HAL
open science

Les risques majeurs et l'action publique

Héloïse Berkowitz

To cite this version:

Héloïse Berkowitz. Les risques majeurs et l'action publique. Le Libellio d'AEGIS, 2013, 9 (4), pp.13-20. hal-03543923

HAL Id: hal-03543923

https://hal.science/hal-03543923v1

Submitted on 21 Feb 2022

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.

Le Libellio *d'*AEGIS
Vol. 9, n° 4 – Hiver 2013
pp. 13-20

Les risques majeurs et l'action publique

Héloïse Berkowitz
École polytechnique

LES 24 ET 25 OCTOBRE 2013 S'EST TENU UN COLLOQUE SUR LES RISQUES MAJEURS DANS LES LOCAUX PARISIENS D'HEC, AUTOUR DU RAPPORT N° 105 DU CONSEIL D'ANALYSE ÉCONOMIQUE

Avec le réchauffement climatique, après Fukushima, la question des risques majeurs a pris une place centrale dans nos sociétés. Comment peut-on cartographier ces risques, comment peut-on les évaluer, les prévenir, comment les indemniser, et quel rôle doivent assumer les pouvoirs publics ? Paru en septembre 2013, le rapport n° 105 du Conseil d'analyse économique (Grislain-Letrémy *et al.* 2013) reprend l'ensemble de ces questions. Il se concentre sur les catastrophes naturelles, les accidents technologiques et les accidents nucléaires et présente en conclusion des recommandations visant à améliorer les régimes d'assurance et de réassurance, les plans de préventions, l'évaluation des risques, les méthodes utilisées et enfin la sûreté nucléaire.

Un risque majeur se définit par ses conséquences sociales. Il repose sur trois composantes : l'aléa qui peut être d'origine naturelle ou humaine et qui pose la question des méthodes de cartographie et d'évaluation, la vulnérabilité ou niveau de dommage qui renvoie à l'assurance, et l'enjeu qui détermine le caractère majeur ou non.

Le rapport a été présenté et ses conclusions discutées lors d'un colloque co-organisé par le GREGHEC et le CREST qui s'est tenu les 24 et 25 octobre 2013. Le texte qui suit rend compte de ces deux journées dont la première était consacrée à la présentation du rapport et à une table ronde, et la seconde à une journée d'étude.

Dans une première partie sera abordée la question des trois catégories de risques majeurs en France. Dans une deuxième partie, c'est la remise en question de l'approche de la sûreté par la catastrophe de Fukushima qui sera présentée, et enfin dans une troisième partie, de nouvelles approches économiques des risques seront proposées.

Les risques majeurs en France

Chaque type de risque a donné lieu à un examen critique par les auteurs du rapport des systèmes d'évaluation, de prévention et des régimes assuranciels en France.

Les risques naturels majeurs recouvrent les inondations, les mouvements de terrains, les séismes, les avalanches, les éruptions volcaniques, les feux de forêts, les phénomènes atmosphériques. En France, les sinistres les plus fréquents et les plus coûteux sont les inondations, les tassements différentiels[1], et les cyclones ou tempêtes. La France est l'un des rares pays pouvant garantir à chacun de ses citoyens une indemnisation en cas de sinistre causé par un phénomène naturel. Une distinction est faite entre des phénomènes naturels assurables – tempêtes, grêle, poids de la neige, gel – qui relèvent de garanties contractuelles, et des phénomènes

1. Le tassement différentiel est un mouvement d'enfoncement du sol qui n'est pas uniforme. Il peut provoquer des dislocations de maçonnerie comme l'apparition de fissures et est généralement irrémédiable.

naturels non assurables dont les dommages sont couverts dans le cadre du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles ou « régime CatNat ». Toute indemnisation au titre de ce régime est subordonnée à deux conditions nécessaires. D'une part l'état de catastrophe naturelle doit avoir été constaté par un arrêté interministériel, d'autre part les biens sinistrés doivent être couverts par un contrat d'assurance.

Wiek bei Greifswald,
Paul Adolf Seehaus (1916)

Ce système a l'avantage de garantir une indemnisation étendue en cas de catastrophe naturelle mais présente néanmoins certains défauts de fonctionnement. Tout d'abord, la limite entre catastrophe naturelle assurable et non assurable est relativement floue : à partir de quel moment une tempête devient-elle catastrophe naturelle non assurable ? Ensuite, ce régime n'incite pas à la prévention, ce qui autorise un certain aléa moral de la part des assurés. En outre, le système d'indemnisation est compliqué, les victimes de sinistres recevant plusieurs indemnités provenant de différentes sources. Mais plus profondément, le rapport s'interroge sur la viabilité de ce régime à long terme. Dans un contexte de réchauffement climatique et de multiplication historique des catastrophes naturelles, il est raisonnable de remettre en question ce mode de fonctionnement : le risque d'appel de la garantie va augmenter et les dépenses pourront devenir insoutenables pour l'État. Il n'est pas sûr que l'équilibre financier puisse être assuré à long terme.

Le rapport recommande de créer des indicateurs plus précis de la vulnérabilité aux risques naturels en France et de suivre leur évolution. Et sur le plan institutionnel, il préconise la création d'un pôle d'évaluation des risques naturels au sein du ministère du Développement Durable, et le regroupement au sein de la Direction Générale de la Protection des Risques des activités d'évaluation, de surveillance et de cartographie. Sur le plan de l'indemnisation enfin, il s'agit de redéfinir la couverture des dommages, notamment en restreignant les indemnisations pour les sinistres en zone non constructible par exemple, et de limiter les aides redondantes de l'État et des collectivités lorsque l'assurance a joué son rôle.

En matière de risques technologiques, il existe une classification des installations qui permet de définir les zones à risques (« installation classée pour la protection de l'environnement » – ICPE). La cartographie de ces zones superposée à une carte des densités de population fait apparaître l'ampleur du risque technologique tout en l'expliquant : les entreprises se sont installées aux mêmes endroits que la population, pour les mêmes justifications, typiquement le long des voies de communication et

près des débouchés commerciaux ou des bassins d'emplois, et ces deux phénomènes de polarisation spatiale se sont renforcés l'un l'autre.

Pour gérer ces risques, la loi Bachelot 2003 qui fait suite à l'accident d'AZF en 2001, a introduit les plans de prévention des risques technologiques (PPRT) sur le modèle des plans de prévention des risques naturels (PPRN) et le régime d'indemnisation dit « CatTech ». Principale différence avec le régime CatNat, l'indemnisation relève intégralement de la responsabilité privée de l'exploitant : la présence d'un établissement dangereux ou nuisible ne doit pas forcer les populations à quitter leur habitation et c'est à l'exploitant d'assumer toutes les conséquences de son activité. Le risque inhérent à un tel système reste que l'exploitant se déclare dans l'incapacité financière de procéder à l'indemnisation, ou en faillite. La loi prévoit donc que les victimes soient indemnisées directement par les assurances, à charge pour ces dernières de se retourner contre l'exploitant.

Le modèle semble bien conçu mais sa solidité n'a guère été mise à l'épreuve. Les principales améliorations de la gestion des risques technologiques consisteraient là aussi à développer des indicateurs de vulnérabilité, et à recenser l'information sur le coût de la prévention.

Enfin, pour le risque nucléaire, le rapport a choisi de retenir uniquement les accidents de centrales. Sur le territoire français on trouve 12 réacteurs arrêtés, 58 en activités, répartis dans 19 centrales, et un réacteur en construction. Les dispositifs d'évaluation et de prévention des risques nucléaires reposent sur les méthodes déterministe et probabiliste qui font l'objet de la partie suivante. D'un point de vue assuranciel, depuis la convention complémentaire de Bruxelles en 1963, le régime nucléaire est un régime spécifique de responsabilité sans faute, avec quatre tranches d'indemnisation : la première incombe à l'exploitant, la deuxième à l'État national, la troisième aux États signataires solidairement – ou parties contractantes – et la quatrième sans limite revient à l'exploitant. Les valeurs de ces tranches sont néanmoins considérées comme désuètes car le récent protocole venu les actualiser n'a pas été ratifié.

En guise de palliatif, les auteurs envisagent soit d'élever le plafond de la responsabilité des industriels du nucléaire sans attendre la ratification du nouveau régime international d'assurance, soit de créer un fonds de provisionnement abondé par les industriels et destiné à couvrir une partie du coût d'un accident. Les avis lors de la table ronde étaient relativement variables quant au mode d'internalisation du coût d'un accident possible du nucléaire. Si tous les intervenants se sont accordés à dire qu'une internalisation est indispensable vis-à-vis des autres sources d'énergie afin de pouvoir les comparer, le *modus operandi* a été en revanche débattu. Faut-il répercuter le coût d'un accident potentiel *ex ante* dans le prix de l'électricité (*pricing*) ? Auquel cas, le consommateur final va provisionner un risque hypothétique qui majorera de façon considérable le prix de l'électricité. Et sur quelles bases pourrait-on évaluer ce coût ?

D'un point de vue technique, le rapport préconise de poursuivre et d'approfondir la réflexion méthodologique entreprise avec les évaluations complémentaires de sûreté, d'étendre l'usage des Evaluations Probabilistes de Sûreté (EPS), développées en France plus tardivement qu'à l'étranger, témoignant de la résistance face à la démarche probabiliste, et de reprendre les calculs du coût de l'électricité nucléaire.

Au final, s'ils soulèvent certains enjeux techniques ou financiers – dans le cas des méthodes de modélisation des risques ou du régime CatNat par exemple – les modèles d'évaluation, de prévention et d'assurance des risques majeurs en France restent relativement consistants et bien déployés sur tout le territoire, en particulier dans le

cas du risque technologique. Les risques naturels et nucléaires sont ceux pour lesquels le plus grand nombre de critiques et de recommandations sont faites.

Les conséquences de Fukushima : la remise en question de l'approche traditionnelle de la sûreté

Fukushima est venu bouleverser l'approche traditionnelle de sûreté qui repose sur la combinaison de méthodes déterministe et probabiliste. La première est apparue dans les années 60 lorsqu'ont été construites les premières centrales nucléaires. Elle repose sur l'analyse des liens de causalité conduisant à un état de sinistre final et implique une conception des sites et une gestion selon un principe de défense en profondeur autour de critères de défaillance et de marges de sécurité. La deuxième, complémentaire et développée plus récemment, produit des scenarii d'enchaînements ou de combinaisons d'accidents afin de s'assurer que les probabilités de tel ou tel évènement restent en-dessous d'un certain seuil (10^{-6}).

La sûreté d'une centrale repose sur trois fonctions essentielles : le refroidissement du cœur, le contrôle de la réaction en chaîne, et le confinement des produits radioactifs. En France, le cœur de l'approche de sûreté est déterministe : on tient compte de l'ensemble des aléas qui peuvent se produire, et on cherche à éviter l'accident majeur par la défense en profondeur. Des dispositifs sont donc mis en place pour pouvoir assurer la sûreté de chaque fonction de la centrale quelles que soient les conditions de fonctionnement.

Les méthodes probabilistes quant à elles permettent de prendre en compte et d'évaluer la variabilité du risque et l'incertitude liée à son estimation et sont mobilisées afin de gérer un risque plus marginal – c'est-à-dire les accidents en chaîne par exemple. En France, les Evaluations Probabilistes de Sûreté ou EPS sont utilisées pour la simulation de scénarii reposant sur une liste d'événements initiateurs et permettant de mettre en évidence ou d'exclure des situations de sinistres couvrant des événements complexes et des cumuls d'événements en fonction de leur probabilité (supérieure ou inférieure à 10^{-6}). Cependant, Fukushima fait l'objet d'un retour massif d'expérience qui est en train de réviser cette doctrine de combinaison de méthodes déterministe et probabiliste, dans la mesure où la sécurité n'a pas été garantie contre un risque au final relativement prévisible dans cette zone géographique.

La catastrophe de Fukushima s'est déroulée en 5 étapes. Tout d'abord a eu lieu le séisme qui a conduit à la mise à l'arrêt des réacteurs, suivi du tsunami avec 7 vagues successives atteignant 14m de hauteur d'eau et inondant la centrale. Sur les 13 groupes électrogènes, 10 se sont retrouvés noyés, et 2 sont devenus non opérationnels, ce qui a mis 4 des réacteurs en panne électrique. Enfin ont suivi la gestion accidentelle, puis la triple fusion de cœur et pour finir la stabilisation.

Du point de vue de l'approche déterministe, le séisme de référence utilisé était de magnitude Mw 7.1 alors que le séisme de Tohuku a été de magnitude Mw 9. Quant au tsunami de référence, il était de 5.7m, tandis que le tsunami de Tohuku a atteint de 7.5 à 14m, soit une hauteur largement au-delà de celles envisagées. À noter que quelques années auparavant, des questions avaient été posées concernant la possible inondation de cette centrale mais les acteurs du secteur ne sont pas allés suffisamment loin dans l'examen de ce cas de figure et les mesures qui ont été prises à l'époque n'ont pas été suffisantes. En ce qui concerne l'approche probabiliste, les évaluations japonaises ont mesuré la probabilité du tsunami entre 10^{-6} et 10^{-4}, et la probabilité de cet accident en chaîne à $(10^{-6})^3$, soit une quasi impossibilité. Les

hypothèses de Fukushima étaient clairement fragiles : depuis 1990, 4 séismes, ou méga-séismes, ont été produits par des chevauchements géants de plaques – *mega-thrust earthquakes*. Or la sismologie japonaise était fondée exclusivement sur l'étude de ruptures locales.

Au final, c'est surtout l'hypothèse implicite d'indépendance des différents réacteurs entre eux qui était infondée. Pourtant cette hypothèse avait déjà été fragilisée lors de l'accident du Blayais en 2000 qui avait vu une dégradation possible du niveau de sûreté de l'ensemble des tranches d'un même site. On savait donc déjà que plusieurs accidents sur un même site pouvaient arriver. Il est cependant nécessaire de rappeler que Fukushima a été d'abord un risque naturel majeur : 19 000 morts sont dues à la catastrophe naturelle et non au risque nucléaire.

Les enseignements de Fukushima sont multiples et sont transférables aux risques naturels. Les risques de référence utilisés dans la méthode déterministe doivent être renforcés : en d'autres termes, les équipements et dispositifs doivent pouvoir résister à des aléas plus forts que ceux retenus jusqu'à présent, ce qui constitue une évolution du concept de défense en profondeur. De plus, la prise en compte des effets de site, c'est-à-dire d'évènements en chaîne, est incontournable, en dépit d'une faible probabilité d'occurrence. C'est dans ce cas d'évènements en chaîne que les dommages sont les plus catastrophiques. La dernière partie s'intéressera donc aux dommages et impacts économiques.

Deux nouvelles approches économiques des risques majeurs

L'équilibre du modèle classique de l'assurance et de la réassurance étant menacé par la multiplication des catastrophes naturelles et par le coût d'un risque nucléaire, deux nouvelles approches sont proposées afin d'alléger la charge que ces risques font peser sur le système.

En France, la Caisse Centrale de Réassurance – CCR – couvre la réassurance des risques de catastrophes naturelles, des risques exceptionnels liés à un transport, au nucléaire, au terrorisme, ou au crédit public – durant la crise par exemple. L'objectif de la CCR est de n'utiliser la garantie de l'État qu'en cas de sinistralité exceptionnelle et d'assurer la pérennité du régime d'indemnisation. Les périls principaux et les plus coûteux, menaçant la France et couverts par la CCR, sont les risques climatiques et géologiques. Actuellement, les tempêtes, grêles et neiges représentent 57% des dépenses en réassurance, les inondations au titre du régime CatNat 25%, et la sécheresse 16%. Or comme évoqué précédemment, le changement climatique et l'augmentation du risque d'appel de la garantie de l'État obligent à trouver des alternatives pour diminuer d'une part le montant de la prime, et, d'autre part, le coût de la réassurance.

Un nouvel instrument financier est apparu comme solution de secours lors des crises : les obligations sur catastrophes naturelles ou *Cat bonds*. Ce sont des obligations classiques assorties d'une clause de non-remboursement partiel ou total en cas de survenue de catastrophe naturelle. L'émetteur ou *sponsor* est la compagnie d'assurance ou de réassurance. Le capital levé est placé dans un véhicule de titrisation – *special purpose vehicule reinsurance* – qui prend en charge les risques transférés.

Mère et enfant au Parc, August Macke (1914)

L'investisseur perd tout ou partie de l'investissement au profit du *sponsor* et des victimes lorsque l'obligation est activée. La clause de non-remboursement de l'obligation peut être spécifiée selon le type de risque couvert – tremblement de terre, inondations, tempêtes – ou la zone géographique.

Le marché des *Cat bonds* est en plein essor. Il est passé d'une capitalisation de USD 1 milliard en 1997 à USD 15 milliards en 2012, et devrait encore doubler d'ici 2016. Les précédents de perte en capital total ont été bien gérés, comme cela a été le cas avec Kamp Re 2005 ltd émise par Zurich Financial dont le capital a été perdu suite à Katrina, ou *Cat bond* Muteki 2008 émise par Munich Re, dont le capital a été perdu suite à Fukushima. Les *Cat bonds* sont plus appropriées pour les segments du marché de réassurance où les risques sont fortement corrélés, où le risque de défaut est élevé (Lakdawalla & Zanjani, 2012). Cette titrisation pourrait être un complément – comme le fait l'État californien notamment – à l'assurance et la réassurance, et pas seulement une alternative lorsque le secteur est en crise. En effet, son utilisation permet d'alléger le système assuranciel dans la mesure où une partie de la couverture du risque est transférée *via* les *Cat bonds*, et conduit donc de fait à une réduction de la prime d'assurance.

Avec le nucléaire, les enjeux économiques sont plus problématiques à cause de l'irréductible ambiguïté à laquelle ce risque est lié. Traditionnellement, la prise en compte de l'ambiguïté dans les décisions publiques repose sur le théorème d'Arrow-Lind (1970) selon lequel lorsqu'un risque peut être réparti sur un grand nombre d'individus, la prime de risque agrégée est nulle (Arrow & Lind, 1970). C'est ce qui définit le partage des risques. Ce théorème postule cependant les hypothèses cruciales suivantes : une mutualisation parfaite des risques est effectivement possible, il n'existe pas de corrélation entre le risque et la richesse agrégée, ni d'effet catastrophique de ce risque, la distribution de probabilité est parfaitement connue et il n'y a pas d'effet intergénérationnel, c'est-à-dire sur le long terme. Or ces hypothèses ne sont pas vérifiées dans le cas du risque d'accident nucléaire. En effet, ce risque, de nature catastrophique évidente, avec des effets de très long terme, est imparfaitement mutualisable, ce qui est lié à la complexité et la non-uniformité de certains dommages notamment liés aux effets sur la santé – effets qui diffèrent selon la distance par rapport à l'accident.

En conséquence, Eeckhoudt, Schieber et Schneider (2000) ont montré que, dans le cas d'un accident nucléaire, la prime de risque est d'autant plus sensible au degré d'aversion au risque dès l'instant où il n'y a pas d'harmonisation parfaite – à cause de la disparité des effets par rapport à la distance, comme cela a été mentionné. Dans ce contexte, la prime de risque du nucléaire est donc nécessairement très élevée. C'est pourquoi la généralisation d'instruments financiers tels que les *Cat bonds* serait avantageuse dans la mesure où elle permettrait précisément de réduire la prime, et de décharger le système assuranciel.

Une autre approche économique possible passe par une analogie entre accident nucléaire majeur et crises financières systémiques – analogie rendue possible grâce à leurs effets sur l'économie réelle qui dépassent les dommages directement liés à l'événement déclencheur. Les évènements systémiques sont définis ainsi par le *Financial Stability Board* – FSB :

> This paper defines systemic event broadly. In particular, it is the disruption to the flow of financial services that is (i) caused by an impairment of all or parts of the financial system; and (ii) has the potential to have serious negative consequences for the real economy. (FSB, 2009, p. 5)

En ce sens, la nouvelle réglementation bancaire donne une place centrale à la régulation du risque systémique, ce qui passe par une augmentation des contraintes sur la structure des actifs détenus par les banques, des ratios de liquidité élevés, etc. La fréquence (Three Miles Island, Tchernobyl, Fukushima) et l'ampleur des conséquences environnementales et économiques de certaines de ces catastrophes nucléaires invitent à rapprocher les deux notions de risque nucléaire et risque financier.

Ainsi, sur le modèle de la régulation bancaire, l'internalisation du coût du risque nucléaire pourrait passer par l'accroissement de la responsabilité des opérateurs, associée à diverses formes de provisionnement des risques. À l'instar des banques, les opérateurs nucléaires pourraient par exemple être contraints à un accroissement de capital et de liquidité. Cela reviendrait à rendre apparent un coût caché qui est aujourd'hui supporté par la collectivité sans être imputé à l'activité qui se trouve à l'origine du risque.

Ainsi, les risques majeurs posent des enjeux économiques pour l'assurance et la réassurance. La généralisation des *Cat bonds* et la recapitalisation des opérateurs du nucléaire pourraient être deux solutions viables complémentaires au système actuel.

Conclusion

La société est en demande d'une réponse continue voire accrue sur la prévention des risques majeurs. En France, le système de cartographie, d'évaluation, de prévention, d'assurance et de réassurance des risques majeurs est largement développé sur tout le territoire et permet une couverture étendue de la population – qu'il s'agisse de la prévention ou de l'indemnisation par exemple. De multiples recommandations ont été faites pour améliorer ce système, mais ce sont surtout les approches de sûreté qui sont remises en cause. En effet la prise en compte de l'incertitude est méthodologiquement problématique. Comment affecter une probabilité à un risque ou plusieurs risques dans un système complexe – combinaison d'un séisme, d'un tsunami et d'un accident nucléaire par exemple ? Le risque n'est pas un objet bien délimité dont le contour est accessible à la certitude scientifique : il convient d'intégrer dans l'objet « risque » le niveau de connaissance du problème étudié, et ses limites. La prise en compte des incertitudes s'est faite jusqu'à présent suivant les deux modes complémentaires décrits : les approches déterministe et probabiliste. La méthode déterministe consiste en une défense dite en profondeur contre des évènements majeurs connus. L'approche probabiliste, quant à elle simule, des scénarios comprenant des enchaînements d'évènements, dont elle mesure les probabilités afin de tester la robustesse des installations face à l'aléa. Mais les hypothèses fondamentales qui conditionnent de façon profonde les résultats de ces méthodes peuvent être remises en cause très sérieusement par les sinistres. Fukushima a montré que les systèmes de sauvegarde présentaient un défaut de robustesse et que l'évaluation du risque séisme et tsunami avait été inadéquate. En d'autres termes, deux hypothèses principales se sont révélées infondées : la suffisance des marges de sûreté et l'indépendance des niveaux de défense. Enfin sur l'assurance et la réassurance, si les régimes français permettent une large couverture de la population, l'équilibre financier futur doit être renforcé par une utilisation d'instruments financiers de type obligations, et par la recapitalisation des opérateurs dans le cas du risque nucléaire.

La table ronde et la journée d'étude

La table ronde qui a suivi la présentation des conclusions du rapport par ses auteurs a été l'occasion d'écouter Anne Blondy-Touret (Ministère de l'économie et des finances), Thierry Charles (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire ou IRSN), Christophe Delcamp (Fédération Française des Sociétés d'Assurances ou FFSA), Xavier Estrebelle (Ministère de l'écologie), Christian Gollier (Ecole d'économie de Toulouse), Géraud Guibert (Cour des comptes), Marc Jacquet (Ministère de l'écologie) et Laurent Montador (Caisse Centrale de Réassurance ou CCR).

La journée d'étude du 25 octobre a mis en présence des ingénieurs et des économistes du risque sur deux thèmes principaux : l'expertise technique des risques majeurs et l'analyse économique des risques majeurs. Le premier atelier a été l'occasion d'entendre Antoine Quantin (CCR), Éric Chojnaki (IRSN), Reza Lahidji (GREGHEC) et Cédric Peinturier (Ministère de l'écologie). Les intervenants du second étaient Pierre Picard (École polytechnique), Bertrand Villeneuve (Université Paris-Dauphine), Céline Grislain-Letrémy (CREST et Université Paris-Dauphine), André Schmitt et Sandrine Spaeter (Université de Strasbourg) et Christian Gouriéroux (CREST et Université de Toronto).

Références

Arrow Kenneth J. & Lind Robert C. (1970) "Uncertainty and the evaluation of public investment decisions", *American Economic Review*, vol. 60, n° 3, pp. 364-378.

Eeckhoudt Louis, Schieber Christian & Schneider Thierry (2000) "Risk aversion and the external cost of a nuclear accident", *Journal of Environmental Management*, vol. 58, n° 2, pp. 109-117.

Financial Stability Board (FSB) (2009) "Guidance to assess the systemic importance of financial institutions, markets and instruments: initial considerations", Report to G20 Finance Ministers and Governors.

Grislain-Letrémy Céline, Lahidji Reza & Mongin Philippe (2013) *Les risques majeurs et l'action publique,* Paris, La Documentation Française (Rapport du Conseil d'analyse économique).

Lakdawalla Darius & Zanjani Georges (2012) "Catastrophe bonds, reinsurance, and the optimal collateralization of risk transfer", *Journal of Risk Insurance*, vol. 79, n° 2, pp. 449-476 ■

Gartentor, August Macke (1914)