



Estimation financière du risque sismique à l'échelle départementale : à l'interface entre sismologie et réassurance, travaux communs CCR-BRGM (2014-2019).

Julien Rey, Pierre Tinard

► To cite this version:

Julien Rey, Pierre Tinard. Estimation financière du risque sismique à l'échelle départementale : à l'interface entre sismologie et réassurance, travaux communs CCR-BRGM (2014-2019).. 9ème Colloque de l'AFPS: AFPS'15: "Anticiper, limiter, gérer les effets des séismes dans les territoires", Association Française de génie ParaSismique, Nov 2015, Champs-sur-Marne, France. hal-01237943

HAL Id: hal-01237943

<https://brgm.hal.science/hal-01237943>

Submitted on 4 Dec 2015

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Estimation financière du risque sismique à l'échelle départementale : à l'interface entre sismologie et réassurance, travaux communs CCR-BRGM (2014-2019). Financial estimation of the seismic risk at the French “département” level: in the interface between seismology and reinsurance, common works CCR-BRGM (2014-2019)

Julien Rey* et Pierre Tinard**

* BRGM, 3 avenue C. Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2

j.rey@brgm.fr

** Caisse Centrale de Réassurance, 157, boulevard Haussmann, 75008 PARIS, France

ptinard@ccr.fr

RÉSUMÉ.

Le BRGM et la Caisse Centrale de Réassurance ont signé en juin 2014 une convention-cadre dans le but d'améliorer leur expertise multi-périls des vulnérabilités et la transformation de ces vulnérabilités en approche économique. En particulier, une étude commune a été réalisée sur une cartographie homogène et cohérente du risque sismique afin d'établir une vision probabiliste de l'exposition, en termes financiers, des territoires relevant du dispositif d'indemnisation des catastrophes naturelles. Elle se base sur une chaîne de traitements complète de modélisation : caractérisation de l'aléa, de la vulnérabilité, de l'endommagement et des coûts financiers et ceci pour les principales typologies de bâtiments : résidences, commerces, bâtiments agricoles et industriels. La méthodologie développée consiste à réaliser des scénarios de dommages départementaux et a porté en 2014 sur une quinzaine de départements parmi les plus exposés du territoire (Antilles, Pyrénées, Alpes, Alsace). Ces scénarios estiment les dommages physiques puis les pertes financières concernant, à ce jour, les habitations et petits commerces situés dans des bâtiments à vocation principalement résidentielle assurés dans le cadre du régime français d'indemnisation des Catastrophes Naturelles. Des études prospectives ont également été initiées pour estimer la vulnérabilité et les pertes financières associées spécifiques des bâtiments commerciaux, agricoles et industriels. Enfin, les partenaires souhaitant également établir un programme de recherche visant à identifier, quantifier, et enfin à propager les incertitudes dans toute la chaîne d'évaluation, un programme d'étude a été élaboré pour évaluer les incertitudes associées à ces simulations selon une approche probabiliste du risque.

ABSTRACT. The BRGM and CCR (Caisse Centrale de Réassurance) signed in June, 2014 an outline agreement with the aim of improving their expertise multi-hazards of the vulnerabilities and the processing of vulnerabilities in economic approach. In particular, a common study was performed on a homogeneous and coherent cartography of the seismic risk to establish a probabilistic vision of the exposure, in financial terms. It bases itself on a complete processing chain of modelling: characterization of the hazard, the vulnerability, the damage and the financial costs for the main typologies of buildings: dwellings, commercial, agricultural and industrial buildings. The developed methodology consists in realizing scenarios of damage at “département” level. Scenarios estimate the physical damage then the financial losses concerning, houses and small shops insured within the framework of the French regime of compensation of natural disasters. Forward studies were also introduced to estimate the vulnerability and the financial associated specific losses of the other exposures. Finally, the partners establish a research program to identify, quantify, and to propagate the uncertainties in the chain of evaluation, a curriculum was developed to estimate the uncertainties according to a probabilistic approach of the risk.

MOTS-CLÉS : scénario de risque sismique, réassurance, Cat Nat, probabiliste, vulnérabilité, financière, dommages.

KEYWORDS: reinsurance, seismic risk scenario, probabilistic, vulnerability, damage, financial.

1. Introduction

Le BRGM et la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) ont signé en juin 2014 une convention-cadre pour établir un partenariat de recherche collaborative, destiné à améliorer leur expertise multi-périls des vulnérabilités et la transformation de ces vulnérabilités en approche économique. Le BRGM et CCR ont décidé de réaliser une étude commune sur une cartographie homogène et cohérente du risque sismique afin d'établir une vision probabiliste de l'exposition, en termes financiers, des territoires relevant du dispositif d'indemnisation des catastrophes naturelles. Cette étude se base sur une chaîne de traitements complète de modélisation : caractérisation de l'aléa, de la vulnérabilité, de l'endommagement et des coûts assurés.

A terme des études seront réalisées pour estimer la vulnérabilité physique et les pertes financières pour les principales typologies de bâtiments : résidences, commerces, bâtiments agricoles et industriels. Les partenaires souhaitent également établir un programme de recherche visant à identifier, quantifier et propager les incertitudes dans toute la chaîne d'évaluation.

A ce jour, des scénarios de dommages départementaux sont réalisés afin d'évaluer les conséquences financières (biens assurés indemnisables) sur les constructions (dans un premier temps uniquement sur les bâtiments à vocation d'habitat collectif et individuel) pour une source sismique donnée, définie de façon déterministe ou probabiliste.

Depuis 2014, les conséquences d'événements sismiques ont été évaluées pour environ vingt-cinq départements parmi les plus exposés du territoire (Antilles, Pyrénées, Alpes, Alsace, PACA) mais aussi des départements moins exposés tels que Loire-Atlantique, Vendée et Saône-et-Loire et ce, à l'aide de scénarios de risque sismique en termes de dommages physiques puis de pertes financières concernant, à ce jour, les habitations et commerces situés dans des bâtiments à vocation principalement résidentielle assurés dans le cadre du régime français d'indemnisation des Catastrophes Naturelles. Des études prospectives ont également été initiées pour estimer la vulnérabilité et les pertes financières associées spécifiques des bâtiments commerciaux, agricoles et industriels. Enfin, un programme d'étude a été élaboré pour évaluer les incertitudes associées à ces simulations selon une approche probabiliste du risque.

2. Scénario départemental de risque sismique

2.1. Présentation de la méthodologie

Un scénario de risque sismique de niveau N0 ou N1 (Sedan *et al.*, 2013) est une 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.

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.

2.2. Caractérisation de l'aléa

2.2.1 Caractérisation des sources sismiques

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.

La magnitude du scénario retenu correspond à un événement de période de retour de 475 ans. Pour cela une étude de désagrégation de l'aléa sismique évalué de façon probabiliste est menée. L'évaluation de l'aléa sismique probabiliste est réalisée en mettant à jour de l'étude réalisée par GéoTer (Martin *et al.*, 2002) et qui est à la base du zonage réglementaire national. Des catalogues de sismicité homogènes en magnitude Mw et complété jusqu'à l'année 2014 ont été utilisés.

Exemple : Pyrénées occidentales

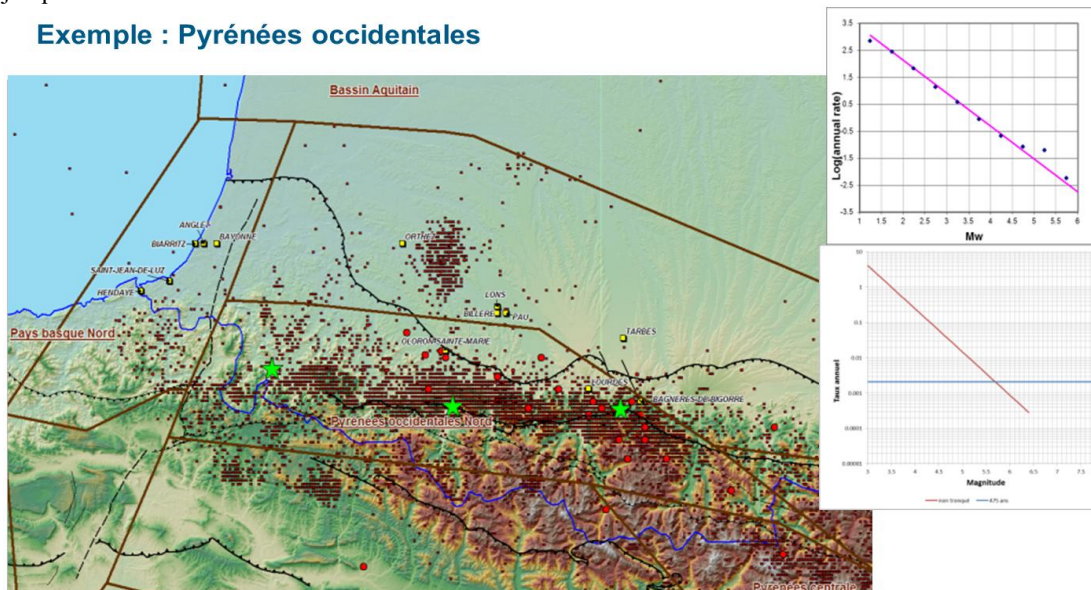


Figure 1. Exemple de caractérisation de sources sismiques pour les Pyrénées occidentales.

La profondeur et la localisation de chaque scénario retenu sont ensuite évaluées selon les connaissances des failles locales et de la sismicité instrumentale. Le séisme de scénario est placé dans une situation pénalisante soit sur un segment de faille actif au plus proche des principales agglomérations du département étudié (Figure 1).

2.2.2 Caractérisation des effets de site lithologiques

Les effets de site lithologiques considérés concernent les modifications du mouvement vibratoire dues à la présence d'une formation superficielle molle recouvrant le substratum. La méthode de prise en compte des effets de site lithologiques est la suivante :

- Sur la base des cartes géologiques (1/50 000), identification et localisation des formations superficielles, et, éventuellement, des formations plus profondes pouvant causer des effets de site ;
- Sur la base des notices des cartes géologiques, ainsi que l'interprétation de données d'ouvrages de type forages, coupes, tranchées, etc. consignés dans la Base des Données du Sous-Sol (BSS), appréciation des caractéristiques mécaniques et des épaisseurs des formations identifiées précédemment ;
- Sur la base de la classification forfaitaire des sols définie dans le cadre des Eurocode 8 et dans la réglementation parasismique nationale, classification de ces formations en classes de sol homogènes ;
- Sur la base des niveaux d'amplifications préconisés par la réglementation nationale, évaluation des coefficients d'amplification associés à chacune des classes de sol identifiées.

2.2.3 Caractérisation des effets de site topographiques

Certaines configurations topographiques pouvaient entraîner des amplifications notoires d'un signal sismique, entraînant une augmentation locale de l'intensité du tremblement de terre. Il s'agit de zones de rupture de pente, de crête, de bordure de plateau, de sommet. Ces effets de site topographiques sont dus au piégeage des ondes dans une topographie particulière ce qui peut engendrer une amplification du mouvement sismique dans des zones très locales et donc entraîner une augmentation de l'intensité du séisme

Ces amplifications topographiques sont repérées grâce au programme SUPERTAU du BRGM qui reprend le principe de calcul des anciennes règles parasismiques françaises PS92. Ce programme utilise le modèle numérique de terrain au pas de 50 mètres de la zone d'étude et calcule la valeur du τ de chaque maille. Un zonage binaire en ressort et l'on distingue alors les zones susceptibles aux effets de site topographiques (en rouge, $\tau=1,4$), des zones qui ne le sont pas ($\tau=1$).

2.2.4 Evaluation des intensités

L'évaluation des intensités associées à la sollicitation sismique retenue est enfin réalisée. Cette caractérisation de la sollicitation sismique permet de fournir les données d'entrée nécessaires à la simulation. Pour cela les caractéristiques du scénario retenu (localisation, profondeur, magnitude, mécanisme) sont précisées en entrée du code de simulation et les intensités sont estimées sur une grille de calcul en utilisant une relation d'atténuation et en prenant en compte les effets de site lithologiques et topographiques estimées pour la zone d'étude. La relation d'atténuation choisie est une relation validée pour la zone d'étude et peut être une relation directement exprimée en intensités ou à défaut une relation d'atténuation des accélérations peut être utilisée, ces accélérations étant ensuite dans un deuxième temps converties en intensités.

La carte d'intensités ainsi produite permet ainsi de reproduire la sollicitation sismique utilisée en entrée du programme d'estimation des dommages et ceci pour chaque point de la zone d'étude (voir Figure 3).

2.3. *Caractérisation de la vulnérabilité*

En parallèle de l'estimation de l'aléa doivent être identifiés les enjeux à traiter : une fois décidé le type d'enjeux, il faut inventorier et localiser les bâtiments de ce type présents sur le territoire, puis en analyser la vulnérabilité,

c'est-à-dire la plus ou moins grande résistance à une sollicitation sismique. Différents niveaux de précision sont possibles ; pour une étude départementale de niveau N0 (voir § 2.1), la localisation et la caractérisation du bâti à usage d'habitation (« bâti courant ») peuvent par exemple être conduites à partir de bases de données statistiques.

Dans le cadre de cette étude seuls les bâtiments à vocation résidentielle ont été considérés dans les scénarios. Pour cela les données INSEE RIL (Répertoire des immeubles localisés) ont ainsi été utilisées. Les données RIL viennent compléter les données IRIS de l'INSEE mais ne sont cependant disponibles que pour les communes de plus de 10 000 habitants. Cette base de données indique pour chaque bâtiment, sa localisation exacte, le nombre de logements, le nombre d'étages, le type d'habitations (habitat individuel, collectif, mixte ou de type inconnu), ainsi que l'année de construction ou de dernière modification. Ces informations permettent d'estimer des indices de vulnérabilité pour le bâti courant. Ces indices sont établis de façon statistique sous forme de pourcentage à chaque zone considérée comme homogène considérée (X% de bâtiments de classe de vulnérabilité A, Y% de classe de vulnérabilité B, ...).

2.4. Plate-forme de simulation ARMAGEDOM

Une fois la sollicitation sismique connue, d'une part, et les enjeux caractérisés, d'autre part, la simulation du scénario consiste à croiser ces deux informations pour réaliser un calcul statistique des dommages attendus pour les enjeux choisis en conséquence de l'agression sismique considérée.

L'outil utilisé pour cette simulation est le logiciel ARMAGEDOM développé par le BRGM (Sedan *et al.*, 2013). Les données nécessaires en entrée du logiciel sont des couches de données établies à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) et représentant la sollicitation sismique (estimation des intensités prenant en compte les effets de site lithologiques et topographiques, voir §2.2.4) et la vulnérabilité des enjeux (voir §2.3). Les résultats sont fournis sous forme de cartes (qui peuvent avoir différentes échelles spatiales) et de tableaux de résultats, présentant la répartition géographique attendue des dommages et éventuellement des victimes (morts, blessés, sans-abris). Les résultats peuvent être restitués sous forme de grilles (cellules de 500 mètres de côté par exemple) ou par zones considérées de façon homogène (par exemple îlots IRIS de l'INSEE). Ces résultats n'ont qu'une valeur statistique : il ne s'agit pas de prédictions du comportement au niveau de chaque bâtiment, mais ils fournissent une estimation des dommages spatialement cohérente à l'échelle du territoire impacté.

3. Données assurantielles

Dans le cadre de son activité de réassurance et par son rôle central dans le système d'indemnisation des Catastrophes Naturelles, CCR collecte auprès de ses clients, dans le cadre de relations bilatérales, des données d'exposition des enjeux assurés en France. Les données collectées permettent de caractériser environ 40 des 45 millions des biens bâtis assurés en France.

La caractérisation des biens assurés porte sur leur géolocalisation précise basée sur le référentiel BD Adresse de l'IGN, ainsi que sur l'estimation des capitaux assurés pour le bâti, le contenu et la perte d'exploitation à partir de diverses informations telles que la nature du bien assuré, son usage, sa localisation, sa superficie, son nombre de pièces, sa prime Cat Nat adossée à celle de l'assurance dommages aux biens, ou son activité au sens de la nomenclature NAF dans le cas des entreprises. Pour rappel, dans le cadre du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles, seules les pertes d'exploitation sur un bien assuré ayant subi un dommage matériel direct peuvent être indemnisées.

4. Périmètre de la modélisation des dommages

En l'état des travaux réalisés depuis 2014, seuls les bâtis à vocation résidentielle sont modélisés. Dans la pratique, il s'agit des maisons individuelles, des logements collectifs de type appartement mais aussi des commerces dits de proximité qui sont souvent localisés dans du bâti à vocation résidentielle (ex : boulangeries,

coiffeurs, banques, petits supermarchés, hôtels, etc.). Le modèle ne couvre ni les autres types de commerces situés en périphérie des zones urbaines (centre commerciaux, hypermarchés, zones d'activités commerciales), ni les bâtiments agricoles, ni les industries. Ces typologies de bâtis non modélisées à ce jour font toutefois l'objet d'études spécifiques dans le cadre des travaux conjoints menés par le BRGM et CCR d'ici l'échéance du partenariat de recherche partagée en 2019.

A ce jour, les travaux menés permettent de couvrir 6 200 communes françaises abritant environ 13 millions de personnes. Le modèle permet de caractériser l'effet de séismes sur environ 10 millions de bâtiments correspondant à environ 2 750 milliards de capitaux assurés (Tableau 1).

	Communes* avec zonage infra-communal	Communes* sans zonage infra-communal
Nombre	201	6 026
Population**	6 350 000	6 630 000
Nombre de bâtiments à vocation résidentielle	1 490 000	2 700 000
Nombre d'enjeux assurés modélisés	4 880 000	5 170 000
Capitaux assurés des enjeux modélisés	1 140 Mds €	1 600 Mds €

* à l'exception des communes situées en zone d'aléa "très faible" au sens de la réglementation

** sur la base du dernier recensement INSEE disponible, chiffres de 2012

Tableau 1. Périmètre de couverture du modèle BRGM / CCR à fin 2015.

5. Méthodologie d'évaluation des coûts assurés

Les données d'exposition des enjeux assurés sont croisées avec la distribution des dommages simulés par ARMAGEDOM pour les scénarios traités. Le passage des dommages aux coûts assurés se base essentiellement sur une approche empirique dérivée de la littérature de référence dans la mesure où la sinistralité liée aux séismes et observée en France depuis 1982, date de mise en place du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles, est assez faible et la gamme des coûts couverte par les sinistres collectés reste peu étendue (Figure 2 et Tableau 2).

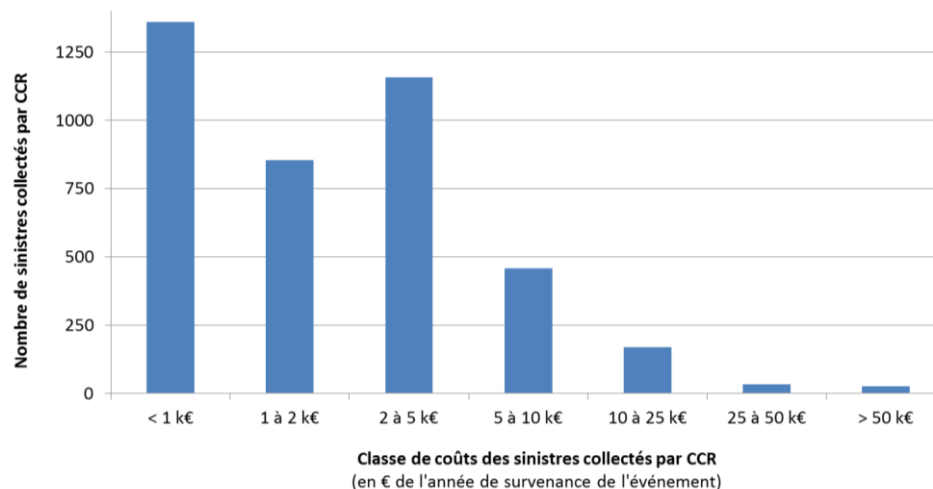


Figure 2. Distribution des coûts des sinistres liés aux séismes et collectés par CCR.

L'évaluation des coûts est réalisée en deux étapes et de façon distincte pour chacune des typologies modélisées dans le cadre de nos travaux. De plus, l'approche est différente pour les communes où un zonage infra-communal de type IRIS existe (communes de plus de 10 000 habitants) et pour les communes moins peuplées où le territoire communal correspond à une zone IRIS.

Événement	Nombre de sinistres
Martinique (972) - 2007	1 119
Annecy (74) - 1996	1 106
Les Saintes (971) - 2004	965
Rambervillers (88) - 2003	569
St-Paul-de-Fenouillet (66) - 1996	130
Laffrey (38) - 1999	35
Le Grand-Bornand (74) - 1994	32
Hennebont (56) - 2002	28
Barcelonnette (04) - 2014*	25
Autres (16 événements)	52

* Collecte de données non achevées à ce jour

Tableau 2. Principaux séismes survenus depuis la mise en place du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles (1982) et nombre de sinistres collectés par CCR et exploitables dans le modèle de coûts

Dans le cas des communes peuplées possédant un zonage infra-communal, la première étape consiste à évaluer les dommages par emprise géographique modélisée (zone IRIS) en n'exploitant que les polices géolocalisées le plus précisément possible (« Point adresse » ou « Adresse interpolée » au sens de l'IGN). Puis une extrapolation est faite par type de biens assurés pour passer de la vision ponctuelle à la vision exhaustive du nombre d'enjeux et des valeurs assurées pour chaque commune.

Dans le cas des communes moins peuplées, la totalité des enjeux assurés géolocalisés dans la commune est utilisée pour effectuer la modélisation des coûts.

A l'échelle France entière, environ 99% des enjeux assurés collectés sont localisés à une résolution au moins communale. De fait, les données utilisées pour la modélisation des coûts dans les communes <10 000 habitants correspondent à la quasi-totalité des données disponibles et les coefficients d'extrapolation sont peu limités. Pour les communes les plus peuplées, 65 à 85% des données assurantielles sont géolocalisées précisément et utilisées pour l'estimation des coûts, les coefficients d'extrapolation sont donc plus importants dans ces communes sans pour autant être déconnectés de la réalité.

Au global, pour un scénario donné, il est donc possible d'estimer les coûts selon la relation suivante :

$$\sum_{\text{communes}} \left(\left[\sum_{cov \in \{bat, cnt, pe\}} \sum_{typo \in \{MI, COL, COM\}} \sum_{i=1:5} D_{i,typo} \times C_{i,typo}^{cov} \right]_{\text{communes avec IRIS}} \times \text{Coeff_extrapolation}_{COM_IRIS} \right) + \left[\sum_{cov \in \{bat, cnt, pe\}} \sum_{typo \in \{MI, COL, COM\}} \sum_{i=1:5} D_{i,typo} \times C_{i,typo}^{cov} \right]_{\text{communes sans IRIS}} \times \text{Coeff_extrapolation}_{COM}$$

où :

$D_{i,typo}$ sont les états d'endommagement D_1 à D_5 simulés par typologie d'enjeux $typo$

$C_{i,typo}^{cov}$ sont les coefficients de passage dommages à coûts selon l'état d'endommagement, la typologie d'enjeu $typo$ et le type de couverture assurantielle cov

$typo$ est la typologie de l'enjeu (MI : maisons individuelles ; COL : logements collectifs et COM : commerces de proximité)

cov est le type de couverture assurantielle (bat : valeurs assurées du bâtiment ; cnt : valeurs assurées du contenu et pe : valeurs assurées de la perte d'exploitation)

6. Résultats

Les modélisations réalisées permettent d'ores et déjà d'établir des ordres de grandeur et de hiérarchiser les scénarios entre eux en conservant à l'esprit que certaines typologies de risques ne sont pas couvertes et contribueront *in fine* à accentuer la charge de sinistralité globale. Ces scénarios pourraient permettre au pouvoir public de dimensionner leurs réponses sur le terrain sur la base d'un scénario de référence. Ce dimensionnement pourrait porter en amont sur des mesures de prévention et de sensibilisation des populations, il pourrait aussi

aider à dimensionner la réponse de l'Etat lors de la gestion de crises mais aussi entrevoir les actions nécessaires y compris sur le plan financier afin d'assurer une résilience rapide des territoires touchés.

A titre d'exemple un des scénarios réalisés est présenté ci-dessous. L'épicentre du séisme de scénario est localisé sur la faille Nord Pyrénéenne à 7 km de Bagnères-de-Bigorre et 11 km de Lourdes et affecte principalement ces villes. Il est également situé à 20 km de Tarbes et à 45 km de Pau. Il se situe au niveau de l'épicentre du séisme de 1660 (M 5.8). La région a par ailleurs déjà été affectée par plusieurs magnitudes 5 ou plus (1752 M5.5 ; 1854 M5.3 ; 1873 M5 ; 1904 M 5.2). La magnitude choisie ($M_w=5.7$) correspond à une période de retour de 475 ans selon l'analyse probabiliste menée dans la zone sismotectonique considérée (Pyrénées occidentales Nord).

Comme l'illustre la Figure 3, la secousse touche largement les communes des départements des Pyrénées-Atlantiques, des Hautes-Pyrénées et de Haute-Garonne. Les dégâts sont généralisés dans de nombreuses communes des Hautes-Pyrénées avec localement une intensité IX qui pourrait être atteinte. Les effets de site lithologiques et topographiques parfois très localisés expliquent les variations rapides de l'intensité macrosismique entre communes limitrophes.

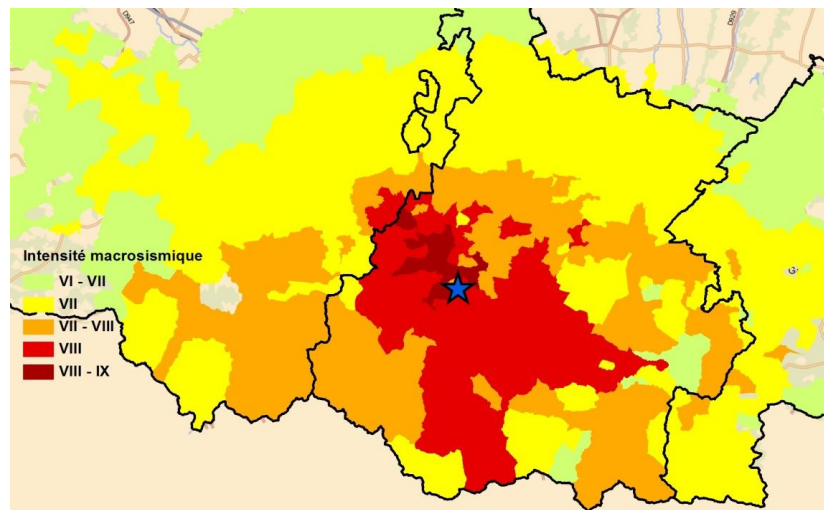


Figure 3. Carte des intensités macrosismiques simulées pour un scénario dans les Pyrénées occidentales (caractéristiques : Latitude épicentre : 43,05 N, Longitude épicentre : 0,07 E, Profondeur : 8 km, $M_w=5.7$)

Le Tableau 3 présente une vue synthétique à l'échelle départementale des conséquences sur le bâti à vocation résidentiel de cette secousse. Les dégâts de type D4/D5 sont regroupés car au sens assurantiel ils constituent des sinistres totaux (pertes = 100% des capitaux assurés) puisque les bâtiments devront être démolis, déblayés puis remplacés. Cette information est par ailleurs importante puisque les occupants de ces bâtiments sont considérés comme sans-abris et devront être pris spécifiquement en charge sur de longues périodes.

	Haute-Garonne	Pyrénées-Atlantiques	Hautes-Pyrénées
Nombre de bâtis selon l'état d'endommagement			
D1	17 350	58 000	28 700
D2	8 300	28 300	24 350
D3	2 700	10 000	14 200
D4/D5	480	2 150	5 800
Nombre de logements selon l'état d'endommagement			
D1	20 700	74 000	36 300
D2	9 900	37 300	28 400
D3	3 250	14 000	17 400
D4/D5	575	3 330	8 400
Intervalle de coûts en M€	50 à 75	340 à 450	520 à 640

Tableau 3. Synthèse à la résolution départementale de l'impact du scénario

Pour ce scénario, les coûts à charge du marché de l'assurance dans le cadre du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles, même sur un périmètre de modélisation incomplet, sont déjà significatifs et à mettre en regard d'autres événements qu'ils soient historiques comme le séisme de Lambesc en 1909, contemporains du régime Cat Nat comme Annecy en 1996 ou plus prospectif comme un séisme sur Nice tel que décrit dans les travaux RISK-UE de 2004 (Tableau 4).

Événement	Coût estimé	Source du chiffrage
Annecy 1996*	110 M€	CCR
Rambervillers 2003*	20 M€	CCR
Les Saintes 2004*	85 M€	CCR
Martinique 2007*	70 M€	CCR
Lambesc 1909**	1,8 à 2,5 Mds €	CCR
Scénario Bigorre Mw 5,7***	1 à 1,3 Md €	BRGM / CCR
Scénario Nice RISK-UE****	3 à 4.5 Mds €	RISK-UE

* coût actualisé en €2014 sauf mention contraire

** sur la base de l'exposition actuelle des enjeux assurés en France

*** pour les seuls enjeux habitations et commerces de proximité

**** RISK-UE, WP12, Synthesis of the application to Nice City, May 2004

Tableau 4. Estimations du coût assuré dans le cadre du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles pour certains séismes en France : séismes contemporains du régime Cat Nat depuis 1982, séisme historique et séismes de scénario.

7. Prise en compte du bâti commercial et industriel

7.1 Bâti commercial

Pour le bâti commercial une distinction est introduite entre les commerces de proximité qui sont considérés comme assimilables à du bâti résidentiel (voir §4) et les zones commerciales principalement péri-urbaines dont la vulnérabilité et le comportement des bâtiments sont spécifiques et qu'il convient de traiter ainsi par des scénarios de niveau N1 dédiés.

7.1.1 Commerces de proximité

Les travaux menés ont consisté en une identification des enjeux de ce type présents dans les secteurs étudiés pour le bâti à vocation résidentielle, à une intégration statistique dans les simulations de scénarios de risque et en une interprétation en termes de coût assurantiel.

Les données disponibles sur les entreprises et établissements commerciaux ont été exploitées comme 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 du fait d'un dommage direct ».

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 le bâti courant à vocation résidentielle, des matrices de passage « endommagement ⇔ taux de destruction » ont été établies 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.

7.1.2 Zones commerciales

Peu de données sont disponibles dans la littérature sur les dommages de séismes aux bâtiments des zones commerciales. Un premier travail mené 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. A l'issue de cette étude une zone supposée représentative en métropole a été identifiée, dans l'optique d'y effectuer 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). Un scénario de dommage de niveau N1 a été mené sur cette ZAC afin d'estimer les dommages associés à chaque bâtiment de la zone, avec la prise en compte de la vulnérabilité propre de chacun d'entre eux, évaluée suite à une visite de terrain.

7.2 Bâti agricole et industriel

Sur le modèle du travail mené pour les bâtiments commerciaux, un état des lieux est réalisé pour 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 permettront de développer des méthodes d'analyse de la vulnérabilité de ce type de structures très particulières afin de réaliser dans les prochaines années des scénarios de risque sismique de niveau N1 pour des zones où ce type de bâtiments sont recensés.

8. Prise en compte des incertitudes

Dans un scénario de dommage il est très important de considérer les incertitudes associées aux résultats obtenus afin de converger vers des intervalles d'estimation des coûts qui soient les plus fiables possibles. Ainsi les incertitudes associées aux simulations sont évaluées par le biais de plusieurs actions spécifiques :

- caractérisation des incertitudes liées aux scénarios choisies caractérisées par la période de retour associée aux scénarios des simulations (voir §2.2) ;
- estimations d'incertitudes réalisées dans le cadre d'une autre étude pour deux départements en zone de sismicité faible à modérée (Vendée et Saône-et-Loire) ;
- 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 ;
- élaboration conjointe par le BRGM et CCR d'un programme d'étude pour la propagation des incertitudes sur l'aléa et sur la vulnérabilité et poursuite des travaux par le biais d'une thèse qui sera initiée sur ce sujet en 2016 ;
- les coûts sont établis en propageant les incertitudes sur le dénombrement des enjeux assurés, leurs géolocalisations et leurs capitaux assurés selon deux approches usuelles dites « *top-down* » (vision marché désagrégée au niveau communal) et « *bottom-up* » (vision détaillée par bien assuré et consolidée au niveau communal).

9. Limites

Les principales limites des études réalisées sont celles déjà relevées pour ce type de simulations (Sedan *et al.*, 2008). En particulier étant donné le nombre d'enjeux considérés les simulations sont principalement réalisées au niveau N0 alors qu'un niveau N1 pourrait être plus pertinent mais ce type d'analyse est beaucoup plus consommatrice en termes de temps et de ressources et n'est donc pas envisageable à cette échelle de travail.

Concernant les enjeux toutes les typologies ne sont par ailleurs pas traitées : les bâtiments spécifiques et les réseaux sont par exemple hors du champ des analyses menées. Pour une estimation globale des coûts économiques directs et indirects il conviendrait de prendre en compte les risques systémiques inhérents à ces enjeux. Par ailleurs les études réalisées ne tiennent pour le moment pas compte d'éventuels effets induits (mouvements de terrain, tsunamis, avalanches, liquéfaction, ...) dont on sait qu'ils peuvent avoir des conséquences parfois au moins aussi importantes que les mouvements sismiques en tant que tels.

A ce jour, notre modèle de coûts ne prend pas en compte certains points spécifiques pouvant augmenter la charge finale d'un événement tel que le surcoût lié à la reconstruction des bâtiments en état d'endommagement

D4/D5 en respectant les normes parasismiques ou bien les phénomènes d'accroissements des prix des matières premières et du coût de la main d'œuvre observés lors de la survenue d'événements catastrophiques majeurs.

Notre évaluation des coûts financiers est restreinte aux seuls coûts à charge du secteur de l'assurance dans le cadre spécifique du régime d'indemnisation des Catastrophes Naturelles. Le coût global d'un événement serait évidemment bien au-delà de ce coût assuré. Les coûts économiques comprendraient en plus des coûts assurés ceux pris en charge directement par l'Etat et les collectivités lors de la gestion de crise, les remises en état des voiries et réseaux d'énergie et de télécommunications, les relogements « temporaires » parfois sur de longues périodes, les pertes de revenus au-delà de celles prises en charge via les pertes d'exploitation tels que la perte d'image, la chute d'activité touristique, les pertes de revenus sous forme de taxe pour les personnes décédées ou déplacées, les carences de fournisseurs, etc. CCR s'intéresse à l'évaluation de ces pertes économiques globales dans le cadre de travaux de recherche en partenariat avec l'ISFA Université Lyon 1.

Enfin la propagation des incertitudes associées à toutes les étapes de la chaîne d'évaluation des dommages et des coûts associés est encore très perfectible. Pour le moment seuls quelques scénarios choisis de façon déterministe sont testés et il conviendrait de prendre en compte de façon probabiliste les paramètres associés aux simulations en menant des tests de sensibilités.

10. Conclusions et perspectives

Les études de dommages sont indispensables car elles permettent en premier lieu de servir d'appui aux décideurs étatiques et aux collectivités locales. Elles permettent en outre d'avoir une vision plus complète lors d'exercices de crise et de répondre aux besoins d'estimation rapide d'impact, y compris du coût d'un événement qui viendrait de survenir. A plus long terme elles permettent d'avoir une vision des coûts probables des séismes en France et ainsi peuvent servir d'appui aux politiques de prévention.

Les principales perspectives de poursuite de ces travaux pour la période 2016-2019 consistent à réaliser des scénarios départementaux pour tous les départements de sismicité faible à forte, en développant éventuellement une méthodologie dégradée pour les départements peu sismiques. Par ailleurs une première prise en compte des effets induits concernant les dommages et les coûts associés pourrait être étudiée. Une autre piste d'amélioration consiste en l'intégration dans les scénarios des bâtis commerciaux et industriels, ainsi qu'à la prise en compte des autres bâtiments spécifiques (bâtiments administratifs, ouvrages d'arts, ICPE, réseaux). Plus largement une analyse systémique du risque devra être envisagée. Enfin un dernier chantier concerne l'intégration des incertitudes dans une méthodologie globale probabiliste concernant toute la chaîne d'évaluation depuis l'aléa jusqu'à l'estimation des coûts économiques globaux.

11. Bibliographie

- Martin C., Combes Ph., Secanell R., Lignon G., Carbon D., Fioravanti A., Grellet B. « Révision du zonage sismique de la France ; étude probabiliste ». Rapport GEOTER GTR/MATE/0701-150, 2002
- Rey J. (BRGM), Tinard P. (CCR) avec la collaboration de J. Abad, D. Bertil, D. Monfort-Climent et N. Taillefer. « 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., 2015.
- 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. « Scénario départemental de risque sismique- Méthodologie et processus de réalisation ». Rapport BRGM/RP-55415-FR, 455 p., 96 fig., 45 tabl., 25 annexes., 2008
- Sedan O., Negulescu C., Terrier M., Roullé A., Winter T., Bertil D. « Armagedom – A Tool for Seismic Risk Assessment Illustrated with Applications ». *Journal of Earthquake Engineering*, Volume 17, Issue 2, p. 253-281, 2013.