

## Vulnérabilité financière face aux « risques à grande échelle » : la parole est à la première industrie au monde

**Il y a toujours eu des catastrophes mais les données établies ces quinze dernières années sont formelles : les événements destructeurs de grande échelle sont de plus en plus nombreux et leur coût va croissant. Une évolution qui pose de manière nouvelle les enjeux de la vulnérabilité face à ces nouveaux risques et questionne un aspect très particulier de leur gestion, celui de la couverture financière. En d'autres termes, qui doit payer pour les conséquences économiques et sociales de telles catastrophes ? Quel partage de risques ? Par quels mécanismes ? Le rôle et la responsabilité de la sphère privée, assureurs et réassureurs, mais aussi ceux des gouvernements.**

par Erwann MICHEL-KERJAN (1), *The Wharton School of Finance (États-Unis) et Ecole polytechnique (France)*

« Il n'y a pas de solution de marché au problème de la Nouvelle-Orléans ». Ces mots singuliers, prononcés quelques semaines après le passage dévastateur de l'ouragan Katrina aux États-Unis, résument bien les nouveaux enjeux de couverture financière posés par la survenance de sinistres de grande échelle plus nombreux, aux effets dominos plus globaux, et extrêmement coûteux.

Pas de solution de marché ? Qu'entend donc ici le très respecté professeur Thomas Schelling, 85 ans, dernier lauréat du Prix Nobel d'Économie ? Certainement que la « rationalité économique », telle que définie par les économistes, commanderait de ne pas reconstruire la ville dévastée. Mais la ville le sera, du moins en partie. Elle sera reconstruite grâce aux remboursements des compagnies d'assurance et à l'aide gouvernementale déjà octroyée : à ce jour, plus de 110 milliard de dollars au total. A titre comparatif, cela représente plus du tiers du budget de l'État français cette année.

L'ouragan Katrina constituait pourtant un scénario bien connu et maintes fois analysé. En décembre 2003, la Maison Blanche publiait la directive présidentielle connue sous le nom de « HSPD 8 » (*Homeland Security Presidential Directive on National Preparedness*). Celle-ci établit une liste de quinze scénarios de catastrophes jugées particulièrement déstabilisantes pour le pays, afin de définir des stratégies de préparation nationale spécifiques. La liste inclut l'occurrence d'un ouragan majeur sur les côtes du Golfe de Mexico. Un an plus tard, en octobre 2004, le *National Geographic* tirait la sonnette d'alarme sur l'hyper-exposition au risque d'ouragans de la Nouvelle-Orléans, qui est, à 80 %, située sous le

niveau de la mer. Le magazine décrivait un scénario de catastrophe de grande ampleur, tout à fait plausible, qui conduirait à une « véritable calamité » et à la « plus grande catastrophe naturelle de l'histoire des États-Unis » (2). Le scénario se réalisait dix mois plus tard, dans les conditions que l'on connaît. C'est là une des caractéristiques des catastrophes : avant qu'elles ne surviennent, personne n'y croit (« cela n'arrive qu'aux autres ») ; quand elles sont survenues, le registre devient « tout le monde le savait, pourquoi personne n'a rien fait, c'est inacceptable ». La catastrophe n'est simplement pas crédible avant qu'elle ne se réalise (3).

Pourtant, en l'espace de quelques heures, l'ouragan qui s'est abattu sur les États-Unis le 29 août 2005 a engendré près de 200 milliards de dollars de dégâts économiques. Fait rarissime aux États-Unis, on déplore 1 300 décès ; et plus d'un million et demi de personnes ont été déplacées, un record inégalé depuis la grande dépression. Le gouvernement fédéral a octroyé quelques 70 milliards d'aide d'urgence, un autre record (4). Entre 35 et 45 milliards de dollars seront payés par les assureurs, faisant de cet événement la catastrophe la plus coûteuse de toute l'histoire de l'assurance et de la réassurance mondiale.

Katrina confirme ainsi une nouvelle échelle dans la notion de catastrophe. L'événement est en effet survenu juste deux semaines avant la commémoration des attaques terroristes contre les États-Unis, le 11 septembre 2001, qui tuèrent plus de trois mille personnes. Ces méga attentats occasionnèrent près de 34 milliards de dollars de remboursements d'assurance, les deux tiers desquels payés par les réassureurs, la plu-



© Magnum distribution/MAGNUM PHOTOS

part d'entre eux européens. Sans doute est-ce là d'ailleurs un aspect qui a été quelque peu sous-estimé de la globalisation des activités financières : pour le monde de l'assurance, le 11 septembre a d'abord été une catastrophe européenne. Et les attentats meurtriers dans les transports publics de Madrid le 11 mars 2004 et ceux de Londres, le 7 juillet 2005, ont tragiquement rappelé que la menace terroriste, malgré une collaboration internationale anti-terroriste accrue à laquelle la France a très largement participé, faisait désormais partie intégrante de notre environnement ; qui plus est, que la nature de la menace avait radicalement changé en l'espace de vingt ans. Des scénarios d'attaques qui engendreraient des conséquences financières plus importantes encore sont aujourd'hui jugés plausibles.

A eux deux, ces événements illustrent combien le spectre des risques de catastrophes s'est modifié ces dernières années : de risques locaux et relativement bien connus, vers des vulnérabilités nouvelles face à des désastres beaucoup plus globaux, extrêmement coûteux et difficilement quantifiables. Sans doute est-ce d'ailleurs ce changement d'échelle (5) qui caractérise le mieux ce qu'il convient aujourd'hui d'appeler les *nouveaux risques* (6). Cette récente perspective doit nous alerter. Elle pose de manière nouvelle les enjeux de vulnérabilité face à ces « risques à gran-

de échelle » (7) et questionne le rôle des secteurs public et privé (au premier rang desquels les assureurs et réassureurs) à garantir une protection physique et financière adéquate contre de tels événements. Cela est vrai des grandes catastrophes naturelles sur lesquelles le présent article porte plus particulièrement, comme de la nouvelle menace du terrorisme de masse (8).

Cet article se concentre sur un aspect très particulier de la gestion des événements extrêmes : celui de leur couverture financière. En d'autres termes, qui doit payer pour les conséquences économiques et sociales de telles catastrophes ? Quel partage de risques ? Par quels mécanismes ?

Avec plusieurs décennies d'un essor fantastique de l'industrie des services, le secteur de l'assurance a lui-même suivi cette évolution pour devenir aujourd'hui la première industrie au monde en termes de revenus générés par son activité (9). Je me concentrerai ici sur le rôle joué par l'infrastructure d'assurance et les nouveaux enjeux que ces événements extrêmes posent pour cette industrie.

L'article s'articule autour de quatre sections. Après cette première section introductive, la seconde section discute les fondements de l'assurance et la notion économique d'assurabilité des risques. La troisième sec-

tion met en évidence le changement radical dans l'échelle des catastrophes survenues au cours des dix dernières années. La section suivante discute plusieurs éléments d'explications possibles à ce changement. Enfin, la dernière section introduit la question quelque peu controversée du changement climatique, et son impact sur l'industrie de l'assurance, notamment en termes d'accès au capital.

### L'assurance, séculaire et omniprésente

Dans la plupart des pays industrialisés, l'assurance est l'un des outils principaux utilisés pour gérer le risque (10). Sans cette possibilité de transférer des risques aux compagnies d'assurance (elles-mêmes transférant tout ou partie de cette exposition aux compagnies de réassurance ou aux marchés financiers qui opèrent à une plus large échelle encore au niveau mondial), de nombreuses activités n'auraient certainement pas eu le même développement que celui qu'on leur connaît. Historiquement, on peut distinguer deux types d'assurances. D'une part, l'assurance est mutualiste quand il s'agit de protéger contre un même aléa les membres d'une même communauté (11). D'autre part, l'assurance peut également être beaucoup plus individualiste; il s'agit alors de se protéger soi-même, ou son entreprise, contre un aléa aux conséquences financières lourdes, et qui concerne l'assuré indépendamment des risques encourus par les autres assurés.

Le prix de l'assurance peut être alors un bon indicateur du niveau de risque de certaines activités. Par exemple, il paraît normal qu'un jeune conducteur, encore inexpérimenté, paie une prime d'assurance plus élevée – toutes choses égales par ailleurs – qu'un conducteur ayant conduit régulièrement son véhicule au cours des vingt dernières années sans un seul accident. De même, les fumeurs ou les praticiens de sports dits à hauts risques, comme l'escalade, paient une prime d'assurance vie supérieure à d'autres, leur niveau de risque étant *a priori* plus élevé que la moyenne. Dans ces deux cas, la démarche de partage de risque *ex ante* contre le paiement d'une prime prédéterminée repose sur une bonne connaissance du risque associé à ces activités (assurance automobile, assurance vie), car il existe de nombreuses données historiques sur les sinistres.

Pour beaucoup d'actuaire, une limite importante à l'établissement d'un marché d'assurance pour couvrir un type de risque particulier est la non-applicabilité de la loi dite des grands nombres, laquelle garantit aux assureurs un niveau d'indemnisation à payer à peu près certain (12). Cette loi, dans sa forme actuelle, appliquée à l'assurance, peut s'énoncer comme suit : pour une série de variables aléatoires dont la corrélation ne dépasse pas certaines limites, la variance de la moyenne devient aussi petite qu'on le souhaite pour autant que le nombre de variables soit suffisamment grand. Ainsi, pour l'assurance, plus le nombre des contrats

agrégés est grand, plus il autorise, toutes choses égales par ailleurs, une perspective de prévision certaine en moyenne (13).

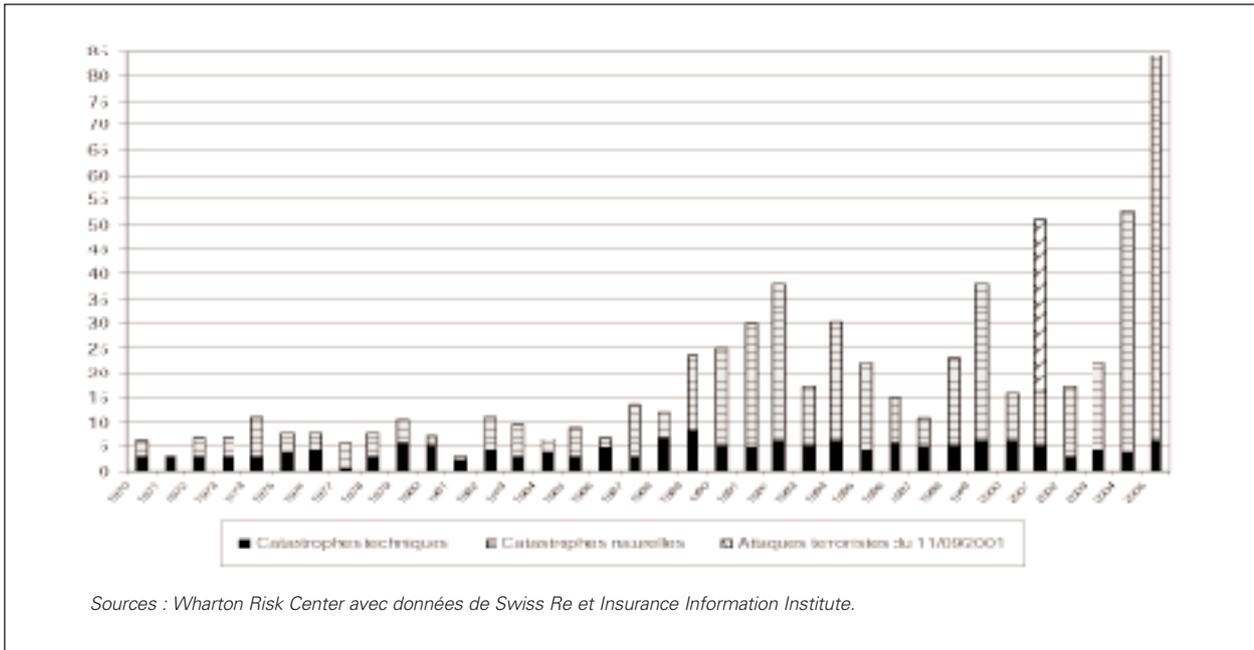
L'un des enjeux centraux du financement des risques catastrophiques est de déterminer une démarche similaire de partage de risque, mais pour des événements aux potentialités extrêmes et, relativement, bien moins fréquents. Précisément, ces deux facteurs posent de réelles difficultés pour les assureurs.

En effet, en simplifiant, deux conditions doivent être vérifiées pour qu'un risque soit jugé assurable. La première est la capacité d'identifier et de quantifier (ou d'estimer au moins partiellement) la probabilité de survenance de l'événement, ainsi que les montants des pertes associées au sinistre, s'il survient. La seconde est la capacité d'établir des niveaux de prime qui reflètent les niveaux de risque (limitant ainsi le phénomène de sélection), et qui soient jugés acceptables par les assurés. Si ces deux conditions sont vérifiées, le risque peut alors être considéré comme assurable. Néanmoins, cela ne veut pas dire qu'il s'agisse d'une activité profitable pour une compagnie d'assurance, qui peut toujours décider de ne pas le couvrir. C'est notamment le cas s'il est impossible d'établir un niveau de prix de couverture pour lequel l'assureur aura une demande et un revenu suffisants pour couvrir les coûts inhérents à son activité (développement, *marketing*, collecte des primes, indemnisations), et conduisant à un niveau de profit jugé suffisant. Dans ce cas, l'assureur peut préférer ne pas couvrir certains risques, d'individus ou de firmes, sauf à y être obligé par la loi.

Dans un tel contexte, l'analyse des risques à grande échelle, tels que les grandes catastrophes naturelles ou le terrorisme de masse, doit être abordée de manière très particulière. Le développement économique et social d'un pays ou d'une région repose sur l'accès continu aux besoins essentiels. Or, de tels événements catastrophiques sont capables d'infliger, en l'espace de quelques heures, des pertes humaines et financières considérables, avec des répercussions sociales irréversibles, constituant alors une limite importante au développement des secteurs d'activité touchés.

De plus, de tels risques à grande échelle, ou encore les interactions entre ces différentes catégories de risque, ont également les attributs essentiels de maux collectifs, au sens de la théorie économique de non-rivalité et de non-exclusivité : chacun est potentiellement menacé, et la menace qui plane sur les uns ne diminue pas forcément la menace qui plane sur les autres. Enfin, ces risques posent de réelles limitations aux assureurs pour qui ils constituent un potentiel de pertes très importantes qui pourraient les conduire à la ruine, et sont à la fois très incertaines et ambiguës (au sens de l'*incertitude* et de l'*ambiguïté* dans la théorie de la décision).

Pour ces raisons, la création et l'implémentation d'une couverture financière adéquate de ces événe-



ments constitue de plus en plus un élément d'intérêt national qui dépasse la seule sphère de l'industrie de l'assurance (14).

**Reconnaître un changement radical dans l'échelle des sinistres**

J'entends encore, ici et là, que les catastrophes ont toujours existé, et donc qu'il n'y aurait pas de quoi s'en préoccuper plus qu'auparavant. Cette position, pour dire le moins, m'interpelle. Certes, les catastrophes ont toujours existé. Cependant, les données établies au cours des quinze dernières années, tant pour les catastrophes naturelles que pour les actes de terrorisme, sont formelles : les événements destructeurs de grande échelle sont bien plus nombreux qu'auparavant.

Quelques données chiffrées ? La figure 1 décrit l'évolution des pertes assurées liées à des catastrophes dans le monde de 1970 à 2005 (prix indexé 2005). On peut observer une relative stabilité entre 1970 et le milieu des années 80, autour de remboursements d'assurance de 3 ou 4 milliards de dollars par an. Dans les années 90, l'échelle est largement modifiée : 17 milliards en 1991, 30 milliards en 1992 (l'ouragan Andrew a infligé à lui seul 21 milliards de dommages assurés), et 25 milliards de dollars en 1999. En France, les tempêtes Lothar et Martin ont engendré à elles seules plus de 7 milliards de remboursements d'assurance. Avec l'occurrence de catastrophes particulièrement dévastatrices, les cinq dernières années ont ouvert une nouvelle ère dans l'échelle des conséquences auxquelles les assureurs doivent aujourd'hui faire face. Après 2001, un nouveau record est atteint en 2004 : selon les études économiques de la compa-

gnie suisse de réassurance (Swiss Re), aujourd'hui premier réassureur au monde (15), les catastrophes naturelles ont causé cette année-là 49 milliards de dollars de pertes assurées. Puis 2005 est un nouveau record : rien que pour les États-Unis, ce sont plus de 55 milliards de dollars de remboursements d'assurance suite à des catastrophes naturelles, soit le double de 2004, le précédent record aux États-Unis (27,5 milliards).

Le tableau 1 décrit les vingt catastrophes les plus coûteuses pour le secteur de l'assurance mondiale entre 1970 et 2005 (toute origine). Les montants sont donnés en prix indicés 2005 (corrégés de l'inflation) de façon à permettre une comparaison objective. Plusieurs remarques peuvent être faites ici. D'abord, parmi ces 20 catastrophes survenues au cours des 35 années passées, 18 ont eu lieu depuis 1990, et 10 d'entre elles – soit la moitié – entre 2001 et 2005 (16).

Ainsi, si les catastrophes ont toujours existé, elles ont radicalement changé d'échelle. A eux seuls, les attaques du 11 septembre 2001 à New York, Washington et en Pennsylvanie, et l'ouragan Katrina, ont occasionné autant de remboursements d'assurance que l'ensemble des catastrophes naturelles survenues entre 1970 et 1985 dans le monde cumulées (en prix indexé tenant compte de l'inflation). Ces catastrophes ont aussi démontré la fragilité d'un axiome de l'application de la loi des grands nombres : l'indépendance des risques. En effet, des lignes aussi diverses que la couverture dommage commerciale, résidentielle, automobile, l'assurance maladie et vie, la perte d'activité, la responsabilité, la couverture du transport aérien, l'événementiel, etc., ont été touchées simultanément.

*Pertes économiques versus pertes assurées*

#	Milliards de dollars (prix indexé 2004)	Événement	Victimes (décès et disparus)	Année	Pays
1	45	Ouragan Katrina	1,281*	2005	États-Unis
2	32.4 (17)	Attentats du 11/09/2001	3,025	2001	États-Unis
3	22.30	Hurricane Andrew	43	1992	États-Unis, Bahamas
4	18.40	Séisme - Northridge	61	1994	États-Unis
5	11.70	Ouragan Ivan	124	2004	États-Unis, Caraïbes <i>et al.</i>
6	10.00	Ouragan Rita	34	2005	États-Unis
7	10.00	Ouragan Wilma	35	2005	États-Unis, Mexico <i>et al.</i>
8	8.30	Ouragan Charley	24	2004	États-Unis, Caraïbes <i>et al.</i>
9	8.10	Typhon Mireille	51	1991	Japon
10	6.9	Tempête Daria	95	1990	France, UK <i>et al.</i>
11	6.8	Tempête Lothar	110	1999	France, Suisse <i>et al.</i>
12	6.6	Ouragan Hugo	71	1989	Puerto Rico, États-Unis
13	5.2	Ouragan Frances	38	2004	États-Unis, Bahamas
14	5.2	Tempêtes / inondations	22	1987	France, UK <i>et al.</i>
15	4.8	Tempête Vivian	64	1990	Europe
16	4.7	Typhon Bart	26	1999	Japon
17	4.2	Ouragan Georges	600	1998	États-Unis, Caraïbes
18	4.1	Ouragan Jeanne	3,034	2004	États-Unis, Caraïbes <i>et al.</i>
19	3.7	Typhon Songda	45	2004	Japon, Corée du Sud
20	3.5	Tempête Alison	41	2001	États-Unis

Tableau 1. Les 20 catastrophes mondiales les plus coûteuses pour l'assurance, 1970-2005.

Gardons aussi à l'esprit que la mesure « dommages assurés » ne reflète jamais que partiellement l'étendue des dégâts occasionnés par une catastrophe. Elle ne suffit donc pas toujours à rendre compte de l'échelle de la déstabilisation. Par exemple, le tremblement de terre de Kobe, en 1995, a occasionné seulement 3 milliards de dollars de pertes assurées. Je dis « seulement » parce que le coût total du sinistre est estimé à plus de 110 milliards (un ratio pertes économiques/pertes assurées de plus de 35). A cette époque, la couverture d'assurance y était extrêmement réduite. Les grandes inondations de 1996 en Chine ont occasionné plus de 24 milliards de dollars de dommages économiques, dont moins de 500 millions étaient assurés (un ratio pertes économiques/pertes assurées de plus de 50). Deux ans plus tard, en 1998, d'autres inondations y engendraient près de 30 milliards de dollars de dommages, dont un milliard était assuré (ratio de 30). Dans les pays industrialisés où la couverture d'assurance est plus répandue, et les mesures de prévention en place d'ordinaire plus efficaces, ce ratio tend à diminuer significativement, évoluant selon les événements et les pays entre 2 et 5.

Au cours des dernières décennies, l'évolution des pertes économiques liées aux « grandes catastrophes » (18) a, en fait, suivi une croissance plus importante encore que celle des seules pertes assurées. D'après la Munich de Réassurance (Munich Re), ces pertes ont évolué comme suit : 45 milliards de dollars (1950-59), 80,5 milliards (1960-69), 148 milliards (1970-80), 228 milliards (1980-89) et 704 milliards pour la décennie 1990-1999. Et cette croissance fulgurante se poursuit (Munich Re, 2005) (19). Uniquement pour l'année 2004, ce sont 120 milliards de dollars, et l'année 2005 a vu ce montant plus que doubler pour atteindre un niveau de destruction jamais atteint auparavant : les pertes économiques dues aux catastrophes naturelles dans le monde en 2005 sont évaluées à 230 milliards de dollars, dont 83 milliards assurés (Swiss Re, 2006) (20).

Des scénarios de catastrophes naturelles actuellement à l'étude montrent qu'un tremblement de terre majeur à San Francisco ou Tokyo, ou une tempête de forte intensité sur la côte Est des États-Unis pourraient causer des dégâts assurés avoisinant, voire dépassant selon les cas, les 100 milliards de dollars. Comme je l'ai mentionné plus haut, nous parlons ici de l'équiva-

lent du tiers du budget de l'État français en 2006. A l'échelle française, le risque sismique dans la région de Nice, même si il est *a priori* bien plus faible que d'autres régions comme le Japon ou la Californie, demeure bien réel (21).

Au cours de l'année académique 2005-2006, un groupe d'élèves de la promotion 2004 de l'Ecole polytechnique, dont j'ai eu plaisir à être le tuteur, ont effectué leur projet scientifique collectif sur la gestion de crise et la couverture financière de Katrina. Dans le contexte français, ils ont pu conduire une série d'interviews avec plusieurs responsables travaillant sur ces questions, ici, en France. Si beaucoup a été dit dans les médias français du manque d'anticipation et de préparation des responsables américains et des populations vis-à-vis du risque bien connu d'un ouragan touchant la Louisiane, il n'est pas certain que la France soit beaucoup mieux préparée à faire face à un tremblement de terre de grande ampleur dans la région Paca. Comme ils interrogent clairement dans leur rapport final en tirant la sonnette d'alarme : « Séisme en région Paca : le Katrina français ? » (22).

Au-delà des impacts économiques, chaque catastrophe constitue avant tout une tragédie humaine. Par exemple, quand des événements naturels extrêmes touchent des pays où les mesures de protection sont quasi nulles ou inefficaces, mais les concentrations humaines élevées, ces sinistres se transforment très vite en véritables hécatombes humaines. Ainsi des inondations au Venezuela en 1999 qui firent 50 000 victimes, du séisme de Turquie la même année, ou de celui dans le Gujarat (Inde et Pakistan), en janvier 2001, qui fit 15 000 morts. Plus près de nous, le tsunami du 26 décembre 2004 dans le Sud-Est asiatique a tué près de 280 000 personnes, selon les dernières estimations officielles (23).

### La question de l'attribution

Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ce changement radical dans l'échelle des catastrophes (ou *super-cat*). Certaines ont directement trait à des phénomènes socio-économiques tels que l'urbanisation grandissante, d'autres à la croissance forte des valeurs dans des zones exposées. Une autre, complé-



© Steve Hekber/AP-GAMMA

*Au-delà des questions pressantes de retour sur investissement, la première industrie au monde n'a jamais cessé, au travers des siècles, de jouer un rôle de cohésion sociale fort. Mais jusqu'où ? Pour quels bénéfices ? A quel prix ? Et avec quelle*

mentaire, fait l'objet de bien plus de controverses dans la communauté scientifique et les milieux d'affaires : l'impact possible du changement climatique. Discutons maintenant chacune de ces trois composantes.

### *Plus fort degré d'urbanisation*

Un événement naturel de grande ampleur ne devient une catastrophe que lorsqu'il touche des zones fortement peuplées et/ou industrialisées. Un facteur qui affecte directement les conséquences de tels événements est donc la croissance de la population dans des zones urbaines exposées (à la fois en termes absolu et relatif). En 1950, 30 % de la population mondiale (alors 2,5 milliards de personnes) vivait dans les villes, contre 50 % (alors 6 milliards de personnes) en 2000. Les projections faites par l'Organisation des Nations unies indiquent qu'à l'horizon 2025 cette proportion sera de 60 % d'une population mondiale dépassant les 8 milliards. Une conséquence directe de cette évolution est le nombre de mégapoles, villes comptant plus de dix millions d'habitants. En 1950, la seule mégapole dans le monde était la ville de New York. En 1990, on comptait douze mégapoles dans le monde. Au rythme de l'évolution actuelle, elles seront vingt-six dans moins de dix ans, incluant Tokyo (29 millions d'habitants) (24), Shanghai (18 millions), New York (17,6) et Los Angeles (plus de 14 millions). Ces villes sont toutes situées dans des zones exposées (séismes, typhons, ouragans).

### *Accroissement des valeurs exposées assurées*

Un autre facteur, relié au précédent, est la croissance des valeurs exposées dans les zones à risque ; une conséquence directe de l'inflation et de l'augmentation des standards de vie. Paradoxalement, on pourrait s'attendre à ce que le risque de catastrophes constitue un frein au développement de certaines régions ; cette perception n'est hélas pas validée par les faits. En 2004, plus de 25 % de la valeur totale des biens assurés dans l'État du Texas étaient pour des biens situés sur les côtes ; cette proportion était de 38 % pour la Louisiane, 61 % pour l'État de New York, et atteignait 80 % dans l'État de Floride (25). Dans le même registre de rationalité économique (plus risqué = moins cher), on aurait pu penser observer une baisse des prix des logements en Floride après le passage des quatre ouragans de 2004. Or, d'après les données du ministère du Commerce américain, six des neuf zones de logements qui ont connu la plus forte augmentation de prix aux États-Unis entre septembre 2004 et septembre 2005 étaient situées en Floride (par exemple : Cape Coral, + 45 % ; Palm Bay, + 40 % ; Orlando, + 36 %, Miami, + 32 %). En d'autres termes, le risque d'ouragan a peu – si ce n'est aucun – impact sur les choix

d'achat de logement. Cela s'explique en partie par l'accès à des couvertures d'assurance largement subventionnées dans cet État (la régulation des marchés d'assurances y est très restrictive, imposant aux assureurs de pratiquer des prix bas qui ne reflètent plus le véritable risque). Il en résulte un très fort degré de couverture assurantielle : presque toutes les résidences y sont couvertes contre les effets du vent (couverture par le secteur privé) et près du tiers d'entre elles contre les inondations (26) (couverture par le programme public, *National Flood Insurance Program*) (27).

Quantifier dans quelle proportion chacun de ces facteurs contribue à des coûts extrêmes des catastrophes reste néanmoins un exercice difficile, car cela nécessite l'accès à des données granulaires bien plus précises que celles récoltées de manière systématique aujourd'hui (et rendues publiques). A l'heure de l'écriture de cet article, nous lançons avec plusieurs collègues de la Wharton School une étude ambitieuse, en collaboration avec une vingtaine de grandes compagnies d'assurance et de réassurance aux États-Unis, plusieurs entreprises *leaders* du marché de la modélisation des risques catastrophiques, les principales agences de notations, et des représentants du gouvernement ; cette étude devrait bénéficier d'un accès aux données locales détenues par ces grands assureurs, et donc permettre des analyses locales plus avancées.

*In fine*, il est certain que ces éléments – accroissement de population, accroissement des valeurs dans les zones exposées, et forte densité de couverture assurantielle – continueront à avoir un impact sur le niveau des pertes assurées dues aux catastrophes naturelles. Néanmoins, à eux seuls, ils ne permettent pas d'expliquer entièrement le changement profond dans l'échelle de catastrophes liées au climat qui paraissent plus dévastatrices que jamais, et surtout plus rapprochées dans le temps. La question du changement climatique doit ici être abordée.

## Impact du réchauffement planétaire

### *Changement climatique et catastrophes*

Le sujet du réchauffement planétaire est une question sujette à quelques controverses des deux côtés de l'Atlantique. Commençons donc par les faits.

Au cours des deux derniers siècles, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a augmenté exponentiellement, principalement du fait de la combustion d'énergies fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole). La concentration atmosphérique des autres gaz dits à effet de serre a augmenté de manière similaire. Le problème essentiel est ici que, contrairement à d'autres types de polluants, leur quantité dans l'atmosphère n'aura significativement diminué que dans un siècle ou plus, de sorte que la concentration qui augmente avec le temps n'est que

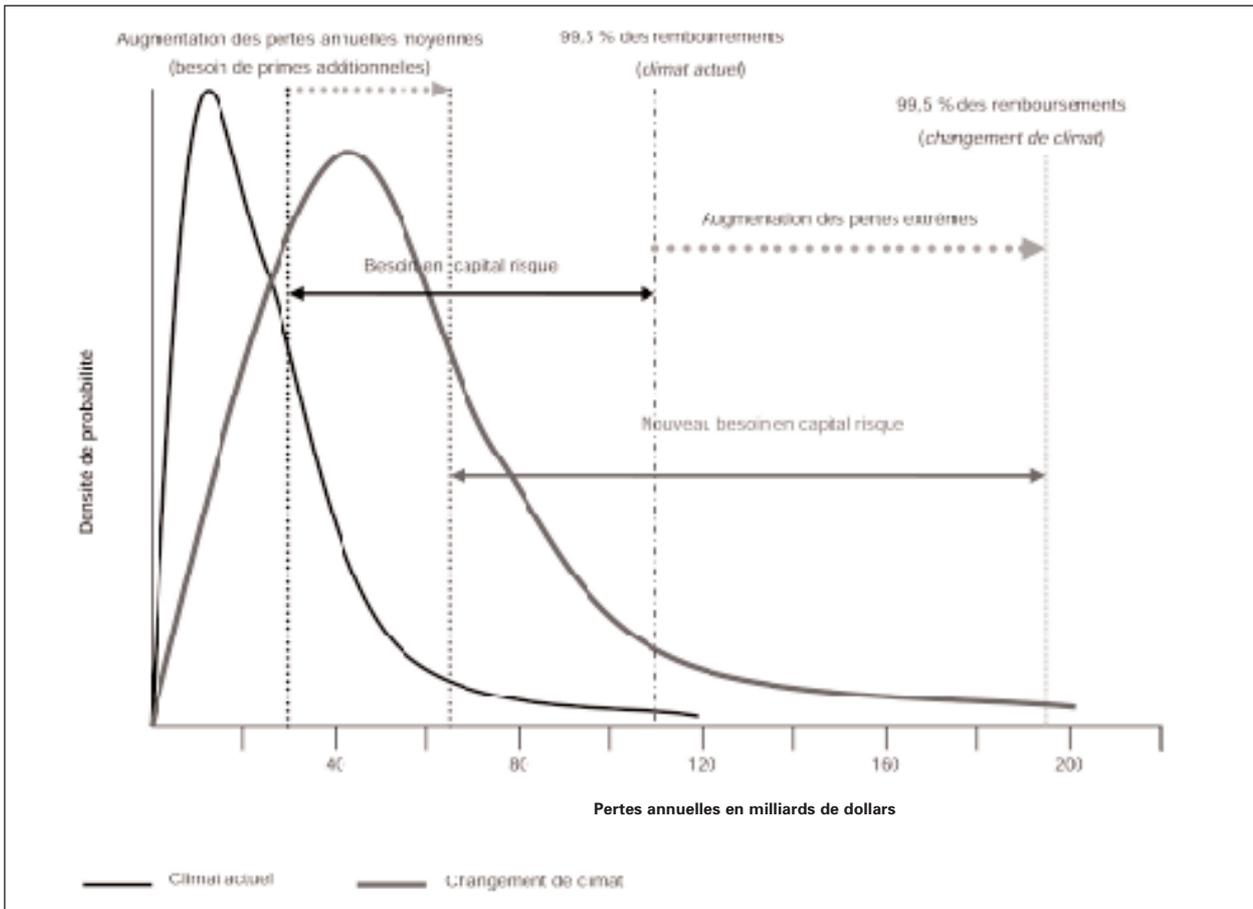


Figure 2. Impact d'un changement climatique sur le besoin en capital des assureurs.

difficilement réversible. Ainsi, les émissions de 1990 auront des effets sur le climat jusqu'au XXII<sup>e</sup> siècle, et même au-delà.

L'accroissement de ces gaz, et dans une moindre mesure les déforestations, ont provoqué une élévation de température de la planète de 0,6°C au cours des 100 dernières années. D'après les données enregistrées par la Nasa, 2005 a été l'année la plus chaude depuis 1880 ; plus globalement, sur les 20 années record en termes de chaleur enregistrée historiquement, 19 sont survenues après 1980. Et si, bien sûr, les estimations pour les cent prochaines années varient selon les modèles de quantification et les hypothèses retenues, toutes prédisent une augmentation significative de la température du globe : entre 1,4 et 5,8°C. Cela aura des conséquences tout à fait significatives sur le climat et la géographie de nombreuses zones dans le monde (28).

Quel rôle le changement climatique a eu, et aura, sur l'occurrence de catastrophes naturelles ? Il y a actuellement débat au sein de la communauté scientifique sur cette question. Mais il est très probable qu'il faille s'attendre à la survenance d'ouragans de plus forte intensité. En effet, une température plus élevée de l'eau implique plus de vapeur d'eau dégagée (toutes choses égales par ailleurs). Or, cette vapeur d'eau agit comme un catalyseur pour un ouragan en augmentant

son intensité. Comme je l'écrivais plus haut, 2005 a été le record de l'année la plus chaude sur le globe (par exemple, 1,2 degré Fahrenheit plus élevée que la moyenne des températures entre 1950 et 1980). 2005 constitue aussi le record de l'année avec le plus grand nombre d'ouragans enregistrés dans la zone Atlantique : 27 au total, surpassant l'ancien record de 1933 (29).

Il convient alors de bien distinguer le nombre « total » d'ouragans (resté en moyenne relativement stable) et le nombre d'ouragans de forte intensité (3, 4 ou 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson) qui, lui, a augmenté. Une étude réalisée par l'équipe du Professeur Kerry Emanuel au *Massachusetts Institute of Technologie* (MIT), publiée en juillet 2005 dans la revue *Nature*, montre qu'au cours des trente dernières années le nombre d'ouragans de forte intensité dans l'Atlantique Nord et la zone pacifique ouest a significativement augmenté (30). Cette étude montre aussi, qu'en moyenne, la vitesse des vents des ouragans et leur durée de vie, toutes catégories confondues, a augmenté de 50 % au cours de ces trente cinq dernières années. Sur cette même période, le nombre d'ouragans extrêmement puissants, de catégorie 4 ou 5, a tout simplement doublé. A titre d'indication, l'ouragan Katrina était de catégorie 5 quand il se situait au dessus de l'eau du Golfe de Mexico, et de catégorie 3

lorsqu'il a touché les côtes de Louisiane. Si la question d'une pleine attribution de cette évolution au changement climatique reste ouverte, il est clair que le réchauffement du climat a joué un rôle (31).

Or, la relation entre vitesse des vents d'un ouragan et énergie dissipée (donc son pouvoir de destruction) n'est pas linéaire, mais cubique ; passer d'un ouragan de catégorie 1 ou 2 à un autre de catégorie 3 ou 4 aura donc des conséquences désastreuses sur le niveau des dégâts qu'il sera capable d'infliger. Ainsi, l'augmentation d'un degré de la température de l'eau, qui nous paraît très minime *a priori* (par exemple, si on pense à un baigneur), est tout à fait significative dans son impact sur les montants de dommages qu'un ouragan pourra infliger. Les implications pour les assureurs et les réassureurs sont évidentes : leur besoin de capital risque est décuplé ; ce que nous discutons maintenant.

### *Pour les assureurs, un besoin accru en capital*

Typiquement, un assureur (ou réassureur) tire ses revenus de deux sources distinctes : d'abord, des contrats de couverture qu'il vend, ensuite, du résultat de ses investissements financiers. Le capital – défini comme la différence entre les biens et la responsabilité financière de l'organisation – joue donc un rôle central dans la prise de décision. Ainsi, en fonction du capital disponible (qui prend en compte l'offre de réassurance, la réassurance gouvernementale si elle existe, et la possibilité de transférer une part des risques sur les marchés financiers, etc.), l'assureur sera capable de couvrir plus ou moins de risques. Spécifiquement, les données de sinistres passés devraient permettre d'évaluer les pertes annuelles moyennes attendues, qui doivent alors être couvertes par un prélèvement suffisamment élevé de primes d'assurance, et par les revenus générés par le portefeuille de l'assureur. Néanmoins, si le niveau de pertes assurées est très important (par exemple à la suite d'une série de catastrophes de grande échelle), l'assureur devra alors trouver du capital additionnel auprès de sources tiers. L'occurrence de catastrophes plus nombreuses, plus coûteuses et plus rapprochées dans le temps pose évidemment le problème d'accès au capital. Si, pour un portefeuille d'assurance donné, la distribution des dommages assurés évolue de sorte que les extrêmes deviennent plus importants, en même temps que la moyenne des dommages augmente (hypothèse de l'impact du changement climatique), le besoin en capital est significativement accru.

L'assureur peut alors vouloir augmenter les niveaux de primes d'assurance (si cela est autorisé par la loi) (voir figure 2). De façon complémentaire, l'assureur peut décider d'augmenter les niveaux de franchise, ou réduire sa limite supérieure de couverture. Néanmoins, cela risque de ne pas être suffisant pour couvrir son exposition à des risques encore plus extrêmes qu'auparavant. Dans ce cas, il peut aussi

### **Première plainte en justice pour « Nuisance publique continue liée à l'émission de gaz à effet de serre »**

**Lieu** : Cour de justice de l'Etat de New York ;

Plainte de la part des Etats du Connecticut, New York, Californie, Iowa, New Jersey, Rhode Island, Vermont, et Wisconsin et la ville de New York.

**Contre**

American Electric Power, American Electric Power Service, Southern Company, Tennessee Valley Authority, Xcel Energy, et Cinergy.

**Motif** : « Les défenseurs, conjointement et sévèrement, contribuent à une nuisance publique en continu, le réchauffement climatique, en émettant environ 650 millions de tonnes de dioxyde de carbone annuellement, ce qui représente, pour ces cinq compagnies seulement, près du quart des émissions de toute l'industrie électrique aux Etats-Unis, et 10 % des émissions mondiales dues à l'activité humaine. (...) Cela a des impacts nuisibles sur un grand nombre de personnes et de biens (santé et bien-être des résidents de l'Etat de New York) ».

**Défense** : « Plusieurs cas de nuisance publique liée à un effet de pollution ont été traités par les cours de justice, mais aucun cas n'a impliqué une nuisance touchant des aspects aussi larges de politiques nationales et internationales ».

**Jugement final** : non lieu, la cour estimant que « les actions décrites par les plaignants soulèvent des questions d'ordre politique, et non judiciaire, qui doivent être adressées par la voie politique, et non la voie judiciaire » (15 septembre 2005).

essayer d'accéder à des sources de capitaux externes (par exemple auprès de banques ou d'investisseurs).

De plus, après un désastre de grande ampleur qui touche simultanément plusieurs assureurs et réassureurs, tous peuvent avoir simultanément un besoin en capital. En réponse à cette demande subite, le prix du capital augmente, ce qui a un impact direct sur la capacité financière des assureurs. Cela constitue certainement un avantage comparatif de premier ordre pour les très grands assureurs et réassureurs qui disposent d'une assise capitalistique puissante.

### *Changement de climat dans l'industrie*

Il s'agit donc de penser aux possibles manières de réduire l'effet du changement climatique. Ayant moi-même un pied des deux côtés de l'Atlantique, le débat sur le réchauffement planétaire me semble intéressant

à plusieurs points de vue. En Europe, les États-Unis sont par trop souvent jugés dans leur ensemble comme étant radicalement hostiles à tout effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette vision traduit une mauvaise connaissance du pays et de son fonctionnement fédéral.

En effet, ils convient ici de différencier la position de l'administration fédérale, de celle des cinquante États, et, plus important encore, de celle des grands investisseurs qui influencent les milieux d'affaires (notamment les grands fonds de pension). Or, des changements importants ont été réalisés à ces deux derniers niveaux. Par exemple, en février 2005, quelque 134 maires de villes de 35 États américains se sont engagés à respecter, dans leurs villes (qui représentent au total 30 millions d'habitants), les contraintes du protocole de Kyoto (32). Cette initiative, le *US Mayors' Climate Protection Agreement*, a continué d'attirer d'autres villes depuis ; en avril 2006, 218 maires de villes situées dans 39 États différents avaient signé l'engagement de faire respecter le protocole de Kyoto dans leur ville (représentant 44 millions d'Américains). En 2004, l'État de Californie a aussi présenté ses nouvelles normes de résidents) qui s'appliqueront aux véhicules automobiles neufs commercialisés à partir de 2009. Ces normes, sur le point d'entrer en vigueur à l'heure de l'écriture de cet article, obligeront les constructeurs automobiles à vendre des véhicules répondant à des maximums de pollution très stricts, qui pourraient faire baisser les émissions de 22 % en 2012 et de 30 % en 2016.

Notons aussi ici, qu'au-delà de ces dommages directs liés aux catastrophes, d'autres pertes, encore moins directement visibles aujourd'hui, sont à craindre. C'est, par exemple, le cas de la responsabilité juridique des entreprises, et les possibles procès en série. Le scénario est simple : des investisseurs ou des clients de grandes compagnies dans l'industrie automobile, pétrolière, l'aviation, la distribution électrique, portent plainte en justice contre les dirigeants de ces entreprises pour n'avoir pas mis en place, assez tôt, des mesures limitant leurs émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit ici de sommes tout à fait colossales.

La prise en compte d'une telle possibilité est relativement récente. Ne serait-ce que cinq ans auparavant, le discours des milieux d'affaires était très différent. Depuis, il a considérablement évolué. Un nombre croissant de compagnies s'interrogent encore sur les actions à entreprendre pour limiter les effets directs du changement climatique, et sur la rationalité économique de telles actions coûteuses à court terme. Mais la peur de procès en série commence à exercer l'effet d'un puissant catalyseur. La première plainte pour « nuisance publique continue liée à l'émission de gaz » fut déposée en juillet 2004 par sept États américains contre les cinq plus grands électriciens. Même si les compagnies d'électricité ont finalement remporté le

procès (voir encadré), cela a eu un impact sévère : le spectre des plaintes en justice plane désormais (33).

Peut-être plus significatif encore, l'*American Corporate* (les grandes sociétés américaines) est, par pans entiers, en train d'opérer un virage en épingle à cheveux : ignorance pure et simple il y a quelques années, reconnaissance croissante aujourd'hui. Par exemple, il y a dix-huit mois environ, le *Carbon Disclose Project*, qui regroupe 95 investisseurs institutionnels, a écrit aux présidents des 500 plus grandes entreprises opérant aux États-Unis, en leur demandant de publier officiellement leur niveau d'émission de dioxyde de carbone, afin que ce dernier devienne peu à peu un élément supplémentaire pris en compte par les investisseurs pour juger de la valeur d'une entreprise. Toutes choses égales par ailleurs, si les investisseurs ont en tête les questions de responsabilité juridique, les effets de réputation, ils pourraient préférer investir dans une entreprise peu émettrice de gaz à effet de serre, et/ou ayant une politique affirmée de réduction de ses émissions, car une telle entreprise représenterait un risque financier plus faible. Pour bien comprendre en quoi il s'agit d'un véritable séisme dans les milieux d'affaires, il convient de donner un chiffre : ces 95 investisseurs représentent à eux seuls plus de 10 000 milliards de dollars d'investissement, soit un pouvoir de conviction certain.

Si le phénomène continue de progresser aux États-Unis, on peut s'attendre à une véritable révolution des mentalités, et donc des comportements. En effet, la décision majeure de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans ce pays ne viendra pas d'une décision politique au niveau du gouvernement fédéral en première instance, mais d'une réaction des États, et du marché *via* un changement des comportements des investisseurs. S'ils estiment qu'il est du devoir des présidents et directeurs financiers de grands groupes d'investir dans des nouvelles technologies limitant leur émission de gaz à effet de serre, ces derniers suivront. Parmi eux, les réassureurs auront un rôle clé à jouer en tant qu'investisseurs institutionnels majeurs et un intérêt direct lié à leurs propres expositions. Gardons aussi à l'esprit que les risques associés au changement climatique constituent également de nouvelles opportunités de marché pour l'assurance. Par exemple, les nouvelles technologies devront être couvertes par de nouveaux contrats d'assurance qui n'existent pas aujourd'hui.

Ainsi, le géant General Electric, par la voix de son président Jeffrey Immelt, s'est récemment engagé à doubler d'ici 2010 son budget de recherche dans le développement de produits de type *clean technology* (de 750 millions de dollars en 2004 – sur un budget de recherche total de 3,2 milliards – à 1,5 milliard de dollars annuel en 2010). Le but affirmé de la compagnie est de doubler les revenus générés par ces nouvelles technologies, jusqu'à passer de 10 milliards de dollars

de ventes en 2004 à 20 milliards en 2010, et plus au-delà (34).

Comme les assureurs et réassureurs, d'autres compagnies bénéficieront du développement de mécanismes financiers spécifiques de type obligations catastrophes, options sur indice, ou dérivés climatiques. En 2004, Electricité de France ne fut-il pas le premier électricien au monde à émettre une « obligation catastrophe » (35) ? Pour un montant de couverture de 190 millions d'euros, celle-ci protégera l'entreprise en cas de tempêtes majeures qui surviendraient en Europe et toucheraient son infrastructure. C'est, d'ailleurs, également le premier transfert du genre à être libellé entièrement en euros. Même si aujourd'hui le transfert de l'exposition aux catastrophes vers les marchés financiers ne représente qu'une part limitée des capacités de couverture (moins de 5 % de la couverture offerte par la réassurance traditionnelle), il s'agit d'une niche d'activité certainement prometteuse (36) : entre février 2004 et février 2005, les émissions de *cat bonds* ont tout simplement doublé.

### Conclusions

Il y a près de 200 ans, dans son *traité des assurances*, Emerigon décrivait l'assurance comme « une espèce de jeu qui exige beaucoup de prudence de la part de ceux qui s'y adonnent. Il faut faire l'analyse des hasards, et posséder la science du calcul des probabilités ; prévoir les écueils de la mer, et ceux de la mauvaise foi ; ne pas perdre de vue les cas insolites et extraordinaires ; combiner le tout, le comparer avec le taux de prime, et juger quel sera le résultat de l'ensemble ». Et d'ajouter, « pareilles spéculations sont l'ouvrage du génie », et de prévenir : « mais si la théorie, dirigée par l'expérience, n'est que trop souvent fautive, quel sera le sort des négociants, qui alléchés par l'appât du gain, signent les polices qu'on leur présente, sans considérer où la fortune aveugle et leur témérité peuvent les entraîner ? »

Le XXI<sup>e</sup> siècle vient tout juste de fêter ses cinq ans. Et déjà l'on connaît pour grande partie quel sera son caractère d'adolescent : il sera fait de catastrophes plus nombreuses, plus dévastatrices, et plus coûteuses. Elles le seront d'autant plus que les pays touchés ne seront pas suffisamment préparés au plus haut niveau décisionnel des gouvernements et au sein des états-majors de grands groupes industriels.

Plus que jamais, les mots d'Emerigon résonnent avec force pour l'industrie de l'assurance. Au-delà des questions pressantes de retour sur investissement, la première industrie au monde n'a jamais cessé, au travers des siècles, de jouer un rôle de cohésion sociale fort. Mais jusqu'où ? Pour quels bénéfices ? A quel prix ? Et avec quelle capacité d'incitation à l'action sur les autres agents économiques ?

Il s'agit alors de questionner avec force le rôle et la responsabilité non seulement de la sphère privée, mais aussi ceux des gouvernements, à garantir une couverture adéquate contre des événements dont on sait aujourd'hui qu'ils constituent de véritables « risques à grande échelle ». Notons d'ailleurs qu'un nombre croissant de comités de direction et de cabinets ministériels, voire présidentiels, ont inscrit la question des choix de gestion et de financement des risques à grande échelle dans leur agenda. Cela constitue certainement le meilleur signe que ces sujets revêtent de plus en plus un caractère stratégique de première importance. Après l'OCDE en 2005, l'édition 2006 du forum économique mondial à Davos a accordé une large part de ses activités à la question des risques globaux (37).

Après 2004, Katrina pourrait n'être qu'un précurseur d'une toute nouvelle échelle dans la réalisation des catastrophes ; l'avenir proche le dira. Et si, comme le dit Thomas Schelling, « il n'y a pas de solution de marché », celle-ci reste donc à inventer ; en prenant soin d'intégrer les nombreuses facettes de ce nouveau référentiel.

Plusieurs initiatives d'envergure sont déjà lancées pour passer de la prise de conscience à la prise en charge effective ; à chacun de savoir prendre appui sur elles pour aller plus loin encore (38).

### Notes

(1) Erwann Michel-Kerjan est spécialiste de la gestion et du financement des risques de catastrophes au Center for Risk Management and Decision Processes de la Wharton School of Finance (Etats-Unis) (dont il est le Managing Director) et à l'Ecole polytechnique (laboratoire d'économétrie). Il sert comme expert ou conseiller sur ces questions émergentes auprès de plusieurs grands groupes industriels, gouvernements et organisations internationales. Contact : 001-215- 573-0515 ou courriel : erwannmk@Wharton.upenn.edu

(2) Joel K. Bourne, Jr. (2004), « The Louisiana bayou, hardest working marsh in America, is in big trouble – with dire consequences for residents, the nearby city of New Orleans, and sea-food lovers everywhere », *National Geographic*, Octobre 2004. Vol. 206 (4) ; p.89 (10 pages).

(3) Pour une très bonne analyse de cette question, voir Jean-Pierre Dupuy (2002), *Pour un catastrophisme éclairé : Quand l'impossible est certain*. Editions du Seuil.

(4) E. Michel-Kerjan (2005), « Point de vue. Katrina: le jour d'après », *Le Monde*, Pages Débats, dimanche-lundi 4-5 septembre 2005 et E. Michel-Kerjan (2005), « Les États-Unis à l'heure des choix », *Le Figaro*, Pages Opinions, dimanche-lundi 10-11 septembre 2005.

(5) Je définis le « risque à grande échelle » comme « un risque susceptible d'engendrer plus de 10 milliards de dollars de coûts économiques, et/ou de toucher plus de 2 pays différents, et/ou d'engendrer plus d'un millier de victimes, s'il vient à se réaliser ».

(6) Avec trois de mes collègues à l'Ecole polytechnique, nous avons mis en évidence les principaux enjeux, analyses et de possibles solutions pour traiter ces nouveaux risques. Une approche en triptyque – Précaution, crise et assurance – permet

une complémentarité importante dans l'analyse, et a aussi mis en avant des divergences de fond entre ces trois composantes. Voir Olivier Godard, Patrick Lagadec, Claude Henry et Erwann Michel-Kerjan (2002). *Traité des nouveaux risques. Précaution, Crise, Assurance*. Editions Gallimard, Folio Actuel n.100. Inédit, 620 pages, Paris.

(7) Au sens de grande ampleur. Il est intéressant de noter que cette expression diffère d'une discipline à l'autre. En géographie par exemple, la grande échelle est ce qui désigne de petites surfaces (cartes au 1/10 000, au 1/5 000...) tandis que la petite échelle désigne de vastes surfaces ; ainsi la carte au 1/1 000 000 est à petite échelle.

(8) Pour une analyse de la question terroriste voir E. Michel-Kerjan (2006), « Quelle couverture financière du terrorisme en 2010 ? », *Revue RISQUES*, février-avril 2006 ; E. Michel-Kerjan et B. Pedell, (2005), « *Terrorism Risk Coverage in the Post- 9/11 Era: A Comparison of New Public-Private Partnerships in France, Germany and the U.S.* » *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 30 : 1 ; H. Kunreuther et E. Michel-Kerjan (2004), « Dealing with Extreme Events: New Challenges for Terrorism Risk Insurance in the US », *Journal of Economic Perspectives*, Fall 2004 ; E. Michel-Kerjan (2003), « Terrorisme à grande échelle : Partage de risque et politiques publiques », *Revue d'Economie Politique*, numéro 113 (4).

(9) Avec 3 000 milliards de dollars de revenus en 2004, elle serait la 3<sup>e</sup> économie mondiale en termes de produit intérieur brut.

(10) Décrite simplement, l'assurance garantit en contrepartie du paiement *ex ante* d'une somme relativement faible (la prime), une protection contre une perte importante au regard des capacités financières de l'assuré. Par transfert de tout ou partie de son exposition à des structures à plus large base financière et bénéficiant de meilleures capacités de diversification (donc moins averses à ce risque; par exemple un assureur), un agent (individu, entreprise) se décharge d'un risque qu'il pourrait difficilement assumer seul s'il venait à se réaliser.

(11) Cette pratique s'est beaucoup développée dans les villages éloignés des Alpes au cours du XVI<sup>e</sup> siècle, mais est en fait beaucoup plus ancienne, remontant au XXVII<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, lorsque les tailleurs de pierre, en Basse-Égypte, contribuaient à un fond commun couvrant les frais des rites funéraires des membres du groupe dont la famille faisait face à des difficultés financières lors du décès.

(12) L'idée sous-jacente à cette loi (au sens de loi physique, règle) a d'abord été introduite par les travaux de Pascal, Bernoulli, et Laplace, puis par ceux de Poisson.

(13) Cet effet du grand nombre est très utile mais néanmoins pas strictement nécessaire à l'acte d'assurance. Dans les années 1960, Paul Samuelson montre que le partage de risques (prise en charge d'une certaine proportion d'un risque donné par chacune des parties) peut être plus fondamental pour réduire le risque que la réplication de risques identiques et indépendants.

(14) Notons ici un point crucial. L'assurance n'est qu'un type d'instrument financier qu'une entreprise peut utiliser pour se couvrir ; d'autres incluent l'auto-assurance, l'émission de dette ou l'augmentation de capital ; Neil Doherty (2000), *Integrated*

*Risk Management: Techniques and Strategies for Reducing Risks*, New York, McGraw Hill.

(15) Munich Re et Swiss Re sont les deux géants de la réassurance mondiale (jusqu'en 2005 numéro un et deux, respectivement). Le rachat de General Re pour 7 milliards de dollars par Swiss Re, en novembre 2005, fait de la compagnie suisse le nouveau leader de la réassurance.

(16) L'analyse des pays les plus touchés révèle que les États-Unis représentent de très loin la première source de demande de remboursement d'assurance. En incluant l'ouragan Katrina, ces vingt événements ont engendré des pertes assurées comprises entre 184 et 190 milliards de dollars, dont les trois quarts pour le marché américain uniquement.

(17) Includes life and liability insurance losses, but not the \$1.1 billion in additional claims by Silverstein Properties (see above). Sources : Hartwig, R. (2004), « The Fate of TRIA : Is Terrorism an Insurance Risk ? » *Insurance Information Institute*, New York, NY.; Bagli, C. (2004) « Tower's Insurance Must Pay Double » *The New York Times*, December 7. p.A1; and CBO (2005), *Federal Terrorism Reinsurance: An Update*, Washington, DC: January.

(18) Les estimations financières peuvent varier selon les études, suivant la définition de « catastrophe » retenue. Par exemple, les estimations de Munich Re sont souvent moindres que celles de Swiss Re, le réassureur suisse considérant une catastrophe à partir de montants de dommages inférieurs (70 millions de dollars) à ceux retenus par le réassureur allemand.

(19) Munich Re (2005), « Annual Review: Natural Catastrophes 2004 », Knowledge series.

(20) Swiss Re (2006), « Catastrophes naturelles et technique en 2005 : nombreuses victimes de séismes, dommages record dus aux tempêtes », *Sigma*, No.2/2006, Zurich.

(21) Pour une des études les plus récentes (projet Gemgep), voir par Pierre-Yves Bard, Anne-Marie Duval, Patrice Foin, Philippe Guéguen, Etienne Bertrand, Jean-François Vassiliades, Sylvain Vidal, Christian Thibault, François Dunand (2005), « Un outil pour la prise de conscience du risque sismique : les études de scénarios. L'exemple de Nice », *Annales des Mines, Responsabilité & Environnement*, Numéro 40, Octobre 2005.

(22) Julien Ablain, Amine Benyesséf, Cyril Haegeli, Marc Leguil, Ismaël Le Mouël, Rémi Maumon Falcon de Longevialle et Jarček Vincent (2006), « Quelques leçons de l'ouragan Katrina : gestion de la crise, assurance des risques catastrophiques et projection sur la France », Rapport de Project scientifique collectif, Promotion 2004, Tuteur : E. Michel-Kerjan, Palaiseau : Ecole polytechnique.

(23) Les pays industrialisés ne sont néanmoins pas à l'abri de catastrophes humaines de grande échelle. Ici en France, la vague de chaleur en août 2003 a tué, selon les chiffres de la Commission d'enquête de l'Assemblée Nationale, près de 15 000 personnes ; la question de la couverture assurantielle n'a été que très peu évoquée.

(24) Le séisme de Kobe en 1995 a montré la possibilité de véritables cataclysmes dans la région. On estime qu'un tremblement de terre de plus forte amplitude qui toucherait Tokyo

pourrait occasionner des dommages économiques entre 1 000 et 3 000 milliards de dollars.

(25) En valeur assurée pour les seules expositions côtières, en 2004, cela représentait 1 937 milliards de dollars en Floride (1<sup>er</sup> du classement des valeurs côtières assurées), 1 900 milliards dans l'État de New York (2<sup>e</sup>), 740 milliards pour le Texas (3<sup>e</sup>), et 200 milliards de dollars pour les côtes de Louisiane (7<sup>e</sup> du classement) – Sources : *Insurance Information Institute*, 2006, New York.

(26) Munich Re (2000), « *Topics 2000. Natural Catastrophes – The Current Position* », Special millennium issue.

(27) L'assurance du risque inondation est un exemple d'assurance publique. Après les grandes inondations du Mississippi de 1927, dues à la concentration de leurs activités dans des zones exposées, les assureurs refusèrent de couvrir ce risque dès lors jugé trop élevé. En 1968, le Congrès américain établit le *National Flood Insurance Program*, grâce auquel les habitants et les entreprises à travers les États-Unis peuvent se couvrir contre les inondations. Les assureurs (une centaine à ce jour) collectent les primes et les transfèrent au *Flood Insurance Fund* qui paie si des inondations surviennent et touchent les assurés. La création de ce programme national allait de pair avec la nécessité pour les municipalités participantes de mettre en place des actions de prévention afin de limiter les dégâts dus aux inondations (le gouvernement fédéral établissant certaines normes de prévention). En échange de cela, les primes d'assurance sont subventionnées, permettant un accès facilité à une couverture financière. Le programme a su ainsi lier habilement prix de la couverture et effort de prévention, notamment grâce à l'instauration du *Community Rating System* (système de tarification communautaire). Créé en 1990, ce système encourage les municipalités à s'engager dans des activités de prévention et établit des mesures quantifiables. Chaque ville participante est alors notée en fonction de son niveau de risque initial et des mesures de prévention mises en place pour à la fois prévenir le risque d'inondation et limiter les dommages potentiels. Le système est établi selon dix classes de risques ; les municipalités notées 10 sont considérées très peu engagées dans des efforts de réduction des risques ; à l'inverse, celles notées 1 sont les « bons élèves » reconnus comme des acteurs importants de la gestion du risque inondation. Les « Class 1 » bénéficient de la part la plus importante des subventions gouvernementales octroyées à travers le NFIP. On estime ainsi que près de 35 % des polices d'assurance inondation vendues par ce programme public sont subventionnées à des degrés divers. Notons également qu'une personne ou une entreprise ne peuvent bénéficier de l'accès à une assurance subventionnée si la localité où elles se trouvent ne participe pas au NFIP. En juin 2005, on estimait que 4,4 millions de polices d'assurance inondation étaient en place dans les 20 000 communautés administratives – villes ou groupements de villes – qui participent au NFIP, pour une couverture nationale dépassant les 600 milliards de dollars.

(28) Voir United Nations (2001), *IPCC Assessment*, Intergovernmental Panel on Climate Change.

(29) Il existe une liste de noms pour les ouragans qui est pré-établie à l'avance pour plusieurs années; 2005 en comptait 21. Dans l'hypothèse, jusqu'ici peu probable, que la liste soit entièrement utilisée, les services météorologiques nomment alors les ouragans par une lettre grecque.

(30) Kerry Emanuel, (2005), « Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years ». *Nature*, 436, 686-688 ; pour un article orienté plus grand public, voir Emanuel (2006), « Anthropogenic Effects on Tropical Cyclone Activity » accessible fin mars 2006 sur : <http://wind.mit.edu/~emanuel/anthro2.htm>

(31) Le débat scientifique porte non seulement sur le processus d'attribution, mais également sur l'existence d'autres explications possibles, par exemple la résurgence d'un cycle d'activité haut que on l'a connu entre les années 30 et le milieu des années 60. Pour une discussion de l'impact possible du réchauffement planétaire sur la canicule de 2003, voir les travaux de l'équipe du professeur Allen à Oxford University.

(32) Pour une analyse avancée de la mise en place du marché européen de quotas d'émission et de ses implications en France, voir. O. Godard (2005), « Politique de l'effet de serre. Une évaluation du plan français de quotas de CO<sub>2</sub> », *Revue française d'économie*, 19 : 4, 147-186 ; O. Godard (2003), « L'allocation initiale des quotas d'émission de CO<sub>2</sub> aux entreprises à la lumière de l'analyse économique », *Annales des Mines*, 32, 13-30. Pour une discussion des questions liées à l'équité de la répartition internationale de l'effort de maîtrise des émissions, voir O. Godard (2005), « A la recherche de l'équité dans la formation d'un régime international du climat : réflexions pour l'après-Kyoto », *Ecole Polytechnique, Cahier de la Chaire développement durable 2005-023*, Décembre, Paris.

(33) United States District Court, Southern District of New York, (2005), *State of Connecticut et al, against American Electric Power, 04 Civ. 5669 (LAP)* (Loretta Preska, United States District Judge), 15 septembre 2005.

(34) Voir notamment, *The Economist*, « The greening of General Electric. A lean, clean electric machine », Edition du 8 décembre 2005.

(35) Une obligation catastrophe ou *cat bond* est un instrument financier permettant de transférer sur les marchés financiers un risque associé à l'occurrence d'une catastrophe. Le principe est le suivant : un acteur (entreprise à risques, assureur, réassureur) émet une dette obligataire dont le remboursement (nominal et/ou sous forme de coupons) est contingent à la survenance d'un événement catastrophique donné (séisme ou tempête dans une région spécifique par exemple), ou, plus précisément, au niveau des sinistres occasionnés par cet événement sur une période prédéterminée.

(36) Voir « Recours aux marchés financiers : de quoi parle-t-on ? », chapitre VI, section I, dans O. Godard, C. Henry, P. Lagadec, et E. Michel-Kerjan, *Traité des nouveaux risques*, Gallimard, Folio-Actuel, Inédit, no.100 ; voir aussi pour une analyse avancée récente également en français : Frédéric Morlaye (2006), *Risk Management et Assurance*, Chapitre 4, Economica.

(37) World Economic Forum (2006). *Global Risks 2006*, [www.weforum.org](http://www.weforum.org).

(38) P. Lagadec et E. Michel-Kerjan (2005), « A New Era Calls for a New Model », *International Herald Tribune*, 2 novembre 2005. ; X. Guilhou, P. Lagadec et E. Lagadec : « Les crises hors cadres et les grands réseaux vitaux – Katrina. Faits marquants, pistes de réflexion ». Mission de retour d'expérience, La Nouvelle Orléans, Gulfport (Mississippi), 19-25 février 2006 ; EDF, *Direction des Risques Groupe*, avril 2006. Voir aussi, P. Lagadec et E. Michel-Kerjan (à paraître), « The Paris Initiative, Anthrax and Beyond: Transnational Cooperation among Interdependent Critical Networks », in Auerswald, Branscomb, La Porte et Michel-Kerjan (eds). *Seeds of Disaster, Roots of Responses*. Cambridge University Press (sept. 2006).



