



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

Rapport final

BRGM/RP-64454-FR

Janvier 2015

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public  
du BRGM 2014 (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 : 23/02/2015

**Approbateur :**

Nom : Olivier Bouc      Fonction : Responsable unité RSV      Date : 25/02/2015      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, risque sismique, probabiliste, ARMAGEDOM, vulnérabilité

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 2014 dans le cadre du programme commun sur le risque sismique. Rapport BRGM/RP-64454-FR, 18 p., 6 fig.

© 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 a été signée en 2014 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 2014 par les deux partenaires, des principaux résultats obtenus tels les scénarios de dommages départementaux, l'étude du bâti commercial ou la prise en compte d'une analyse probabiliste 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

<b>1. Partenariat CCR-BRGM 2014-2019 et convention d'application risque sismique .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Actions réalisées dans le programme de travail 2014 .....</b>	<b>6</b>
2.1. QUELQUES DEFINITIONS .....	6
2.2. SUIVI DES TRAVAUX .....	8
2.3. TACHES TECHNIQUES REALISEES EN 2014 .....	8
2.3.1. Tâche n°1 - Bâti à vocation résidentielle.....	8
2.3.2. Tâche n°2 - Commerces de proximité .....	14
2.3.3. Tâche n°3 - Zones commerciales .....	15
2.3.4. Tâche n°4 - Approche probabiliste .....	15
<b>3. Difficultés rencontrées et perspectives .....</b>	<b>16</b>
3.1. DIFFICULTES RENCONTREES .....	16
3.2. PERSPECTIVES .....	16
<b>4. Bibliographie .....</b>	<b>17</b>

## Liste des figures

Figure 1 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation de dommages dans le département de la Haute-Garonne (à droite évaluation du mouvement sismique en tenant compte des effets de site et à gauche pourcentage de dommages simulés selon différents types de dommages pour les zones urbanisées identifiées).....	9
Figure 2 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation du mouvement sismique (accélération) avec prise en compte des effets de sites pour un scénario déterministe dans le département de l'Isère (séisme de magnitude M=5.6 sur la faille de Belledonne).....	10
Figure 3 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation de dommages pour un scénario déterministe dans le département de l'Isère (séisme de magnitude M=5.6 sur la faille de Belledonne) .....	11
Figure 4 – Exemple des résultats obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe sur le département des Hautes-Pyrénées pour les dommages en état D4 et D5.....	12
Figure 5 - Arborescence des répertoires sur le serveur ftp dédié à l'échanges des résultats obtenus lors des simulations de dommages par départements. ....	13
Figure 6 - Exemple de restitution des hypothèses de calcul de scénarios sismique pour la zone des Pyrénées occidentales.....	14

# 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 CatNat, 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. 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. Un travail préparatoire est

en cours pour l'évaluation des dommages et des coûts assurés pour les petits bâtiments commerciaux et agricoles ainsi que pour les zones commerciales et industrielles.

## 2. Actions réalisées dans le programme de travail 2014

### 2.1. QUELQUES DEFINITIONS

La méthode retenue pour mener à bien le programme de travail 2014 s'appuie en particulier sur les définitions suivantes :

- **Etude 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 structurales, 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 2014 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 7 juillet 2014
- Réunion de suivi des travaux du programme de travail le 9 septembre 2014
- Réunion de suivi des travaux du programme de travail le 6 novembre 2014
- Réunion du comité de pilotage CCR-BRGM le 14 novembre 2014

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. TACHES TECHNIQUES REALISEES EN 2014**

### **2.3.1. Tâche n°1 - Bâti à vocation résidentielle**

La première et principale tâche réalisée en 2014 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 2014 ont été traités. Ces départements traités en 2014 étaient situés dans des zones où des études préalables avaient déjà été réalisées par le BRGM. En particulier les travaux menés ont consisté en :

- a. Fourniture par le BRGM des résultats et des informations sous-jacentes des scénarios de risque sismique déjà réalisés et publiés concernant la Guadeloupe et de la Martinique
- b. Evaluation par le BRGM de scénarios de risque sismique de niveau N0 pour le massif pyrénéen : caractérisation de niveau N0 des effets de site, étude de niveau N0 de la vulnérabilité et réalisation des scénarios pour les départements de l'Ariège (09), de l'Aude (11), de la Haute-Garonne (31), des Pyrénées-Atlantiques (64), des Hautes-Pyrénées (65) et des Pyrénées-Orientales (66).
- c. Evaluation par le BRGM de scénarios de risque sismique de niveau N0 pour les Alpes et le sud de l'Alsace : caractérisation de niveau N0 des effets de site, étude de niveau N0 de la vulnérabilité et réalisation des scénarios pour les départements des Alpes-de-Haute-Provence (04), de la Savoie (73), de la Haute-Savoie (74), de l'Isère (38), du Haut-Rhin (68) et du Territoire de Belfort (90).

Pour la totalité des départements concernés, les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel Armagedom<sup>®</sup> développé par le BRGM (Sedan *et al.*, 2013). Un exemple des résultats obtenus est présenté ci-dessous sur la Figure 1 pour le département de la Haute-Garonne ainsi que sur la Figure 2 et la Figure 3 pour le département de l'Isère.



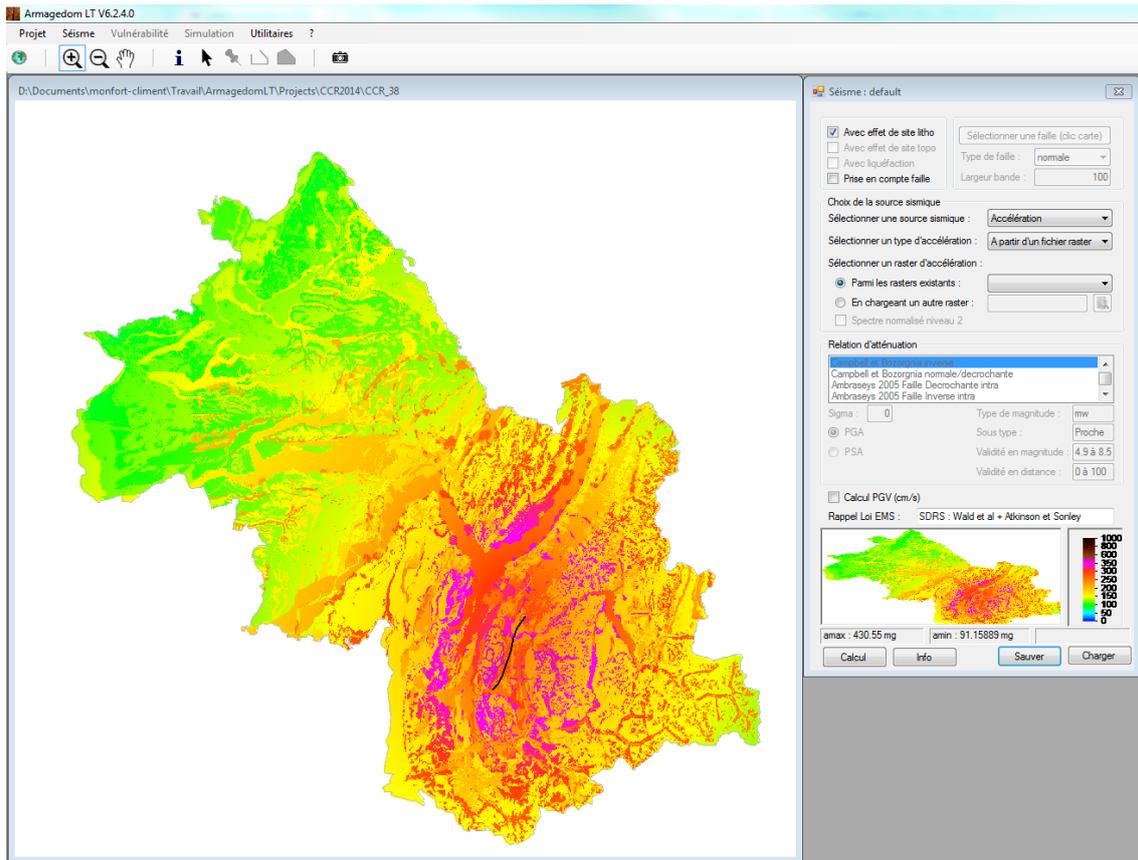


Figure 2 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation du mouvement sismique (accélération) avec prise en compte des effets de site pour un scénario déterministe dans le département de l'Isère (séisme de magnitude  $M=5.6$  sur la faille de Belledonne)

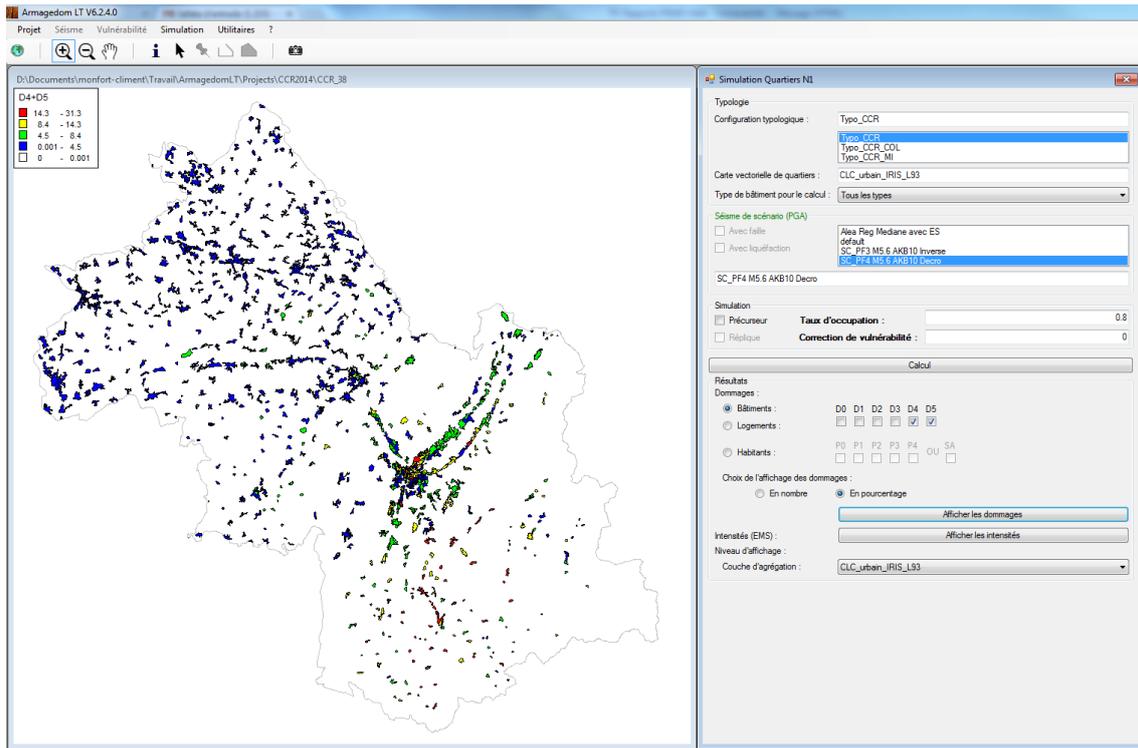


Figure 3 - Exemple des résultats obtenus pour une simulation de dommages pour un scénario déterministe dans le département de l'Isère (séisme de magnitude  $M=5.6$  sur la faille de Belledonne)

- d. Modélisation par la CCR des coûts assurés à partir des résultats de simulation en sortie d'ARMAGEDOM. CCR a établi une modélisation de ces coûts 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 qu'elle collecte dans le cadre de ses relations contractuelles bilatérales exclusives avec ses clients, les sociétés d'assurance opérant sur le territoire national métropolitain ou ultra-marin, notamment la géolocalisation des enjeux et les valeurs assurées de ces derniers. Le travail mené par CCR a consisté notamment à établir des matrices de passage « endommagement  $\leftrightarrow$  taux de destruction » 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, CCR a évalué, pour chaque typologie de bâti considéré et pour chaque état d'endommagement modélisés via ARMAGEDOM les coûts probables associés (Figure 4) selon la résolution N0 des zones IRIS ou N1 dans le seul cas de la Guadeloupe et de la Martinique.

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

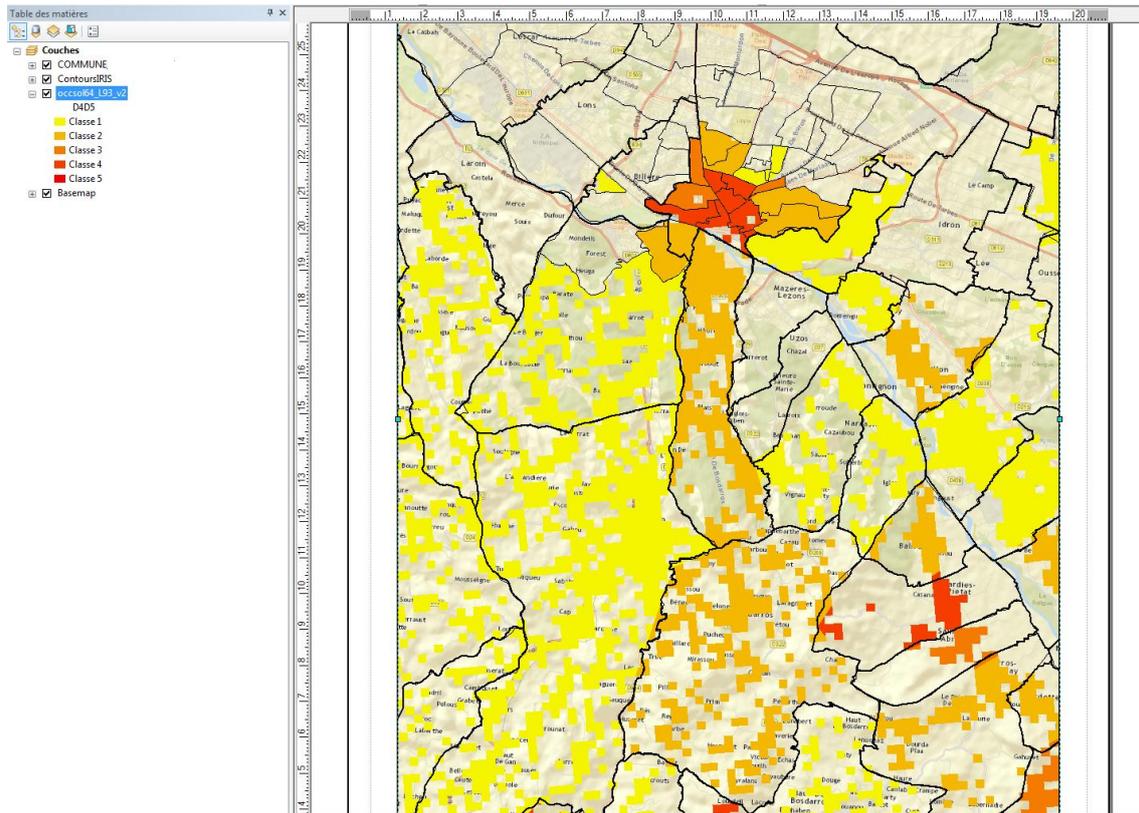


Figure 4 - Exemple des résultats obtenus pour la modélisation des coûts assurés pour un scénario déterministe sur le département des Hautes-Pyrénées pour les dommages en état D4 et D5.

Les livrables correspondants à cette tâche ont été transférés sur un serveur ftp dédié créé pour 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 avec CCR. En particulier les résultats sont classés par zones géographiques puis par départements.

L'arborescence du serveur ftp est présentée sur la Figure 5 ci-dessous :

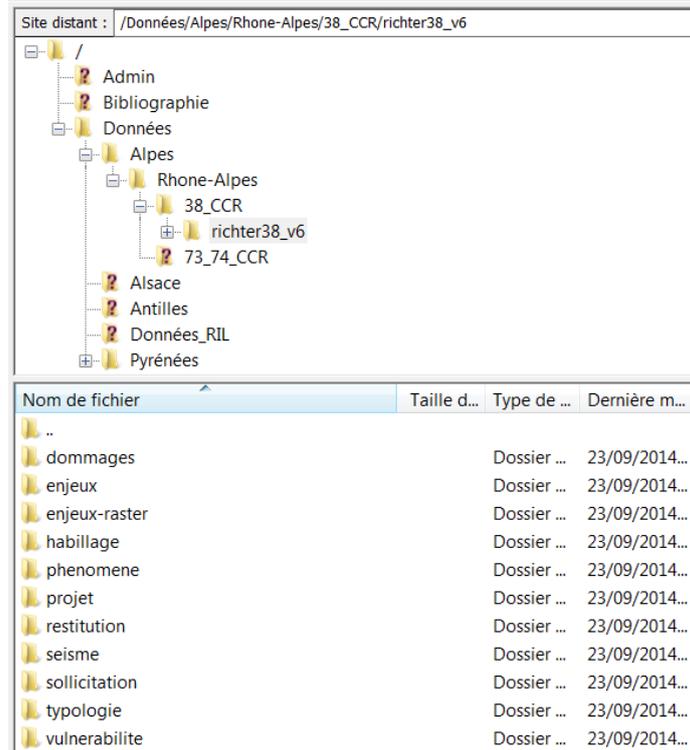


Figure 5 - Arborescence des répertoires sur le serveur ftp dédié à l'échanges des résultats obtenus lors des simulations de dommages par départements.

En plus de ces résultats, un document synthétique décrivant les hypothèses de calcul de chaque scénario sismique simulé ainsi que les plages de variation des paramètres de la source sismique vraisemblables d'un point de vue sismologique a été transmis à CCR.

## Choix des scénarios

### Exemple : Pyrénées occidentales

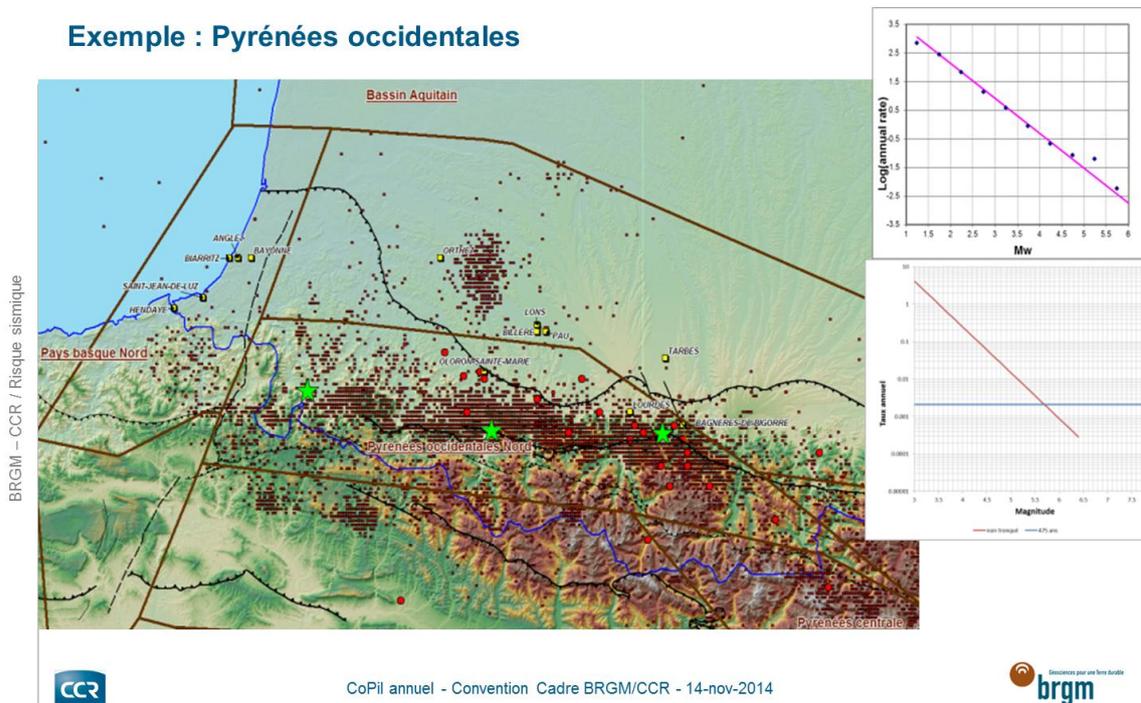


Figure 6 - Exemple de restitution des hypothèses de calcul de scénarios sismique pour la zone des Pyrénées occidentales.

### 2.3.2. Tâche n°2 - Commerces de proximité

Dans cette seconde tâche concernant les commerces de proximité, les travaux ont été presque exclusivement menés par CCR. Ils consistaient en une identification par CCR des enjeux de ce type présents dans les secteurs étudiés pour le bâti à vocation résidentielle, intégration statistique par CCR dans les simulations de scénarios de risque effectuées dans la tâche 1 par le BRGM et interprétation en termes de coût assurantiel par CCR.

CCR a exploité les données à sa disposition sur les entreprises et établissements commerciaux et notamment leur géolocalisation précise ainsi que les enjeux assurés, notamment ceux relevant de la Perte d'Exploitation « pertes financières liées à l'impossibilité pour une entreprise d'assurer son chiffre d'affaire ».

Ces données sont issues des relations contractuelles bilatérales exclusives entre CCR et ses clientes, ainsi que de l'exploitation de la base SIRENE de l'INSEE recensant l'ensemble des entreprises et établissements français (métropole et Outre-mer) en y associant leur activité selon les nomenclatures NAF en vigueur. Tout comme pour la tâche n°1 concernant le « bâti courant à vocation résidentielle », CCR a établi des matrices de passage « endommagement  $\leftrightarrow$  taux de destruction » dans l'état de l'art et en exploitant les données issues des études de vulnérabilité.

Les résultats obtenus sont sous la même forme que ceux relatifs au bâti à vocation résidentielle et présentés au § 2.3.1.

### **2.3.3. Tâche n°3 - Zones commerciales**

Cette troisième tâche était une tâche prospective. En effet peu de données sont disponibles dans la littérature sur les dommages de séismes aux bâtiments des zones commerciales. Le but de cette tâche était donc d'établir un état de l'art des connaissances dans ce domaine sur la base d'une recherche bibliographique et des retours d'expérience disponibles pour des séismes récents survenus dans des contextes proches de ce qui est attendu en France. Elle consistait au final en l'identification par le BRGM, en accord avec CCR, d'une zone supposée représentative en métropole, dans l'optique d'y effectuer ultérieurement une étude détaillée de niveau N1 puis d'en évaluer sa transposabilité au niveau France (métropole) entière. La zone choisie est la Zone d'Activité Commerciale (ZAC) des Provinces à Olivet (45), qui se trouve proche du BRGM. Un scénario de dommage de niveau N1 sera mené en 2015 sur cette ZAC sur la base des travaux préparatoires menés en 2014.

Pour cela le BRGM a préparé et transmis à CCR une synthèse des analyses de vulnérabilité à mener pour ce type de bâti, sur la base d'une recherche bibliographique et des retours d'expérience des séismes récents de Lorca (Espagne), l'Aquila et Emilie-Romagne (Italie).

### **2.3.4. Tâche n°4 - Approche probabiliste**

Cette dernière tâche consistait en différentes actions, pas nécessairement connectées entre elles, mais visant toutes à obtenir une vision la plus large possible des approches probabilistes répondant aux besoins des partenaires et pouvant être menées pour ce type de travaux. En particulier cela consistait dans les actions suivantes :

- a. Caractérisation par le BRGM de la période de retour associée aux scénarios des simulations de la tâche 1.
- b. Présentation par le BRGM à CCR de l'approche dite « risque inverse ».
- c. Elaboration conjointe d'un programme d'étude pour la propagation des incertitudes sur l'aléa et sur la vulnérabilité

Les livrables attendus pour répondre à ces actions étaient :

- une estimation de la période de retour associée à chacun des scénarios des simulations de la tâche 1 intégrée aux documents synthétiques produits à la tâche n°1. Une note a été produite par le BRGM en ce sens (voir 2.3.1 et Figure 6).
- Une présentation orale sur l'approche « risque inverse » par le BRGM. Cette présentation n'a pu avoir lieu pour des raisons techniques et a été reportée deux fois (voir 3.1).
- Un programme d'étude (avec proposition éventuelle de sujet de thèse ou de post-doctorat) sur les incertitudes rédigé conjointement par le BRGM et

CCR. Ce point a été discuté lors de la réunion du comité de pilotage CCR-BRGM le 14 novembre 2014 mais n'a pas été formalisé. Il est prévu qu'un sujet de thèse soit proposé sur ce sujet pour la rentrée 2015.

## **3. Difficultés rencontrées et perspectives**

### **3.1. DIFFICULTES RENCONTREES**

Les principales difficultés rencontrées au cours de la réalisation du programme de travail 2014 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, mise en place des outils d'échanges de données, 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 2014.
- ▶ Présentation « risque inverse » avortée le 15/09 puis une nouvelle fois le 09/01 pour des raisons techniques (visioconférence impossible).
- ▶ Données RIL 2013 de l'INSEE : achat non prévu initialement. Un devis a été demandé à l'INSEE et le BRGM a acquis les données manquantes sur le programme 2014. Un protocole pour l'achat par CCR de la totalité des données RIL pour les programmes à venir a été mis en place et les données ont été achetées par CCR fin 2014. CCR aura dorénavant à charge de traiter les données brutes RIL et de transmettre au BRGM les résultats de ces traitements et ce afin de pour poursuivre la caractérisation de la vulnérabilité des enjeux.
- ▶ Installation de MapInfo (logiciel type SIG) en préalable de l'installation d'Armagedon dans les locaux de CCR. Prêt d'une licence et d'un support d'installation par le BRGM.

Les principales pistes d'amélioration identifiées pour remédier à ces difficultés consistent 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 2015 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.

### **3.2. PERSPECTIVES**

Sur la base des travaux menés en 2014 un programme de travail sera établi conjointement par CCR et le BRGM pour l'année 2015. Les mêmes tâches principales seront identifiées, en ajoutant une tâche portant sur le bâti industriel et agricole qui n'a pas été traité en 2014. Les scénarios de dommages seront principalement réalisés

pour des départements situés en zones sismiques mais qui n'ont pas fait l'objet de travaux spécifiques jusqu'alors. Les travaux portant sur les incertitudes et la probabilisation des événements seront continués, sans doute sous la forme de travaux de thèse.

## 4. Bibliographie

**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](http://www.brgm.fr)