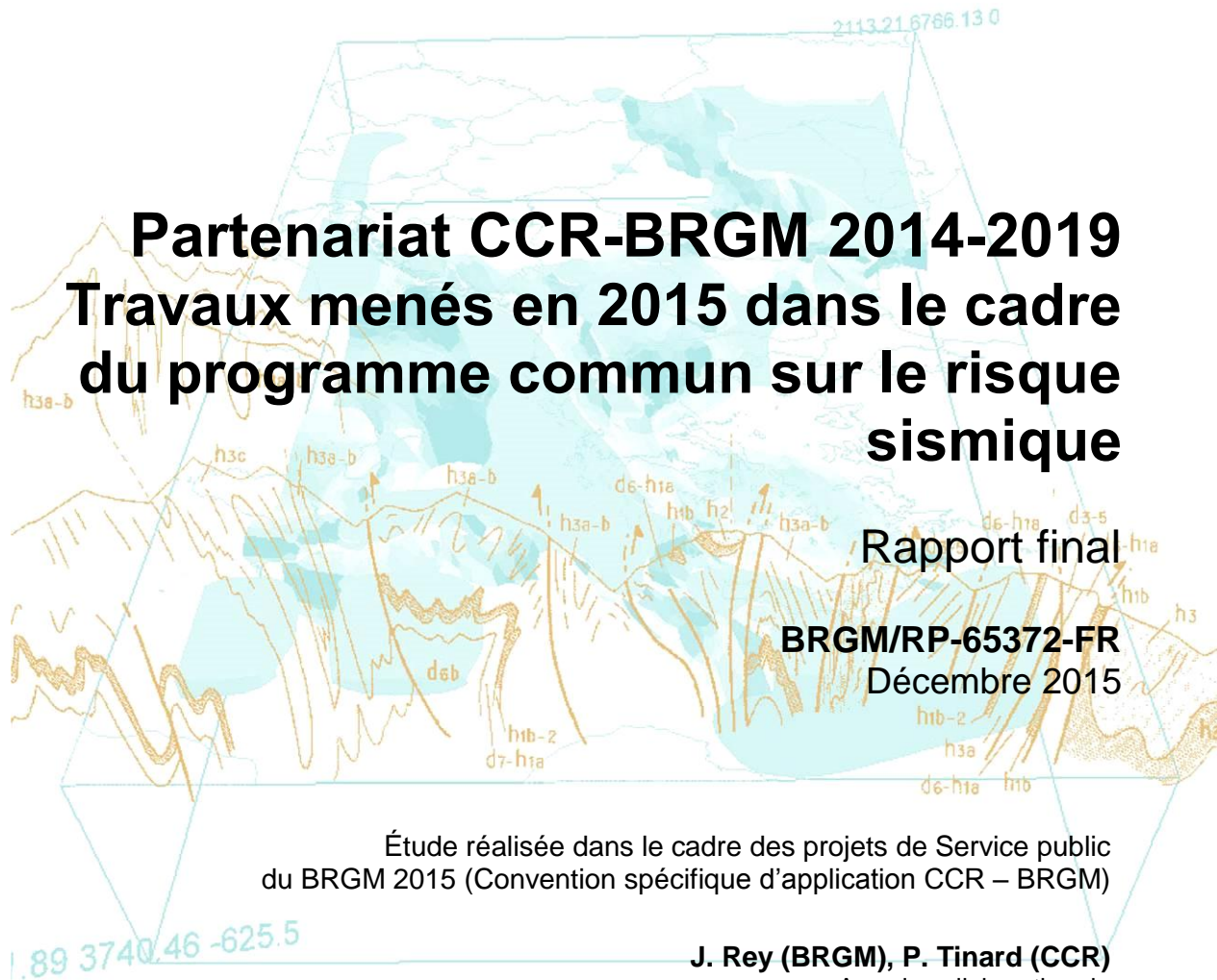


Document public



Partenariat CCR-BRGM 2014-2019 Travaux menés en 2015 dans le cadre du programme commun sur le risque sismique

Rapport final

BRGM/RP-65372-FR

Décembre 2015

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public
du BRGM 2015 (Convention spécifique d'application CCR – BRGM)

J. Rey (BRGM), P. Tinard (CCR)

Avec la collaboration de

J. Abad, D. Bertil, D. Monfort-Climent et N. Taillefer



Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM

Ce document a été vérifié par : (Myriam Belvaux, Resp. Scien. Programme) date : 11/12/2015

Approbateur :

Nom : Olivier Bouc Fonction : Responsable unité RSV Date : 11/12/2015 Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié
par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots clés : CCR, Assurances, Risque sismique, Déterministe, Probabiliste, ARMAGEDOM, Vulnérabilité, Commerces, Industries, Incertitudes

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Rey J. (BRGM), Tinard P. (CCR) avec la collaboration de J. Abad, D. Bertil, D. Monfort-Climent et N. Taillefer (2015) – Partenariat CCR-BRGM 2014-2019. Travaux menés en 2015 dans le cadre du programme commun sur le risque sismique. Rapport BRGM/RP-65372-FR, 20 p., 9 fig., 1 tabl.

© BRGM, 2015, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le BRGM et CCR (Caisse Centrale de Réassurance) ont signé en juin 2014 une convention-cadre pour établir un partenariat de recherche collaborative portant sur la période 2014-2019.

Les deux partenaires souhaitent ainsi conduire conjointement des programmes communs, destinés à améliorer leur expertise multi-périls des vulnérabilités et la transformation de ces vulnérabilités en approche économique.

Dans le cadre de ce partenariat une convention d'application annuelle a été signée pour 2015 concernant le risque sismique. Dans ce domaine, le besoin exprimé conjointement par CCR et le BRGM est de disposer d'une cartographie nationale homogène et cohérente du risque sismique. CCR souhaite aboutir à une vision probabiliste France entière (métropole et Outre-mer) du risque et ce, pour toutes les typologies de bâtiments présentes sur le territoire français (résidences, commerces, bâtiments agricoles et industries).

Pour cela une méthodologie est développée. Elle consiste à réaliser des scénarios de dommages départementaux afin d'évaluer les conséquences financières sur les constructions pour une source sismique donnée. L'évaluation des conséquences financières porte sur le seul périmètre des biens assurés indemnisables dans le cadre du régime français d'indemnisation des catastrophes naturelles.

Le présent rapport de synthèse fait état des travaux conduits au cours de l'année 2015 par les deux partenaires, des principaux résultats obtenus tels les scénarios de dommages départementaux, l'étude du bâti commercial et industriel ou la prise en compte des incertitudes. Ce rapport liste également les difficultés rencontrées et les perspectives pour les prochains programmes annuels de travail. Il a été établi conjointement par les deux partenaires.

Sommaire

1. Partenariat CCR-BRGM 2014-2019 et convention d’application risque sismique	7
2. Actions réalisées dans le programme de travail 2015	8
2.1. QUELQUES DÉFINITIONS.....	8
2.2. SUIVI DES TRAVAUX	9
2.3. TÂCHES TECHNIQUES RÉALISÉES EN 2015.....	10
2.3.1. Tâche n° 1 – Études relatives au bâti à vocation résidentielle	10
2.3.2. Tâche n° 2 – Études relatives aux zones commerciales	16
2.3.3. Tâche n° 3 – Études relatives aux bâtiments agricoles et industriels	17
2.3.4. Tâche n° 4 – Études relatives à l’évaluation des incertitudes	18
2.4. ACTIONS DE COMMUNICATION ET DE VALORISATION	19
3. Difficultés rencontrées et perspectives	20
3.1. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES.....	20
3.2. PERSPECTIVES	20
4. Bibliographie.....	21

Liste des figures

Figure 1 - Exemple de typologies constructives identifiées pour évaluer la vulnérabilité de certaines maisons individuelles dans le département des Hautes-Alpes (05). Photographies issues de Google Street View.	11
Figure 2 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation du mouvement sismique (accélération) avec des effets de site pour un scénario déterministe dans le département du Vaucluse (séisme de magnitude $M=5,0$ sur la faille de Nîmes au nord d'Avignon).....	12
Figure 3 - Scénario de dommages (intensités) pour le département de la Loire-Atlantique : 176 bâtiments partiellement ou totalement détruits, pour un séisme de magnitude $M_w=5,2$ sur le prolongement de faille de Chantonay. En fond de carte sont représentées les zones urbanisées.	13
Figure 4 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation de dommages pour un scénario déterministe dans le département du Var (séisme de magnitude $M_w=5,7$ sur la faille de Moustiers). Le code couleur représente le nombre de bâtiments significativement endommagés pour chaque zone urbanisée.	14
Figure 5 - Exemple des résultats obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe sur la communauté d'agglomération de Pau ($M_w=5,7$; profondeur=8 km). ...	15
Figure 6 - Exemples d'estimation financière de scénarios de dommages pour le département du Var et pour un aléa probabiliste croissant (périodes de retour de 100 ans, 475 ans et 975 ans).....	16
Figure 7 - Exemples issue de la synthèse des retours d'expérience portant sur les bâtiments commerciaux	16
Figure 8 - Exemple des résultats obtenus pour l'estimation de la vulnérabilité de la ZAC d'Olivet	17
Figure 9 - Exemple de dommages aux installations industrielles : effondrement de silos métalliques, Séisme d'Aquila, 2009, AFPS	18

Liste des Tableaux

Tableau 1 - Exemple des résultats provisoires obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe ($M_w=5,7$; profondeur=8 km). Chiffrage pour l'ensemble des territoires touchés.....	15
---	----

1. Partenariat CCR-BRGM 2014-2019 et convention d'application risque sismique

Le BRGM et CCR (Caisse Centrale de Réassurance) ont signé en juin 2014 une convention-cadre pour établir un partenariat de recherche collaborative portant sur la période 2014-2019.

CCR est une entreprise de réassurance exerçant son activité de réassurance dans toutes les branches Non-vie et Vie, en France et à l'international. En qualité de réassureur, ayant pour actionnaire l'Etat Français, CCR exerce une mission institutionnelle dans le cadre du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles en France. Dans le cadre de ce régime d'indemnisation des Cat Nat, CCR est amenée à évaluer l'exposition des territoires français pour des périls naturels couverts par ce régime.

Le BRGM, dans le cadre de sa mission, étudie, collecte, capitalise et diffuse aussi des connaissances relevant de ces mêmes périls.

Les deux partenaires souhaitent ainsi conduire conjointement des programmes communs, destinés à améliorer leur expertise multi-périls des vulnérabilités et la transformation de ces vulnérabilités en approche économique.

En particulier, dans ce cadre, le BRGM et CCR ont décidé de mettre en place un partenariat concernant l'étude de certains périls naturels en France avec pour objectif :

- de réaliser, au titre des périls sélectionnés, une quantification financière de l'exposition des territoires relevant du dispositif d'assurance des catastrophes naturelles, intégrant un catalogue d'événements spatialisés et caractérisés le cas échéant par des périodes de retour ou probabilités annuelles de survenance et basée sur une chaîne de traitement complète de modélisation incluant notamment la caractérisation de l'aléa, l'étude de la vulnérabilité des enjeux modélisés, l'établissement de courbes d'endommagement appropriées et l'évaluation du coût financier ;
- de pouvoir caractériser rapidement le coût prévisible d'un événement qui vient de se produire, en fonction de modélisations aléa-conséquences-coût.

Dans le cadre de ce partenariat une convention d'application a été signée en 2014 concernant le risque sismique. Une nouvelle convention annuelle a été signée en 2015. Dans ce domaine, le besoin exprimé conjointement par CCR et le BRGM est de disposer d'une cartographie nationale homogène et cohérente du risque sismique. CCR souhaite aboutir à une vision probabiliste France entière (métropole et Outre-mer) du risque et ce, pour toutes les typologies de bâtiments présentes sur le territoire français (résidences, commerces, bâtiments agricoles et industries).

Pour cela une méthodologie est développée. Elle consiste à réaliser des scénarios de dommages départementaux afin d'évaluer les conséquences financières, pour une source sismique donnée, sur les constructions assurées et relevant du périmètre d'indemnisation du régime Cat Nat. Dans un premier temps les constructions étudiées sont les bâtiments d'habitations individuelles ou collectives. Une méthodologie est en cours de finalisation pour l'évaluation des dommages et des coûts assurés pour les petits bâtiments commerciaux ainsi que pour les zones commerciales. Un travail prospectif est par ailleurs initié pour les ouvrages agricoles et industriels.

2. Actions réalisées dans le programme de travail 2015

2.1. QUELQUES DÉFINITIONS

La méthode retenue pour mener à bien le programme de travail 2015 est identique à celle développée pour le programme de travail 2014 (Rey et Tinard, 2015a). Elle s'appuie en particulier sur les définitions suivantes :

- **étude de vulnérabilité sismique** de niveau N0 ou N1 (Sedan *et al.*, 2008) : évaluation de la propension d'un ensemble de bâtiments à subir des dommages en cas de séisme, à partir de l'analyse des caractéristiques structurelles, géométriques ou technologiques susceptibles d'influencer leur comportement.

Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité diffèrent par leur complexité et leur précision. Une méthodologie, développée dans le cadre du projet européen RISK-UE, consiste en une analyse de la vulnérabilité du bâti à vocation résidentielle selon :

- une approche globale statistique par typologie sur la base de données INSEE (zones IRIS), on parle alors de niveau 0 ou N0,

ou

- un compromis entre une approche purement typologique et une approche basée sur le jugement d'expert à partir de visites de terrain, on parle alors de niveau 1 ou N1 ;

- **scénario de risque sismique** de niveau N0 ou N1 (Sedan *et al.*, 2013) : simulation numérique de l'impact et des conséquences d'un séisme de référence sur le milieu, en particulier les personnes et les biens.

Sa mise en œuvre nécessite de :

- caractériser l'agression sismique (aléa). Elle peut découler d'un événement de référence (séisme historique, séisme fictif) ou d'une évaluation régionale de l'aléa (étude probabiliste, carte réglementaire). Cette agression régionale est modulée en fonction des effets de site lithologiques ou topographiques locaux,
- inventorier les éléments physiques exposés et en évaluer la vulnérabilité physique sous forme de fonctions d'endommagement,
- calculer les dommages générés par une intensité sismique donnée, c'est-à-dire appliquer sur les enjeux, à l'échelle du territoire considéré, l'agression sismique retenue, pour évaluer son impact en termes d'endommagement et de pertes.

Cette dernière étape est réalisée à l'aide d'un logiciel dédié qui a été développé par le BRGM : ARMAGEDOM.

Selon le niveau de précision de l'évaluation de l'aléa et de la vulnérabilité, on parle alors de scénario de dommages :

- de niveau N0 : prise en compte forfaitaire des effets de site (zonages simplifiés EC8), étude de vulnérabilité de niveau N0,
 - ou de niveau N1 : prise en compte spécifique des effets de site, estimation fine de l'aléa, étude de vulnérabilité de niveau N1 ;
- **exercice de crise sismique** (Winter *et al.*, 2008) : exercice consistant à simuler les conséquences d'un événement sismique pour tester les capacités de réponse des acteurs concernés, en particulier les pouvoirs publics. Suite à plusieurs exercices de ce type conduits par le BRGM (« exercices RICHTER »), une méthode d'élaboration et de mise en œuvre de tels exercices de crise sismique a été stabilisée. Cette méthode est fondée sur la modélisation préalable des dommages aux biens et aux personnes

générés par un séisme de scénario. Au-delà de la cohérence spatiale des dommages, cette modélisation fournit une vision réaliste des effets notables d'un séisme à l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion de crise, et souligne les secteurs les plus vulnérables du territoire impacté.

La réalisation de scénarios de risque sismique dans le cadre de ce programme de travail suit la méthodologie développée pour les exercices de crise sismique.

Un « scénario » représente ici la simulation des dommages engendrés par une sollicitation sismique donnée. La réalisation d'une simulation des dommages nécessite comme données d'entrée :

- la sollicitation sismique ;
- la cartographie des effets de site sur le territoire ;
- la cartographie des enjeux et de leur vulnérabilité.

Chaque scénario consiste en :

- dans un premier temps, le choix de la sollicitation sismique étudiée : celle-ci peut être définie en référence à un mouvement du sol donné (par exemple au regard de l'aléa réglementaire), ou à une source sismique. Dans le second cas, sont d'abord nécessaires l'identification et la caractérisation d'une faille sismogène (géométrie de la faille, mécanisme, sismicité passée, ...). Cette caractérisation détermine un domaine de valeurs vraisemblables (« famille de scénarios ») pour les paramètres caractéristiques de la source sismique : localisation et profondeur du foyer, mécanisme, magnitude. Parmi cette famille est retenu arbitrairement un scénario de source sismique ;
- l'évaluation des intensités associées à la sollicitation sismique retenue. Cette caractérisation de la sollicitation sismique complète l'étude des effets de site et l'étude de la vulnérabilité pour fournir l'ensemble des données d'entrée nécessaires à la simulation ;
- le calcul en lui-même (simulation ARMAGEDOM) ;
- enfin, le contrôle et la mise en forme des résultats de ce calcul.

2.2. SUIVI DES TRAVAUX

Plusieurs réunions se sont tenues au cours de l'année 2015 pour suivre l'évolution des travaux effectués. La plupart des réunions ont eu lieu en visio-conférence. On peut citer les réunions suivantes :

- réunion de lancement du programme de travail risque sismique le 3 juillet 2015 ;
- réunion dédiée à l'étude des incertitudes le 17 septembre 2014 ;
- réunion dédiée à l'étude des incertitudes le 12 octobre 2014 ;
- réunion du comité de pilotage CCR-BRGM le 24 novembre 2015.

Ces réunions ont été complétées par des points téléphoniques et des échanges de mails réguliers entre les responsables techniques pour le BRGM (Julien Rey) et CCR (Pierre Tinard).

2.3. TÂCHES TECHNIQUES RÉALISÉES EN 2015

2.3.1. Tâche n° 1 – Études relatives au bâti à vocation résidentielle

La première et principale tâche réalisée en 2015 consistait à évaluer les dommages pour le bâti à vocation résidentielle. Ces estimations ont été menées à l'échelle du département. L'ensemble des départements listés ci-après et figurant au programme de travail 2015 ont été traités. Ce programme de travail s'inscrit dans la continuité des scénarios menés en 2014 (Rey et Tinard, 2015a). Les départements partiellement situés en zone de sismicité moyenne et non encore traités en 2014 ont été sélectionnés. Des départements situés en zone de sismicité modérée ont complété cette sélection. En particulier les travaux menés ont consisté en :

- a. traitement et enrichissement de la base de données du Répertoire d'Immeubles Localisés (« RIL »), nécessaires à l'étude de vulnérabilité sismique ;
- b. évaluation de scénarios de risque sismique de niveau N0 pour le massif alpin français et la Provence :
 - synthèse des données d'effet de site de niveau N0 du BRGM ou d'autres organismes publics sur les zones d'aléa sismique moyen, modéré et faible (au sens de la réglementation) des 6 départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur,
 - caractérisation de niveau N0 des effets de site sur les zones d'aléa sismique moyen, modéré et faible (au sens de la réglementation) du département de la Drôme (26),
 - synthèse des données de vulnérabilité sismique de niveau N0 déjà acquises par le BRGM sur les zones d'aléa sismique moyen, modéré et faible (au sens de la réglementation) des départements des Alpes-Maritimes (06), Bouches-du-Rhône (13) et Vaucluse (84),
 - étude de vulnérabilité de niveau N0 des enjeux situés dans la zone d'aléa sismique moyen, modéré et faible (au sens de la réglementation) des départements des Hautes-Alpes (05), Bouches-du-Rhône (13), Drôme (26), Var (83), Vaucluse (84),

MI1: Maisons antérieures à 1949













Observations			
			
Gap			
			
Briançon	Briançon	Embrun	Embrun
			
Veynes	Chorges	Montgenèvre	Ribiers

Figure 1 - Exemple de typologies constructives identifiées pour évaluer la vulnérabilité de certaines maisons individuelles dans le département des Hautes-Alpes (05).

Photographies issues de Google Street View.

- réalisation de deux scénarios de risque sismique pour chacun des départements suivants : Hautes-Alpes (05), Alpes-Maritimes (06), Bouches-du-Rhône (13), Drôme (26), Var (83), Vaucluse (84) ;
- c. évaluation de scénarios de risque sismique de niveau N0 pour le département de la Loire-Atlantique (44) :
- synthèse des données d'effet de site de niveau N0 du BRGM ou d'autres organismes publics sur les zones d'aléa sismique modéré et faible (au sens de la réglementation) du département de la Loire-Atlantique (44),
 - caractérisation de niveau N0 des effets de site sur les zones d'aléa sismique modéré et faible (au sens de la réglementation) du département de la Loire-Atlantique (44),
 - synthèse des données de vulnérabilité sismique de niveau N0 déjà acquises sur les zones d'aléa sismique modéré et faible (au sens de la réglementation) du département de la Loire-Atlantique (44),
 - étude de vulnérabilité de niveau N0 des enjeux situés dans la zone d'aléa sismique modéré et faible (au sens de la réglementation) du département de la Loire-Atlantique (44),
 - réalisation de deux scénarios de risque sismique pour le département de la Loire-Atlantique (44) ;

d. évaluation de scénarios de risque sismique de niveau N0 effectuée pour le compte et à la demande de DGPR (Rey *et al.*, 2015) :

- synthèse des données d'effet de site de niveau N0 déjà acquises par le BRGM sur les zones d'aléa sismique modéré ou faible (au sens de la réglementation) des départements de Saône-et-Loire (71) et de Vendée (85),
- synthèse des données de vulnérabilité sismique de niveau N0 déjà acquises sur les zones d'aléa sismique modéré et faible (au sens de la réglementation) des départements de Saône-et-Loire (71) et de Vendée (85),
- réalisation d'un scénario de risque sismique pour chacun des départements suivants Saône-et-Loire (71) et Vendée (85) ;

e. évaluation de scénarios de risque sismique de niveau N0 supplémentaires :

- réalisation de deux (2) scénarios de risque sismique pour des séismes historiques ayant affecté des départements déjà traités : St-Paul de Fenouillet, 1996 (66), Annecy, 1996 (74). Calculs du scénario de dommages relatif à la source historique (magnitude et localisation estimées par le CEA/LDG) et mise en forme des résultats,
- réalisation d'un scénario de risque sismique pour chacun des départements de Saône-et-Loire (71) et Vendée (85).

Pour la totalité des départements concernés, les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel Armagedom[®] développé par le BRGM (Sedan *et al.*, 2013). Un exemple des résultats obtenus est présenté ci-dessous sur la Figure 1 pour le département du Vaucluse ainsi que sur la Figure 3 pour le département de la Loire-Atlantique et sur la Figure 4 pour le département du Var ;

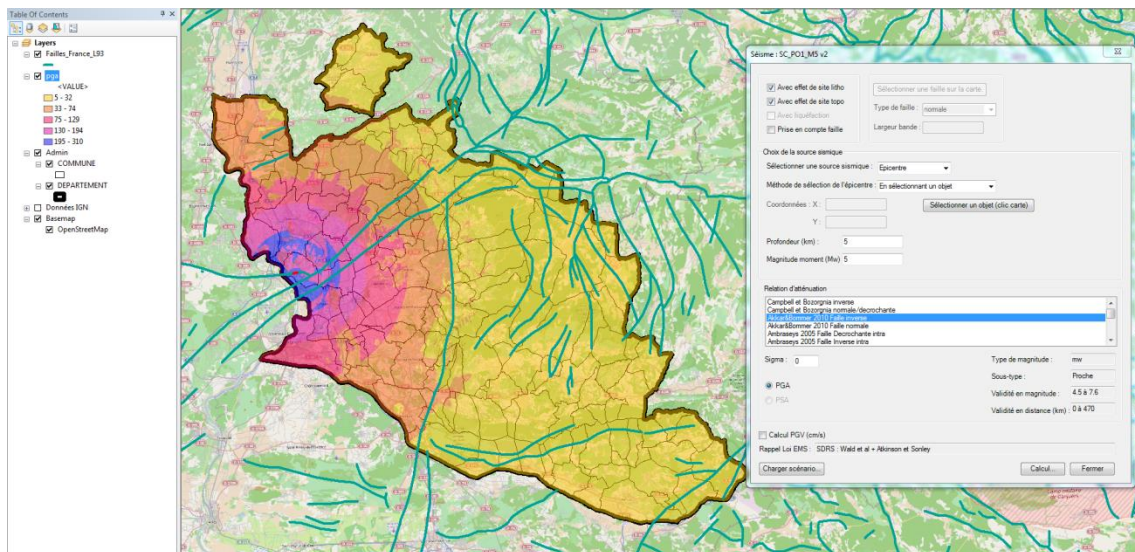


Figure 2 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation du mouvement sismique (accélération) avec des effets de site pour un scénario déterministe dans le département du Vaucluse (séisme de magnitude $M=5,0$ sur la faille de Nîmes au nord d'Avignon).

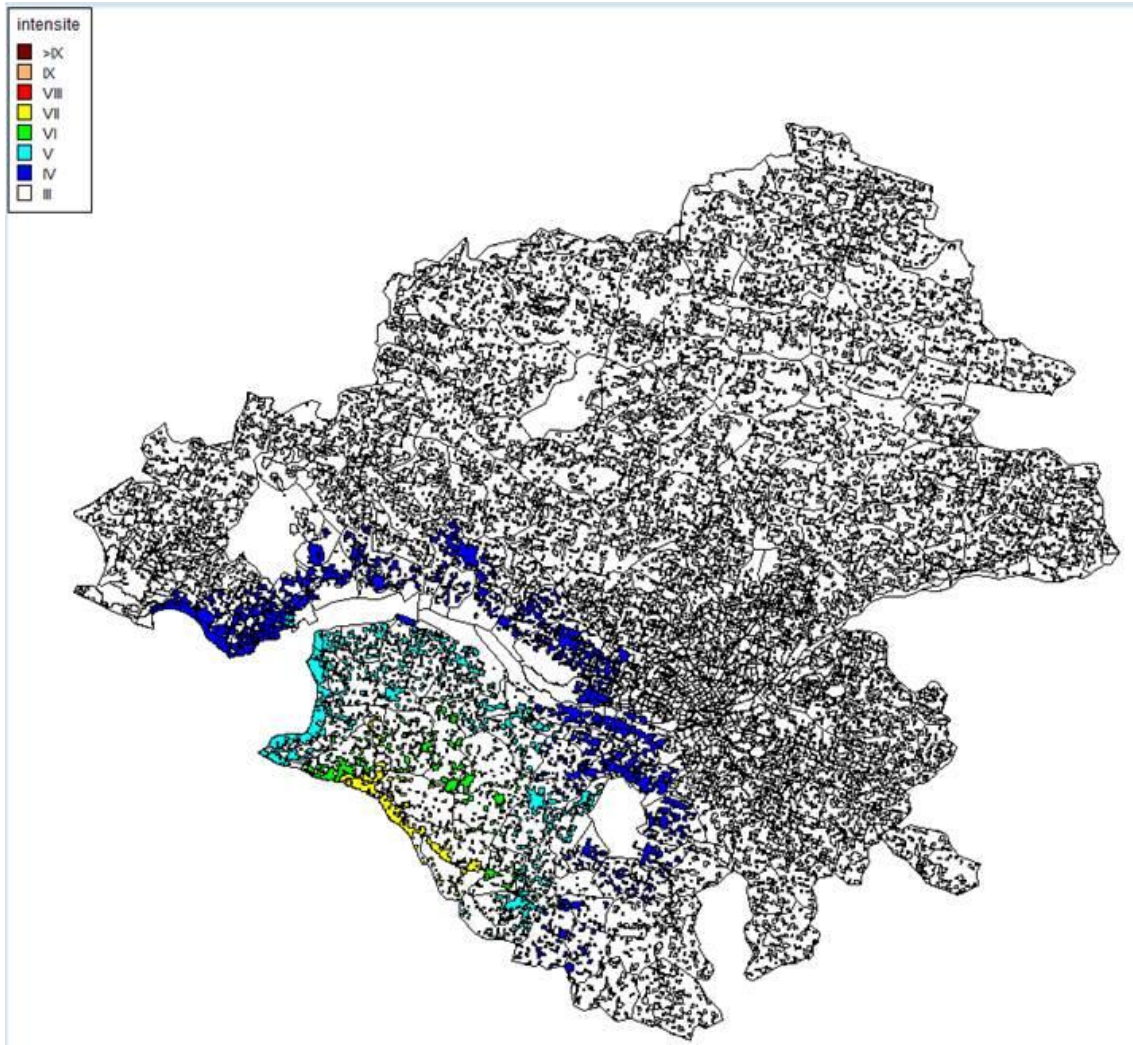


Figure 3 - Scénario de dommages (intensités) pour le département de la Loire-Atlantique : 176 bâtiments partiellement ou totalement détruits, pour un séisme de magnitude $M_w=5,2$ sur le prolongement de faille de Chantonnay. En fond de carte sont représentées les zones urbanisées.

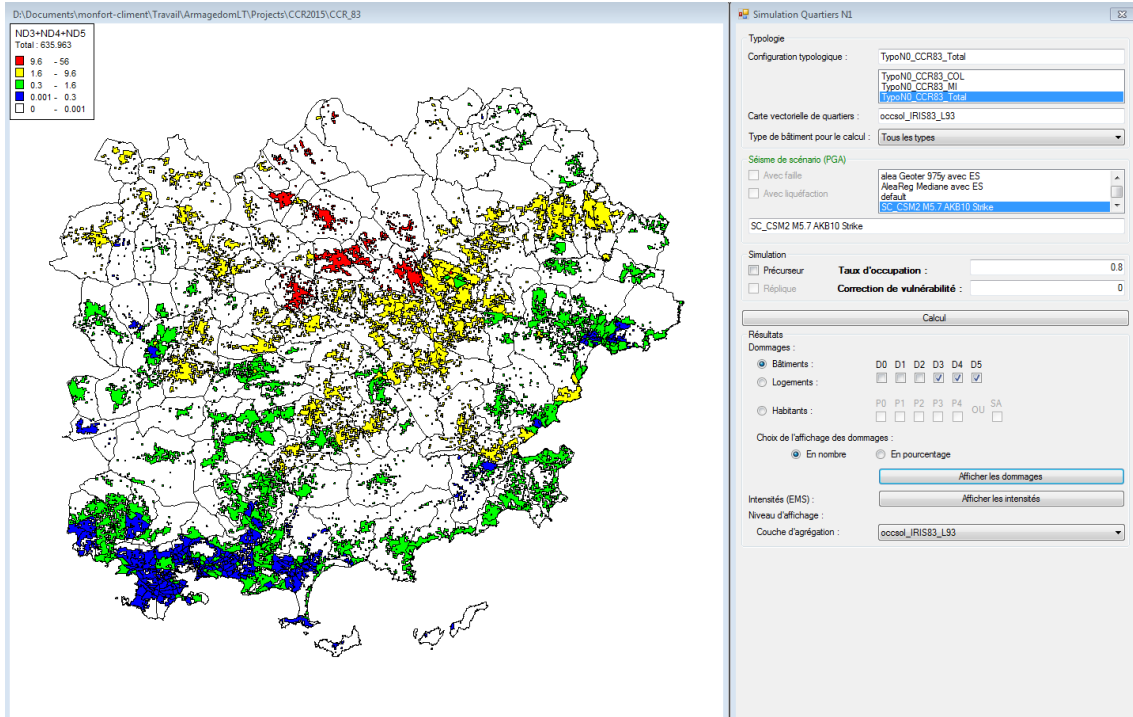


Figure 4 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation de dommages pour un scénario déterministe dans le département du Var (séisme de magnitude $M_w=5,7$ sur la faille de Moustiers). Le code couleur représente le nombre de bâtiments significativement endommagés pour chaque zone urbanisée.

- f. modélisation des coûts assurés à partir des résultats de simulation en sortie d'ARMAGEDOM. Une modélisation de ces coûts est établie et ce, à partir des distributions probabilistes des états d'endommagements en sortie de simulation ARMAGEDOM, à la résolution de la zone IRIS, et en exploitant les données que CCR collecte dans le cadre de ses relations contractuelles bilatérales exclusives avec ses clients, les sociétés d'assurance opérant sur le territoire national métropolitain ou ultramarin, notamment la géolocalisation des enjeux et les valeurs assurées de ces derniers. Des matrices de passage « endommagement \leftrightarrow taux de destruction » sont établies dans l'état de l'art et en exploitant les données issues des études de vulnérabilité.

Pour la totalité des départements modélisés et pour la totalité des scénarios considérés, ont été évalués, pour chaque typologie de bâti considéré et pour chaque état d'endommagement modélisés via ARMAGEDOM, les coûts probables associés (Figure 5) selon la résolution N0 des zones IRIS.

Le BRGM a apporté ponctuellement son appui à CCR pour l'interprétation et l'exploitation des résultats obtenus par le biais d'échanges téléphoniques.

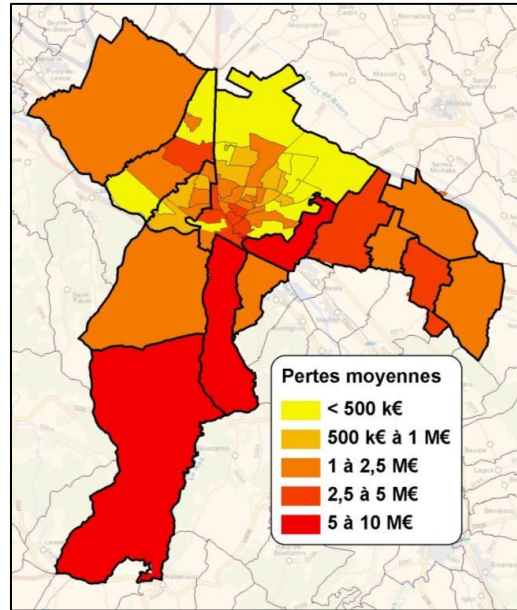


Figure 5 - Exemple des résultats obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe sur la communauté d'agglomération de Pau ($M_w=5,7$; profondeur=8 km).

	Bâti	Contenu	Perte d'exploitation
Maisons	[450 - 520]	[340 - 395]	/
Appartements	[95 - 125]	[170 - 220]	/
Immeubles	[145 - 170]	/	/
Commerces	[225 - 385]	[115 - 350]	[45 - 80]

Tous les chiffres sont exprimés en M€

Tableau 1 - Exemple des résultats provisoires obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe ($M_w=5,7$; profondeur=8 km).
Chiffrage pour l'ensemble des territoires touchés.

Les livrables correspondants à cette tâche ont été transférés sur un serveur ftp dédié à cela. Ils consistent principalement en des couches SIG au format .shp des effets de site, de la vulnérabilité des enjeux ainsi que des fichiers de sortie des simulations ARMAGEDOM au format ESRI .gdb (géodatabase fichier) présentant l'ensemble des résultats de l'endommagement sur le bâti et le logement. Ces documents ont été classés selon une arborescence homogène partagée entre BRGM et CCR. En particulier les résultats sont classés par zones géographiques puis par départements (voir Rey et Tinard, 2015a).

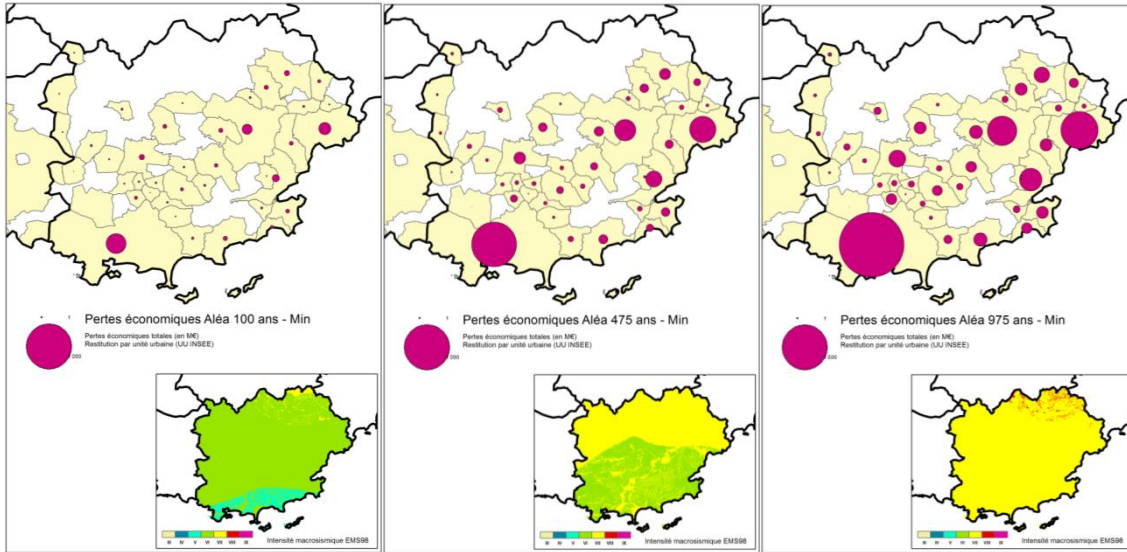


Figure 6 - Exemples d'estimation financière de scénarios de dommages pour le département du Var et pour un aléa probabiliste croissant (périodes de retour de 100 ans, 475 ans et 975 ans).

2.3.2. Tâche n° 2 – Études relatives aux zones commerciales

Dans cette seconde tâche concernant les zones commerciales, les travaux menés sont dans la prolongation des travaux préparatoires réalisés en 2014 (Rey et Tinard, 2015a). Pour rappel les travaux menés en 2014 consistaient à établir un état de l'art des connaissances dans ce domaine sur la base d'une recherche bibliographique et des retours d'expérience et en l'identification d'une zone supposée représentative en métropole. La zone choisie est la Zone d'Activité Commerciale (ZAC) des Provinces à Olivet (45), qui se trouve proche du BRGM.



Effondrement de voûtes anciennes, L'Aquila, 2009, AFPS



Effondrement des rayonnages d'une cave d'affinage, Séisme d'Emilie Romagne, 2012, AFPS

Figure 7 - Exemples issus de la synthèse des retours d'expérience portant sur les bâtiments commerciaux.

En 2015 les travaux ont permis de consolider cet état de l'art et d'établir une étude de vulnérabilité détaillée de niveau N1 (voir §2.1) pour la zone d'activité cible de l'étude. Même si elle n'est pas située en zone sismique prononcée, cette ZAC présente des caractéristiques qui sont susceptibles de se retrouver dans la plupart des zones d'activité de ce type.

Les données générales de cette ZAC sont : 46 hectares, 115 entreprises (1200 emplois), type de bâtis diversifié (petits magasins, centre commercial, grande surface, garages, etc...). Elle permet de préciser la typologie pour les bâtiments dédiés au commerce, la prise en compte du risque sismique le cas échéant se traduisant par des dispositions constructives qui ne modifient pas a priori les caractéristiques générales (détails, fixation, renfort des contreventements).

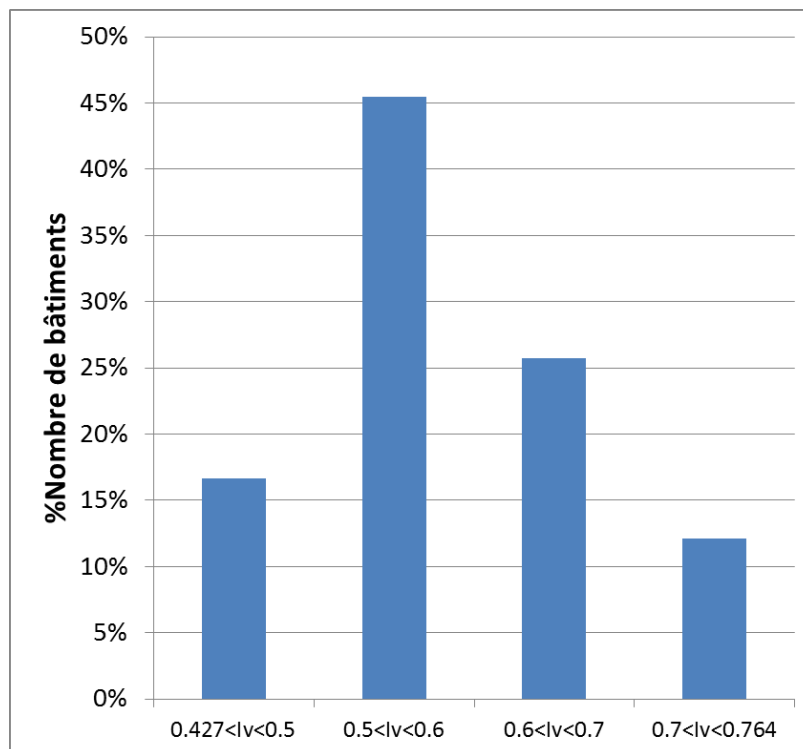


Figure 8 - Exemple des résultats obtenus pour l'estimation de la vulnérabilité de la ZAC d'Olivet.

Une note a été produite pour synthétiser ces résultats et servira de référence pour la généralisation de la méthodologie développée à l'ensemble des zones commerciales dans les prochaines années.

2.3.3. Tâche n° 3 – Études relatives aux bâtiments agricoles et industriels

Sur le modèle du travail mené en 2014 pour les bâtiments commerciaux, un état des lieux est réalisé pour l'estimation de la vulnérabilité des bâtiments agricoles et industriels. Cela consiste en une étude bibliographique recensant les méthodologies disponibles dans la littérature, les retours d'expérience, etc. Ces travaux permettent de développer des méthodes d'analyse de la vulnérabilité de ce type de structures très particulières afin de réaliser dans les éventuels prochains programmes de travail des scénarios de risque sismique de niveau N1 pour des zones où ce type de bâtiments sont recensés.



Figure 9 - Exemple de dommages aux installations industrielles : effondrement de silos métalliques, Séisme d'Aquila, 2009, AFPS.

Une note a été produite pour synthétiser ces résultats et servira de référence pour la généralisation de la méthodologie développée à l'ensemble des bâtiments industriels et/ou agricoles dans les prochaines années.

2.3.4. Tâche n° 4 – Études relatives à l'évaluation des incertitudes

Plusieurs actions ont été menées en 2015 afin de caractériser les incertitudes associées aux simulations (scénarios de risque sismique). Il s'agit principalement d'études menées en opportunité sur des scénarios dans des zones où des données complètes et/ou précises étaient disponibles. A ce stade le but n'est pas de propager toutes les incertitudes dans toute la chaîne de traitement, ni même de quantifier toutes les sources d'incertitudes, mais d'évaluer des intervalles de résultats en faisant varier un paramètre de l'étude parmi une gamme de valeurs réalistes. Ainsi cela a consisté en :

- a. la caractérisation de la période de retour associée aux scénarios des simulations ;
- b. des estimations d'incertitudes réalisées pour le compte et à la demande de la DGPR (Rey *et al.*, 2015), pour deux départements en zone de sismicité faible à modérée (Vendée et Saône-et-Loire) ;
- c. l'évaluation quantitative des incertitudes pour un cas d'étude : la ville de Nice. Comparaison des résultats du scénario de dommage de niveau N0 établi à l'échelle départementale avec un scénario de niveau N1 établi uniquement pour la commune de Nice sur la base des travaux réalisés dans le projet RISK-UE ;
- d. évaluation des incertitudes sur les chiffrages assurantiels : estimation des valeurs assurées, méthodologie d'extrapolation au marché.

Par ailleurs afin de poursuivre ce travail dans les prochaines années, le BRGM et CCR ont élaboré de façon conjointe un programme d'étude pour la propagation des incertitudes sur

l'aléa et sur la vulnérabilité sur la base des travaux déjà menés par le BRGM. Cependant ce programme d'étude ne portera pas exclusivement sur le risque sismique et devrait s'appuyer sur des travaux réalisés pour d'autres types d'aléas naturels. Une thèse sera financée à partir de 2016 sur ce sujet conjointement par le BRGM et CCR.

2.4. ACTIONS DE COMMUNICATION ET DE VALORISATION

Les deux partenaires ont présenté une sélection des travaux menés en 2014 (Rey et Tinard, 2015a) et en 2015 (présent rapport) lors d'une communication à l'occasion du colloque de l'Association Française de Génie Parasismique (AFPS) qui s'est déroulé du 30 novembre au 2 décembre 2015 à Champs-sur-Marne dans les locaux d'IFSTTAR. Un article a été rédigé à cette occasion (Rey et Tinard, 2015b).

D'autres actions de valorisation et de communication sont d'ores et déjà planifiées pour l'année 2016 comme la participation aux Assises Nationales des Risques Naturels en mars à Marseille.

3. Difficultés rencontrées et perspectives

3.1. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Les principales difficultés rencontrées au cours de la réalisation du programme de travail 2015 sont les suivantes :

- ▶ difficultés mineures classiques lors de la mise en place de ce type de partenariat de recherche en collaboration (mise en place administrative dans les deux organismes, rodage des circuits de validation, gestion des calendriers, normalisation des résultats de modélisation, ...). Il est à noter que les partenaires n'ont pas identifié de difficultés bloquantes au cours des travaux menés en 2015 si ce n'est un démarrage tardif des travaux 2015 du fait des délais de signature de la convention d'application ;
- ▶ présentation « risque inverse » en janvier et présentation « incertitudes » en octobre avortées pour des raisons techniques (visioconférence impossible) ;
- ▶ une communication des travaux était prévue pour les IRISES 8 (septembre 2015, Avignon) mais elle n'a pu avoir lieu (proposition soumise hors-délai et pas de réponse des organisateurs suite à nos relances) ;
- ▶ articulations délicates avec les études menées sur le même sujet pour la DREAL PACA et la DGPR (planning et obligations contractuelles pas forcément totalement en phase) ;
- ▶ phasage des études à optimiser pour la bonne réalisation des scénarios : par exemple les études de sols menées dans d'autres projets doivent être impérativement finalisées avant la réalisation des scénarios de dommages départementaux.

Les principales pistes d'amélioration identifiées pour remédier à ces difficultés consistent, comme déjà relevé en 2014, en une meilleure anticipation des besoins mutuels des partenaires. Pour cela il convient d'avoir des idées de développement sur chaque item le plus en amont possible pour bien cadrer les futurs programmes de travail et initier rapidement les diverses procédures (recrutement post-doc ou thésard, achat licences, valorisation, ...).

La finalisation du programme de travail pour 2016 est donc espérée en début d'année, afin de ne pas commencer les travaux tard dans l'année comme cela a été le cas en 2014 et en 2015.

3.2. PERSPECTIVES

Sur la base des travaux menés en 2014 et 2015 un programme de travail sera établi conjointement par CCR et le BRGM pour l'année 2016. Les mêmes tâches principales seront identifiées. Les scénarios de dommages seront principalement réalisés pour des départements situés en zones sismiques faible à modérée. Les travaux portant sur les incertitudes et la probabilisation des événements seront poursuivis, sans doute sous la forme de travaux de thèse et d'études de cas concrets.

4. Bibliographie

- Mouroux P., Le Brun B., Depinois S., Bertrand E., Masure P. (2004)** – Projet européen RISK-UE : application à la ville de Nice. Rapport BRGM/RP-53202-FR, 137 p., 43 ill., 3 annexes.
- Rey J. (BRGM) et Tinard P. (CCR) avec la collaboration de J. Abad, D. Bertil, D. Monfort-Climent et N. Taillefer (2015a)** – Partenariat CCR-BRGM 2014-2019. Travaux menés en 2014 dans le cadre du programme commun sur le risque sismique. Rapport BRGM/RP-64454-FR, 18 p., 6 fig.
- Rey J. (BRGM) et Tinard P. (CCR) (2015b)** – Estimation financière du risque sismique à l'échelle départementale : à l'interface entre sismologie et réassurance, travaux communs CCR-BRGM (2014-2019). 9ème Colloque National AFPS 2015 – IFSTTAR (30/11-02/12 2015).
- Rey J., Abad J., Auclair S., Monfort Climent D. (2015)** – Estimation des pertes à l'échelle départementale liées à des scénarios de risque sismique. Rapport final. BRGM/RP-65381-FR, (en cours).
- Sedan O., Terrier M., Negulescu C., Winter T., Douglas J., Roullé A., Rohmer J., Bès de Berc S., De Martin F., Arnal C., Dewez T., Fontaine M. (2008)** – Scénario départemental de risque sismique- Méthodologie et processus de réalisation. Rapport BRGM/RP-55415-FR, 455 p., 96 fig., 45 tabl., 25 annexes.
- Sedan O., Negulescu C., Terrier M., Roullé A., Winter T., Bertil D. (2013)** – Armagedom – A Tool for Seismic Risk Assessment Illustrated with Applications. *Journal of Earthquake Engineering*, Volume 17, Issue 2, p. 253-281, 2013.
- Winter T., Bès de Berc S., Cova P., Sedan O., Audru J.C., Terrier M., (2008)** – Méthodologie pour la réalisation d'un exercice de crise sismique de type « Richter ». Rapport BRGM RP-57237-FR, 229 p., 31 fig., 14 tabl., 4 ann.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**Centre scientifique et technique
Direction des Risques et de la Prévention**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr