

LA GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE - PROBLÉMATIQUE DU RISQUE DE BASE

Laurence Bastien

Volume 69, Number 3, 2001

SYMPOSIUM : RISQUES CATASTROPHIQUES
SYMPOSIUM: CATASTROPHIC RISKS

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1105378ar>
DOI: <https://doi.org/10.7202/1105378ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0004-6027 (print)
2817-3465 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this document

Bastien, L. (2001). LA GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE -
PROBLÉMATIQUE DU RISQUE DE BASE. *Assurances*, 69(3), 359–386.
<https://doi.org/10.7202/1105378ar>

Article abstract

The issue of basis risk is an integral part of the recent development of financial instruments that transfer catastrophe insurance risk to capital markets, such as Cat bonds and catastrophe options. For the last decade, we have experienced a merger between the capital market and the insurance one, mainly because of the recent surge of big catastrophic events. Now we have to look at the development of a trigger index free of any hazard risk and who minimizes the basis risk that insurers incur when purchasing such assets.

LA GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE PROBLÉMATIQUE DU RISQUE DE BASE

par Laurence Bastien

RÉSUMÉ

La problématique du risque de base est inhérente au développement des nouveaux instruments financiers dans la gestion de risque de catastrophe, tels les «Cat bonds» et les options de catastrophe. Depuis une dizaine d'années nous avons assisté à une convergence entre les marchés financiers et de l'assurance, principalement suite à la récente vague de catastrophes. Nous devons donc maintenant nous pencher sur le développement d'un index exempt de risque moral et qui minimise le risque de base des assureurs.

ABSTRACT

The issue of basis risk is an integral part of the recent development of financial instruments that transfer catastrophe insurance risk to capital markets, such as Cat bonds and catastrophe options. For the last decade, we have experienced a merger between the capital market and the insurance one, mainly because of the recent surge of big catastrophic events. Now we have to look at the development of a trigger index free of any hazard risk and who minimizes the basis risk that insurers incur when purchasing such assets.

L'auteur :

Laurence Bastien est étudiante au programme de M.Sc. de l'École des HEC.

■ INTRODUCTION

Le développement de nouveaux instruments de gestion de risque de catastrophe, dont les «Cat bonds», les contrats à terme, les options, les swaps et autres, suscite l'intérêt des marchés financier et de l'assurance depuis une dizaine d'années. Ces nouvelles techniques constituent une réponse spécifique au problème de capacité du marché de l'assurance et de la réassurance.

Les catastrophes naturelles, soit les ouragans, tremblements de terre, inondations et autres, ont affecté durement l'industrie de l'assurance au cours des années 1990. Ces sinistres sont des événements de faible fréquence, mais de forte gravité pour les assureurs. De fait, nous pouvons les définir comme étant des événements causant des dommages de 25 millions ou plus de dollars US à des propriétés assurées. Selon *Property Claims Service*¹, entre 1989 et 1995, les pertes totales encourues par des catastrophes naturelles aux États-Unis se chiffrent à 75 milliards de dollars US. Voici une liste des catastrophes récentes ainsi que le montant des pertes encourues² :

- l'ouragan Andrew en 1992 : 16 milliards de dollars US ;
- le tremblement de terre Northridge en 1994 : 12,5 milliards de dollars US ;
- l'ouragan Opal en 1995 : 2,1 milliards de dollars US ;
- l'ouragan Fran en 1996 : 1,6 milliard de dollars US.

Une des principales problématiques de cette industrie est de rendre plus lisse la distribution des pertes causées par ces sinistres naturels, car elle est très variable. En principe, ceci peut être fait en ayant une bonne réserve de capital, soit assez pour couvrir la plus grosse perte espérée. Jusqu'à tout récemment, les assureurs primaires utilisaient trois façons pour financer leur risque, soit par les montants des primes collectées, par leur propre capital et par le marché de la réassurance. Traditionnellement, les assureurs primaires avaient recours à la réassurance pour transférer une partie de leurs risques entraînés par la gestion des risques de catastrophe.

À première vue, nous pouvons croire que les marchés internationaux de la réassurance et de l'assurance peuvent facilement financer une catastrophe majeure. En effet, le marché américain de l'assurance a une réserve de capital d'environ 350 milliards de dollars US, alors que celle du marché international de la réassurance totalise 125 milliards. Par contre, la grande majorité de ces

fonds est utilisée comme garantie de remboursement aux assureurs pour les pertes plus faibles et fréquentes, qui sont couvertes par la majorité des polices d'assurance. Ainsi, le marché de l'assurance est peu efficace pour couvrir et financer les grosses pertes, comme celles entraînées par les catastrophes naturelles. De plus, suite à une catastrophe naturelle, le marché de la réassurance est soumis à des cycles de prix et de disponibilité de capital, ce qui cause de fortes augmentations de prix et une contraction de l'offre de capital. Ces problèmes ont été amplifiés dernièrement, en raison de l'augmentation de la fréquence des désastres naturels de forte gravité, ce qui a forcé le marché et les académiciens à développer des nouveaux outils de gestion de ces risques moins coûteux et plus efficaces pour les assureurs. En effet:

«The 1996 ISO study, « Managing Catastrophe Risk », showed that, even taking reinsurance into account, a megacatastrophe at that time might have caused more than one-third of all insurers to become insolvent, leaving perhaps \$50 milliards of unpaid claims to be covered by guaranty funds, surviving insurers, and policyholders.»³

C'est ainsi que la titrisation du risque de catastrophe se présenta comme une opportunité de marché fort intéressante. Ces nouveaux instruments financiers sont basés sur l'occurrence et la gravité de certains sinistres naturels spécifiques à une région ou à un territoire. Parmi ces instruments, nous comptons les options, les « CAT bonds », les contrats à terme, les swaps et autres.

Dans cet article, nous présenterons le fonctionnement du marché de la réassurance et les principaux désavantages qui ont été mis en lumière ces dernières années. Nous aborderons aussi le développement de la titrisation du risque de catastrophe, ainsi que les deux principaux titres de couverture de risque de catastrophe. Finalement, nous toucherons au risque de base qu'entraîne l'utilisation par l'assureur, dans sa stratégie de couverture de pertes en cas de catastrophes, d'un indice de pertes qui n'est pas parfaitement corrélé à ses pertes.

■ RÉASSURANCE

Traditionnellement, la plupart des compagnies d'assurance ont eu recours à la réassurance pour gérer les risques de catastrophe.

L'assureur primaire utilise la réassurance pour se protéger contre les pertes qui résultent d'un sinistre naturel. Un contrat de réassurance est donc un mécanisme qui permet à l'assureur, appelé le cédant, de transférer une partie de son risque. De fait, le risque de l'assureur au-dessus du niveau de rétention est éliminé, car c'est le réassureur qui assume ce niveau de risque. En effet, un tel contrat stipule que le réassureur payera les acheteurs dudit contrat pour les réclamations reliées à des sinistres naturels. Les contrats de réassurance peuvent être divisés en deux catégories principales: 1) couverture au *pro rata* ; 2) couverture « *excédent de perte* ». Ces deux types de réassurance sont habituellement achetés pour un terme d'un an.

La couverture au *pro rata* offre une protection à l'assureur primaire pour un pourcentage fixe de pertes. C'est ainsi un peu l'équivalent d'une coassurance. Avec ce type de couverture, le cédant reçoit une indemnité équivalente à un pourcentage fixe des pertes, tel que spécifié dans le contrat, et ce, peu importe le montant de la perte subie. « *Ainsi, ces contrats sont dits de type "agrégé" car ils s'appliquent à toutes les pertes qu'un assureur primaire peut subir des suites d'un événement catastrophique naturel, peu importe le nombre de polices impliquées par ce sinistre.* »⁴

Le deuxième type de contrat de réassurance offre une protection pour un montant fixe de pertes au-delà d'un seuil spécifique, appelé point d'attache. Ainsi, le cédant est assuré contre les pertes élevées provoquées par une catastrophe naturelle, mais il doit assumer tous les niveaux de pertes plus mineurs, soit en deçà du point d'attache. Un tel contrat implique normalement une série de couvertures qui couvre les pertes de la compagnie engendrées par un ou plusieurs sinistres. Par exemple, un contrat d'excédent 10/30 offre une indemnisation pour les premiers 10 millions de pertes (la limite) en excédent des 30 millions de pertes (le point d'attache) qui sont associés à une seule catastrophe naturelle. Afin de bénéficier d'une telle couverture, le cédant doit payer dès le début une prime qui est cotée en pourcentage de la limite. Cette prime en pourcentage est connue comme étant le « *rate on line (ROL)* ».

Il existe aussi d'autres types de contrats de réassurance, mais peu utilisés. Par exemple, un contrat de type « *stop-loss* » spécifie que le réassureur pourrait compenser l'assureur monétairement lorsque le ratio de perte de ce dernier excède un niveau prédéterminé.

L'évaluation actuarielle de la couverture de type «*excédent de perte*» est équivalente à celle d'un écart (*spread*) entre deux options de différents prix d'exercice portant sur des actions. Ainsi, la valeur

actuarielle de la prime est égale à la différence entre le montant espéré de la perte excédant le point d'attache et de la limite. La première composante est donc la valeur actuarielle d'une option sur un contrat à terme basé sur les pertes dont le prix d'exercice est le point d'attache. La deuxième composante est la valeur actuarielle d'une option sur un contrat à terme basé sur les pertes dont le prix d'exercice est égal à la somme du point d'attache et de la limite. Puisque dans le contrat pro rata, le réassureur participe à toutes les pertes, et non pas uniquement les grandes, ce type de réassurance est plus cher que la couverture de type excédent de perte.

Un des plus importants avantages de la réassurance est que ce type de couverture est parfaitement corrélé aux pertes de l'assureur primaire. Ainsi, il n'y a aucun risque de base. Le risque de base est le risque que les instruments financiers soient une mauvaise couverture pour les pertes causées par des sinistres, car l'indice sur lesquels ils sont basés n'est pas bien corrélé avec les pertes de l'assureur. Nous aborderons plus en profondeur cette problématique plus loin dans le travail. Un autre point en faveur de la réassurance est qu'elle permet de rendre plus lisse la distribution des profits des assureurs primaires, lorsque ceux-ci s'engagent dans un contrat de réassurance de type « excédent de perte ». En effet, en payant des primes au réassureur de façon régulière lorsque aucun sinistre naturel ne frappe, l'assureur est couvert contre les grosses pertes engendrées par les catastrophes.

■ CONTEXTE DES ANNÉES 1990

Au cours des dernières années, les assureurs ont subi des pertes très importantes en raison des catastrophes de plus en plus fréquentes, ce qui a eu un impact considérable sur le niveau des réserves des assureurs et réassureurs. Auparavant, les sinistres naturels n'avaient entraîné que très peu de réclamations, car ils atteignaient principalement des régions inhabitées ou des pays peu développés dont les individus touchés n'étaient pas assurés. Mais, à partir des années 1990, ces catastrophes ont commencé à toucher des régions habitées et ont causé d'importants désastres aux propriétés et aux biens d'individus couverts par des polices d'assurances. Cela s'est traduit par des réclamations records et des pertes importantes pour les assureurs. De fait, aux États-Unis, les pertes cumulées engendrées par des sinistres naturels de 1990 à 1996 étaient de 35 milliards de dollars US, ce qui représente 18 %

du surplus total du marché de l'assurance américain. De plus, la population américaine dans les régions à risque (exposées aux tremblements de terre et ouragans) a augmenté de 24,5 % de 1970 à 1990, alors que la population dans les autres régions n'a augmenté que de 20,7 %.⁵

L'ouragan Andrews, qui a touché la Floride et la Louisiane en 1992, a causé à lui seul 15 milliards de dollars US en dommages. Les pertes encourues en Floride cette année représentaient sept fois les primes directes que les assureurs avaient encaissées. De plus, les coûts d'assurance en Floride, engendrés par l'ouragan Andrews, dépassaient le montant de 14,6 milliards de dollars US, soit les primes totales récoltées en Floride entre 1986 et 1992. Cet événement imprévisible s'est avéré être le désastre naturel le plus coûteux à avoir frappé l'industrie de l'assurance. Malgré tout, les dommages auraient été catastrophiques si l'ouragan s'était déplacé vers Miami et la Nouvelle-Orléans. Dans ce cas, il aurait été possible que le niveau des pertes ait atteint un niveau entre 50 et 100 milliards de dollars US, ce qui aurait entraîné l'insolvabilité de plusieurs compagnies d'assurance impliquées dans la couverture du risque de catastrophe. Malgré l'importance de cet ouragan, il ne faisait partie que d'importantes catastrophes qui avaient sévi un peu partout dans le monde. Nous pouvons citer l'ouragan Hugo, qui a causé 5,4 milliards de dollars US de dommages, causant la faillite ou provoquant de graves difficultés financières pour plusieurs assureurs. Il y a aussi eu la série de tempêtes qui a frappé l'Europe à l'hiver 1990 et qui a engendré des réclamations de 5,6 milliards de dollars US. Toujours aux États-Unis, le tremblement de terre Northridge, en janvier 1994, en Californie, causa 13,5 milliards de dollars US de pertes. Enfin, en 1999, les inondations au Venezuela, les tremblements de terre en Turquie, en Grèce, à Taiwan et au Mexique, de même que les tempêtes en Europe, à la veille du millénaire, et quelques typhons, ont touché l'industrie comme jamais auparavant.

Ces événements naturels, de plus en plus fréquents, ont secoué fortement l'industrie : les importantes réserves de capital des assureurs et réassureurs ont fondu et plusieurs ont dû se retirer du marché. Cette vague de nouvelles catastrophes a forcé l'industrie à revoir sa façon de gérer les risques et à examiner d'autres avenues pour régler ce problème. Certains réassureurs ont révisé leur politique de couverture en matière de risque de catastrophes. Ils se sont mis à imposer des conditions restrictives aux assureurs, tout en leur offrant une protection moindre en cas de sinistre, ce qui eut comme impact d'accroître les coûts déjà élevés de la réassurance et de

provoquer une certaine crise de capacité de l'industrie. En effet, le surplus de demande pour ce type de couverture s'est reflété par une augmentation des points d'attache et du ROL moyen.

Cette «crise» reliée à la gestion de risque de catastrophe a permis de faire ressortir clairement les limites de la réassurance de catastrophe traditionnelle et d'identifier des inconvénients importants reliés à son utilisation pour la gestion de ces risques. De fait, le marché dut se rendre compte qu'il n'est pas efficace de résoudre le problème de financement des pertes de catastrophes de façon interne, soit directement dans le milieu de l'assurance/réassurance. En effet, il est très coûteux pour ces entreprises de détenir beaucoup de capital, car il est sujet aux régulations et aux coûts d'agence. De plus, les règles comptables et fiscales pénalisent fortement les assureurs lorsqu'ils détiennent du capital pour couvrir des événements non fréquents. Finalement, une entreprise qui détient beaucoup de capital non utilisé sera une proie aux acquisitions.

Un des désavantages les plus importants du marché de la réassurance est la présence du risque de défaut. En effet, les réassureurs sont eux aussi sujets à la possibilité d'insolvabilité suite aux sinistres importants. Ainsi, ce risque affecte la demande de réassurance des assureurs primaires de la même façon que la diminution de la demande d'assurance primaire des détenteurs de police d'assurance. La réduction de ce risque est donc un des objectifs clé dans le développement de couvertures plus efficaces du risque de catastrophe.

De plus, le risque moral ex-ante et ex-post est aussi très présent dans les contrats de réassurance, risque qui semble expliquer en majeure partie les coûts élevés de ces contrats. En effet, le réassureur peut s'inquiéter de la possibilité que l'assureur s'engage dans des actions plus risquées qu'il le ferait normalement, puisqu'il est couvert contre les grosses pertes. L'assureur peut agir de deux façons pour augmenter le risque du réassureur. Le risque moral ex-ante se présente sous la première forme, car l'assureur sera incité à accepter plus de risques que les règles de prudence lui dicteraient d'assumer. Par exemple, l'assureur peut accorder plus de polices d'assurance dans des régions sujettes aux sinistres naturels. En effet, l'assureur recevra ainsi plus de primes lorsqu'il n'y aura pas de tels incidents et, en plus, il ne sera responsable que d'une faible partie des pertes en cas de sinistre naturel, puisque le réassureur absorbe une part des pertes. La deuxième forme illustre le risque moral ex-post de la réassurance. De fait, l'assureur peut devenir

moins soucieux dans ses pratiques de règlements de réclamation, accordant ainsi plus de paiements et prenant moins de temps pour analyser les demandes de remboursement.

■ TITRISATION DU RISQUE DE CATASTROPHE

Durant ces dernières années, nous avons beaucoup entendu parler de la convergence entre les marchés financiers et ceux de l'assurance. Particulièrement, suite aux désastres causés par l'ouragan Andrew, le marché de l'assurance a dû trouver d'autres façons de gérer ses risques de catastrophe. Les marchés financiers offraient un accès à du capital nécessaire au marché de l'assurance et de la réassurance. Une question se posait donc : comment profiter de ce grand marché de capital et l'utiliser dans l'industrie de l'assurance ? La titrisation fut la réponse la plus logique. En effet, l'industrie de l'assurance de catastrophe fait face à des pertes potentielles anormalement importantes relativement à ses capacités financières mais modestes relativement aux énormes capacités des marchés financiers.

En plus de l'argument de la capacité du marché financier, un autre argument de taille, souvent cité en faveur de la titrisation, est celui du bêta zéro de ces instruments. En effet, les pertes relatives aux sinistres naturels ne sont aucunement corrélées aux principaux indices et titres du marché de capitaux. Ils offrent donc un potentiel de diversification très intéressant pour les investisseurs, puisqu'en plus de diminuer le risque de leur portefeuille, ces instruments payent un taux d'intérêt très intéressant. Ainsi, en incorporant de tels titres dans son portefeuille, il est possible de déplacer la courbe de frontière d'efficience des investissements vers la droite. De plus, le marché des capitaux est plus efficace pour réduire les asymétries d'information et pour faciliter le processus de détermination du juste prix, diminuant ainsi les coûts de gestion du risque de catastrophe. Finalement, la gestion des risques par la titrisation est bénéfique aux firmes en raison de la structure d'imposition non linéaire. Les assureurs se sont rendu compte d'une diminution de la variance de leur distribution de pertes. En effet, comme nous l'avons étudié, une réduction des fluctuations associées aux sources de risque permet d'ajouter de la valeur.

La titrisation, en général, est un nouvel instrument de gestion des risques qui s'adresse en particulier aux risques liés aux

émissions d'obligations. Ces instruments peuvent être utilisés par différents agents. Une compagnie d'assurance primaire peut les utiliser, si elle est prête à absorber les coûts inhérents à leur mise sur pied. Un réassureur peut les utiliser pour couvrir un portefeuille de risques provenant de plusieurs assureurs. De plus, une grande entreprise commerciale pourrait s'en servir pour se protéger d'une exposition importante à certaines pertes. La faculté d'adaptation de tels produits est limitée par ses coûts et par les intérêts des investisseurs. La titrisation a tout d'abord été utilisée aux États-Unis pour garantir les hypothèques résidentielles. Le concept était d'émettre des obligations à des investisseurs et d'utiliser les flux de trésorerie futurs des hypothèques pour repayer le principal et les intérêts, ce qui pouvait générer de l'argent pour les hypothèques. Le schéma, à l'annexe 6, illustre le fonctionnement et les agents engagés dans la titrisation.

La différence entre une titrisation de risque et une titrisation basée sur un actif réel est la nature du sous-jacent. Contrairement à un flux de trésorerie, l'actif est un contrat de réassurance protégeant contre un risque spécifique dans une région géographique particulière. L'illustration la plus simple et la plus courante est celle de la titrisation du risque de catastrophe. Un assureur s'engage dans un contrat de réassurance, soit avec un réassureur ou directement avec un groupe d'administrateurs (*trust*). Ce contrat est l'actif sous-jacent de la titrisation. Les obligations de catastrophe sont ensuite émises par le trust, garanties par une banque d'investissement et vendues à des investisseurs. Le contrat de réassurance doit être développé et la structure de paiement doit être mise en place avant que la banque puisse commencer à vendre les obligations. Celui-ci doit clairement définir le type de catastrophe qui est couvert, le niveau de pertes déclencheur, la limite et le point d'attache.

Puisque ces obligations sont transigées sur les marchés financiers, les investisseurs doivent savoir quel est leur niveau de risque comparativement aux autres instruments financiers et leur qualité. Les agences de cotation de crédit sont à même d'évaluer les obligations de catastrophes. Par exemple, Standard & Poor's est une de ces compagnies qui se spécialise dans l'évaluation des titres financiers et elle utilise quatre étapes pour les évaluer, soit :

1. l'évaluation de la structure légale, comptable, de calcul des intérêts et des pertes ;
2. l'évaluation du modèle utilisé pour déterminer le niveau critique de pertes, donc voir si le modèle est représentatif du risque encouru ;

3. tester le modèle utilisé pour déterminer le niveau critique de pertes ;
4. l'évaluation des flux de trésorerie et du risque de défaut.

Le défi principal d'une bonne titrisation est de construire un contrat pour lequel le «payout» est relié à un instrument corrélé avec les pertes de l'assureur, mais sur lequel l'assureur a peu ou aucun contrôle. Cet instrument peut être un indice de réclamations de l'industrie, un indice spécifique à une compagnie (ratio de pertes, nombres de réclamations payées) ou n'importe quel autre indice (l'amplitude d'un tremblement de terre mesuré par l'échelle de Richter, le résultat d'une simulation sur ordinateur de la catastrophe). Il existe donc deux approches en matière de titrisation. La première consiste à se fonder sur l'expérience spécifique de chacune des compagnies, la deuxième se fonde sur des indices de pertes reliés aux sinistres naturels sur la base de toute une industrie.

Afin de pouvoir évaluer les titres reliés aux sinistres naturels, les investisseurs doivent analyser la distribution des pertes futures liées à l'assurance de catastrophe. Ils peuvent le faire de deux façons, soit en analysant les données historiques ou en générant des simulations à l'aide d'un ordinateur, basées sur l'information scientifique concernant les catastrophes naturelles. Cette dernière, à l'aide d'ordinateurs, permet de construire des scénarios de catastrophes naturelles qui sont générés aléatoirement sur des types de propriétés, des localisations ou régions géographiques et des biens assurés. Par contre, les hypothèses posées au préalable influencent grandement les résultats obtenus.

■ TITRES DE CATASTROPHE

Présentement, les titres de catastrophe les plus importants sont les «CAT bonds» et les «spreads» d'options d'achat du CBOT. Il existe plusieurs autres titres, mais nous ne regarderons en profondeur que les deux cités ci-dessus.

Titres de dette avec options rattachées («CAT bonds»)⁶

Les investisseurs de titres à revenu fixe se sont généralement toujours montrés réceptifs à des titres à haut rendement et plutôt orthodoxes, surtout dans le cas où ils peuvent s'attendre à des rendements très peu corrélés avec les autres classes d'actifs. Grâce

à sa grande capacité et à une grande diversité d'investisseurs, le marché des capitaux peut offrir aux assureurs des coûts de couverture moindres, ainsi qu'un plus faible risque de crédit. Par contre, les premières émissions de « CAT bonds » ne furent pas un succès. Nous pouvons attribuer ce faible succès à l'ignorance des investisseurs quant aux risques sous-jacents à un tel titre.

La procédure de création d'un tel titre commence par l'établissement, par la firme, d'un véhicule de réassurance particulier (Special Purpose Vehicle ou SPV), qui va lui vendre un contrat de réassurance de type « excédent de perte ». Le SPV émet ensuite des obligations de catastrophe qui compensent le contrat de réassurance⁷.

«Le degré d'exposition de ces obligations reflète les tailles comparatives du contrat de réassurance et de l'émission d'obligation. Si le principal est à risque, la taille de l'émission sera égale au contrat de réassurance. Sa taille sera supérieure à celle du contrat de réassurance si le principal n'est que partiellement à risque ou si seulement les intérêts sont à risque.»⁸

Par la suite, le produit de l'émission est déposé dans une fiducie et investi; ainsi, les intérêts gagnés servent à payer les coupons de l'obligation. En général, puisque le principal est en bonne partie garanti, une majeure partie du produit de l'émission des «CAT bonds» est investie dans les bons du Trésor pour assurer le paiement du principal à maturité. Dans le cas où un sinistre naturel de l'amplitude prédéterminée dans le contrat survient durant la durée de vie de l'obligation, alors l'investisseur perd le droit de recevoir des coupons et/ou le principal. Ceci dépend de la gravité de l'événement et des caractéristiques du contrat. Pour l'assureur, dans une telle situation, le SPV va rendre le contrat de réassurance valide. Après le dédommagement de l'assureur, ce qui reste du produit de l'émission dans la fiducie est alors distribué aux détenteurs. Dans le cas où aucune catastrophe ne survient durant toute la durée du contrat, alors l'investisseur recevra les coupons et le principal selon les termes du contrat.

Ainsi un «CAT bond» nécessite de l'investisseur qu'il paie un certain montant, qui pourra être utilisé pour payer les réclamations si un certain événement se produit. Cet événement peut être un montant spécifique de réclamations de l'assureur. Dans un tel cas, l'obligation serait semblable à un contrat de réassurance, avec les mêmes défauts (délai de paiement et risque moral pour les investisseurs). En retour de l'investissement initial, l'investisseur reçoit un taux d'intérêt plus élevé que la normale pendant les

périodes où aucun sinistre ne se manifeste. Par exemple, ces obligations paient entre 10 et 12 % d'intérêt, alors que les US Treasury Bonds n'offrent que 6 % d'intérêt. L'assureur évite donc tout risque de crédit, car il a déjà à sa disposition l'argent pour payer les réclamations, si le besoin se présente. Présentement, la plupart de ces titres sont liés à un index de pertes ou à un index de «sévérité» de sinistre, contrairement aux pertes de l'assureur. Ainsi, si l'index est indépendant des pertes, l'assureur ne peut pas manipuler les réclamations, il n'y a donc plus de risque moral. Par contre, il peut y avoir un risque de base, ce que nous aborderons plus tard.

Les investisseurs qui achètent ce type d'obligation prennent un risque. En effet, si aucun sinistre ne se produit, ils reçoivent leur principal additionné d'un très grand retour. Par contre, si une catastrophe sévit, les investisseurs perdent leur principal et possiblement les coupons. Ceci rend le «pricing» de ces obligations très complexe. Ce «pricing» est habituellement basé sur les courbes de probabilité dérivées des données historiques. Dans la plupart des cas, les compagnies désireuses de transiger de tels titres vont utiliser les firmes de modélisation afin de comparer leur risque d'exploitation avec les données sur le type de sinistre couvert ainsi que pour développer la probabilité d'atteindre le niveau déclencheur («trigger») et les pertes anticipées.

□ Options de catastrophe

Il y a une dizaine d'années, le Chicago Board of Trade (CBOT) développa un marché spécialisé dans les transactions d'options de catastrophes. Récemment, une bourse semblable s'installa aux Bermudes, le «Bermuda Commodities Exchange». En novembre 1995, peu de temps après le retrait définitif des «futures» de catastrophe, le CBOT inscrivait une nouvelle série d'options à sa cote, les options PCS. Ces nouveaux produits étaient basés sur un indice amélioré, développé par le *Property Claim Service (PCS)*. Ainsi, le «payoff» de ces contrats dépend du niveau de l'indice du PCS qui mesure les pertes assurées résultant de désastres naturels survenus dans certaines régions géographiques. Cet indice est reporté quotidiennement, ce qui augmente la liquidité de ce marché. En fait, il existe neuf indices, soit un indice national, cinq indices régionaux et trois indices d'États individuels (Californie, Floride et Texas). Ces indices sont basés sur les estimés de PCS quant aux pertes de résidences dans les régions géographiques spécifiées pour des périodes annuelles ou

semestrielles. L'argument pour l'utilisation de plusieurs indices, donc la grande variété de contrats, est de réduire au maximum le risque de base. De plus, la capacité des assureurs à déterminer la corrélation entre leur propre expérience de pertes et l'indice de PCS est grandement améliorée, car les données sur cet indice sont disponibles depuis 1949. À partir de ce coefficient de corrélation, des ratios de couverture peuvent être déterminés de façon adéquate.

Ces options sont des contrats standardisés qui donnent à l'acheteur le droit à un paiement si l'index choisi des pertes de catastrophes atteint le niveau prédéterminé, le prix d'exercice, pendant la période du contrat. Un assureur qui veut gérer son risque de catastrophe peut acheter des options de catastrophe à des investisseurs. Ainsi, si les pertes engendrées par un sinistre naturel font que l'index utilisé atteint ou dépasse le prix d'exercice, les investisseurs (vendeur) doivent payer à l'assureur (acheteur) un montant selon les termes du contrat.

En général, les options de vente (*put*) sont des titres qui donnent le droit à l'acheteur de vendre un certain montant d'un actif spécifique au vendeur de l'option à un prix prédéterminé, et ce, à l'intérieur d'une période prédéterminée. Les options de vente de catastrophes sont donc des options qui permettent à l'assureur de vendre des parts de ses actions à un prix prédéterminé lorsque les pertes de catastrophes excèdent le niveau spécifié par l'option. Ces options permettent ainsi aux assureurs d'avoir accès à du capital additionnel suite à une catastrophe, donc dans une période où ce capital est rendu nécessaire.

En ce qui a trait aux coûts de transaction, les options de catastrophe sont supérieures aux «CAT bonds», puisque ces derniers entraînent des coûts de conseils légaux, d'investissement, d'audit et d'impôt. Les «CAT bonds» sont peu liquides, car ces titres ne sont pas un produit standardisé, c'est-à-dire que chaque contrat peut être différent et, en plus, ils ne sont pas transigés sur un marché en tant que tel. De plus, les options permettent de diminuer l'exposition au risque moral, comparativement aux titres de dette. En effet, puisque les options sont calculées en fonction d'un index de pertes de l'industrie contrairement aux pertes de l'assureur lui-même, il existe peu de risque moral. Par contre, l'avantage des titres de dette est qu'ils sont mieux liés aux pertes de l'assureur, réduisant ainsi le risque de base.

■ RISQUE DE BASE

Le risque de base est un élément à ne pas négliger, car il affecte grandement l'évolution du marché de la titrisation du risque de catastrophe. Citons un auteur à cet effet :

«In fact, the perception among insurers that CAT index securities are subject to unacceptable levels of basis risk has been identified as the primary obstacle to the more rapid development of the CAT-loss securities market (American Academy of Actuaries 1999).»⁹

Lorsque le déclencheur («trigger») des titres de gestion de risque de catastrophes est lié à un indice, l'assureur peut alors encourir le risque de base. Ce dernier fait référence à une corrélation imparfaite entre les pertes encourues par l'assureur et les paiements reçus par les titres. Le contrat traditionnel de réassurance de type «excédent de perte» ne comporte aucun risque de base, car il existe une relation directe entre les pertes et le paiement fait par le réassureur. Par contre, un «CAT bond» basé sur un indice est sujet à ce type de risque. En d'autres termes, les pertes encourues par l'assureur peuvent ne pas être bien représentées par l'indice. Dans un tel cas, les pertes ne sont pas parfaitement corrélées aux paiements de l'obligation qui sont déclenchés par l'index. Certains proclament que l'utilisation d'indices basés sur les pertes de parties spécifiques de l'État entraînerait moins de risque de base. Par exemple, dans les options de catastrophe, l'existence des neuf indices différents permet à chaque assureur de se couvrir plus précisément selon son exposition géographique spécifique, ce qui réduit son risque de base. En effet, plus la corrélation entre les changements non anticipés dans les pertes des firmes et les variations non anticipées dans l'indice sous-jacent est forte, plus le risque de base sera faible. Par contre, l'utilisation de contrats désagrégés diminue la liquidité du marché, car le nombre de joueurs sur un tel marché serait diminué, ce qui aurait pour effet que les coûts de transaction pourraient être élevés.

Nous pouvons analyser l'importance du risque de base de plusieurs façons. Nous pouvons construire un modèle de simulation qui nous permet d'examiner la corrélation entre l'indice de pertes de catastrophe et le livre d'affaires d'un assureur. Major (1996)¹⁰ a fait une telle recherche et sa principale conclusion est que des contrats désagrégés basés sur les pertes de catastrophes par petites régions urbaines ou rurales permettent une meilleure couverture que des contrats sur indices de pertes propres à tout un État.

Nous pouvons également analyser la corrélation historique entre les pertes de catastrophe et les pertes des assureurs individuels. Si nous supposons qu'il y a stabilité dans le temps pour les distributions de probabilité des pertes de catastrophes des assureurs, alors l'utilisation de données historiques peut être utile. En effet, l'utilisation de données historiques permet d'évaluer empiriquement l'efficacité passée de la couverture par des options et nous donne donc une indication de l'efficacité future de tels contrats pour se protéger du risque de catastrophe. Harrington et Niehaus (1999) utilisent cette approche : ils utilisent le R-carré entre la variable qui doit être couverte et l'indice sous-jacent du contrat d'options. Plus précisément, ils estiment le R-carré entre les ratios de pertes d'assureurs par État et les niveaux de pertes de catastrophe dans l'État spécifié. Leur raisonnement est simple : un R-carré élevé indique qu'il est efficace pour un assureur de couvrir ses pertes en utilisant des contrats basé sur un indice de pertes de l'État, donc que le risque de base est faible. Leur régression est la suivante :

$$LR_{jt} = \beta_j LR_{ct} + LR_{Ojt}$$

où LR_{ct} est le ratio de pertes de catastrophes pour l'État (pertes de catastrophes divisées par les primes récoltées par l'industrie), LR_{Ojt} est le ratio de pertes non-catastrophes pour l'assureur, LR_{jt} est le ratio de perte de l'assureur (pertes encourues/primes). Ainsi, le paramètre β reflète la sensibilité des pertes de l'assureur aux pertes de catastrophes. Le R-carré est calculé comme étant le pourcentage de réduction de la variance obtenue par la couverture qui minimise la variance. De façon intuitive, le R-carré mesure la portion du risque total que l'on peut éliminer par un contrat. Leur principale conclusion est que des contrats d'options de catastrophe (PCS) basés sur des indices de pertes spécifiques aux États procureraient des couvertures efficaces contre des variations dans les ratios de perte des assureurs causés par des désastres naturels. De plus, l'efficacité de couverture d'un contrat basé sur un indice de pertes agrégées d'un État a été supérieure à celle que procureraient des contrats sur chaque ligne d'assurance au niveau des États.¹¹

Une étude plus récente a été conduite sur le risque de base sous-jacent aux indices de pertes de catastrophe¹². Elle analyse l'efficacité de la couverture du risque de catastrophe par les options, soit le risque de base, et ce, pour 255 assureurs, ce qui représente 93 % du marché de l'assurance résidentielle en Floride. Les pertes des assureurs causées par un ouragan sont simulées à l'aide d'un

modèle développé par *Applied Insurance Research (AIR)*¹³. Les auteurs supposent que les assureurs sont neutres au risque, mais qu'ils se couvrent en raison des imperfections de marché, dont les coûts directs et indirects de faillite et la structure convexe des impôts.

La couverture non linéaire de portefeuille que les auteurs supposent consiste en une position courte des pertes de catastrophe de chaque assureur et d'une position longue d'option d'achat de catastrophe. L'efficacité de la couverture est analysée de plusieurs façons, soit par la diminution de la volatilité des pertes, par la valeur à risque et par le niveau de pertes espérées au-dessus d'un niveau prédéterminé. Il est bien évident qu'il nous faut un modèle de référence pour pouvoir comparer l'efficacité de la couverture. Les auteurs utilisent donc un modèle de couverture parfaite, représenté par la réduction du risque qu'un assureur pourrait obtenir en utilisant comme indice ses propres pertes, donc soit en entrant dans un contrat de réassurance ou en achetant des CAT bonds. Deux types d'indices de pertes sont utilisés, un indice basé sur les pertes du marché de l'assurance de la Floride (*statewide index*) et quatre indices basés sur les pertes de quatre parties de cet État (*intra-state indices*).

Nous obtenons donc trois fonctions de pertes pour l'assureur :

1- avec couverture parfaite :

$$L_j^P = L_j - h_j^P [Max(L_j - M_j^P, 0) - Max(L_j - U_j^P, 0)] \quad (1)$$

2- avec une couverture basée sur un indice de pertes de toute l'industrie dans un même État :

$$L_j^S = L_j - h_j^S [Max(L_S - M_j^S, 0) - Max(L_S - U_j^S, 0)] \quad (2)$$

3- avec une couverture basée sur un indice de pertes désagrégées («intra-state régional») :

$$L_j^R = \sum_{r=1}^R [L_{jr} - h_j^r [Max(L_r - M_j^r, 0) - Max(L_r - U_j^r, 0)]] \quad (3)$$

où :

L_j^P : pertes couvertes de l'assureur dans le cas de couverture parfaite ;

L_j : pertes non couvertes de l'assureur ;

h_j^P : ratio de couverture sous la couverture parfaite ;

M_j^P : le plus faible prix d'exercice de l'option d'achat sous la couverture parfaite ;

U_j^P : le plus haut prix d'exercice de l'option d'achat sous la couverture parfaite.

Lorsque les indices du haut sont S , on désigne alors la couverture basée sur un indice des pertes de tout l'État (*statewide index*). $L_S = \sum_j L_j$ = pertes de toute l'industrie de la Floride.

Lorsque les indices du haut sont R , on désigne alors la couverture basée sur les indices désagrégés («intra-state indices»). L_{jr} = les pertes non couvertes de l'assureur j dans la région r .

Comme nous l'avons étudié, l'assureur doit minimiser la fonction L_j^i sous contrainte d'une fonction de coût. Si l'on définit la fonction objectif avec critère de décision m comme $G_m(L_j^i)$, le problème d'optimisation en utilisant un «state-wide hedge», par exemple, s'écrit comme suit :

$$\underset{\{h_j^S, M_j^S, U_j^S\}}{\text{Minimiser}} G_m(L_j^i) \quad (4)$$

Sous contrainte que :

$$h_j^S [W(L_S, M_j^S) - W(L_S, U_j^S)] \leq C_j$$

où C_j = montant maximal disponible à l'assureur j qu'il peut dépenser pour une couverture, $W(L_S, M_j^S)$ et $W(L_S, U_j^S)$ = les prix des options d'achat basées sur les pertes de l'industrie L_S avec comme prix d'exercice M_j^S et U_j^S respectivement. Ainsi, l'assureur optimise son ratio de couverture et de deux prix d'exercice sous contrainte à un montant maximal de dépense de couverture. En faisant varier C_j , il est possible de générer une frontière efficiente basée sur chaque critère d'optimisation et sur l'index de pertes.

Les auteurs dégagent trois principales conclusions. Tout d'abord, les compagnies présentes dans les trois plus hauts quartiles de part de marché peuvent se couvrir aussi efficacement en utilisant des contrats basés sur l'indice de pertes désagrégées (*intra-state index*) qu'en utilisant des contrats qui se basent sur leurs propres pertes. Ensuite, la couverture avec des contrats basés sur l'indice de perte de tout l'État de la Floride (*statewide index*) est efficace uniquement pour les assureurs qui ont les plus grandes parts de marché ainsi que pour les plus petits qui sont énormément diversifiés à l'intérieur de l'État de la Floride. Finalement, même si les assureurs qui se couvrent avec l'indice de perte de tout l'État

(*statewide index*) vont assumer beaucoup de risque de base, une grande proportion de la valeur totale des résidences exposées au risque en Floride pourra être couverte efficacement.

Cette étude analyse aussi les relations entre l'efficacité de la couverture et la forme organisationnelle de la compagnie (actionnariat versus mutuelle), sa taille, sa structure de capital, le fait qu'elle soit membre d'un groupe d'assureurs (sous contrôle commun) versus une compagnie indépendante. Cette section nous permet donc d'étudier plus en profondeur les incitations à prendre des risques entraînés par des caractéristiques de taille et d'organisation. Le résultat le plus intéressant concerne la forme organisationnelle de la compagnie. En effet, les auteurs ont trouvé que les mutuelles d'assurances peuvent se couvrir plus efficacement que les compagnies à capital-actions en utilisant les «intra-states indices». Ils expliquent ce résultat par les théories d'agence.

Le raisonnement est le suivant : puisque les mutuelles appartiennent aux détenteurs des polices d'assurance, riscophobes, c'est dans l'intérêt des propriétaires et des dirigeants que la firme soit bien diversifiée. D'un côté, puisque les détenteurs achètent une assurance pour transférer une partie de leurs pertes de sinistres à l'assureur, leur portefeuille personnel est déjà surexposé au risque de catastrophe. Ainsi, il est peu probable qu'ils désirent que l'assureur leur retransfère une partie de ce risque en raison d'une diversification sous-optimale. D'un autre côté, les dirigeants de mutuelles ont une plus grande part de leur capital humain engagé envers l'assureur et seront moins prompts à bénéficier de prise de risque que des dirigeants de compagnies à capital-actions. De plus, dans une compagnie contrôlée par actionnariat, les dirigeants doivent gérer dans l'intérêt des actionnaires. Il est accepté que la maximisation de la valeur de la firme est l'objectif qu'ils doivent poursuivre. Dans le cas où cette valeur peut être maximisée en souscrivant dans des régions géographiques profitables uniquement, alors ce type de compagnie d'assurance sera moins diversifié géographiquement que les mutuelles. Finalement, les auteurs ont également trouvé que les assureurs qui ont un plus grand endettement peuvent se couvrir plus efficacement avec des contrats basés sur indices que ceux qui sont moins endettés. Ce résultat est consistant avec l'hypothèse que l'endettement sert d'incitatif à une diversification géographique du risque.

■ CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons abordé le sujet de la gestion des risques de catastrophe. Nous avons survolé le fonctionnement du marché de la réassurance, ses principaux avantages et surtout ses désavantages, mis en lumière par l'augmentation de la fréquence des sinistres naturels durant les dernières années. Cette augmentation a, de fait, entraîné un problème au niveau de la capacité des marchés de l'assurance et de la réassurance dans la gestion des risques de catastrophe. À partir de ce moment, les principaux agents impliqués dans ces marchés ont dû trouver de nouveaux moyens pour gérer de façon plus efficace leur risque, d'où le nouvel engouement pour la titrisation et la naissance des options de catastrophe et «CAT bonds». Nous avons parcouru le fonctionnement de ces deux principaux instruments financiers et avons soulevé la problématique du risque de base sous-jacent à l'utilisation d'un indice de perte qui n'est pas parfaitement corrélé aux pertes de l'assureur.

La plupart des études concluent qu'il est généralement plus efficace pour les assureurs de se couvrir avec des contrats basés sur les pertes de plus petites régions géographiques qu'avec des contrats basés sur les pertes de tout l'État. Par contre, ces résultats n'impliquent pas qu'il soit moins efficace pour les assureurs de se couvrir avec des options plutôt qu'avec des «CAT bonds» ou des contrats de réassurance. Au contraire, comme mentionné plus tôt, une des principales conclusions de Cummins, Lalonde et Philips (2000) est qu'une grande proportion de la valeur totale des résidences exposées au risque en Floride pourra être couverte efficacement en utilisant les options de catastrophe. En effet :

«These results provide further evidence that the degree of basis risk from index hedging may be sufficiently small to make index hedging attractive for the majority of Florida insurers. (...) The state index hedge is at least 90 percent as effective as the perfect hedge for 31 of the insurers in the sample.»¹⁴

Dans cette même étude, les auteurs proposent de construire un indice paramétrique, car même un indice de pertes pour toute l'industrie n'est pas totalement exempt de risque moral. En effet, il est possible qu'un des plus gros assureurs augmente de façon significative son remboursement (*payoff*) d'une couverture fondée sur un tel indice, simplement en exagérant ses pertes de catastrophes à l'agent statistique qui compile l'indice. Cette possibilité

peut décourager certains investisseurs à participer à la partie courte du marché des options d'achat de catastrophe. Elle peut, de plus, augmenter la prime de risque pour ces produits comparativement à une situation exempte de risque moral. Il leur semble donc important de développer un indice paramétrique basé sur leurs données de simulation. Cet indice des pertes causées par un ouragan en Floride est basé sur un modèle de régression ayant les dommages monétaires comme variable dépendante et les caractéristiques des ouragans comme variables indépendantes. Cette régression peut ainsi être utilisée pour générer un indice paramétrique des dommages causés par un ouragan qui servirait d'instrument déclencheur pour les options de catastrophes. Cet indice de sévérité de catastrophe serait ainsi indépendant des pertes reportées par les assureurs, donc exempt de risque moral. Les auteurs ont réalisé les mêmes tests qu'avec les indices précédents et ont trouvé que l'indice paramétrique procure la même performance de couverture que celle des contrats basés sur l'indice de pertes de tout l'État.

Nous pouvons donc conclure que la titrisation du risque de catastrophe est une solution efficace au problème de capacité du marché de l'assurance et de la réassurance. En effet, les assureurs peuvent se couvrir de façon plus efficace (coûts de transaction moins élevés, moins de risque moral, plus grand accès à du capital) avec ces nouveaux titres financiers. Par contre, cela n'implique pas que ces nouveaux outils sont parfaits. Il n'existe donc pas de recette miracle quant à la gestion des risques de catastrophe pour tous les assureurs. En fait, la diversité des outils de gestion de ces risques est telle que chaque assureur devrait développer sa propre stratégie selon sa capitalisation, son exposition au risque de prise ferme, son niveau de diversification et la disponibilité des différents contrats qui lui sont offerts. Ainsi, lorsqu'une compagnie d'assurance veut analyser quelle couverture est la plus appropriée pour son risque de catastrophe, elle doit faire les comparaisons suivantes :

- l'importance du risque de base du titre relativement au risque de crédit du réassureur ;
- les paiements plus immédiats des titres comparativement au délai de paiement du réassureur ;
- le coût d'implanter chaque type de couverture financière ;
- les coûts de chaque instrument (soit la prime pour la réassurance et le haut taux d'intérêt des titres) nécessaires pour se couvrir et tenir compte du risque moral possible.

Il ne faut pas non plus perdre de vue qu'il est aussi important que les assureurs diversifient géographiquement leur portefeuille de contrats. Plusieurs sujets de recherche restent à être explorés dans ce domaine. Par exemple, il peut être intéressant d'analyser l'impact du code de régulation de construction des immeubles sur les primes de contrats d'assurance. De fait, les assureurs demandent des primes plus faibles aux individus qui protègent leurs édifices contre le feu, alors pourquoi ne le feraient-ils pas pour les gens qui construisent des protections contre les tempêtes et qui construisent des immeubles plus solides.

Ce qui est certain, c'est que le visage du marché de l'assurance des risques de catastrophe change énormément depuis les années 1990. Ce dernier a connu une convergence avec le marché des capitaux, l'introduction d'une nouvelle problématique liée à ces nouveaux instruments de gestion de risque (le risque de base) et, plus fondamentalement, un changement des rôles des agents impliqués. En effet :

«At the same time that the investment banks are forming reinsurance companies, reinsurance companies like Swiss Re are enhancing their capital markets operations. (...) Wall Street should continue to dominate the catastrophe bond deals because it has the distribution capabilities. And, reinsurance companies are expected to win the battle for smaller deals and will continue to gain business based on their existing relationships.»¹⁵

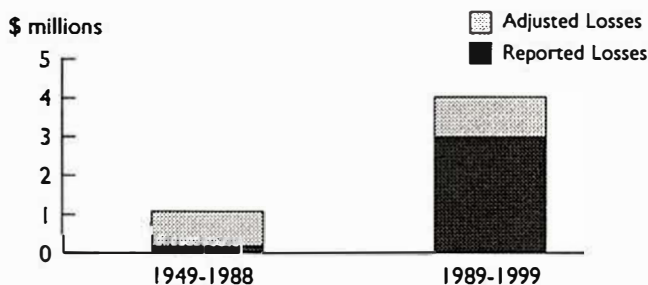
□ Bibliographie

- Balbas, Alejandro; Longarela, Inaki R.; Lucia, Julio J.; «How Financial Theory Applies to Catastrophe-Linked Derivatives – An Empirical Test of Several Pricing Models», *Journal of Risk and Insurance*, 1999 Vol. 66 No. 4.
- Bantwal, Vivek; Kunreuther, Howard; «A CAT Bond Premium Puzzle?»; <http://fic.wharton.upenn.edu/fic/wfic/catrisk.html>.
- Canter Cole and Sandor; «Insurance Derivatives: A New Asset Class for the Capital Markets and a New Hedging Tool for the Insurance Industry»; *Journal of Derivatives*; 1996.
- Croson, David; Kunreuther, Howard; «Customizing Reinsurance and CAT Bonds for Natural Hazard Risks», <http://fic.wharton.upenn.edu/fic/wfic/catrisk.html>.
- Cummins, David; Lalonde, David; Phillips, Richard; «The Basis Risk of Catastrophic-Loss Index Securities»; <http://fic.wharton.upenn.edu/fic/wfic/catrisk.html>.
- D'Arcy, Stephen; France, Virginia Grace; «Catastrophe Futures: A Better Hedge for Insurers»; *Journal of Risk and Insurance*; 1992 Vol. 66 No. 4.

- Eeckhoudt, Louis; Gollier, Christian, «The Insurance of Lower Probability Event», *Journal of Risk and Insurance*; 1999 Vol. 66 No. 1.
- Harrington, Scott; Niehaus, Greg; «Basis Risk with PCS Catastrophe Insurance Derivatives Contracts»; *Journal of Risk and Insurance*; 1999 Vol. 66 No. 1.
- Litzenberg, Robert H.; Beaglehole, David R.; Reynolds, Craig E.; «Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securities as a New Asset Class», *Journal of Portfolio Management*, Special Issue: 76-86 (1996).
- O'Brien (1997), «Hedging Strategies Using Catastrophe Insurance Options», *Insurance: Mathematics and Economics*, 21(2).
- Jaffee, Dwight M.; Russell, Thomas; «Catastrophe Insurance, Capital Markets and Insurable Risks», *Journal of Risk and Insurance*, 1997 Vol. 64 No. 2.
- Sirois, Mathieu; «Gérer Les Risques de Catastrophe: Avantages et Inconvénients des Outils Traditionnels et Modernes»; *Assurances*; Volume 68, numéro 3; Octobre 2000; p.367-400.
- «Catastrophes», *The Economist*, March 31st 2001.
- Tobin, Gary; «Risk Securitization», *Assurances*, Avril 2001.
- Zanjani, George; «Pricing and Capital Allocation in Catastrophe Insurance», Federal Reserve Bank of New York, 2000.
- ISO; «Catastrophes: Insurances Issues Surrounding the Northridge Earthquake and Other Natural Disasters», 1994.
- ISO; «Financing Catastrophe Risk: Capital Market Solutions», 1999.
- ISO; «Managing Catastrophe Risk», 1996.
- www.cnare.com ; «The Foundation and Evolution of the Catastrophe Bond Market».
- www.insurancestock.com ; «Catastrophe Bonds».

ANNEXE I

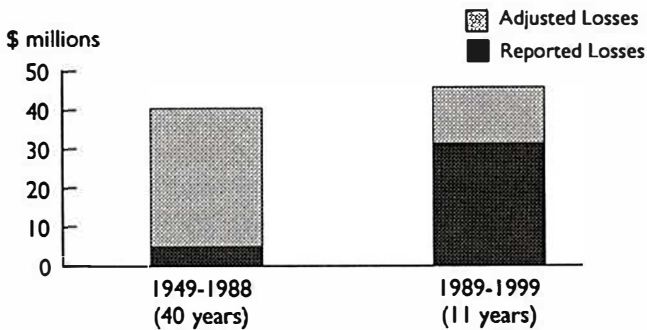
AVERAGE ANNUAL LOSSES DUE TO CATASTROPHIC HURRICANES



Reported losses are direct insured losses to property, as reported by ISO's Property Claim Services (PCS) unit. Adjusted losses are losses adjusted for inflation through 1999, as well as population growth and changes in the amount of property per person.

ANNEXE 2

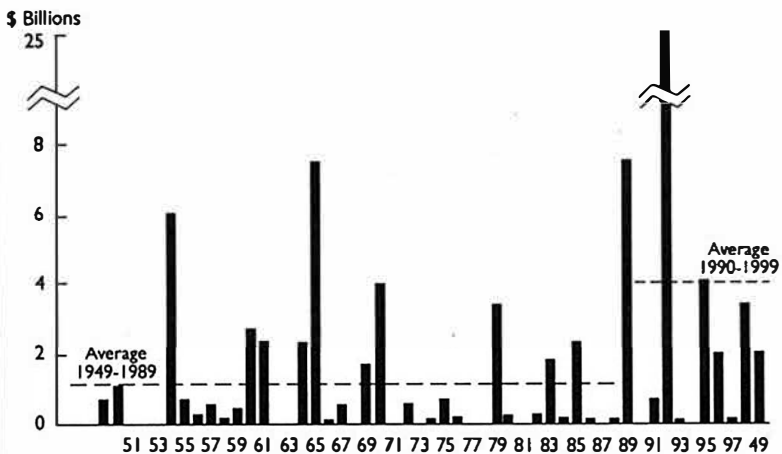
INSURED LOSSES DUE TO CATASTROPHIC HURRICANES



Reported losses are direct insured losses to property, as reported by ISO's Property Claim Services (PCS) unit. Adjusted losses are losses adjusted for inflation through 1999, as well as population growth and changes in the amount of property per person.

ANNEXE 3

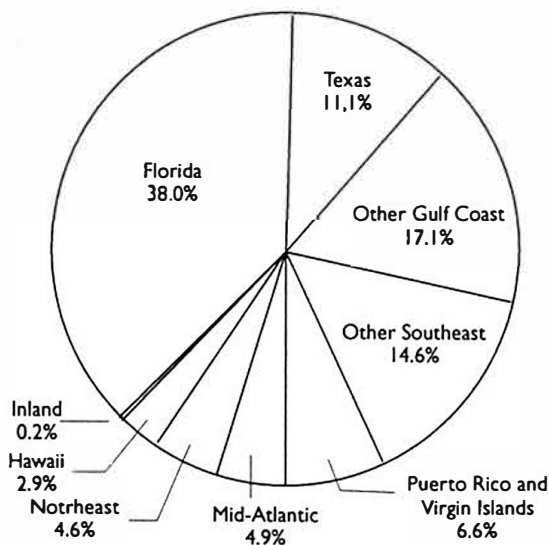
ADJUSTED ANNUAL INSURED LOSSES DUE TO CATASTROPHIC HURRICANES, 1949-1999



The figure shows losses as reported to ISO's Property Claim Services (PCS) unit, adjusted for inflation through 1999, as well as population growth and changes in the amount of property per person.

ANNEXE 4

LOSSES DUE TO CATASTROPHIC HURRICANES, BY REGION, 1949-1999



Adjusted Losses*

Florida – \$33.4 billion

Texas – \$9.7 billion

Other Gulf Coast (AL, LA, MS) – \$15.0 billion

Other Southeast (GA, NC, SC, VA) – \$12.8 billion

Puerto Rico and U.S.A Virgin Islands – \$5.8 billion

Mid-Atlantic (DC, DE, MD, NJ, NY, PA) – \$4.3 billion

Northeast (CT, MA, ME, NH, RI, VT) – \$4.0 billion

Hawaii – \$2.6 billion

Inland (KY, OH, TN, WV) – \$0.2 billion

* All figures are losses as reported to ISO's Property Claim Services (PCS) unit, adjusted for inflation through 1999, as well as population growth and changes in the amount of property per person.

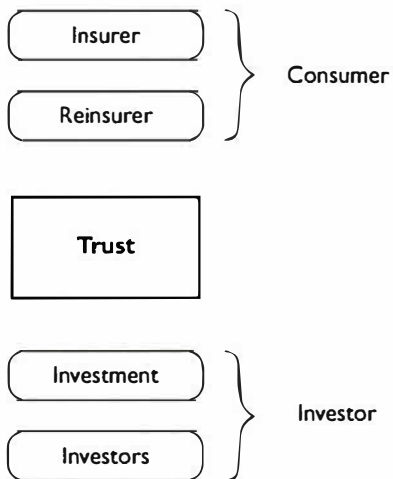
ANNEXE 5**THE THIRTY MOST DESTRUCTIVE HURRICANES, 1949-1999**

Rank	Year	Name	Reported Losses	Adjusted Losses
1	1992	Hurricane Andrew	\$15,500,000,000	\$22,898,000,000
2	1965	Hurricane Betsy	515,000,000	7,401,000,000
3	1989	Hurricane Hugo	4,195,000,000	7,363,000,000
4	1970	Hurricane Cecella	310,000,000	4,207,000,000
5	1998	Hurricane Georges	2,955,000,000	3,090,000,000
6	1954	Hurricane Hazel	122,000,000	2,952,000,000
7	1979	Hurricane Frederic	753,000,000	2,839,000,000
8	1954	Hurricane Carol	136,000,000	2,743,000,000
9	1960	Hurricane Donna	91,000,000	2,732,000,000
10	1995	Hurricane Opal	2,100,000,000	2,622,000,000
11	1961	Hurricane Carla	100,000,000	2,424,000,000
12	1992	Hurricane Iniki	1,600,000,000	2,181,000,000
13	1964	Hurricane Cleo	67,000,000	2,002,000,000
14	1999	Hurricane Floyd	1,960,000,000	1,950,000,000
15	1983	Hurricane Alicia	676,000,000	1,886,000,000
16	1996	Hurricane Fran	1,600,000,000	1,868,000,000
17	1969	Hurricane Camille	165,000,000	1,702,000,000
18	1985	Hurricane Elena	543,000,000	1,181,000,000
19	1995	Hurricane Marilyn	875,000,000	1,079,000,000
20	1950	Hurricane King	10,000,000	1,057,000,000
21	1991	Hurricane Bob	620,000,000	862,000,000
22	1985	Hurricane Gloria	419,000,000	853,000,000
23	1975	Hurricane Eloise	119,000,000	806,000,000
24	1972	Hurricane Agnes	100,000,000	737,000,000
25	1949	Hurricane #2	8,000,000	686,000,000
26	1957	Hurricane Audrey	32,000,000	654,000,000
27	1967	Hurricane Beulah	35,000,000	634,000,000
28	1955	Hurricane Connie	25,000,000	589,000,000
29	1979	Hurricane David	123,000,000	564,000,000
30	1996	Hurricane Erin	375,000,000	468,000,000

Reported losses are direct insured losses to property, as reported by ISO's Property Claim Services (PCS) unit. Adjusted losses are losses adjusted for inflation through 1999, as well as population growth and changes in the amount of property per person.

Before 1950, Atlantic Basin Hurricanes have numbers instead of names.

ANNEXE 6



Source : *Risk Securitization*; Gary Tobin; p.5.

ANNEXE 7

PRINCIPAUX AGENTS

Nous pouvons cerner cinq principaux groupes d'agents concernés par la gestion des risques de catastrophe. Il est important de les connaître et, surtout, d'être à même de cerner leurs objectifs et préoccupations afin de pouvoir comparer les différents instruments de gestion de risque.

Propriétaires et entreprises risquées

Cette classe d'agents est normalement aversive au risque, ainsi leur principal objectif est d'être remboursé suite à un sinistre naturel, et ce, par l'intermédiaire d'une police d'assurance. On peut même constater qu'ils sont prêts à payer une prime pour se couvrir contre une large perte potentielle qui serait engendrée par une catastrophe naturelle. Ils font face au risque de faillite ou d'incapacité de payer de la compagnie d'assurance.

Assureurs

Ils offrent une protection contre ces risques en profitant de la loi des grands nombres. Autrement dit, s'ils ont un portefeuille de contrats assez large et diversifié, ils devraient être en mesure de recevoir suffisamment de primes pour couvrir leurs pertes, même si des événements pires que prévus surviennent. Par contre, même si, en moyenne, un assureur est rentable, une catastrophe anormalement grave pourrait le mettre en difficulté financière. C'est ainsi que les catastrophes naturelles leur causent problème, car il y a une grande corrélation entre les pertes engendrées par celles-ci dans leur portefeuille.

Réassureurs

Ils offrent une protection pour les assureurs primaires de la même façon que les assureurs primaires couvrent les propriétaires et détenteurs d'assurance. Dans un contrat de réassurance, une compagnie d'assurance (le réassureur) exige une prime afin de couvrir une autre compagnie contre toutes ou une partie des pertes qu'elle pourrait subir suite à un sinistre, en raison de ses polices d'assurances. Les réassureurs sont sujets aux mêmes risques que les assureurs.

Investisseurs

Ils veulent obtenir un bon rendement sur leur investissement, soit sous la forme d'un taux plus élevé que le taux d'intérêt normal lorsqu'il n'y a pas de catastrophes qui surviennent, et ce, afin de justifier le risque de perdre leur principal et/ou recevoir un taux d'intérêt faible après un sinistre. Ils sont aussi intéressés par ces nouveaux titres financiers car ils ont un (de zéro, ce qui leur permet de pousser leur frontière d'efficience d'investissement.

Gouvernement

C'est le réassureur de dernier recours et il a le pouvoir de taxer différents agents afin de lever des fonds pour pouvoir payer lorsqu'il y a des pertes causées par des sinistres. Certains se questionnent à savoir si le gouvernement ne devrait pas être plus présent dans la gestion des risques de catastrophe.

□ Notes

1. Cette entité fait partie de l'*Insurance Service Office* « www.iso.com ».
2. Voir les Annexes 1 à 5 des détails quant aux pertes entraînées par des catastrophes et une liste plus complète des récents sinistres.
3. « www.insurancestock.com ».
4. Mathieu Sirois, «Gérer les risques de catastrophe : avantages et inconvénients des outils traditionnels et modernes», *Assurances*, volume 68, numéro 3, octobre 2000; p. 371.
5. Source : « www.iso.com ».
6. Voir Annexe 8 pour une liste d'émissions de titres de dette de catastrophe.
7. Voir Annexe 9 pour un schéma du fonctionnement d'un tel titre.
8. Sirois, Mathieu, «Gérer les risques de catastrophe : avantages et inconvénients des outils traditionnels et modernes », *Assurances*; Volume 68, numéro3; Octobre 2000; p.380-381.
9. Cummins et al, «The Basis Risk of Catastrophic-loss Index Securities», May 2000; Wharton School; p.2.
10. Harrington et Niehaus, «Basis Risk with PCS Catastrophe Insurance Derivative Contracts», *The Journal of Risk and Insurance*; 1999; Vol.66 No. 1; p.51.
11. Harrington et Niehaus, «Basis Risk with PCS Catastrophe Insurance Derivative Contracts», *The Journal of Risk and Insurance*; 1999; Vol.66 No. 1; p.76.
12. Cummins et al, «The Basis Risk of Catastrophic-loss Index Securities», May 2000; Wharton School.
13. Voir Annexe 10 pour un schéma expliquant le fonctionnement de la simulation du modèle d'AIR.
14. Cummins et al, «The Basis Risk of Catastrophic-loss Index Securities», May 2000; Wharton School; p.27.
15. *Catastrophe Bonds* « www.insurancestock.com ».