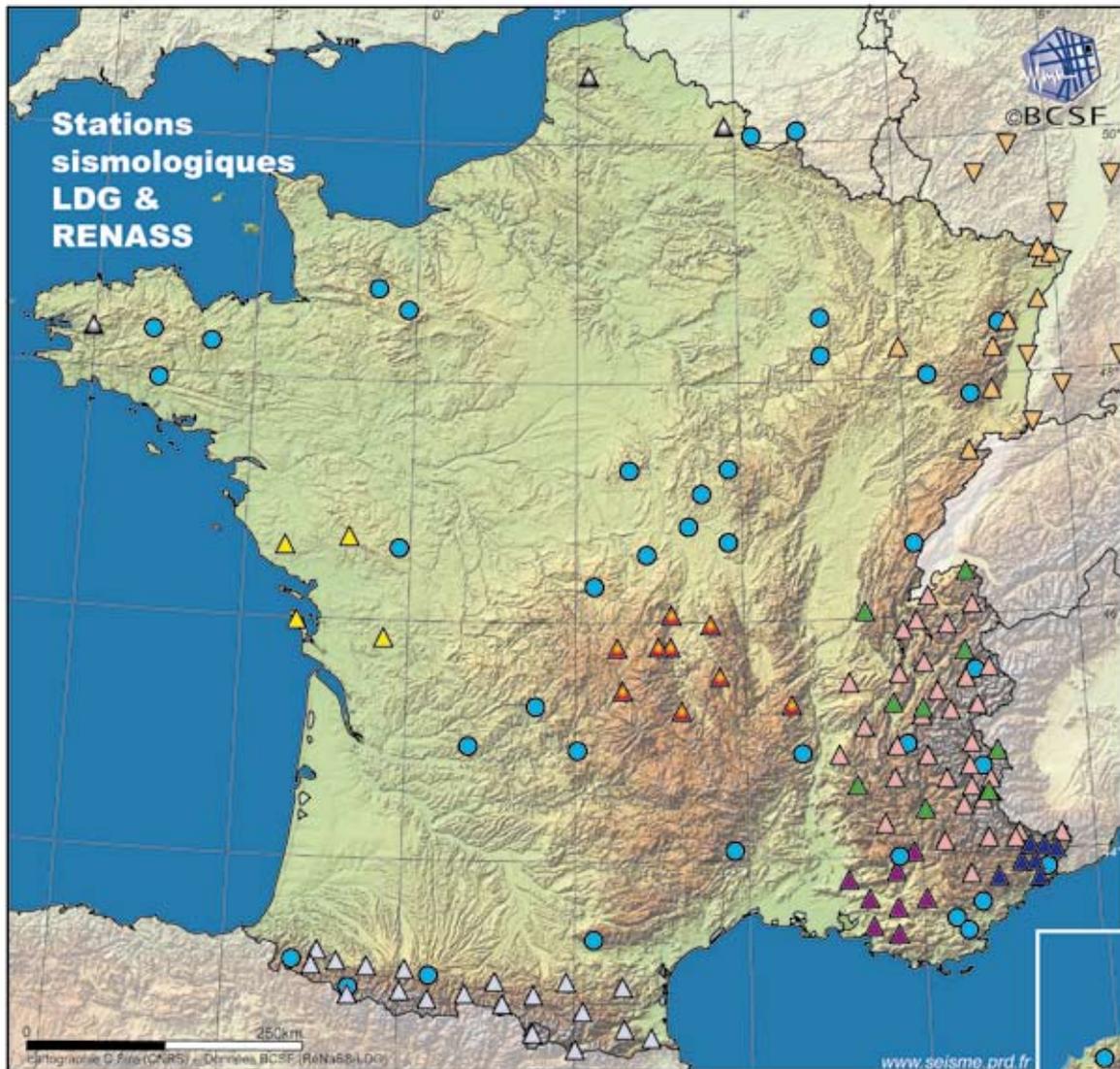
(glissements de terrain, chute de rocher, crevasse dans le sol, débit des sources, niveau des sources, niveaux des puits, phénomènes lumineux, autres secousses ressenties (date et heure) ...)

Annexe III

Coordonnées des stations de surveillance sismique en France métropolitaine

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 FORET 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	LORGUES	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	SEXFONTAINE	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



● Station du LDG (Laboratoire de géophysique du CEA)

Stations du RéNaSS (Réseau national de surveillance sismique)

- | | | | |
|-----------------------|---|------------|------------------|
| ▲ Alpes | ▲ Fossé Rhénan | ▲ Provence | ▲ station isolée |
| ▲ Auvergne | ▼ Fossé Rhénan (station étrangère associée) | ▲ Pyrénées | |
| ▲ Arrière Pays-Niçois | ▲ Poitou Charente | ▲ Sismalp | |



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	TREVARESSE	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
DOMF	DOMPIERRE-sur-HELP	Station isolée	50,1289	3,8611	145
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
CFE	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)
AURF	AURIERE	ARRIERE PAYS N.	43,8874	7,3275	1040
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-SEDZLED	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	SAIN'THIBAUD-DE-COUZ	SISMALP	45,5124	5,8363	630
OG10	SAIN'T-ETIENNE-DE-CUINES	SISMALP	45,3522	6,2758	1035
OG11	MONTAGNY	SISMALP	45,4527	6,6095	1120
OG12	VILLAROGER	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	SAIN'T-JULIEN-EN-BEAUCHENE	SISMALP	44,6304	5,7260	1035
OG20	REALLON	SISMALP	44,6134	6,3312	1570
OG21	SAIN'T-CREPIN	SISMALP	44,7156	6,6185	1395
OG23	TENDE	SISMALP	44,1162	7,6185	930
OG24	AUSSOIS	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
FDAF	LES FORGES D'ABEL	PYRENEES	42,8189	-0,5672	1230
FILF	FILLOLS	PYRENEES	42,5604	2,5603	850
GRBF	GOURBIT	PYRENEES	42,8414	1,5367	878
LABF	LABASSERE	PYRENEES	43,0476	0,0737	750
LARF	LARRAU	PYRENEES	43,0380	-0,9875	670
LEPF	Le PEYRAT	PYRENEES	42,9485	1,9077	470
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
MTHF	MOUTHOMET	PYRENEES	42,9387	2,5338	620
ORDF	ORDIAP	PYRENEES	43,2135	-0,9357	270
OSSF	OSSES	PYRENEES	43,2561	-1,2618	240
PAND	PRINC.-D'ANDORRE	PYRENEES	42,5226	1,5467	1857
RESF	ENS	PYRENEES	42,8077	0,3385	1270
REYF	REY	PYRENEES	43,0697	-0,3925	1000
SAJF	St-JEAN L'ALBERE	PYRENEES	42,4845	2,8822	450
SALF	SALAU	PYRENEES	42,7600	1,1893	900
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)

Le réseau sismologique de Lacq est un réseau permanent composé de 7 stations (juin 2006) installées depuis novembre 2001, piloté par le laboratoire de modélisation et d'imagerie géophysique de Pau (MGIP, 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 accessibles au MGIP ou via le RéNaSS.

Stations sismologiques

Code	Latitude (dégrés min.)	Longitude (dégrés min.)	Altitude (mètres)
ARG	43N27.16'	0W39.54'	145
PAR	43N20.38'	0W33.30'	123
URD	43N26.18'	0W35.35'	117
LAB	43N24.02'	0W31.32'	240
OSM	43N23.40'	0W37.52'	099
UZA	43N28.15'	0W29.80'	117

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 catherine.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

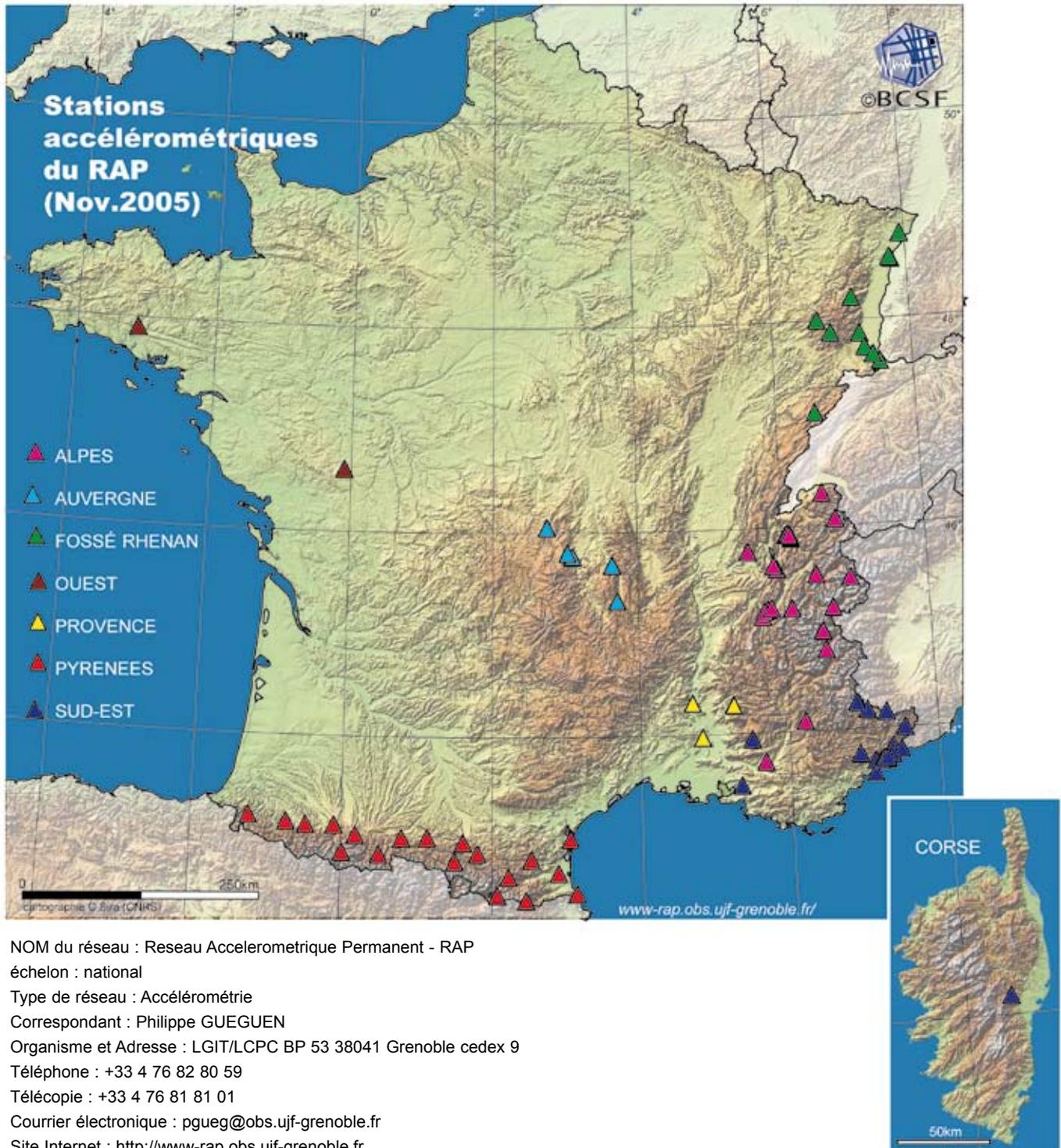
Réseau de Soultz-sous-Forêt - EOST

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	FOSE-RHENAN	sol	47,8600	7,2600	240	IPGS
STBR	Brunstatt	FOSE-RHENAN	sol	47,7300	7,3200	250	IPGS
STST	Strasbourg - grand pilier IPGS	FOSE-RHENAN	sol	48,5800	7,7700	135	IPGS
STFL	Fournets-Luisans	FOSE-RHENAN	sol	47,1120	6,5620	910	IPGS
STHE	Hésingue	FOSE-RHENAN	sol	47,5800	7,5400	275	IPGS
STSM	Rauenthal (Echery)	FOSE-RHENAN	Rocher	48,2200	7,1600	580	IPGS
STSF	Soufflenheim	FOSE-RHENAN	sol	48,8100	7,9200	125	IPGS
STBU	Bussang	FOSE-RHENAN	sol	47,8850	6,8510	610	IPGS
STMU	Strasbourg-Musee	FOSE-RHENAN	sol	48,5840	7,7650	135	IPGS
STDM	Dommartin-lés-Remiremont	FOSE-RHENAN	sol	48,0000	6,6440	400	IPGS
STUF	Uffheim	FOSE-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 IV - 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 : 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 : 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 : sismalp.obs.ujf-grenoble.f

ReNaSS Aix (CP) & ReNaSS 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 Sultz-sous-Forêt

Echelon : local

Réseau : Sultz-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 V

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
EMS98 :	Européen Macrosismic Scale 1998 (échelle d'intensité macrosismique)
EOST :	Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
ETH Zurich :	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
ICC :	Institut cartogràfic de Catalunya, Barcelone
IGN :	Instituto Geografico Nacional de Madrid
IGN :	Institut Géographique National (France)
IRSN :	Institut de Radioprotection et de Sûreté 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
MEDD :	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MEDNET :	Mediterranean Network, Italie
MSK64 :	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 :	Swiss Earthquake Data centre,
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 2006

 - **Bureau central sismologique français**

 - **Directeur de publication** : Michel Cara,
Directeur de l'EOST et du BCSF

 - **Rédaction et conception** :
Sismotectonique : Antoine Schlupp - EOST
Macrosismique : Christophe Sira - CNRS

 - **Mise en page et illustrations** : Christophe Sira

 - **Crédit photos** : BCSF, BRGM

 - **Compilation des données instrumentales
sur CD-ROM** : Armelle Bernard - CNRS

 - **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 et conseils, Pierre Arroucau, Françoise Courboulex, Jacques Déverchère, Mathieu Ferry, Julien Frechet, Michel Granet, Henri Haessler, Pho Hoang Trong, Christophe Larroque, Christiane Nicoli, Alexis Rigo, Monique Rivot, Marc Schaming, Annie Souriau, Jérôme Van der Woerd.

 - La compilation des données instrumentales et les déterminations hypocentrales ont été réalisées par Christiane Nicoli et Christophe de Peretti EOST- RéNaSS.





BCSF

**Bureau Central
Sismologique
Français**

Ecole et Observatoire
des Sciences de la Terre

5, rue René Descartes - 67084 Strasbourg cedex
Site internet : www.franceseisme.fr

