

Catastrophes naturelles et réassurance



Catastrophes naturelles et réassurance

Table des matières

| | | |
|----------|--|----|
| | Avant-propos | 5 |
| 1 | Périls naturels et sinistres catastrophiques | 7 |
| 2 | Particularités de l'assurance des périls naturels | 11 |
| 2.1 | Fréquence d'occurrence | 11 |
| 2.2 | Ampleur de l'événement | 12 |
| 2.3 | Dépendance géographique | 13 |
| 3 | Evaluation du risque | 15 |
| 3.1 | Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ? | 15 |
| 3.2 | Les bases de la modélisation des périls naturels | 16 |
| 3.3 | Les quatre modules de la modélisation des périls naturels | 18 |
| 3.3.1 | Module de l'aléa : où, à quelle fréquence, avec quelle intensité ? | 18 |
| 3.3.2 | Module de la vulnérabilité : quelle sera l'ampleur du sinistre ? | 21 |
| 3.3.3 | Module de la distribution des valeurs : combien et où ? | 22 |
| 3.3.4 | Module des conditions d'assurance : quelle proportion du sinistre est prise en charge par l'assureur ? | 26 |
| 3.3.5 | La combinaison des quatre modules | 28 |
| 3.4 | Synthèse et perspectives | 36 |
| 4 | Quelques aspects de la réassurance des périls naturels | 39 |
| 4.1 | Potentiel maximum de dommages | 39 |
| 4.2 | Réassurance du risque de catastrophe naturelle | 40 |
| 4.3 | Frais financiers et régulation des capacités | 41 |
| | Autres publications dans la série « Risk Perception » | 46 |



Péril naturel « tempête » : les tempêtes hivernales dans les latitudes tempérées (« cyclones extra-tropicaux ») n'atteignent pas les vitesses de pointe du vent affichées par les cyclones tropicaux. Les tempêtes *Lothar* et *Martin*, qui ont balayé l'Europe en décembre 1999, ont toutefois montré l'énorme potentiel de sinistre existant dans des pays européens à forte densité de population et largement assurés.

Avant-propos

Tous les ans, les catastrophes naturelles prélèvent un lourd tribut en vies humaines et provoquent des dégâts matériels considérables. Nous regardons les images télévisées de ces événements avec un mélange de compassion pour les victimes, de soulagement d'avoir été épargnés et d'effarement devant la violence des forces de la nature.

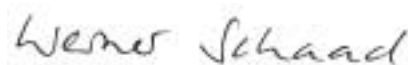
En dépit des progrès considérables de la science et de la technique, les catastrophes naturelles restent imprévisibles. Cependant, au cours des dernières décennies, nous avons réussi à mieux comprendre les causes et les effets de ces événements extrêmes. Cette prise de conscience s'est notamment traduite par la cartographie des zones à risque, par des normes de construction et des plans d'urgence, grâce auxquels nous serons mieux armés pour faire face à de tels événements à l'avenir.

C'est au niveau de l'indemnisation des dommages qu'intervient la (ré)assurance. Sa mission doit être la constitution d'une communauté de solidarité entre assurés, dont les primes versées suffisent à indemniser les sinistres en cas de catastrophe naturelle. La demande de couvertures d'assurance contre les conséquences de périls naturels tels que les séismes, les tempêtes ou les inondations a été en constante progression, de la même façon que les (ré)assureurs se sont montrés de plus en plus enclins à accorder ce type de couverture.

Dans les régions longtemps épargnées par des événements catastrophiques, le risque émanant des périls naturels est généralement sous-estimé. Pour éviter de telles erreurs d'appréciation, le secteur de l'assurance utilise aujourd'hui des modèles mathématiques afin d'établir une estimation réaliste du risque fondée sur les dernières découvertes scientifiques. Swiss Re dispose d'un département spécialisé dans l'évaluation des périls naturels, qui se consacre notamment au développement constant de ce genre de modèles.

En 1988 déjà, Swiss Re publiait un document intitulé « Périls de la nature et sinistres catastrophiques » expliquant l'évaluation des risques liés aux périls naturels. Les principes fondamentaux présentés alors sont encore valables aujourd'hui, mais les progrès considérables qui ont été réalisés depuis nous obligent à une révision complète de cette publication.

Les concepts exposés dans la présente brochure ne se veulent pas la panacée ; ils saisissent plutôt sur le vif des méthodes en constante évolution – et invitent donc à la discussion.



Werner Schaad
Chief Underwriting Officer
Swiss Re



Péril naturel « inondation » : paralysie totale dans la gare de Dresde en août 2002. D'importantes inondations ont fortement endommagé les infrastructures publiques, ce qui a largement contribué aux énormes coûts macroéconomiques engendrés par cet événement.

1 Périls naturels et sinistres catastrophiques

En 1992, le sud-est des Etats-Unis fut dévasté par l'ouragan *Andrew*, un cyclone tropical d'une intensité maximale. A cette occasion, 38 personnes perdirent la vie, des milliers de bâtiments, véhicules et bateaux furent complètement détruits, les réseaux téléphoniques et électriques furent interrompus pendant plusieurs jours. Pour le secteur de l'assurance, cet événement, qui a engendré quelque 20 milliards de dollars de dommages, a été la catastrophe naturelle la plus chère de tous les temps ¹.

L'ouragan « Andrew » a remis en cause l'existence même des particuliers et des entreprises ne bénéficiant d'aucune couverture d'assurance. En outre, plusieurs grands noms de l'assurance eurent des difficultés financières et ne purent indemniser leurs clients qu'à grand-peine. Le montant du sinistre a surpris de nombreux assureurs. Par conséquent, ils ne disposaient ni de provisions suffisantes, ni de la couverture de réassurance adéquate pour faire face à un tel événement catastrophique.

Cet exemple illustre l'importance cruciale pour les assureurs et les réassureurs d'une évaluation correcte du potentiel de sinistre inhérent à des catastrophes certes rares, mais tout à fait envisageables. Aujourd'hui encore, il s'agit d'un objectif exigeant constituant un véritable défi.

Un sinistre résultant d'un incendie exceptionnel peut, avec l'expérience adéquate, être évalué de manière relativement fiable. Dans le cas de périls naturels comme les séismes, les tempêtes ou les inondations, qui présentent un potentiel de sinistre nettement plus important en raison du nombre considérable de polices d'assurance simultanément concernées, l'évaluation de *sinistres catastrophiques* est beaucoup plus difficile. Les événements catastrophiques ont une *périodicité* très longue (de plusieurs décennies à plusieurs siècles) et les sinistres des dernières années sont donc rarement représentatifs du *risque* réel. Après une période prolongée sans sinistre, l'ampleur potentielle des catastrophes naturelles est souvent sous-estimée.

Sinistre catastrophique : somme de tous les sinistres causés par un même événement. En assurance dommages, le sinistre catastrophique est souvent défini comme « l'ensemble des sinistres imputables à une seule et même cause ou chaîne causale ». Dans le cas des périls naturels, il faut avant tout essayer de délimiter la « cause » ou la « chaîne causale » sur la base d'une réflexion scientifique. Cela étant, en matière de périls naturels, on utilise encore souvent des clauses dites horaires (l'ensemble des sinistres survenus dans un intervalle de temps donné).

Périodicité : durée moyenne de la période au bout de laquelle l'ampleur d'un événement est égalée ou surpassée. La périodicité est inversement proportionnelle à la fréquence d'occurrence, autrement dit, une périodicité de 100 ans correspond à une fréquence d'occurrence d'une fois tous les 100 ans ou de 0,01 par an.

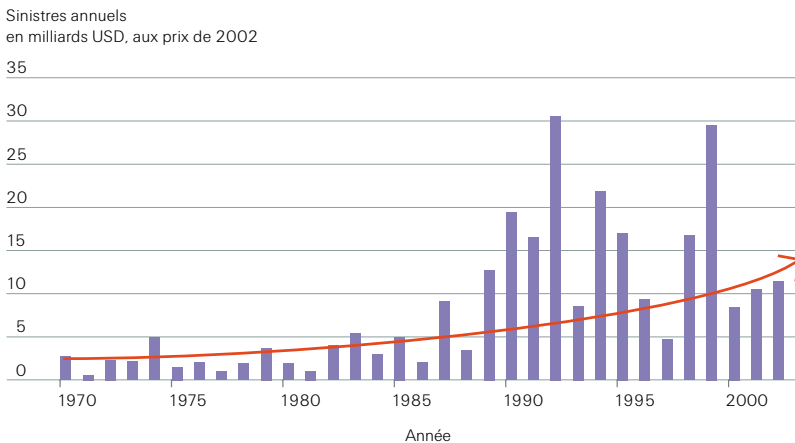
¹ *sigma* n° 1/2002 : Catastrophes naturelles et techniques en 2001, Swiss Re

1 Périls naturels et sinistres catastrophiques

Risque : le risque est généralement défini comme « un péril éventuel mesuré par la formule potentiel de sinistre x fréquence d'occurrence ». Mais en assurance, le terme de « risque » désigne également les biens ou les intérêts assurés. Ainsi, pour un portefeuille immobilier, on parlera du nombre de « risques » (c'est-à-dire le nombre de bâtiments) ou, lors d'un sinistre catastrophique, du nombre de « risques affectés » (c'est-à-dire le nombre de bâtiments endommagés).

Il est donc dans l'intérêt des assureurs de recourir à des modèles scientifiques pour anticiper l'impact financier de catastrophes naturelles (voir encadré « Une recrudescence des catastrophes naturelles ? » page 9). C'est, pour le secteur de l'assurance, le seul moyen de contribuer efficacement à la réparation des dommages. La présente publication démontre comment Swiss Re évalue le risque financier émanant des périls naturels, ainsi que les mesures qui en découlent en termes de régulation de l'entreprise.

Figure 1
Evolution des dommages assurés imputables à des catastrophes naturelles au cours des 30 dernières années.
Source : Swiss Re, base de données catastrophes sigma



Pénétration de l'assurance : de manière générale, il s'agit du rapport entre les valeurs assurées et les valeurs disponibles assurables.

Une recrudescence des catastrophes naturelles ?

Les crues qui ont inondé l'Europe centrale et orientale en août 2002 ont, en de nombreux endroits, dépassé le niveau record des 150 dernières années. La photo de trains régionaux à moitié immergés dans la gare centrale de Dresde (Allemagne) a fait le tour de la presse européenne – symbole à la fois de la violence du déchaînement des forces de la nature et de la fragilité d'un monde hautement technologique. Avant même que les eaux ne se retirent, la question d'une recrudescence des catastrophes naturelles dans le cadre du changement climatique a fait l'objet de débats animés.

Swiss Re analyse la survenance de catastrophes naturelles à l'échelle mondiale dans le cadre de son étude annuelle *sigma*². Malgré d'importantes fluctuations d'une année à l'autre, une tendance claire se dégage de ces 30 dernières années : les dommages assurés causés par des catastrophes naturelles ont massivement augmenté (fig. 1). Cette progression traduit essentiellement l'accroissement de la densité démographique, l'augmentation de la *pénétration de l'assurance* dans les zones à risque, ainsi que la grande fragilité de certains matériaux et technologies modernes. Ces tendances ne marquant aucune inflexion, il est fort probable que les sinistres causés par des catastrophes naturelles continueront à augmenter. Cette augmentation à elle seule ne permet pas pour autant de déduire que les catastrophes naturelles en elles-mêmes – c'est-à-dire leur nombre et leur intensité – connaissent une recrudescence.

Toutefois, des études scientifiques corroborent de plus en plus cette tendance. Aussi prévoient-elles pour certains périls naturels une augmentation du risque dont l'interprétation ne repose pas sur des fluctuations cycliques. La thermométrie indique dans l'ensemble un réchauffement de la couche inférieure de l'atmosphère terrestre au cours des 100 dernières années. Il est probable que l'activité humaine soit, dans une large mesure, à l'origine de cette hausse des températures. En particulier l'émission de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone (CO₂) dégagé par la combustion d'énergies fossiles, est rendue responsable des fluctuations de l'équilibre thermique de la terre. D'un point de vue physique, il semble plausible qu'une augmentation des températures entraîne une intensification du cycle de l'eau. Des modèles climatiques globaux prévoient une augmentation de la quantité et de la fréquence des précipitations saisonnières dans diverses régions du globe³. Il est fort à craindre que cela entraîne une recrudescence et/ou une aggravation des inondations. Il n'est pas non plus possible d'exclure une influence du réchauffement de l'atmosphère sur l'activité cyclonique.

² *sigma* n° 2/2003 : Catastrophes naturelles et techniques en 2002, Swiss Re

³ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Troisième bilan (Third Assessment Report), 2001



Péril naturel « incendie de forêt » : dans le contexte de l'assurance, le sinistre incendie classique ne concerne qu'un seul bâtiment. Dans les zones climatiques arides, par exemple en Australie ou, comme illustré, au Colorado, des incendies de forêt représentent toutefois une menace pour des villes ou des régions entières. En effet, les feux de brousse ou les incendies de forêt s'étendent rapidement lorsque souffle un vent violent.

2 Particularités de l'assurance des périls naturels

Un (ré)assureur s'engage contractuellement à prendre en charge, contre paiement d'une prime, le risque de sinistres futurs. Afin de pouvoir honorer ses engagements financiers en cas de sinistre, le risque correspondant, c'est-à-dire le lien entre le potentiel de sinistre et la fréquence d'occurrence, doit être évalué aussi précisément que possible. Quel que soit le péril assuré, deux variables jouent un rôle fondamental :

- *Le sinistre annuel attendu :*

Le (ré)assureur veut estimer la valeur moyenne du sinistre annuel attendu (*expected annual loss*) d'un objet d'assurance isolé (risque individuel) ou d'un ensemble d'objets d'assurance (portefeuille). Ce montant est une composante fondamentale de la prime d'assurance.

- *Les sinistres catastrophiques extrêmes :*

Le (ré)assureur veut évaluer le montant du sinistre catastrophique en cas de catastrophe exceptionnelle. Cette information contribue à éviter les difficultés financières, par exemple grâce à une réserve de fonds propres suffisante ou une solution de réassurance adéquate.

Ces deux variables ne sont pas obtenues de la même façon selon le péril assuré. Ainsi, il existe des différences notables entre le risque incendie « conventionnel » et les périls naturels, chacun nécessitant une approche différente.

2.1 Fréquence d'occurrence

La probabilité qu'un bâtiment isolé soit touché par un incendie est très faible. Par contre, la fréquence d'occurrence de sinistres imputables à un incendie est relativement élevée pour tout un portefeuille et affiche une certaine stabilité par unité de temps (par an, par exemple). Les reportages télévisés et les articles de presse donnent parfois l'impression que les catastrophes naturelles sont des événements assez fréquents. A l'échelle mondiale, il se peut que cette impression soit justifiée – mais la probabilité qu'un portefeuille d'assurance soit affecté par un événement donné, comme un séisme majeur, est très faible. Cela signifie qu'après des années ou des décennies sans sinistre, on peut soudain connaître une année marquée par un énorme sinistre catastrophique. Contrairement aux sinistres imputables à des incendies, la charge de sinistre liée aux périls naturels subit généralement de fortes fluctuations d'une année à l'autre, d'autant plus marquées que la région considérée est restreinte.

Afin d'obtenir une estimation raisonnable de la probabilité de sinistre pour l'assurance incendie, les sinistres de plusieurs années antérieures sont pris en compte et évalués à l'aide d'outils statistiques (calcul du coût du sinistre pur – *burning cost analysis* et cotation sur la base de l'exposition – *exposure rating*). Mais bien souvent, dans le cas des périls naturels, les données relatives aux sinistres ne sont pas représentatives en raison de leurs importantes fluctuations et elles sont par conséquent inadaptées (fig. 2). Pour une prise en compte adéquate des catastrophes naturelles, qui ne surviennent que rarement et de façon irrégulière, les intervalles de temps couverts par les statistiques doivent être prolongés au moyen de méthodes scientifiques.

2 Particularités de l'assurance des périls naturels

Figure 2

Charge de sinistre globale des assureurs d'Europe centrale de 1983 à 2002. Les sinistres imputables à des incendies affichent une tendance très régulière. Les données rétrospectives constituent un point de repère fiable pour déterminer une fourchette d'estimation pour les sinistres annuels à venir. Par contre, les sinistres imputables à des périls naturels varient considérablement d'une année à l'autre et peuvent fortement influencer sur le résultat annuel. Ce constat est parfaitement illustré par le sinistre de l'année 1999, qui s'explique essentiellement par les tempêtes hivernales *Lothar* et *Martin* qui ont frappé l'Europe. Même des statistiques de sinistres soigneusement établies et indexées sur 15 ans ne constituent pas une référence fiable pour l'évaluation du risque lié aux périls naturels.

Sinistres annuels imputables à

■ des incendies

■ des périls naturels



2.2 Ampleur de l'événement

En règle générale, un incendie touche un bâtiment isolé ou, au pire, un complexe immobilier ou industriel. Les mesures architecturales de protection contre les incendies, la lutte contre l'incendie et la distance par rapport aux bâtiments voisins limitent le potentiel de sinistre. Par contre, les périls naturels touchent habituellement des zones étendues (de plus de 10 000 km² à 100 000 km²) et affectent un grand nombre de risques individuels – on parle d'un « cumul de sinistres » de l'assureur. L'ampleur des dommages peut aller du sinistre mineur à la destruction totale. La somme de tous les sinistres, c'est-à-dire le sinistre catastrophique, peut atteindre des montants considérables et dépasser largement le montant des primes encaissées au cours d'une année. Lorsqu'aucun sinistre catastrophique majeur ne survient pendant un certain temps, la prime d'assurance nécessaire est généralement sous-estimée. L'amélioration de l'équilibre du résultat parallèlement à l'augmentation du nombre d'objets assurés (selon la « loi des grands nombres ») ne fonctionne que si un portefeuille est réparti sur des régions très éloignées les unes des autres.

En matière d'assurance incendie, compte tenu de l'ampleur limitée des événements, il est possible d'établir, avec suffisamment d'expérience, de connaissances techniques et éventuellement une visite du site, une estimation fiable du montant du sinistre dû à un grand incendie. Dans le cas de périls naturels, l'évaluation des sinistres catastrophiques extrêmes est fondamentalement plus complexe. La quantification du risque lié à un péril naturel nécessite par conséquent des modèles permettant l'analyse de zones étendues comportant de nombreux objets assurés.

2.3 Dépendance géographique

Outre les fortes fluctuations de la charge de sinistre et le cumul de sinistres, il faut tenir compte, pour les périls naturels, du risque très variable selon le site considéré. Le risque d'incendie dépend de facteurs spécifiques au secteur, au marché et à la construction. Dans ce cadre, la localisation géographique ne joue pas un rôle significatif : en dernière analyse, le fait qu'un grand magasin soit implanté en Floride ou en Californie n'est pas pertinent. La situation est toute autre pour les événements naturels, pour lesquels la localisation géographique est cruciale : alors que les cyclones constituent une menace importante en Floride pendant la saison chaude, c'est la puissance destructrice des séismes que doivent craindre les Californiens.

Dans le cadre de l'assurance des périls naturels, la dépendance géographique confère une grande importance aux informations concernant les valeurs exposées. La détermination de la localisation géographique et d'autres caractéristiques pertinentes des objets assurés par rapport aux sinistres est désignée par le terme de « contrôle des cumuls ». Un contrôle des cumuls rigoureux est une condition *sine qua non* pour une estimation fiable du risque financier émanant des périls naturels.

Lors de l'évaluation des risques liés aux périls naturels, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de spécificités (fig. 3). Une estimation fiable des charges moyennes et extrêmes de sinistre ne peut être établie sur la base des sinistres survenus au cours de quelques années antérieures ou d'une visite du site. Il faut avant tout des modèles spécialisés pour estimer de manière fiable les charges de sinistre à venir. Le chapitre suivant donne une vision plus approfondie des composantes et du mode de fonctionnement des modèles développés par Swiss Re à cette fin.

Figure 3 : Synthèse des principales différences entre l'assurance incendie et l'assurance des périls naturels, ainsi que leurs conséquences.



| Différences | | |
|---|--|---|
| Fréquence d'occurrence | Elevée | Faible |
| Ampleur de l'événement | Concerne des risques individuels (un seul bâtiment, éventuellement un complexe) | Concerne l'ensemble du portefeuille |
| Dépendance géographique | Modérée | Importante |
| Conséquences | | |
| Tarifification | Légères fluctuations de la charge de sinistre : le calcul du coût du sinistre pur (<i>burning cost analysis</i>) et de la cotation sur la base de l'exposition (<i>exposure rating</i>) suffit | Fortes fluctuations de la charge de sinistre nécessitant le recours à des modèles scientifiques |
| Potentiel de sinistre d'un événement unique | Faible à moyen | Très important |
| Répartition géographique | Influe faiblement sur les sinistres ; contrôle des cumuls superflu | Influe fortement sur les sinistres ; contrôle des cumuls important |



Péril naturel « tremblement de terre » : ce ne sont pas les séismes en eux-mêmes, mais l'effondrement de bâtiments qui fait souvent de nombreuses victimes. Il semble cependant que l'écroulement d'édifices dans les régions sismiques ne réponde pas à un schéma logique. Ainsi, cette mosquée est restée presque intacte, tandis que les bâtiments voisins ont été anéantis. Lors du tremblement de terre qui a secoué la région d'Izmit (Turquie, 1999), le fait que le séisme se soit produit en pleine nuit a largement contribué au nombre élevé de victimes (plus de 15 000 personnes). Il est toutefois possible de réduire la probabilité d'effondrement des bâtiments – l'introduction et l'application de normes de construction appropriées ont permis de réaliser d'énormes progrès dans ce domaine.

3 Evaluation du risque

3.1 Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ?

Le 15 janvier 1995 au matin, la ville portuaire de Kobé, au Japon, fut secouée par un violent séisme. Plus de 5 500 personnes périrent sous les décombres. Bien que la secousse n'ait duré que 14 secondes, les dommages survenus durant ce bref instant se sont élevés à plus de 100 milliards USD ; seule une fraction de ces dommages était assurée. Certes, on savait que la région de Kobé était exposée au risque de séisme, mais personne, ce matin-là, ne se doutait de la catastrophe qui allait se produire – il n'y avait eu aucun signe avant-coureur.

Malgré des efforts de recherche considérables, aucune méthode fiable de prévision des séismes n'a pu être développée jusqu'ici. Pour les autres périls naturels également, comme les tempêtes et les inondations, l'alerte est donnée, au mieux, quelques jours avant. Mais si de tels événements ne sont pas prévisibles, comment un (ré)assureur est-il en mesure d'évaluer les sinistres futurs ?

L'imprévisibilité des catastrophes naturelles, autrement dit leur caractère fortuit, est une condition fondamentale pour que de tels risques puissent être assurés. En effet, si on savait d'avance qui serait victime d'un sinistre et qui serait épargné, il ne serait plus possible de constituer une communauté de risques dans l'esprit de l'assurance. Bien que cette imprévisibilité interdise de prévoir précisément un événement isolé, il est possible de déterminer le nombre et l'ampleur des événements qui vont se produire en moyenne sur une longue période (voir encadré « Les catastrophes naturelles » : un jeu de dés, page 16).

Cette approche statistique se fonde sur un inventaire aussi exhaustif que possible des événements antérieurs, ce qui permet de dégager un lien entre la situation géographique, la fréquence d'occurrence et l'intensité d'un péril naturel. A partir des connaissances scientifiques, il est ainsi possible d'établir une estimation globale de l'aléa. La combinaison de cette estimation avec d'autres données pertinentes sur les sinistres permet d'estimer le sinistre annuel attendu ainsi que les sinistres catastrophiques extrêmes. De cette façon, le (ré)assureur est en mesure d'estimer des sinistres futurs sans savoir exactement quand vont survenir les différents événements.

Les catastrophes naturelles : un jeu de dés

Prenons un dé et supposons que le six corresponde à une catastrophe naturelle. Avec un dé (non pipé), il est impossible de prévoir à quel moment nous allons obtenir un six. Toutefois, nous pouvons dire que sur 600 lancers, nous avons de fortes chances d'obtenir un six une centaine de fois. Il est possible que nous lancions plusieurs six de suite, puis aucun pendant un certain temps. L'occurrence d'un « événement » peut donc, comme pour les catastrophes naturelles, être très irrégulière. Mais sur une longue période (c'est-à-dire pour un nombre important de lancers), il est possible de prévoir avec une fiabilité croissante le nombre moyen d'« événements ».

Bien qu'elle repose sur le même principe, une prévision du risque de catastrophes naturelles est beaucoup plus complexe. Cette difficulté s'explique en grande partie par la forte incertitude qui pèse sur la fréquence d'occurrence de catastrophes naturelles en raison de la brièveté de la période couverte par les statistiques rétrospectives concernant les sinistres. On ne peut pas exclure que les sinistres antérieurs, sur lesquels les modèles doivent impérativement se baser, ne sont en fait pas représentatifs des sinistres à venir. En outre, la probabilité d'occurrence d'un événement n'est pas constante, mais subit l'influence de fluctuations naturelles (cycles climatiques, tensions de la croûte terrestre) ou même de modifications permanentes (changement climatique). Le Focus Report intitulé « Random occurrence or predictable disaster – New models in earthquake probability assessment » (Événement aléatoire ou désastre prévisible – De nouveaux modèles d'évaluation des probabilités de séisme) publié par Swiss Re traite ce thème de façon approfondie à partir du risque de tremblement de terre en Turquie.

3.2 Les bases de la modélisation des périls naturels

Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité. On essaie, à partir d'un modèle des périls naturels, de simuler dans le monde virtuel de l'informatique les sinistres causés par des catastrophes naturelles dans la réalité. Pour un (ré)assureur, le risque émanant de catastrophes naturelles dépend fondamentalement de quatre facteurs qui doivent entrer en compte dans la modélisation des sinistres :

- Aléa : où, à quelle fréquence et avec quelle intensité les événements se produisent-ils ?
- Vulnérabilité : quels sont les dommages subis par les objets assurés en fonction de l'intensité de l'événement ?
- Distribution des valeurs : où se trouvent les objets assurés, quelles sont leur nature et leur valeur ?
- Conditions d'assurance : quelle proportion des dommages est assurée ?

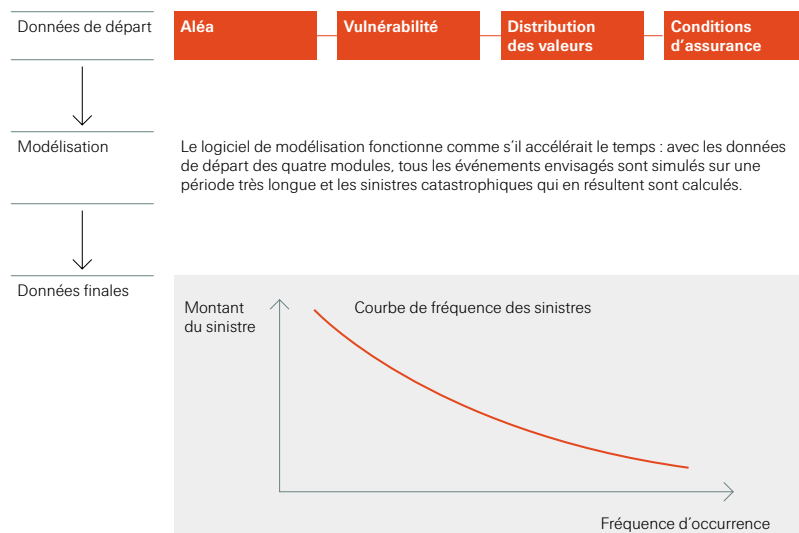
Pour estimer un sinistre catastrophique, il faut d'abord quantifier séparément ces quatre composantes, pour les relier par la suite. Cette approche est généralement valable, qu'il s'agisse d'un séisme, d'une tempête, d'une inondation ou d'autres périls naturels.

La solution la plus simple pour estimer le potentiel de sinistre d'un portefeuille d'assurances consiste à simuler un scénario-catastrophe unique. On parle alors de modélisation « déterministe » ou « fondée sur des scénarios ». Ce type de modélisation recourt souvent à des événements majeurs antérieurs, que l'on rapporte aux valeurs assurées d'aujourd'hui (« analyse *as-if* »). L'inconvénient de cette méthode est que l'on peut certes estimer les sinistres catastrophiques extrêmes, mais que tous les autres événements possibles ne sont pas pris en compte. Un seul sinistre catastrophique ne permet pas de déduire la charge de sinistre annuelle moyenne pour le portefeuille étudié et une estimation de la fréquence d'occurrence du scénario modélisé reste empreinte d'importantes incertitudes.

Afin d'éviter ces inconvénients, on utilise aujourd'hui pour les risques de séisme, de tempête et, de plus en plus, d'inondation, des modèles dits « probabilistiques ». Au lieu de prendre en compte un seul événement, l'ordinateur simule en accéléré tous les événements envisagés sur une période suffisamment longue (de plusieurs milliers à des dizaines de milliers d'années). Le résultat de la modélisation est une liste de sinistres catastrophiques « représentative », c'est-à-dire rendant correctement compte du risque. Il est possible ensuite d'en déduire le lien entre le potentiel de sinistre et la fréquence d'occurrence et donc d'estimer l'ampleur des charges moyennes et extrêmes de sinistre.

L'unité Périls Naturels de Swiss Re a développé des modèles qui permettent une analyse probabilistique des périls les plus destructeurs, à savoir les séismes, les tempêtes et les inondations. Le risque émanant de périls naturels peut ainsi être évalué pour des portefeuilles comme pour des objets exposés isolés. Ces modèles se composent de quatre modules, qui sont les pierres angulaires de la modélisation des sinistres : l'aléa, la vulnérabilité, la distribution des valeurs et les conditions d'assurance (fig. 4). Les paragraphes suivants traitent de manière plus approfondie de ces quatre modules ainsi que de leur combinaison.

Figure 4
L'approche de la modélisation probabilistique des périls naturels adoptée par Swiss Re, avec les quatre modules et le risque qui en résulte, représentée sous la forme d'une courbe de fréquence des sinistres.



3.3 Les quatre modules de la modélisation des périls naturels

3.3.1 Module de l'aléa : où, à quelle fréquence, avec quelle intensité ?

L'exposition aux périls naturels dépend de la répartition géographique, de la fréquence d'occurrence et de l'intensité des événements. Pour quantifier ces paramètres il faut prendre en compte, d'une part, des inventaires d'événements antérieurs et, d'autre part, des connaissances scientifiques concernant les propriétés physiques des forces de la nature considérées.

Les historiques d'événements établis pour les différents périls naturels constituent la pierre angulaire du module de l'aléa. Plus les séries de données remontent loin et plus elles sont complètes, plus elles sont susceptibles de donner une image fidèle du risque réel. Malheureusement, les données fiables et comparables en termes quantitatifs sur les catastrophes naturelles ne couvrent souvent même pas 100 ans. En un siècle, il se peut qu'aucun événement extrême ne se soit produit – ou qu'un événement extrême ait touché une région à faible densité de population, alors qu'il aurait tout aussi bien pu frapper une ville avoisinante.

Pour obtenir une évaluation réaliste du risque, il convient par conséquent, dans le module de l'aléa, de simuler un échantillon représentatif de tous les événements susceptibles de se produire. Il est donc nécessaire d'élargir, à partir de connaissances scientifiques sur la formation et la dynamique des périls naturels, l'échantillon trop restreint des événements antérieurs. A partir des événements antérieurs, on génère à cette fin des milliers d'autres événements possibles en faisant varier certaines propriétés (comme la localisation géographique, l'intensité, etc.). Ces événements générés artificiellement ne se sont, certes, jamais produits par le passé, mais, d'un point de vue scientifique, rien ne permet d'affirmer qu'ils n'auront pas lieu à l'avenir. L'ensemble de ces événements générés artificiellement, qualifié de « série d'événements », doit, par ses propriétés, correspondre aux événements antérieurs de référence, à moins que de solides arguments scientifiques ne justifient certaines divergences. La série d'événements du module de l'aléa contient habituellement des dizaines ou des centaines de milliers d'événements, couvrant une période modèle de plusieurs milliers ou quelques dizaines de milliers d'années.

La constitution d'une série d'événements fiable est soumise à d'importantes contraintes scientifiques (voir l'encadré « Série d'événements pour les cyclones tropicaux dans l'Atlantique nord », page 19). Par rapport aux approches de modélisation antérieures, dans lesquelles l'exposition était définie par région, la série d'événements présente des avantages considérables :

- La probabilité que des régions éloignées soient touchées par le même événement est représentée avec plus de précision (« corrélation de l'aléa »).
- La fréquence d'occurrence d'événements d'une intensité donnée est définie de façon univoque.
- Le montant des sinistres annuels peut être estimé avec plus de fiabilité.
- L'évolution dans le temps de l'aléa (comme le phénomène « El Niño » dans le Pacifique) pourrait être prise en compte.
- Après un événement, l'évaluation des sinistres peut se faire plus rapidement.

Cyclones tropicaux

Selon la région considérée, les cyclones tropicaux sont désignés sous le terme d'ouragan (Amérique du Nord/Caraïbes), de typhon (Pacifique du Nord-Ouest) ou de cyclone (Océan indien, Pacifique Sud)

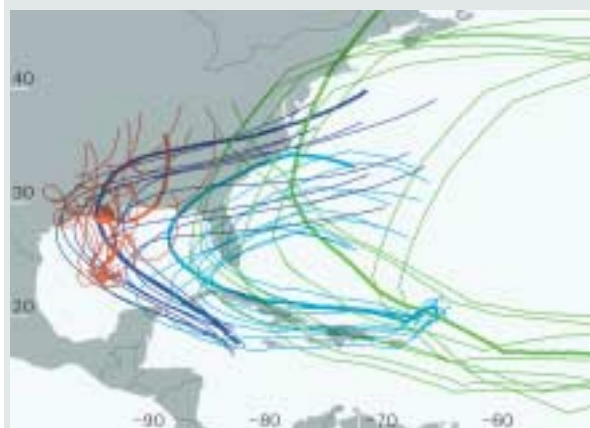
Série d'événements pour les cyclones tropicaux dans l'Atlantique nord

A partir des propriétés statistiques et de l'évolution dynamique des cyclones observés au siècle dernier dans l'Atlantique nord, Swiss Re a procédé, pour sa série d'événements, à une simulation de l'activité cyclonique sur 50 000 ans environ. Ses experts ont ainsi généré des cyclones, qui n'ont pas existé par le passé, mais qui sont tout à fait susceptibles de se produire d'un point de vue physique.

Pour générer la série d'événements, les trajectoires des cyclones antérieurs sont modifiées selon un mouvement pseudo-aléatoire (*directed random walk*), à savoir une méthode de simulation mathématique basée sur des nombres aléatoires (méthode de *Monte Carlo*). A l'aide de raisonnements aussi bien statistiques que physiques, l'évolution de la pression atmosphérique dans le temps, et donc l'intensification et la dissipation des cyclones générés précédemment est déterminée. Pour ce faire, à la fois le cycle de vie du cyclone générateur et des données météorologiques sont intégrés sur tous les cyclones antérieurs. Les vitesses de vent à la surface de la terre, qui sont en dernière analyse déterminantes pour l'étendue des sinistres, sont ensuite générées. Le calcul de ces champs de vent se fait à l'aide d'équations différentielles de physique atmosphérique et de données détaillées relatives à la surface et à la topographie. De cette manière, la corrélation de l'aléa entre différentes régions (c'est-à-dire la fréquence à laquelle un cyclone qui touche Cuba, par exemple, touche également la Floride) est correctement restituée. Au moyen d'une distribution aléatoire sur les années virtuelles du modèle, une série d'occurrence annuelle (ou *annual occurrence set*) est constituée à partir de la série d'événements probabilistiques.

La validation de la série d'événements générée artificiellement se fait en comparant les données climatiques simulées et celles enregistrées par le passé (comme la fréquence d'occurrence de différentes vitesses de vent). Dans la série annuelle, la distribution des cyclones probabilistiques sur les catégories d'intensité de l'échelle « Saphir-Simpson », ainsi que leur comportement lors de l'atterrissage sont comparés aux événements antérieurs et/ou aux lois de la physique. Dans l'état actuel des connaissances scientifiques, la série d'événements validée donne une image représentative du risque de cyclone dans la zone Caraïbes/Amérique du Nord.

Figure 5 : Cyclones originaux observés par le passé (en gras) et cyclones probabilistiques générés à partir de ceux-ci dans l'Atlantique Nord.



3 Evaluation du risque

Aux fins de la modélisation des sinistres, il importe de connaître l'intensité de chacun des événements potentiels du module de l'aléa. L'intensité d'une catastrophe naturelle dépend de nombreux facteurs et peut – selon les points de vue – se définir de différentes manières. Dans le secteur de l'assurance, la modélisation des périls naturels a pour objectif d'évaluer les charges de sinistre probables – il est donc judicieux de choisir, comme paramètre de l'intensité, une valeur qui décrit correctement les caractéristiques d'un événement sur le lieu étudié et qui est, dans la mesure du possible, fortement corrélée aux dommages occasionnés.

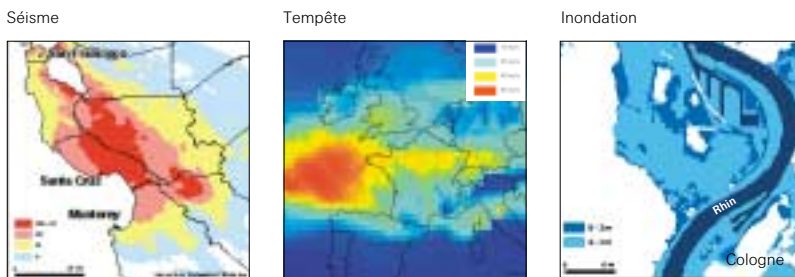
L'échelle de Mercalli modifiée (MM) et l'échelle de Richter : l'intensité d'un séisme est souvent exprimée par sa magnitude sur l'échelle de Richter. On mesure ainsi l'énergie libérée par le tremblement de terre. La MM, en revanche, permet de mesurer les dommages occasionnés par un séisme. Selon la MM, le tremblement de terre voit donc son intensité diminuer à mesure qu'on s'éloigne de l'épicentre, mais il n'a qu'une seule magnitude sur l'échelle de Richter. De la même manière, on peut aussi exprimer l'intensité des cyclones tropicaux par un critère unique, à savoir l'échelle « Saphir-Simpson ».

Dans les modèles probabilistiques, différents paramètres sont pris en compte pour décrire l'intensité des événements. Pour les séismes, on utilise, par exemple, l'échelle de Mercalli modifiée (MM) ou l'accélération maximale du sol (*peak ground acceleration*) et pour les tempêtes, la vitesse des rafales (*gust speed*) et des vents soutenus (*sustained windspeed*) ; pour les inondations, la hauteur d'eau maximale, le débit, la proportion des matériaux charriés ou la durée de l'inondation constituent des paramètres fondamentaux de l'intensité. Les données rétrospectives relatives aux dommages ont montré que ces paramètres sont étroitement liés aux dommages constatés.

En règle générale, l'intensité diminue à mesure qu'on s'éloigne du centre d'un événement. Une multitude de facteurs, comme la magnitude, la profondeur du foyer et l'influence du sous-sol pour un séisme, par exemple, sont pris en compte pour évaluer l'intensité des événements probabilistiques à la surface de la terre. L'étendue des différentes catégories d'intensité à la surface de la terre est qualifiée « d'empreinte » de l'événement correspondant (fig. 6). Le module de l'aléa permet donc d'obtenir l'intensité probable de chaque événement probabilistique en n'importe quel lieu.

Les cartes d'exposition aux périls naturels peuvent être considérées comme des représentations extrêmement synthétisées de séries d'événements représentatives. Sur « CatNet » (www.swissre.com), Swiss Re propose à ses clients et à toute personne intéressée un atlas interactif comportant des cartes mondiales d'exposition aux principaux périls naturels. « CatNet » offre aussi une multitude d'informations complémentaires sur les catastrophes naturelles, notamment des données sur les événements qui se sont produits par le passé ou des analyses de différents marchés de l'assurance.

Figure 6 : Exemple d'empreinte pour trois types de périls naturels : séisme, tempête et inondation. Dans le module de l'aléa, des empreintes de ce type sont disponibles pour chaque événement probabilistique et servent de base aux calculs dans les modules suivants.



Empreinte du séisme de Loma Prieta de 1998, en Californie, aux Etats-Unis (échelle MM)
Source : USGS

Empreinte de la tempête hivernale Lothar, qui a touché l'Europe en 1999 (rafales)
Source : Modèle Swiss Re

Empreinte d'une éventuelle crue du Rhin dans la région de Cologne, en Allemagne
Source : Rhein-Atlas Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR), 2001

3.3.2 Module de la vulnérabilité : quelle sera l'ampleur du sinistre ?

Après une catastrophe naturelle, on constate invariablement que pour une même intensité, l'ampleur des dommages occasionnés peut être très diverse : ainsi, il arrive souvent que les dégâts subis par des bâtiments soient plus ou moins importants – selon le type de construction, leur ancienneté ou leur hauteur. Même en ce qui concerne le contenu du bâtiment (le « mobilier »), le montant du sinistre varie considérablement, selon qu'il s'agit, par exemple, d'un magasin de porcelaine, d'un commerce spécialisé dans l'électronique ou d'une jardinerie.

Taux moyen de sinistralité (*mean damage ratio* ou **MDR**) : montant total du sinistre par rapport à la valeur totale de tous les objets d'assurance (donc y compris ceux qui n'ont subi aucun dommage) dans la zone considérée

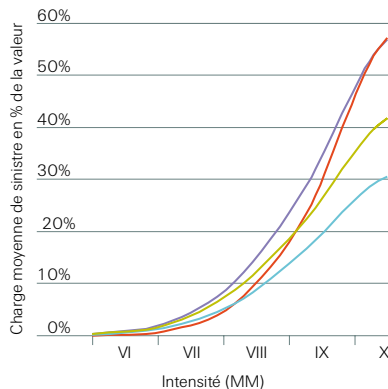
Degré moyen de sinistralité (*mean damage degree* ou **MDD**) : montant total du sinistre par rapport à la valeur totale des objets d'assurance endommagés dans la zone considérée

Le taux moyen de sinistralité (*mean damage ratio*, **MDR**) dépend donc de l'intensité de l'événement, mais aussi des spécificités des objets assurés. L'objectif du module de la vulnérabilité est donc de déterminer, à partir de l'intensité d'un événement modélisé, le taux moyen de sinistralité de différents objets d'assurance. A cette fin, on recourt, dans ce module, à une multitude de courbes de vulnérabilité, qui expriment le rapport entre l'intensité et le taux moyen de sinistralité (fig. 7).

Dans le cadre d'une modélisation, il est bien évidemment impossible de s'intéresser aux diverses propriétés de chacun des objets assurés. Ceux-ci sont donc regroupés au sein de différentes catégories de risque, pour lesquelles on utilise ensuite une courbe de vulnérabilité commune. Les « maisons individuelles » sont ainsi par exemple regroupées dans une catégorie de risques avec une courbe de vulnérabilité commune. Pour rendre compte des fluctuations de la vulnérabilité (par exemple, du fait de la qualité des matériaux, de la symétrie du plan, de la construction, etc.) à l'intérieur de ces catégories, une dispersion autour du taux moyen de sinistralité est intégrée dans la modélisation.

Figure 7
Courbes typiques de vulnérabilité aux séismes pour :

- Bâtiments résidentiels (maisons individuelles), ménages
- Contenu des bâtiments résidentiels, ménages
- Bâtiments divers, commerce et artisanat
- Contenu (machines et équipement), industrie



On observe d'importants écarts de vulnérabilité non seulement entre les branches d'assurance (assurance dommages, assurance automobile, etc.), mais aussi entre les différents segments de clientèle (particuliers, commerce/artisanat, industrie, etc.) et les différentes couvertures d'assurance (bâtiments, contenu des bâtiments, pertes d'exploitation). Les courbes de vulnérabilité doivent refléter ces caractéristiques fondamentales d'un portefeuille. Selon le péril naturel considéré, il peut être raisonnable de créer d'autres sous-catégories, et partant d'autres courbes de vulnérabilité aux sinistres. Dans le cas d'un séisme, les constructions peuvent être subdivisées en plusieurs catégories, par exemple : maçonnerie, bois, béton et acier.

3 Evaluation du risque

Idéalement, les courbes de vulnérabilité sont réalisées à partir de données de sinistres réels concernant des événements aussi nombreux et aussi récents que possible. Les événements majeurs de forte intensité étant rares, on fait souvent appel à des connaissances techniques.

Pour modéliser les périls naturels de façon précise, il est important de disposer de courbes de vulnérabilité exactes, même s'il arrive fréquemment qu'on porte nettement plus d'intérêt au module de l'aléa et qu'on suive avec une attention bien plus grande les évolutions dans ce domaine. Il ne faut pas oublier que chacun de ces quatre modules a une influence considérable sur le résultat d'une modélisation et qu'il importe donc tout autant de disposer de courbes de vulnérabilité exactes, par exemple, que d'une série d'événements représentative. L'analyse détaillée des sinistres résultant d'événements majeurs sert les intérêts de l'ensemble du secteur de l'assurance, car elle permet d'améliorer constamment les courbes de vulnérabilité et donc l'évaluation du risque.

3.3.3 Module de la distribution des valeurs : combien et où ?

Le module de la distribution des valeurs contient les données relatives aux objets assurés pour pouvoir entreprendre une modélisation des sinistres. S'agissant de la probabilité de sinistre, la localisation (intensité) et le type d'objet assuré (vulnérabilité) sont déterminants. Pour chiffrer l'impact financier du sinistre, il est également nécessaire de connaître la valeur des objets assurés – la destruction du toit d'une grange représente un sinistre moins important que celle du toit d'une villa. La précision du recensement de l'ensemble du portefeuille d'assurance par les sociétés d'assurance (le « contrôle des cumuls ») constitue un préalable essentiel pour réaliser des modélisations fiables des sinistres dus aux périls naturels. Il existe différentes normes de saisie et d'échange de données (CRESTA, UNICEDE, par exemple).

CRESTA

Après une série de tremblements de terre en Amérique centrale – ayant entraîné des dommages étonnamment élevés pour l'époque – divers assureurs et réassureurs se sont regroupés à la fin des années 1970 pour créer l'organisation CRESTA (www.cresta.org). L'objectif de cette organisation est de renforcer la prise de conscience de la nécessité d'un contrôle des cumuls et de développer des normes pour la collecte des données.

Les « zones CRESTA » constituent aujourd'hui dans le secteur de l'assurance une norme internationale de classification géographique des données d'assurance. Récemment, certains segments de l'assurance ont commencé à détailler davantage encore les informations géographiques recueillies (code postal, adresse) – une évolution bienvenue. Ces renseignements revêtent une importance capitale, notamment aux fins de la modélisation des sinistres dus à des inondations (voir l'encadré « Modélisation des inondations fluviales », page 24).

En plus de la classification géographique, la norme CRESTA renferme des recommandations sur le classement des données d'assurance en différentes catégories de risques. D'une manière générale, celles-ci se fondent sur les secteurs d'activité les plus fréquemment couverts par les assureurs, ainsi que sur les différences de vulnérabilité évoquées précédemment (fig. 8).

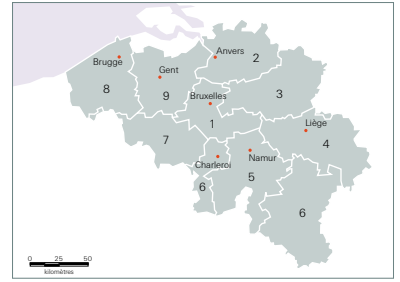
Concernant la valeur d'un objet assuré, il faut noter que pour modéliser un sinistre il est impératif de tenir compte de la valeur de remplacement (*replacement cost*, *RC*) de l'objet, quel que soit le montant de la somme d'assurance convenue. Ce point est capital dans le cas des objets d'assurance commerciaux et industriels, pour lesquels la somme d'assurance (*sum insured* ou *SI*) est souvent inférieure à la valeur totale (fig. 9).

Figure 8

Représentation schématique du contrôle des cumuls, c'est-à-dire du recensement d'un portefeuille d'assurance. La carte en haut à droite présente les zones CRESTA de la Belgique. Les valeurs assurées sont additionnées pour chaque zone CRESTA et subdivisées en segments de clientèle et couvertures d'assurance. En plus de ces informations indispensables, il faut également répertorier les limites et les pleins de conservation. Des données sur le nombre d'objets assurés, leur utilisation, les matériaux employés, etc. peuvent aussi s'avérer utiles.

Le contrôle des cumuls

Pays : Belgique
 Péril naturel : tempête
 Résolution géographique : données agrégées par zone CRESTA

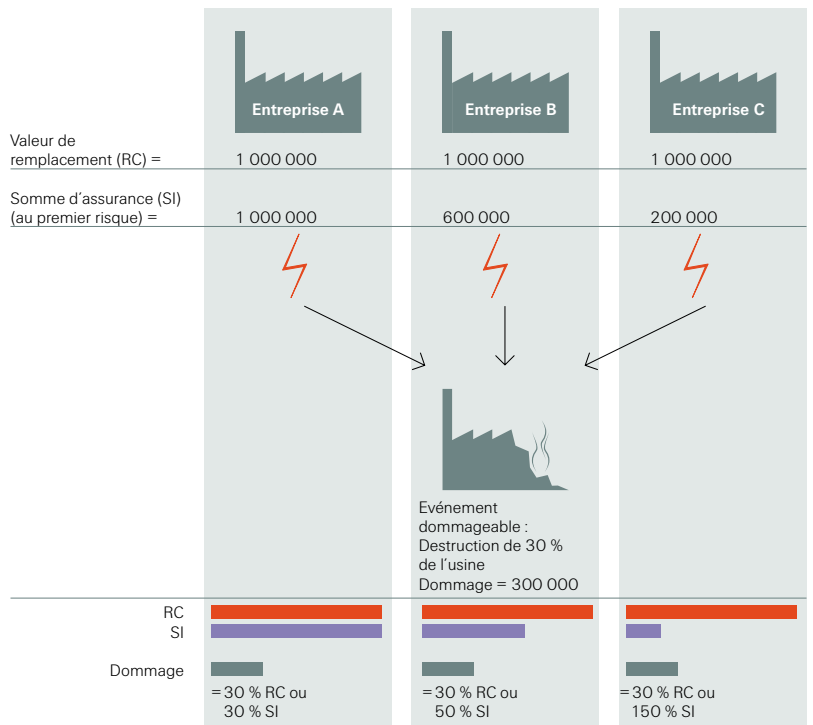


| Zone CRESTA | Particuliers | | | ...Autres champs, par ex. nombre d'objets assurés, limites, pleins de conservation, etc. |
|-------------|------------------|----------------|------------|--|
| | Valeur Bâtiments | Valeur Contenu | Valeur PE* | |
| 1 | 2304.57 | 451.88 | 0.00 | |
| 2 | 456.78 | 106.23 | 0.00 | |
| 3 | 396.45 | 70.80 | 0.00 | |
| 4 | 299.93 | 76.91 | 0.00 | |
| 5 | 1398.45 | 332.96 | 0.00 | |
| 6 | 1103.29 | 204.31 | 0.00 | |
| 7 | 932.30 | 198.36 | 0.00 | |
| 8 | 304.42 | 63.42 | 0.00 | |
| 9 | 102.23 | 23.23 | 0.00 | |

*PE = pertes d'exploitation

Figure 9

Le graphique montre que la valeur de remplacement (*replacement cost* ou RC) et la somme d'assurance (*sum insured* ou SI) n'ont pas la même signification. Les trois entreprises, A, B et C, possèdent des usines identiques, mais leur couverture d'assurance n'a pas la même étendue (assurance au premier risque). Un événement dommageable provoque un sinistre de 30 % dans chaque bâtiment. On constate que le sinistre représente toujours la même proportion de la valeur de remplacement, mais qu'il y a des différences considérables au niveau de la somme d'assurance. C'est pourquoi, pour réaliser une modélisation correcte du sinistre, c'est toujours le point de vue du remplacement qui doit être pris en compte dans le module de distribution des valeurs. Une somme d'assurance inférieure à la valeur de remplacement peut, le cas échéant, limiter le sinistre (voir l'entreprise C) et doit servir de limite dans le module des conditions d'assurance.



Modélisation des inondations fluviales

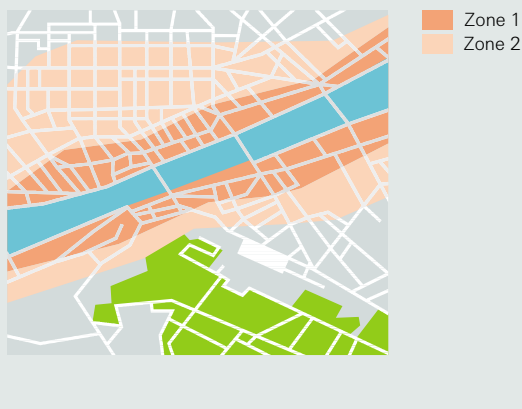
Une multitude de phénomènes physiques, de grande ou de faible ampleur, et les conditions topographiques influencent la naissance et l'évolution des inondations. Les digues construites par l'homme modifient profondément l'exposition aux crues. Ces facteurs font de la modélisation de l'exposition aux inondations une tâche extrêmement complexe. Ainsi, dans les milieux de l'assurance, on a longtemps jugé qu'il était impossible d'évaluer de manière adéquate le risque de crue.

Ces deux dernières années, Swiss Re a travaillé de façon intensive à l'élaboration de méthodes particulièrement innovatrices pour l'analyse des risques d'inondation, en collaboration avec des hydrologues, des ingénieurs hydrauliciens, des statisticiens, des écologues et des géologues. Toutes ces méthodes sont basées sur des modèles numériques de terrain aussi précis et avec une résolution aussi élevée que possible. Parmi les principaux développements figurent :

- Une méthode de régression géomorphologique, qui permet de calculer pour chaque lieu, à l'aide d'un modèle de prévision, la probabilité d'occurrence d'une inondation (une fois par siècle, par exemple). Ces modèles, établis selon des techniques statistiques non linéaires, reposent sur les propriétés de terrain, qui peuvent être obtenues à partir du modèle numérique de terrain. Grâce à la régression géomorphologique, il est possible de déterminer de manière efficace, pour n'importe quel pays, les zones exposées au risque d'inondation (fig. 10). Ces informations sur l'aléa peuvent être utilisées directement pour la sélection et la tarification des risques.

Figure 10

Carte du risque d'inondation obtenue à partir d'un processus de régression géomorphologique : La zone 1 représente le territoire sur lequel il faut s'attendre à une crue une fois tous les 100 ans ; la zone 2 représente le territoire sur lequel il faut s'attendre à une crue une fois tous les 250 ans.



- Un modèle probabilistique permettant d'effectuer une simulation de l'étendue totale d'éventuelles inondations, notamment en tenant compte des distributions des valeurs extrêmes établies de façon scientifique pour chaque paramètre de risque. A partir de mesures du débit et du niveau d'eau sur de nombreuses années, on génère, par des « techniques de Monte Carlo », des milliers d'événements hydrologiques nouveaux. Pour chacun de ces événements hydrologiques, les surfaces inondées (fig. 11) sont calculées à l'aide d'un logiciel de simulation hydrodynamique. Ces cartes d'inondation peuvent être lues par un logiciel spécifiquement développé à cet effet pour être recoupées avec les portefeuilles d'assurance, afin de générer des courbes de fréquence des sinistres.

Figure 11
Evolution temporelle des surfaces inondées dans la région d'Oxford (Grande-Bretagne) au cours d'une crue probabilistique (augmentation du niveau de l'eau du bleu ciel au bleu foncé).



Grâce à des innovations techniques de ce type, il est désormais possible d'évaluer le risque – un principe fondamental de l'assurabilité. Il faut néanmoins disposer au préalable de données géographiques très précises sur les risques assurés : même une différence de quelques mètres modifie d'un seul coup le risque de crue sur de courtes distances.

Outre la possibilité d'évaluer le risque, le principe de la réciprocité joue un rôle important en termes d'assurabilité. Il faut qu'un grand nombre de personnes menacées soient rassemblées dans une communauté de risques pour pouvoir obtenir une compensation des risques. Lorsque la couverture pour l'inondation est souscrite librement, toutefois, les seuls à s'assurer sont ceux qui s'estiment particulièrement menacés selon des critères subjectifs. De ce fait, on ne peut constituer qu'un collectif de risques restreint, mais particulièrement menacé. Cet effet est également qualifié d'antisélection. L'antisélection a pour conséquence que les primes d'assurance doivent être très élevées pour pouvoir régler les sinistres du collectif de risques restreint, mais souvent touché, ce qui a des répercussions négatives sur la demande.

Le problème du niveau élevé des primes dû à l'antisélection ne peut être résolu que par un élargissement du collectif de risques, par exemple en associant la couverture inondation à la couverture incendie et/ou à d'autres couvertures de périls naturels et en excluant les risques les plus élevés. Après les inondations qui ont touché l'Europe en août 2002, Swiss Re a recensé les pistes envisageables dans un *Focus Report* intitulé « *Floods are insurable!* » (Les inondations sont assurables !) (www.swissre.com).

3.3.4 Module des conditions d'assurance : quelle proportion du sinistre est prise en charge par l'assureur ?

Les conditions d'assurance, comme les pleins de conservation ou les limites, sont, pour l'assureur, des outils essentiels pour limiter à une somme gérable sa part des sinistres catastrophiques. Elles ont principalement deux effets : premièrement, le montant des indemnisations des sinistres est réduit et, deuxièmement, les pleins de conservation permettent de limiter les frais administratifs liés à l'indemnisation des sinistres, puisque les sinistres mineurs n'ont plus à être traités (fig. 12). Le preneur d'assurance voit donc diminuer le montant de ses primes, ce qui permet, sur certains marchés, de mettre à la portée de toutes les bourses une couverture d'assurance restreinte. C'est donc le module des conditions d'assurance qui permet de calculer, à partir du sinistre brut subi par l'objet assuré, le sinistre net de l'assureur.

Selon le marché, le péril naturel ou le type d'objet assuré, le preneur d'assurance est soumis à différentes conditions. Les plus fréquemment utilisées sont :

| | |
|----------------------------|--|
| Les pleins de conservation | <ul style="list-style-type: none">- en % de la somme assurée- en % du sinistre (également qualifiées de « coassurance avec le preneur d'assurance »)- montant fixe- en tant que franchise (Les dommages inférieurs à la franchise ne sont pas remboursés. Si le sinistre dépasse la franchise, il est remboursé sans aucune déduction.) |
| Les limites | <ul style="list-style-type: none">- en % de la somme d'assurance- montant fixe |

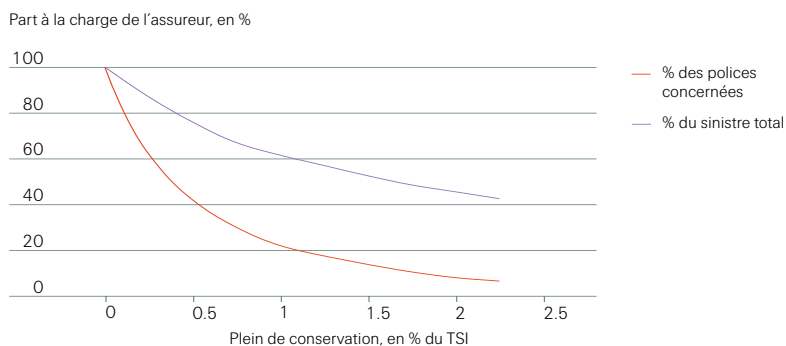
Ces conditions d'assurance peuvent s'appliquer à des couvertures d'assurance individuelles (un bâtiment, par exemple) ou à plusieurs couvertures d'assurance concernant un même lieu (bâtiment, contenu et pertes d'exploitation à la fois, par exemple). Elles peuvent aussi concerner, comme pour les entreprises internationales, la totalité des couvertures d'assurance relatives à plusieurs lieux.

De plus, certaines conditions sont assorties d'un critère temporel (limitation du sinistre annuel, par exemple) ou prévoient, pour l'événement, des limites propres au lieu ou au risque encouru (par exemple la limite « séismes en Californie »), les conditions d'assurance pouvant être extrêmement diverses et avoir une influence considérable sur les dommages assurés. Le fait qu'elles soient correctement répertoriées joue un rôle fondamental dans le cadre du contrôle des cumuls.

Outre une participation au sinistre de la part du preneur d'assurance, une société d'assurance a d'autres possibilités pour limiter le potentiel de sinistre des risques individuels : participation proportionnelle d'autres assureurs ou réassurance facultative, par exemple.

Figure 12

Des pleins de conversation, même minimes, ont une influence considérable sur le sinistre pris en charge par l'assureur. En outre, la forte diminution des sinistres à traiter joue un rôle tout aussi important. En particulier pour les événements dommageables majeurs, les assureurs sont confrontés à une avalanche de microsinistres, dont les frais de traitement sont beaucoup trop élevés par rapport au montant du sinistre. Les pleins de conservation limitent ainsi les coûts (c'est-à-dire les primes) d'une assurance, de même que le temps de traitement des déclarations de sinistre et constituent donc un avantage pour le preneur d'assurance comme pour l'assureur.



3.3.5 La combinaison des quatre modules

La dernière phase de la modélisation de sinistres consiste à combiner les quatre modules aléa, vulnérabilité, distribution des valeurs et conditions d'assurance. Cette combinaison permet de répondre aux questions posées initialement sur le sinistre annuel attendu (*expected annual loss*) et sur une mesure des sinistres catastrophiques extrêmes. Le résultat d'une modélisation de sinistres est souvent représenté sous forme de courbe de fréquence des sinistres (*loss frequency curve, LFC*). Les quatre modules peuvent tous influencer considérablement le résultat de la modélisation de sinistres ; en d'autres termes, le résultat final ne peut pas être meilleur que le maillon le plus faible de la chaîne des modules de la modélisation.

Dans les modèles conçus pour évaluer les sinistres dus aux périls naturels, le module de l'aléa constitue habituellement une donnée fixe et ne peut pas être modifié par l'utilisateur. De même, pour ce qui est de la vulnérabilité, des courbes normalisées sont généralement données par avance. La distribution des valeurs, ainsi que les conditions d'assurance du portefeuille à analyser doivent en revanche être apportées par l'utilisateur.

En principe, l'ordinateur assure alors dans la modélisation des sinistres la fonction d'accélérateur temporel. L'ensemble de la série d'événements du module de l'aléa, qui représente une période de plusieurs milliers d'années, va être virtuellement projeté sur le portefeuille. Pour chacun de ces événements, un sinistre sera déterminé en appliquant les quatre modules (voir encadré « L'incertitude des modèles ».) A la fin de ce processus de modélisation, on dispose ainsi d'une liste reprenant tous les sinistres catastrophiques susceptibles de se produire dans la période modélisée pour le portefeuille considéré (voir « Exemple de modélisation de périls naturels, partie I », page 30).

L'incertitude des modèles

Chaque modèle étant une représentation simplifiée de la réalité, il est toujours entaché d'incertitudes. Cette règle vaut également pour les modèles de périls naturels présentés dans la présente brochure.

D'abord, on ne sait pas si la série d'événements est vraiment représentative (incertitude du risque ou *hazard uncertainty*). Supposons que ces fondements soient corrects et qu'un événement probabilistique se produise effectivement. Compte tenu de la multiplicité des facteurs en jeu, on aboutirait à des sinistres catastrophiques différents selon le moment considéré (incertitude du sinistre ou *loss uncertainty*). Pour rendre compte de cette situation, on ne se contentera pas de saisir un seul montant de sinistre pour chaque événement dans les modèles. Au contraire, les paramètres déterminants seront représentés sous la forme d'une loi de probabilité, ce qui entraîne une dispersion des sinistres catastrophiques. Cela permet de prendre également en compte dans les modélisations des scénarios d'événements moins vraisemblables.

L'incertitude du sinistre implique donc que le sinistre découlant d'un événement réel peut s'écarter de la valeur attendue résultant du modèle. Cela étant, la moyenne de l'ensemble des sinistres catastrophiques modélisés correspondra au risque réel – à condition que l'aléa, la vulnérabilité et les données d'assurance aient été correctement représentés dans le modèle.



Péril naturel « éruption volcanique » : en janvier 2001, le volcan Nyiragongo entre en éruption dans la République du Congo. Quelques heures plus tard, des coulées de lave se répandent dans la ville de Goma, recouvrant tout sur leur passage. Sur les quelque 1500 volcans en activité dans le monde, certains renferment un énorme potentiel de sinistre, mais font rarement l'objet d'observations suffisantes.

Exemple de modélisation de périls naturels

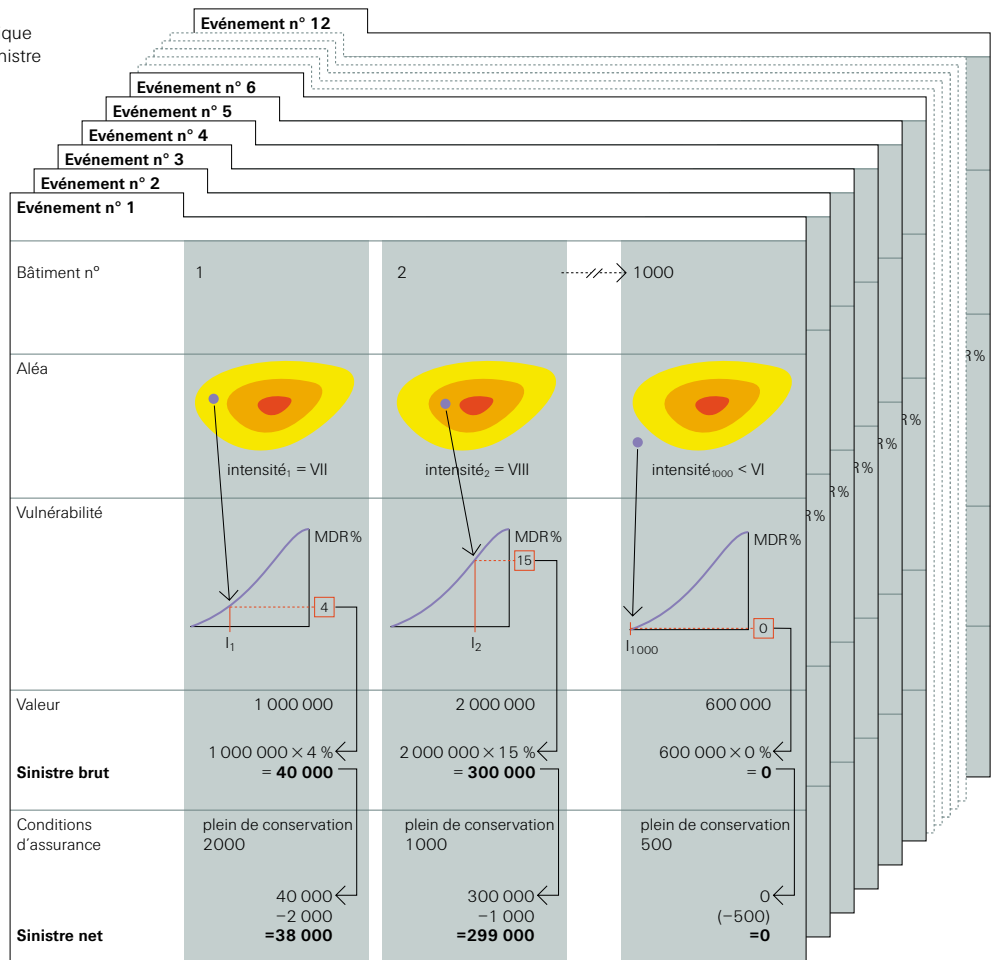
Partie I – De la modélisation du sinistre au sinistre catastrophique

Prenons un portefeuille hypothétique d'un assureur direct qui couvre 1 000 bâtiments assurés dans une zone menacée par les séismes et dont la somme d'assurance totale est de 1 000 millions. Par souci de clarté, nous considérerons que la série d'événements utilisée pour la modélisation du sinistre ne comprend que 12 événements potentiels sur une période de 200 ans virtuels. Le calcul se déroulera selon les étapes suivantes :

- a) Le module de l'aléa donne pour l'événement n° 1 touchant le bâtiment (ou le lieu) n° 1 l'intensité qui y est attendue.
- b) La courbe de vulnérabilité correspondant au bâtiment indique le pourcentage de dommages (taux moyen de sinistralité ou *mean damage ratio*, MDR) qu'un événement de cette intensité provoque sur le bâtiment.
- c) En multipliant le taux moyen de sinistralité par la valeur assurable totale (ou *total insurable value*, TIV) du bâtiment, on obtient le sinistre brut.
- d) Les conditions d'assurance sont appliquées au sinistre brut. On obtient ainsi le sinistre net de l'assureur au titre du bâtiment n° 1.
- e) Les étapes a)–d) sont répétées pour tous les bâtiments du portefeuille. La somme de tous les sinistres donne le sinistre total résultant de l'événement n° 1, en d'autres termes le sinistre catastrophique n° 1.
- f) Les étapes a)–e) sont répétées pour tous les autres événements de la série. Le résultat de l'ensemble des étapes de la modélisation se présente alors sous la forme d'une liste de tous les sinistres catastrophiques. Le traitement ultérieur est présenté dans les Parties II et III de cet exemple.

Il convient une fois de plus de souligner que les séries d'événements susceptibles d'être effectivement utilisées doivent comprendre une multiplicité d'événements potentiels portant sur des périodes plus longues et que cet exemple simplifié n'est qu'une illustration de la méthodologie appliquée. C'est également volontairement que l'on a omis ici d'indiquer une unité monétaire précise.

Figure 13
Représentation schématique
d'une modélisation du sinistre



Sinistre catastrophique

n° 1 = (38 000 + 299 000 + + + 0) = 23,5 millions

n° 2 = (0 + 25 000 + + + 54 000) = 42,5 millions

n° 3 = (75 000 + 36 000 + + 15 000 + 0) = 74,8 millions

n° 4 = (0 + 0 + + + 63 000) = 8,9 millions

n° 5 = (..... + + + +) = 13,1 millions

n° 6 = (..... + + + +) = 69,6 millions

.....

n° 12 = (0 + 0 + + + 63 000) = 58,6 millions

3 Evaluation du risque

A partir de la liste des sinistres catastrophiques, il est possible de déterminer, pour chaque portefeuille considéré, le sinistre annuel attendu (*expected annual loss*) dû au péril naturel modélisé. A cette fin, on additionne tous les sinistres catastrophiques et on divise cette somme par le nombre d'années virtuelles du modèle. Ainsi, l'assureur dispose déjà d'une information fondamentale, à savoir le montant qu'il doit prendre en compte dans le calcul des primes pour pouvoir régler les sinistres futurs dans une perspective à long terme.

Les plus gros sinistres catastrophiques modélisés donnent à l'assureur une idée de l'ampleur que peut prendre le sinistre dans un cas extrême. Pour un certain nombre de raisons qui seront abordées dans le chapitre 4, il s'avère en règle générale plus intéressant pour un assureur direct de ne pas couvrir le risque de sinistres catastrophiques extrêmes sur ses propres ressources financières, mais de transférer ce risque, par exemple en le confiant à un réassureur. Pour décider à partir de quel montant de sinistre il convient de procéder à ce transfert, les sinistres catastrophiques qui ont été calculés par le modèle sont souvent représentés sous la forme d'une courbe de fréquence des sinistres (voir « Exemple de modélisation de périls naturels, partie II », page 34).

La façon la plus simple d'obtenir une courbe de fréquence des sinistres catastrophiques consiste à classer tous les sinistres catastrophiques en fonction du montant du sinistre, du plus élevé au plus bas. Comme la série d'événements probabilistiques du module de l'aléa représente une période définie, il est possible d'attribuer à un niveau de sinistre quelconque une périodicité ou une fréquence d'occurrence annuelle. Si les événements catastrophiques sont regroupés par année virtuelle du modèle et additionnés aux sinistres annuels, on peut obtenir de la même façon une courbe de fréquence des sinistres annuels.

La courbe de fréquence des sinistres permet de déterminer le montant du sinistre qui est utilisé comme instrument de mesure du risque pour les sinistres catastrophiques extrêmes. Ce montant du sinistre peut, selon la façon de formuler la question, être déterminé de plusieurs manières. Dans l'assurance des périls naturels, on rencontre souvent les concepts de sinistre maximum estimé (ou *estimated maximum loss, EML*) ou de sinistre maximum possible (ou *maximum possible loss, MPL*) qui ont été définis par référence aux concepts de l'assurance incendie. On peut cependant avoir une image plus complète du risque de sinistres catastrophiques extrêmes – et donc la préférer comme instrument de mesure de risque – à travers ce que l'on appellera le *shortfall* (voir encadré « Les instruments de mesure du risque pour les sinistres catastrophiques extrêmes : EML, MPL et *shortfall* »). Le montant des sinistres catastrophiques extrêmes fournit des points de repère précieux pour la détermination de l'étendue de la couverture de réassurance souhaitée.

Dès lors qu'une couverture de réassurance raisonnable a été définie, il est possible de calculer pour chaque sinistre catastrophique modélisé la part du sinistre devant être prise en charge par l'assureur direct et celle qui revient au réassureur. La liste des sinistres catastrophiques représente donc une référence transparente et facile à comprendre pour la structuration et la tarification des couvertures d'assurance directe et de réassurance (par exemple, traité CatXL, stop-loss) ou de solutions alternatives de transfert de risques (comme les obligations catastrophes).

Les instruments de mesure du risque pour les sinistres catastrophiques extrêmes : EML, MPL et *shortfall*

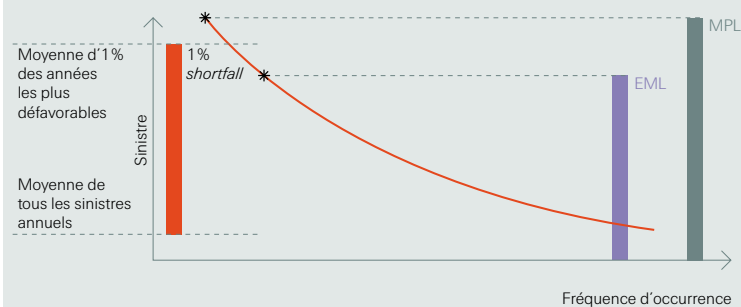
Par référence aux définitions de l'assurance incendie, les concepts de sinistre maximum estimé (EML) et de sinistre maximum possible (MPL) dans le domaine des périls naturels ont été définis de la façon suivante :

- EML : sinistre résultant d'un événement de grande ampleur en un lieu présentant une forte concentration de valeurs du portefeuille d'assurance. La détermination du sinistre maximum estimé dépend de divers facteurs et correspond normalement à un sinistre dont la périodicité se situe entre 100 et 1 000 ans.
- MPL : sinistre résultant de l'événement revêtant la plus grande ampleur possible en un lieu présentant la plus forte concentration possible de valeurs du portefeuille d'assurance (*worst case*).

Le sinistre maximum estimé comme le sinistre maximum possible ne donnent qu'une représentation ponctuelle et donc éventuellement unilatérale du coût financier que pourraient engendrer des événements naturels extrêmes. C'est pourquoi Swiss Re préfère recourir au « 1% *shortfall* » comme indicateur du risque de sinistres catastrophiques extrêmes, ce concept étant défini de la façon suivante :

- 1% *shortfall* : différence entre le sinistre annuel moyen sur 1% de la période de référence correspondant aux années les plus défavorables (c'est-à-dire les plus coûteuses) et le sinistre annuel moyen toutes années confondues (sinistre annuel attendu ou *annual expected loss*).

Figure 14
Représentation de l'EML, du MPL et du *shortfall* sur une courbe de fréquence des sinistres. L'EML et le MPL ne représentent chacun qu'un seul point sur la courbe. Par contre, le *shortfall* est calculé à partir de tous les événements ayant une périodicité > 100 ans) et constitue donc un instrument de mesure du risque plus complet pour les sinistres catastrophiques extrêmes.



Exemple de modélisation de périls naturels

Partie II – De la liste des sinistres catastrophiques à la réassurance

Nous reprenons de la Partie I de cet exemple la liste complète suivante de tous les sinistres catastrophiques de la série d'événements utilisée :

| <i>Sinistre catastrophique</i> | <i>millions</i> |
|--------------------------------|-----------------|
| n° 1 | 23,5 |
| n° 2 | 42,5 |
| n° 3 | 74,8 |
| n° 4 | 8,9 |
| n° 5 | 13,1 |
| n° 6 | 69,6 |
| n° 7 | 20,8 |
| n° 8 | 33,4 |
| n° 9 | 17,4 |
| n° 10 | 11,2 |
| n° 11 | 26,2 |
| n° 12 | 58,6 |

Le sinistre annuel attendu est calculé en faisant la somme de tous les sinistres catastrophiques pour la diviser ensuite par le nombre d'années du modèle :

| | |
|---|-------------------|
| Somme de tous les sinistres catastrophiques : | 400 millions |
| Nombre d'années du modèle : | 200 ans |
| Sinistre annuel attendu : | 2 millions par an |

Le sinistre attendu est souvent exprimé en ‰ de la somme assurée :
 $2 \text{ millions par an} / 1000 \text{ millions} = 2‰ \text{ par an}$

Pour apprécier les sinistres catastrophiques extrêmes et donc pour déterminer un niveau raisonnable de réassurance, une courbe de fréquence des sinistres est tracée. Les sinistres catastrophiques sont classés à cet effet en fonction de leur ampleur. Le rapport entre l'ampleur et la fréquence du sinistre peut en être déduit de la façon suivante :

- un sinistre de 74,8 millions ou plus se produira 1 fois tous les 200 ans (ce qui correspond à une fréquence d'occurrence de 0,005 par an) ;
- un sinistre de 69,6 millions ou plus se produira 2 fois tous les 200 ans (ou 1 fois tous les 100 ans) (ce qui correspond à une fréquence d'occurrence de 0,01 par an) ;
- un sinistre de 58,6 millions ou plus se produira 3 fois tous les 200 ans (ou 1 fois tous les 67 ans) (ce qui correspond à une fréquence d'occurrence de 0,015 par an).

Supposons que l'assureur direct souhaite se couvrir contre des sinistres majeurs à partir d'une périodicité comprise entre 50 et 100 ans et donc ne prendre en charge que des sinistres à concurrence de 50 millions maximum. Pour les sinistres supérieurs à ce plafond, il se couvre au moyen d'un traité de réassurance.

| | |
|---|---------------|
| Sinistre catastrophique n° 3 | 24,8 millions |
| Sinistre catastrophique n° 6 | 19,6 millions |
| Sinistre catastrophique n° 12 | 8,6 millions |
| Sinistres couverts par la réassurance : | 53,0 millions |

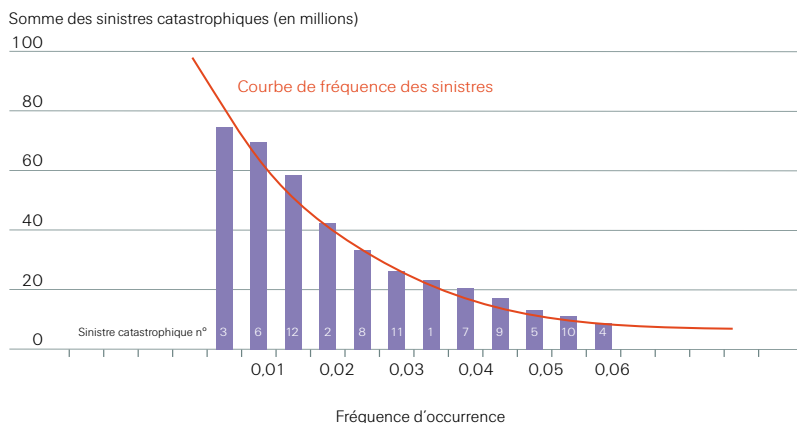
Compte tenu des sinistres catastrophiques utilisés dans cet exemple, la réassurance interviendrait trois fois :

Pour le réassureur, le sinistre attendu s'établit donc à 265 000 par an (53 millions/200 ans).

- Sinistre catastrophique n° 3 :
74,8 millions – la réassurance devrait prendre en charge 24,8 millions
- Sinistre catastrophique n° 6 :
69,6 millions – la réassurance devrait prendre en charge 19,6 millions
- Sinistre catastrophique n° 12 :
58,6 millions – la réassurance devrait prendre en charge 8,6 millions

Le sinistre attendu résultant de ce traité, soit 265 000 par an, représente pour le réassureur un élément fondamental du calcul de la prime. Nous verrons dans la troisième et dernière partie de cet exemple quels sont les autres frais qui viennent s'ajouter à ce montant lorsque le réassureur calcule la prime applicable à une telle couverture.

Figure 15
Courbe de fréquence des sinistres catastrophiques n° 1 à n° 12 utilisés dans l'exemple.



3.4 Synthèse et perspectives

Les modélisations probabilistes modernes des sinistres dus aux périls naturels reposent sur des simulations numériques d'un grand nombre d'événements susceptibles de se produire (série d'événements). Les sinistres catastrophiques sont estimés à partir de la combinaison de quatre éléments, à savoir l'aléa, la vulnérabilité, la distribution des valeurs et les conditions d'assurance. Une modélisation probabiliste des sinistres reposant sur des événements permet d'aboutir à une liste représentative des sinistres catastrophiques pour le portefeuille considéré. Cette liste sert de référence pour l'évaluation des charges de sinistre moyen et extrême. La liste des sinistres catastrophiques peut être synthétisée sous forme d'une courbe de fréquence des sinistres.

Au cours des dernières décennies, d'énormes progrès ont été réalisés dans l'évaluation des potentiels de dommages liés aux périls naturels. En ce qui concerne la modélisation des sinistres d'assurance, il existe divers prestataires commerciaux, courtiers et réassureurs qui ont élaboré leurs propres modèles de périls naturels. Swiss Re utilise ses propres logiciels de modélisation probabiliste des séismes (à l'échelle mondiale), des cyclones tropicaux (à l'échelle mondiale, y compris les raz-de-marée), des tempêtes hivernales (Europe), des inondations (sur certains marchés) et de la grêle (Europe centrale). En utilisant les mêmes données de vulnérabilité et d'exposition, il est possible de procéder à la modélisation de sinistres aussi bien de données agrégées en portefeuille (modélisation agrégée ou *aggregated modelling*) que d'objets d'assurance individuels (modélisation détaillée ou *detailed modelling*) (voir encadré « Evaluation des risques individuels et des portefeuilles », page 37).

Une amélioration de la qualité des modèles de périls naturels est envisageable sur différents plans. Dans le domaine de l'aléa, les données rétrospectives sur les zones exposées sont, en règle générale, déjà bien traitées et accessibles au public. On pourrait réaliser d'autres progrès en améliorant, par exemple, les modélisations numériques (comme l'élaboration d'une série d'événements de type tempête grâce à une modélisation dynamique de l'atmosphère). Si dans un avenir proche, on pouvait disposer de prévisions plus fiables en matière d'évolution dans le temps du risque (par exemple, une dépendance temporelle du risque de séisme), on pourrait également l'intégrer dans les modèles. En outre, il faudrait prendre en compte la corrélation entre les différents périls naturels (par exemple, entre les dommages occasionnés par des tempêtes et des inondations).

Dans le domaine de la vulnérabilité, il n'existe pratiquement pas de données accessibles au public, alors qu'il est essentiel de disposer de telles informations pour parvenir à une modélisation fiable des sinistres. Comme les sinistres catastrophiques majeurs sont rares, les courbes de vulnérabilité sont souvent mal étayées par des données réelles. L'établissement de statistiques de sinistres très précises lors d'événements futurs est donc dans l'intérêt commun des assureurs directs et des réassureurs et peut contribuer à l'amélioration de la modélisation des sinistres. Avec les statistiques d'assurance, on dispose d'ailleurs souvent d'un potentiel d'amélioration considérable pour la modélisation des périls naturels ; d'une part, grâce à la disponibilité de données correctes et très précises sur la localisation, la valeur, les caractéristiques des risques et les conditions d'assurance des objets assurés et d'autre part sous l'angle de la capacité des logiciels à traiter convenablement ces données.

Du point de vue technique, chaque série d'événements correspondant à chaque péril naturel doit être présentée sur une plate-forme commune. Par rapport à la séparation habituelle des modèles en fonction des périls naturels (modèle des séismes, modèle des tempêtes, etc.), cela aurait l'avantage de permettre une meilleure évaluation d'une combinaison quelconque de couvertures contre des périls naturels (par exemple, pour les assurances « tous risques »). En outre, les logiciels de modélisation des périls naturels ont jusqu'ici été essentiellement créés pour la branche de l'assurance dommages. Or, on sait que, selon le potentiel d'exposition, d'autres branches seront normalement sollicitées, comme les assurances automobile, transport, tous risques, chantier et montage ou les assurances vie. Développant ses propres logiciels, Swiss Re a l'avantage de pouvoir réagir très rapidement à l'apparition de besoins d'un type nouveau.

Evaluation des risques individuels et des portefeuilles

La méthodologie utilisée pour définir la probabilité de sinistre est fondamentalement indépendante du fait qu'il s'agisse d'un risque individuel ou de tout un portefeuille d'assurance comportant une agrégation de risques individuels. Toutefois, il convient de veiller à certaines différences lors de la modélisation des sinistres.

Si l'on procède à la modélisation d'un sinistre catastrophique pour des risques individuels agrégés dans une zone donnée (par exemple, dans une zone CRESTA), la répartition de ce sinistre sera examinée en raison de son incertitude (*loss uncertainty*). Mais comme il se produit déjà, à l'intérieur de cette zone, une compensation entre les différents objets d'assurance, cette répartition se fait dans des limites relativement étroites. En revanche, lorsqu'il s'agit d'un risque individuel, il n'y a pas de compensation ; en d'autres termes, la répartition des sinistres est beaucoup plus marquée. Ce point est important lorsqu'il s'agit de tenir compte des probabilités de survenance de sinistres maximum. En cas de catastrophe naturelle, un portefeuille ne subit jamais 100 % de dommages – dans le cas d'un risque individuel en revanche, c'est une possibilité qu'on ne peut manifestement pas exclure.

Dans le cas de risques individuels, il convient en outre de vérifier que la série d'événements soit suffisamment dense, en d'autres termes que chacun des points dans la zone considérée soit touché par suffisamment d'événements de tous les niveaux d'intensité. Il va de soi que pour des zones (par exemple, une zone CRESTA) présentant une agrégation de valeurs d'assurance, cela peut être réalisé avec une série d'événements plus restreinte que dans le cas d'un risque individuel défini en un point très précis.



Péril naturel « tempête » : le soleil et la mer rendent la vie agréable en Floride, Etat américain dans lequel la population a connu une forte croissance. Dans des régions telles que la Floride et les Caraïbes, le revers de la médaille consiste toutefois en un potentiel de sinistre énorme dû aux cyclones tropicaux (« ouragans »).

4 Quelques aspects de la réassurance des périls naturels

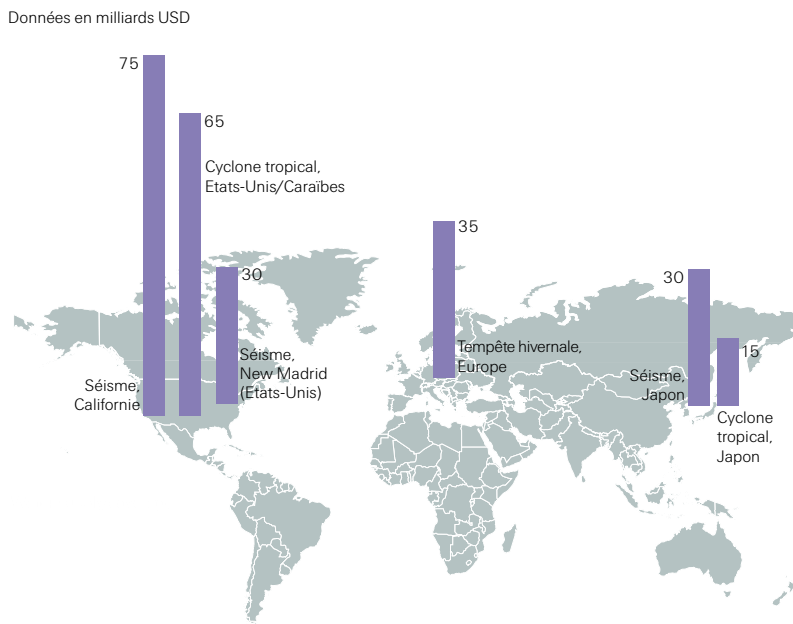
Même avec l'ouragan *Andrew*, la catastrophe naturelle la plus onéreuse de tous les temps pour le secteur de l'assurance (impliquant une indemnisation des sinistres d'environ 20 milliards USD), la limite supérieure des sinistres catastrophiques n'a certainement pas encore été atteinte.

4.1 Potentiel maximum de dommages

Des sinistres catastrophiques sensiblement plus importants que celui causé par l'ouragan *Andrew* pourraient survenir sous l'effet de l'accroissement général des valeurs exposées aux risques (densité plus forte de la population et de l'assurance, concentration plus forte des valeurs et de la vulnérabilité), de même que sous l'impact d'un événement produisant encore plus de dommages (par son intensité, la région touchée). Grâce à ses modèles de périls naturels, Swiss Re effectue un suivi à l'échelle mondiale de plusieurs dizaines de scénarios de catastrophes naturelles, dont le potentiel de sinistre fait l'objet chaque année d'estimations à la fois à l'échelle du marché dans son ensemble et du portefeuille spécifique de Swiss Re. Les principaux scénarios portent sur la possibilité de séismes et de tempêtes aux Etats-Unis, au Japon et en Europe (fig. 16). Etant donné qu'il s'agit de dommages assurés, ce qui est particulièrement déterminant pour le potentiel de sinistre de ces scénarios, c'est non seulement la nature du péril, mais encore la densité de l'assurance, à savoir le pourcentage de valeurs physiques assurées contre le péril naturel envisagé. Actuellement, c'est en Californie (Etats-Unis) que le secteur de l'assurance est confronté au potentiel de sinistre le plus élevé : en présence d'une densité d'assurance de quelque 20 % actuellement, il faudrait s'attendre, en cas de violent tremblement de terre dans la zone de Los Angeles, à des dommages assurés de quelque 75 milliards USD.

Figure 16

Les potentiels de dommages par événement les plus importants dans le monde pour le secteur de l'assurance ayant des périodes de récurrence comprises entre 100 et 500 ans (les séismes au Japon ne tiennent pas compte des prestations d'assurance versées par le Japan Earthquake Reinsurance Co. JER).



4 Quelques aspects de la réassurance des périls naturels

4.2 Réassurance du risque de catastrophe naturelle

Selon les marchés de l'assurance, le preneur d'assurance, l'assureur direct, le réassureur et parfois aussi l'Etat prennent en charge dans des proportions variables les sinistres liés aux périls naturels. Le rôle du réassureur consiste généralement dans ce domaine à prendre en charge des sinistres catastrophiques rares, mais extrêmes.

Il existe tout un éventail de solutions de réassurance dans le domaine des périls naturels, mais l'étude de leurs différences sortirait du cadre de cette brochure. En ce qui concerne la réassurance de portefeuilles (réassurance obligatoire), les couvertures dites « proportionnelles » sont encore largement répandues sur de nombreux marchés : dans cette formule, le réassureur prend en charge un pourcentage de l'ensemble des sinistres convenu contractuellement.

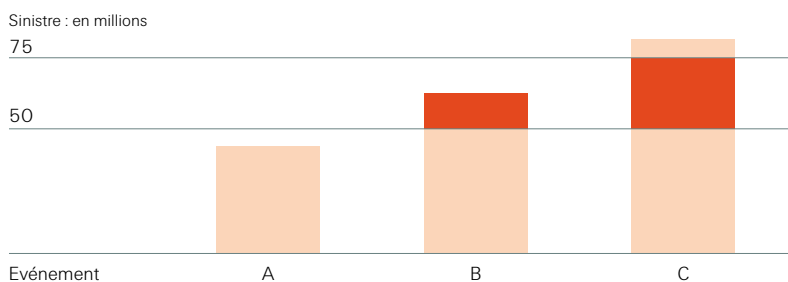
Cela étant, les couvertures « non proportionnelles » sont plus adaptées aux caractéristiques des périls naturels et de plus en plus répandues, notamment les traités dits en excédent de sinistre catastrophe, connus en anglais sous l'appellation *catastrophe excess of loss* ou en abrégé *CatXL*. Dans un *CatXL*, le réassureur s'engage vis-à-vis de l'assureur direct à prendre en charge, pour chaque événement, la part du montant résultant de multiples sinistres individuels qui dépasse un minimum fixé d'avance (la « priorité ») et ce, à concurrence d'un certain plafond (fig. 17). Comme les montants assurés dans le cadre d'un traité de réassurance *CatXL* sont généralement considérables, ces couvertures sont souvent découpées en plusieurs tranches. Il est d'ailleurs fréquent que plusieurs réassureurs interviennent dans chacune de ces tranches. En principe, un traité *CatXL* peut être appelé à intervenir plusieurs fois au cours de sa durée de validité (un an dans la plupart des cas), mais il est généralement soumis à des plafonds annuels ou à un nombre maximal de reconstitutions (*reinstatements*).

Figure 17
Schéma d'un traité *CatXL* couvrant, par événement, la part du sinistre comprise entre 50 et 75 millions (25 millions xs 50 millions).

a) Le sinistre résultant de l'événement A est inférieur au plein de conservation (priorité) de 50 millions de l'assureur direct qui doit le prendre en charge seul.

b) Le dommage résultant de l'événement B se situe entre 50 et 75 millions. La part qui dépasse le seuil de 50 millions sera prise en charge par le réassureur.

c) Le montant du sinistre résultant d'un événement théorique C dépasse le plafond de la couverture – 25 millions sont pris en charge par le réassureur, le montant du sinistre qui dépasse le plafond est pris en charge par l'assureur direct.



La prime que le réassureur demande au titre d'un traité de CatXL comprend plusieurs composantes. En matière de tarification, les estimations du sinistre catastrophique reposant sur les modèles de périls naturels jouent un rôle considérable, car c'est à partir de ces estimations que l'on calcule le sinistre annuel attendu (*expected annual loss*) pour la couverture souhaitée. Ce chiffre ne fait cependant que refléter la somme qui suffit pour régler les sinistres attendus. Outre ces composantes de prix, le réassureur doit calculer les coûts internes et externes à sa charge (par exemple, le courtage). En outre, il lui faut couvrir ses frais financiers et s'efforcer de dégager une marge bénéficiaire convenable de son activité (fig. 18). Une caractéristique importante des primes d'un traité CatXL couvrant des périls naturels réside dans le poids considérable des frais financiers par rapport aux autres formules de réassurance.

Figure 18
Composantes de la prime technique de réassurance d'un traité CatXL

| |
|---------------------------------------|
| Sinistre annuel attendu |
| + Frais de gestion |
| + Frais financiers |
| + Marge bénéficiaire |
| Prime technique de réassurance |

Montant de la couverture

Le montant de la couverture correspond à la différence entre la priorité et le plafond de la couverture

4.3 Frais financiers et régulation des capacités

Si un réassureur ne devait conclure qu'un seul traité, sa dotation en capital devrait correspondre au potentiel de sinistre maximum, à savoir 100 % du *montant de la couverture*. Mais comme le réassureur a plusieurs traités en portefeuille et qu'il est peu probable qu'ils soient tous concernés par le même événement, le potentiel de sinistre maximum, et par là même la dotation en capital nécessaire, est inférieure à la somme de tous les montants de couvertures. Cette réduction du risque est connue sous le terme d'« effet de diversification ».

Les périls naturels les plus graves en termes de potentiel de sinistre que sont les séismes, les tempêtes et les inondations ont des origines physiques différentes et sont donc largement indépendants les uns des autres – si un séisme se produit, cela ne déclenchera pas pour autant une tempête. On observe uniquement une certaine corrélation entre sinistres induits par une tempête et ceux imputables à une inondation. Par ailleurs, les périls naturels sont géographiquement indépendants ; en d'autres termes, un tremblement de terre aux États-Unis n'entraîne pas de séisme dans d'autres régions du monde. En conséquence, les périls naturels se prêtent relativement bien à une diversification à l'échelle mondiale. Toutefois, cet avantage est sérieusement limité dans la mesure où la part assurée des dommages liés à des périls naturels dans le monde se concentre dans un petit nombre de régions.

Un réassureur d'envergure mondiale doit se soucier de parvenir à la plus grande diversification possible dans le domaine particulièrement instable de la réassurance de périls naturels. Compte tenu de la rentabilité des différents marchés, il doit s'efforcer de constituer un portefeuille de périls naturels présentant une structure optimale dans des conditions données au moyen d'une régulation s'appuyant sur des limites de souscription. En dehors de l'assurance dommages liée aux périls naturels, il est possible d'améliorer encore la diversification en intervenant dans d'autres branches d'assurance.

4 Quelques aspects de la réassurance des périls naturels

La probabilité qu'une partie importante des traités de réassurance soit concernée en même temps par des sinistres sera d'autant moindre que le réassureur aura soigné la diversification de son portefeuille. La diversification réduit en outre le montant du capital minimum, c'est-à-dire le capital dont il lui faut disposer par rapport à la somme de tous les dommages potentiels. C'est précisément là que réside l'utilité de la réassurance pour l'assureur direct. Du fait de la meilleure diversification, il est en mesure de réduire le montant de son capital minimum et par là même de ses frais financiers.

Swiss Re calcule le montant du capital minimum globalement nécessaire, à savoir le capital ajusté au risque (ou *risk adjusted capital*, RAC) grâce à un modèle de risques à l'échelle de l'entreprise. Outre les courbes de fréquence annuelle des sinistres en matière de périls naturels, ce modèle tient compte des courbes concernant toutes les autres branches d'assurance, ainsi que de leurs corrélations. En partant de ce modèle du groupe, il est possible de calculer mathématiquement quelle part du capital ajusté au risque est mobilisée par chacun des potentiels de dommages, voire chacun des traités de réassurance.

En raison du potentiel de sinistre considérable qu'elle présente, la réassurance de périls naturels impose de disposer, par rapport aux primes encaissées, de beaucoup plus de capital ajusté au risque que dans le cas d'autres traités. Le réassureur doit pouvoir compter en permanence sur ce capital pour couvrir des sinistres maximum, certes très rares, mais toujours possibles. C'est sur le marché financier qu'il se procure ce capital qui doit être rémunéré en tant que capital de risque. La composante des frais financiers qui se répercute dans la tarification d'un traité de réassurance est calculée en multipliant la part du capital ajusté au risque mobilisée au titre de ce traité par la rémunération du capital que cela suppose (voir « Exemple de modélisation des périls naturels, partie III », page 43).

Comme le montre l'expérience, les primes de réassurance effectivement réalisables s'écartent souvent sensiblement des primes techniques, c'est-à-dire de la somme du sinistre annuel attendu, des frais de gestion, des frais financiers et de la marge bénéficiaire. Ces différences résultent de la situation sur le marché qui, du fait de l'offre et de la demande, présente des cycles tarifaires marqués (voir encadré « Les cycles tarifaires dans l'assurance des catastrophes », page 44).

Exemple de modélisation des périls naturels

Partie III – De la probabilité de sinistre à la prime de réassurance

Dans la Partie II de l'exemple de modélisation des périls naturels, nous avons montré que la couverture de réassurance par an souhaitée par l'assureur direct se traduit par un sinistre moyen attendu de 265 000.

Supposons qu'il s'agisse dans le cas de cette couverture de réassurance d'un CatXL 25 millions xs 50 millions (voir fig. 17) et qu'un seul réassureur prenne en charge la totalité du risque. Au titre de ce traité, le réassureur demandera une prime qui couvrira non seulement la probabilité du sinistre, mais aussi les frais de gestion, les frais financiers ainsi que la marge bénéficiaire.

Dans le domaine de la réassurance CatXL, dans lequel il s'agit de couvrir des sinistres catastrophiques généralement rares, mais extrêmes, les frais de gestion sont dans la plupart des cas très faibles. Dans cet exemple, nous estimons les frais de gestion à 1 ‰ du montant de la couverture.

$$\begin{aligned} & \text{Frais de gestion} \\ & = 25 \text{ millions} \\ & \quad (\text{Montant de la couverture}) \\ & \quad \times 1 \text{ ‰} = 25 \text{ 000} \end{aligned}$$

Il n'en va pas de même des frais financiers : en effet, en raison de l'importance du potentiel de sinistre et des possibilités restreintes de diversification, le coût du capital de risque est élevé dans les scénarios les plus pessimistes (séisme/ouragan aux Etats-Unis/dans les Caraïbes, tempête hivernale en Europe, séisme/typhon au Japon). Supposons que le portefeuille d'assurance contre les tremblements de terre déjà considéré dans les parties I et II se trouve au Japon. On pourrait utiliser les paramètres suivants :

- Capital ajusté au risque (RAC) :
20 % du montant de la couverture
- Frais financiers et marge bénéficiaire (taux critique de rentabilité) :
10 % du RAC

Ce qui donne en chiffres :

$$\begin{aligned} & \text{Frais financiers et marge bénéficiaire} \\ & = 25 \text{ millions} \times 20 \% (\text{RAC}) \times 10 \% \\ & \quad (\text{taux critique de rentabilité}) \\ & = 500 \text{ 000} \end{aligned}$$

Dans la réassurance, le RAC et le taux critique de rentabilité sont souvent combinés (multiplication) et forment le *loading on line* (LoL) :

$$\begin{aligned} & \text{loading on line} \\ & = 525 \text{ 000} / 25 \text{ millions} \\ & = 2,1 \% \end{aligned}$$

En fin de compte, on obtient pour le portefeuille considéré couvrant un CatXL « séisme » de 25 millions xs 50 millions la prime technique de réassurance suivante :

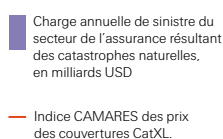
| | |
|---------------------------|---------|
| Sinistre annuel attendu : | 265 000 |
| + Frais de gestion : | 25 000 |
| + Frais financiers : | |
| + Marge bénéficiaire : | 500 000 |

Prime technique de réassurance : 790 000

Pour expliquer le fonctionnement de la modélisation des périls naturels et de la tarification de la réassurance, nous avons choisi dans cet exemple en trois parties une situation extrêmement simplifiée qui ne saurait en aucun cas être considérée comme étant représentative de l'ensemble des traités de réassurance. Il convient en particulier de souligner que selon la construction d'une couverture de réassurance CatXL (priorité et plafond de couverture), le sinistre annuel attendu peut présenter une toute autre relation avec le montant de la couverture et donc également avec les frais financiers.

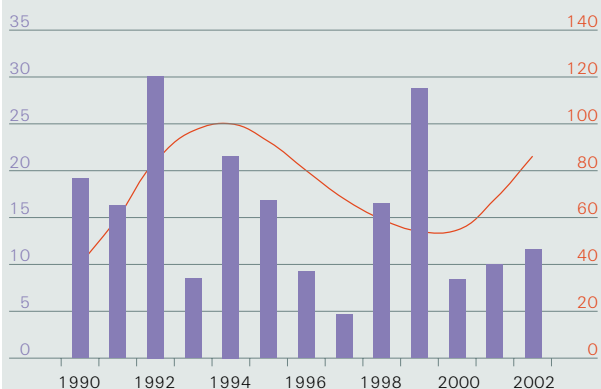
4 Quelques aspects de la réassurance des périls naturels

Figure 19
Le niveau des prix des couvertures de réassurance CatXL par rapport à la charge de sinistre annuelle imputable à des catastrophes naturelles de 1990 à 2002.



Les cycles tarifaires dans l'assurance des catastrophes

La réassurance se caractérise par des cycles tarifaires pluriannuels qui, dans le cas de l'assurance des catastrophes, sont particulièrement marqués. L'analyse des cycles antérieurs met en évidence deux facteurs qui exercent une influence prépondérante sur l'évolution des prix : les fluctuations de la charge de sinistre globale du secteur de la (ré)assurance et l'état des marchés de capitaux. Ces deux facteurs exercent une influence directe sur la dotation en capital des entreprises concernées. La relation entre la charge de sinistre et le niveau des prix apparaît nettement dans le cas de la réassurance des catastrophes liées aux périls naturels (fig. 19).



CAMARES

CAMARES est l'étude de marché publiée par Swiss Re. L'analyse annuelle des affaires CatXL menée depuis 1994 sur 14 marchés importants évalue les données clés afférentes aux programmes de réassurance connus et les extrapole à la totalité des marchés considérés.

La phase de prix élevés (*hard market*) du début des années 1990 a été déclenchée par la charge de sinistre considérable résultant de l'ouragan *Andrew*, ainsi que de quelques tempêtes hivernales en Europe. Deux effets sont évidents à cet égard : d'une part, les sinistres entament la dotation en capital du réassureur, de sorte qu'il dispose de moins de fonds propres pour des couvertures de réassurance. D'autre part, la demande de ce type de couvertures augmente, dans la mesure où l'assureur direct et l'assuré prennent conscience, lorsqu'une catastrophe s'est produite, des risques qui les menacent. En outre, leur dotation en capital est également amoindrie et ils éprouvent d'autant plus le besoin de minimiser leurs risques.

Cette concomitance d'une raréfaction de l'offre et d'un gonflement de la demande provoque une forte hausse des prix. La cherté des couvertures amène les investisseurs à placer des capitaux dans le secteur de la réassurance (comme cela a été le cas pour les sociétés des Bermudes dans les années 1990). Cela induit un redressement de l'offre de couvertures des risques catastrophiques et une stabilisation des prix. Dans les années 1990, les placements présentaient des rendements élevés alors même qu'aucune catastrophe coûteuse ne s'était produite. Pour le réassureur, il était donc possible de proposer des primes qui se situaient en-deçà du niveau du sinistre attendu et des coûts. L'assureur direct pouvait à son tour supporter des risques plus importants, parce que ses caisses étaient également bien remplies. C'est alors qu'a commencé une longue phase marquée par de faibles prix, dite de *soft market*.

Sous l'effet de l'effondrement massif des marchés de capitaux, une nouvelle phase de raréfaction de l'offre a commencé à partir de 2001. Cette nouvelle phase de *hard market* a été amplifiée par la charge de sinistre considérable de l'année 1999 (*Lothar, Martin*, séismes à Taiwan et en Turquie, etc.), puis par l'attentat du 11 septembre 2001 contre le World Trade Center (WTC).



Périls naturels « glissement de terrain et éboulement » : même si ces deux périls naturels n'ont pas l'étendue géographique d'un séisme ou d'une tempête, ils peuvent occasionner d'énormes dommages au niveau local. L'instabilité des versants s'explique souvent par des précipitations de longue durée. Comme l'illustre la photo, prise en 2001 au Salvador, des glissements de terrain peuvent aussi être dus à un tremblement de terre.

Autres publications dans la série « Risk Perception » :

Opportunities and risk of climate change (Opportunités et risques liés au changement climatique)

Aujourd'hui, le réchauffement planétaire est un fait avéré. La modification du climat est visible, tangible et mesurable. Une nouvelle élévation des températures globales moyennes est non seulement envisageable, mais très probable, l'intervention humaine dans le système climatique naturel jouant un rôle important, sinon décisif. Cette publication montre comment les prévisions de la recherche climatique peuvent être transposées en mesures pratiques et elle cherche donc à mettre en évidence les effets concrets du changement climatique.

Numéro de commande :
1491585_02_en/de

Les tempêtes en Europe – un risque sous-estimé

Comment se forment les tempêtes hivernales en Europe ? Quels sont les sinistres potentiels impliqués ? Comment le secteur de l'assurance gère-t-il ce risque ? Les experts en catastrophes naturelles de Swiss Re se consacrent depuis des années à de telles questions, à juste titre, comme « Lothar » et « Martin » l'ont une fois de plus démontré en décembre 1999. Cette publication ne s'intéresse pas qu'au phénomène des tempêtes en Europe, mais présente également une méthode de modélisation du risque de tempête et de détermination des primes adéquates.

Numéro de commande :
201_00239_en/de/fr

Twister ! The professional reinsurer's perspective (Tornado ! L'approche des réassureurs professionnels)

Les tornades constituent l'un des phénomènes naturels les plus effrayants à cause de leur puissance destructrice patente. Cette publication montre qu'en connaissant mieux les dimensions de ces tempêtes et les technologies permettant de les suivre, on peut contribuer à en atténuer les dommages et à sauver des vies. L'annexe comprend des conseils pour la protection des personnes et des biens en cas d'alerte de tornade.

Numéro de commande :
201_00229_en

Les inondations – un risque assurable ?

Bien que les inondations majeures augmentent en ampleur et en fréquence, nombreux sont les endroits où il n'existe aucune couverture contre ce risque. Doit-on chercher une explication à ce constat dans le secteur de l'assurance lui-même ? Cette publication traite de cette question en détail, décrit et illustre le risque d'inondation et montre comment les populations y font face.

Numéro de commande :
201_98142_en/de/fr/es

Les inondations – un risque assurable ? Un tour d'horizon

Cette publication, qui complète « Les inondations – un risque assurable ? », traite des caractéristiques des solutions d'assurance utilisées dans un échantillon de 24 marchés. Elle analyse le problème sous l'angle de l'assurance, étudie le principe de l'assurabilité et présente des approches envisageables pour l'évaluation du risque.

Numéro de commande :
201_98145_en/de/fr

Les cyclones tropicaux

Chaque année, quelque 80 cyclones se forment au-dessus des mers tropicales. Il est impossible de prévoir quand ce phénomène va se produire, ni quelle trajectoire suivra la tempête. Cette publication revient plus en détail sur le concept d'évaluation des risques de cyclone tropical utilisé par Swiss Re à partir de modèles de périls naturels développés par des instituts de recherche publics, des consultants commerciaux, des courtiers, ainsi que des sociétés d'assurance et de réassurance.

Numéro de commande :
201_9678_en/de/fr/es

The Great Hanshin Earthquake: trial, error, success (Le grand tremblement de terre de Kobe – jugement, erreur et succès)

Face à l'étendue choquante des dommages causés par le grand tremblement de terre de Kobe qui a frappé le Japon au matin du 17 janvier 1995, de nombreux journalistes ont conclu à l'échec de la science et de la technologie. Cette publication montre au contraire que les tremblements de terre peuvent être des exemples frappants de succès, même dans les pires conditions.

Numéro de commande :
201_9506_en/de/ja

La brochure **Swiss Re Publications** répertorie l'ensemble des publications de Swiss Re.
Numéro de commande : 1492220_02_en

Comment commander

Pour commander une publication, envoyez un courrier électronique à publications@swissre.com. Vous pouvez également passer votre commande via notre portail à l'adresse www.swissre.com. Veuillez préciser le titre de la publication, ainsi que le numéro de commande et l'abréviation correspondant à la langue souhaitée. Les langues disponibles sont indiquées à la fin du numéro de commande comme suit :
Anglais : numéro de commande_en
Allemand : numéro de commande_de
Français : numéro de commande_fr
Italien : numéro de commande_it
Portugais : numéro de commande_pt
Espagnol : numéro de commande_es
Japonais : numéro de commande_ja

Les publications P&C de Swiss Re sont réalisées par Technical Communications, Chief Underwriting Office.



Peter Zimmerli
Cat Perils & Retro – Chief Underwriting Office

Peter Zimmerli est membre de l'équipe de Swiss Re chargée des périls naturels composée de spécialistes de divers domaines des sciences naturelles et de l'ingénierie technique. Avant de rejoindre Swiss Re en 2002, il occupait un poste similaire chez Winterthur Insurance et a participé, en tant que collaborateur scientifique, à un projet de recherche sur les glissements de terrain dans la région alpine au FNP (Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage), à Birmensdorf. Peter Zimmerli est géologue diplômé de l'Université de Zurich.

© 2003
Compagnie
Suisse de Réassurances

Titre :
Catastrophes naturelles et réassurance

Auteurs :
Peter Zimmerli
en collaboration avec différents membres de
l'équipe Cat Perils de Swiss Re

Réalisation et rédaction :
Technical Communications
Chief Underwriting Office

Traduction :
Group Language Services

Graphisme :
Galizinski Gestaltung, Zurich
Logistics/Media Production

Crédits photographiques :
Couverture : Reuters, Brian Snyder
Page 4 : Keystone, Fabrice Coffrini, Zurich
Page 6 : Keystone, AP, Matthias Rietschel, Zurich
Page 10 : Gamma/Dukas, Zurich
Page 14 : Keystone, AP, Enric Marti, Zurich
Page 20 : Shakemap, avec l'aimable autorisation
du US Geological Survey
Page 29 : Black Star/Dukas, Zurich
Page 38 : Reuters, Jorge Silva
Page 45 : Keystone, AP, La Prensa

Les données et les conclusions contenues dans cette publication ont un but exclusivement informatif et les auteurs ne peuvent garantir ni l'exactitude, ni l'exhaustivité de son contenu. Toute responsabilité relative à l'intégrité, la confidentialité ou l'opportunité de cette publication ou à tout dommage qui pourrait résulter de l'utilisation des informations qu'elle contient est expressément déclinée. Le groupe Swiss Re ou ses entités ne pourront en aucun cas être tenus responsables des éventuelles pertes financières ou autres liées à ce produit.

La présente publication est également disponible en anglais (langue d'origine), en allemand, en espagnol et en chinois.

Numéro de commande : 1493661_03_fr

Property & Casualty, 04/03, 1500 fr