



**HAL**  
open science

## Forewords Risque sismique dans les zones à sismicité modérée : de l'aléa à la vulnérabilité

Olivier Bellier

► **To cite this version:**

Olivier Bellier. Forewords Risque sismique dans les zones à sismicité modérée : de l'aléa à la vulnérabilité. Bulletin de la Société Géologique de France, 2011, 182 (4). hal-01258634

**HAL Id: hal-01258634**

**<https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-01258634>**

Submitted on 19 Jan 2016

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

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

## Forewords

### Risque sismique dans les zones à sismicité modérée : de l'aléa à la vulnérabilité

OLIVIER BELLIER

#### INTRODUCTION

Dans le cadre des manifestations en commémoration du séisme de Provence du 11 juin 1909 (cf. <http://www.seisme-1909-provence.fr>), un colloque international intitulé « Provence 2009 » et organisé du 6 au 8 juillet à Aix en Provence, rassembla des experts internationaux pour échanger autour de la gestion du risque sismique en zone à sismicité modérée à l'échelle locale, nationale et internationale.

Le séisme de Provence (ou de « Lambesc ») du 11 juin 1909 est l'événement instrumental le plus important de l'histoire de France. C'est le dernier séisme destructeur de Provence mais c'est aussi le séisme le plus catastrophique qu'ait connu la France métropolitaine durant le dernier siècle, et l'un des plus importants des deux derniers millénaires. Il a causé la mort de 46 personnes, détruit ou endommagé plusieurs villages dont Rognes, Saint-Cannat, Lambesc, Vernègues et Pelissanne ainsi que plusieurs quartiers de Salon de Provence. Bien que ce séisme reste très présent dans la mémoire des provençaux, 100 ans après son occurrence : ruines, bâtiments endommagés, archives familiales ou collections de cartes postales témoignent encore de cet événement, la date anniversaire du séisme de Provence est apparu comme l'occasion de communiquer fortement sur le risque sismique et sur la manière de l'appréhender ; le risque sismique reste une des catastrophes naturelles les plus destructrices au monde et un des risques majeurs en France.

#### **PACA : une région à sismicité modérée mais une des plus importante du territoire en terme d'aléa sismique**

Même si à l'échelle mondiale, la région PACA est caractérisée par un aléa sismique modéré, elle n'en demeure pas moins, à l'échelle nationale, l'une des régions les plus concernées par le risque sismique. Comme en témoigne son histoire, sa sismicité historique y est une des plus importantes du territoire métropolitain, avec depuis le XV<sup>ème</sup> siècle plusieurs séismes d'intensité égale ou supérieure à VIII (Lambesc en 1909, région de Manosque en 1509 et 1708, région de Nice en 1494, 1618, 1644, 1854, etc.), impliquant l'existence de failles actives ayant un potentiel sismogénique élevé (jusqu'à des magnitudes de 6,5). La densité de population y est localement très importante (métropoles aixoise, niçoise et marseillaise). Si l'intensité des séismes historiques est relativement élevée en PACA et en particuliers dans les Bouches-du-Rhône (intensité maximale de VII à IX et périodicité séculaire), elle ne subit qu'une faible microsismicité. L'origine et les caractéristiques de cette sis-

micité et la prise en compte de ce risque étaient, jusqu'à peu, mal connues. Pourquoi et comment des séismes d'intensités importantes se produisent-ils dans cette zone alors que la déformation aux limites est très faible ? Quelles sont les sources principales des futurs séismes ? Et comment appréhender le risque sismique dans des régions à aléa modéré ?

#### **Aléa sismique en région à sismicité modérée**

Les dernières recherches engagées ces dernières années par différents organismes ont contribué à répondre à certaines de ces questions – au moins partiellement – par une meilleure compréhension du comportement sismogénique des failles en domaine à sismicité modéré, notamment par l'utilisation de démarche consistant à croiser les approches géologiques et géophysiques.

Il était indispensable que ces dernières avancées soient largement discutées dans le cadre d'un colloque scientifique, d'une part pour que les différents organismes de recherche concernés « entérinent » les progrès réalisés, mais également et surtout pour que ces derniers soient valorisés dans l'ensemble des disciplines liées au risque sismique (mise en commun des compétences couvrant des domaines aussi variés que l'aléa sismique – tectonique, sismologie, géodésie... –, la vulnérabilité et le génie parasismique – ingénieurs, architectes, juristes, économistes, historiens et archéologues...). Au cours de ce congrès les compétences multidisciplinaires et l'intérêt thématique ont été réunis pour permettre une avancée significative aussi bien dans le développement des méthodes d'analyse que pour la connaissance des objets étudiés et des comportements en cas de crise.

Une meilleure compréhension des caractéristiques de la déformation active, du comportement sismogénique et de la prise en compte du risque dans les régions à sismicité modérée s'avérait nécessaire. La problématique de ce Congrès était donc tout à fait d'actualité, tant sur la maîtrise du risque « normal » (mise à jour de la réglementation parasismique, pression immobilière...) que du risque « spécial », essentiellement lié aux activités industrielles (pétrochimie, grands ouvrages hydrauliques, nucléaire, ITER...).

**Le 11 juin 1909, le séisme de Provence tua 46 personnes, un des plus catastrophique qu'ait connu la France durant les derniers siècles. Le 6 avril 2009 le séisme de L'Aquila en Italie produisit 295 morts. Jamais un congrès scientifique n'avait revêtu une telle actualité. Ce congrès a réuni 165 participants, représentant 13 pays différents. 130 communications ont été présentées dont 60 %**

concernent l'aléa, 30 % la vulnérabilité et 10 % les sciences humaines et sociales.

**Le titre de ce congrès résume bien sa finalité. Il s'intitule « Risque sismique dans les zones à sismicité modérée : de l'aléa à la vulnérabilité – Qu'a-t-on appris depuis un siècle ? »**

Les différentes sessions de cette conférence ont été organisées autour des six thématiques suivantes :

- géodynamique de la Méditerranée occidentale
- tremblements de terre et aléa sismique
- vulnérabilité des territoires et des constructions dans le contexte méditerranéen
- observations et instrumentations : les nouveaux défis
- traitement des incertitudes : état de l'art et retour d'expérience
- aspects sociétaux et économiques

**Quels acquis ? Qu'a-t-on appris depuis un siècle ?** Ce sont les deux questions qui ont constituées le cœur des présentations et des discussions du colloque que nous allons synthétiser par la suite (tous les résumés sont disponibles sur le site web du congrès : <http://provence2009.eccorev.fr>).

### Aléa et prévision

On sait aujourd'hui ce qu'est un séisme : c'est une rupture et un glissement soudain le long d'une faille affectant la croûte terrestre en réaction à des contraintes tectoniques accumulées au cours du temps. Nous avons pu voir durant le colloque l'apport important de la surveillance géologique et géophysique, et plus particulièrement de l'instrumentation sismologique. On ne connaît pas encore parfaitement, « mais pas mal quand même », les phénomènes qui contrôlent les caractéristiques des mouvements sismiques et leurs effets sur le sol (accélération, liquéfaction...). La encore l'instrumentation, permanente et temporaire, a permis de nettement progresser mais la simulations numérique, ou modélisation, nous a permis une meilleure compréhension des phénomènes. Tous les scientifiques (géologues, sismologues et géophysiciens...) s'accordent pour dire que le séisme correspond à un phénomène complexe caractérisé par une grande variabilité. Il en résulte qu'il est actuellement impossible de prévoir de manière fiable l'occurrence des séismes sur une échelle de temps courte (quelques heures à quelques jours). Cette lacune concernant la prévision scientifique à court terme a été très largement illustrée par la polémique qui suivie le séisme de l'Aquila. En effet, la prévision des mouvements est entachée d'une grande incertitude, due notamment à un manque de connaissances. Cette « méconnaissance » épistémologique diminue et se réduira à terme mais la variabilité intrinsèque et aléatoire du phénomène « séisme » est-elle incompressible, il faut donc « faire avec » !

En ce qui concerne la prévision, quelques notes d'optimisme : on a identifié et répertorié des phénomènes physico-chimiques qui semblent précurseurs, c'est-à-dire qui précèdent certains séismes. La difficulté réside dans le fait qu'on ne connaît pas les mécanismes qui sont à l'origine des précurseurs. D'autre part, la source d'un séisme (i.e., l'initiation de la rupture) est générée sur une surface de faille restreinte de quelques dizaines voire centaines de mètres carré et en profondeur, alors que la surface de faille sur

laquelle se propage la rupture et le glissement lors du séisme, est-elle bien connue mais elle est très étendue et peut faire 100, 1000 voire 10 000 km<sup>2</sup>...

Pour les failles les plus actives et les mieux connues nous avons, à ce jour de bonnes informations « déterministes » sur les séismes les plus gros et donc les plus pénalisants du passé qui permettent une prévision long terme fiable (magnitudes maximales des séismes et leur récurrence, c'est-à-dire le temps de retour de ces séismes maximums du passé et du futur) mais avec une large incertitude. Cette incertitude sur l'aléa déterministe nous conduit à avoir une approche statistique de l'aléa que l'on appelle « probabiliste », cette approche est de plus en plus développée et elle est bien sûr d'un grand intérêt.

Les présentations de ce colloque ont montré qu'on connaissait de manière assez fiable le cadre géodynamique global et régional de nos séismes, c'est-à-dire le moteur à l'échelle de la tectonique des plaques, de la formation des chaînes de montagne, de l'évolution des failles régionales, même s'il existe quelques controverses scientifiques dans le détail. On a appris à mieux identifier les grandes zones (failles) où peuvent se produire des séismes importants. On a vu que la géologie des séismes, la paléosismologie, s'est beaucoup développée et a permis d'améliorer la connaissance des séismes majeurs très anciens (d'il y a 10 000 ans voire plus de 100 000 ans). La compilation des archives historiques (sismicité historique) et archéologiques (archéosismicité) a également permis une amélioration de cette connaissance dans un passé plus proche (échelle humaine). Le développement des réseaux de surveillance et des techniques géophysiques nous permet de mieux connaître les structures du sous-sol proche et profond et leur comportement, mais on ne se donne pas toujours les moyens de les utiliser...

Pour résumer : certains précurseurs sont identifiés mais leurs relations avec le phénomène sismique ne sont pas encore connues, les lieux où les séismes sont susceptibles de se produire sont connus, la prévision statistique des séismes attendus à long terme est réalisée, en revanche la prévision des caractéristiques des vibrations est liée à des méthodes empiriques qui restent encore à améliorer.

La fiabilité des modèles de propagation des ondes sismiques est liée à la nécessité d'une bonne connaissance de la structure du sous-sol, qui elle est généralement non disponible. En conclusion, on sait donc très bien faire l'autopsie d'un séisme passé et comprendre ce qui s'est passé, mais on ne sait pas encore dire ce qui va se passer, même si on commence à avoir des idées assez précises de ce qui peut se passer : approches déterministe versus probabiliste.

### Prévention et vulnérabilités

En l'absence de technique de prévision fiable, la prévention reste sans conteste le seul moyen de minimiser les risques de destruction matériel et de perte en vie humaine. Sans prévention adéquate, un séisme comme celui de Lambesc produirait aujourd'hui de nombreuses victimes, quelques centaines de morts, des milliers de blessés, et des destructions sans précédent en France, pouvant s'estimer en millions voire milliards d'euros de dégâts, d'après une étude menée par le Ministère de l'Environnement. En l'absence d'une prévision fiable, il convient donc d'améliorer la prévention en diminuant la vulnérabilité...

Là où la Terre a tremblé, elle tremblera de nouveau. Cette loi naturelle permet une première étape vers la prévention. En effet, elle permet d'établir des cartes de zones potentiellement sismiques. Et par conséquent, à défaut de prévoir « quand » elle re-tremblera, nous pouvons définir « où » elle re-tremblera... L'évaluation de l'aléa sismique reposera donc, entre autre, sur l'identification et la localisation des séismes du passé, comme du présent et donc des failles qui les générèrent.

Ensuite, la prévention sismique consiste à établir un ensemble de mesures qui visent à réduire l'impact d'un séisme sur les populations, les constructions et l'activité économique. Ces mesures préventives ont pour objet de diminuer la vulnérabilité en deux étapes : 1- en informant de l'existence du risque et du comportement à avoir en cas de crise (séisme) ; 2- en construisant de manière adéquate des bâtiments résistants à l'agression des séismes possibles (construction parasismique/ vulnérabilité physique).

### ***Vulnérabilité physique***

En ce qui concerne la vulnérabilité physique, le retour d'expérience de toutes les catastrophes a permis de beaucoup faire progresser la connaissance sur la « pathologie sismique », d'identifier les bonnes dispositions constructives et les très mauvaises, et « in fine » d'édicter des règles parasismiques, qui sont efficaces quand elles sont respectées. D'autre part, de grands équipements expérimentaux (table vibrante, mur de réaction, centrifugeuse) ont permis de beaucoup progresser sur le comportement mécanique des bâtiments et des équipements. Ils sont efficacement utilisés pour qualifier et dimensionner tous les modèles utilisés en ingénierie parasismique.

Il reste cependant beaucoup de zones d'ombre :

- comment dimensionner les ouvrages géotechniques ?
- comment évaluer puis diminuer la vulnérabilité des bâtiments existants ? (méthodes de diagnostic et de renforcement)
- comment appréhender avec certitude (et en tenant compte des incertitudes !) la vulnérabilité des industries à risque spécial (nucléaire, seveso...) ?
- comment tenir compte du vieillissement des matériaux nouveaux utilisés en construction parasismique ? (pâtins isolateurs, corrosion des armatures, renforcement des sols,...)

À cela s'ajoute une perte de qualité notable dans la construction courante. En effet, nous avons presque volontairement « désappris » à cause des modifications dans les procédés de construction, la complexification des marchés et la sous-traitance... D'autre part, les pressions foncières conduisant à urbaniser des zones à sols médiocres tend à augmenter la vulnérabilité face au séisme.

### ***Vulnérabilité socio-économique et gestion de l'événement***

*Aspect économique.* Les connaissances scientifiques sur les phénomènes provoquant des catastrophes permettent d'élaborer des mesures (ouvrages, politiques) de prévention. Ces mesures nécessitent des coûts d'investissement qu'il s'agit de mettre en balance avec les dommages évités (dommages incluant des éléments non marchands et donc difficilement « monétarisables ») et/ou les compensations à prévoir. Les connaissances scientifiques sur les sociétés humaines ont

permis de développer des théories et des méthodes de gestion de ces risques monétaires, elles permettent aussi d'évaluer en termes monétaires des risques qui ne le sont pas. Enfin, elles offrent différentes possibilités de gérer ces risques en y intégrant les mesures de prévention qui les réduisent, ou des mesures de précaution en cas d'incertitude scientifique sur les phénomènes et sur les sociétés.

*Aspect sociologique.* Les études menées en psychologie sociale ont montré par voie expérimentale pourquoi il est essentiel de situer l'analyse de la pensée sociale en matière de risque sismique à l'articulation de l'individuel et du collectif. Dans cette analyse, les pratiques des individus et des facteurs psychosociaux tels que leur sociabilité et leur implication personnelle sont particulièrement utiles pour l'étude des représentations sociales et des conduites liées au risque sismique.

Ces études ont montré avant tout la nature normative des représentations sociales du risque sismique, qui estompe leur composante fonctionnelle. Ce résultat explique l'efficacité réduite de ces représentations dans la prescription des conduites collectives liées au risque sismique (par exemple, le faible engagement dans la prévention collective, dans les travaux de renforcement parasismique des immeubles, etc.). Nous avons également constaté que les effets de l'implication personnelle sur la structure de la représentation sociale étaient conditionnés par l'existence des pratiques relatives au risque. Ce résultat suggère une réponse pratique à la question de la prévention collective du risque sismique. On sait qu'une représentation sociale plus structurée, plus organisée, permet « de reconnaître et d'utiliser une information plus diversifiée, de prendre en compte un plus grand nombre de situations et de problèmes nouveaux » et on peut penser qu'elle augmente sa capacité à guider les conduites. Ainsi, selon ce résultat, une stratégie visant à encourager la prévention collective du risque sismique est peu efficace si elle vise seulement à augmenter l'implication personnelle des individus par rapport au risque (augmenter leur intérêt, leur appréhension, insister sur la gravité des conséquences du risque, etc.). On peut penser qu'elle sera plus efficace si elle vise à impliquer les individus après s'être assuré qu'ils possèdent un niveau suffisant de pratique, soit par l'expérience vécue du séisme, soit, plutôt, par des exercices de simulation et des formations pratiques. Les études montrent que c'est sous ces conditions conjuguées que la représentation sociale du risque sismique renforce sa visée pratique et sa capacité à guider les conduites collectives.

Aujourd'hui, nous avons les « outils » et une connaissance suffisante de « l'événement sismique », pour faire des scénarios d'événement plausibles afin de réaliser des exercices. Un constat important : il est absolument nécessaire après un événement de pouvoir évaluer très rapidement les dommages à l'échelle de la zone affectée ainsi qu'au niveau d'un ou de plusieurs bâtiments.

En conclusion, on sait construire parasismique mais on ne s'en donne pas forcément les moyens, notamment en ce qui concerne l'application de la réglementation. Des besoins de connaissance et surtout de pluridisciplinarité ont été identifiés dans les domaines suivants : l'information et la formation, la prise en compte des paramètres psychologiques, les « outils » socio-économiques ainsi que l'implication des assurances.

Des perspectives et améliorations sont à envisager en ce qui concerne l'instrumentation (ouvrages/bâtiments), la doctrine d'amélioration de l'existant, la gestion de crise...

**TABLE RONDE DE "PROVENCE 2009 – « APPORTS DE LA RECHERCHE A LA SOCIÉTÉ CIVILE : QUELS ACQUIS, QUELLES DEMANDES, QUELLES PERSPECTIVES ? »**

La dernière demi-journée du colloque « Provence 2009 », a été consacrée à une table ronde intitulée « Gestion du risque sismique : apports de la recherche à la société civile, quels acquis, quelles demandes, quelles perspectives ? » correspondant à une séance de discussions et d'échanges sur les apports de la recherche en termes de réponses opérationnelles pour la gestion du risque sismique au quotidien. Cette table ronde a réuni hormis des scientifiques présents au Colloque, des acteurs de la prévention du risque et de la société civile (des élus, des industriels, des représentants de l'Etat, des experts, des constructeurs, des assureurs et des enseignants). Elle a permis d'aborder des thèmes variés tels que la connaissance du phénomène sismique, la culture du risque, la construction parasismique, la vulnérabilité du bâti ancien, la préparation à une crise sismique,... Pour chaque point, les dimensions techniques, politiques, sociales et économiques ont été discutées. Des personnalités régionales ou nationales, telles que Christian Kert, Député des Bouches-du-Rhône, Hubert Seillan, rédacteur en chef de la

revue Préventive Sécurité Magazine, et Philippe Bish, Président de l'Association française de génie parasismique (AFPS), ont présidés ou conduit les discussions. Au-delà des discussions engagées au sein de la table ronde, des échanges avec la salle, composée également de personnes civiles et de représentants d'associations, ont permis d'enrichir les débats et d'apporter des éclairages différents en fonction des expériences et des compétences de chacun.

Parmi les thèmes abordés nous pouvons mentionner\* : Grands barrages et risque sismique, Risques industriels (seveso, nucléaire...) et séismes, l'Information et sensibilisation des citoyens, la Réglementation (mise en œuvre et application), le Plan Séisme (Plan interministériel, mis en œuvre entre 2005 et 2010 par le ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer – MEEDDM), afin de réduire la vulnérabilité des personnes au risque sismique et d'accompagner la nouvelle réglementation), La Société civile face aux séismes, l'Enseignement scolaire et le risque sismique, le Génie parasismique, la Gestion de crise...

Cette table ronde avait in fine pour objet d'établir une formulation des besoins de la société civile dans le domaine de la recherche. Cette analyse s'est faite après une présentation synthétique de l'état de l'art de la recherche réalisée à travers les présentations faites au cours du congrès.

**En introduction à la Table Ronde une synthèse des résultats du colloque a été présentée par P.-Y. Bard, il a ouvert, très justement, son intervention par ces mots : « Qu'avons-nous appris depuis 1909 ? : L'humilité... ».**

Ce compte-rendu a été réalisé avec le concours de : Pierre-Yves Bard (ISTerre, Université Joseph Fourier) ; Fabrice Hollender (CEA, Cadarache) ; Ghislaine Vherriest (ASN, Autorité de Sureté Nucléaire) ; Claire Arnal (DREAL-Paca) ; Robert Kast (LAMETA- CNRS-INRA, Montpellier) ; Andreea Ernst-Vintila (CNRS UMR 6012, Aix-Marseille Université).

\* Un recueil des conclusions de cette table ronde est disponible sur le site « Provence 2009 » : <http://provence2009.eccorev.fr>.



# International Conference: PROVENCE' 2009



## Seismic risk in moderate seismicity area: from hazard to vulnerability.

*"What did we learn since the 1909 Provence (Lambesc) Earthquake?"*

### Aix en Provence (France) July 6-8, 2009

UNIVERSITÉ PAUL-CÉZANNE - Campus Montperrin  
6, avenue du Pignonnet - 13100 Aix-en-Provence

The 11 June 1909, Provence (Lambesc) earthquake is the strongest instrumental seismic event recorded in French history. It destroyed several villages between Aix-en-Provence and Salon-de-Provence and caused 46 deaths, a rather high death toll for such a sparsely populated region at this time.

The 100<sup>th</sup> anniversary of this dramatic, though rare, event provides the opportunity to organize a conference on the "seismic risk assessment in regions of moderate seismicity".



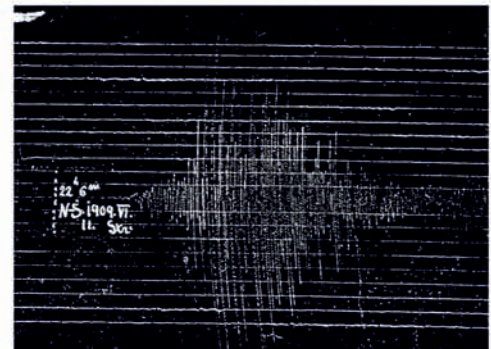
#### SCIENTIFIC COMMITTEE

##### Co-chairs:

- Pierre-Yves Bard *LGIT, Grenoble*
- Olivier Bellier *CEREGE, Aix-en-Provence*
- Fabrice Hollender *CEA, St-Paul lez Durance*
- Hormoz Modaressi *BRGM, Orléans*

##### President:

- Xavier Le Pichon, Collège de France,  
Institut de France - Académie des sciences



[www.provence2009.org](http://www.provence2009.org)

Contact & information:  
[contact@provence2009.org](mailto:contact@provence2009.org)

