



**Mémoire présenté  
devant l'Institut de Science Financière et d'Assurances  
pour l'obtention  
du diplôme d'Actuaire de l'Université de Lyon**

**le 1<sup>er</sup> juillet 2009**

Par : MIRANDE Anselme

Titre: La tarification des traités non proportionnels en réassurance automobile

Confidentialité :  NON  OUI (Durée :  1 an  2 ans  5 ans)

*Membre du jury I.A.*

M. PLANCHET Frédéric

*Entreprise :*

Swiss Reinsurance Company

*Membres du jury I.S.F.A.*

M. AUGROS Jean-Claude

M. BIENVENÛE Alexis

Mme EYRAUD-LOISEL Anne

M. LAURENT Jean-Paul

M. LEBOISNE Nicolas

M. LOISEL Stéphane

Mme MAUME-DESCHAMPS Véronique

M. QUITTARD-PINON François

Mme REY-FOURNIER Béatrice

M. RULLIERE Didier

M. SERANT Daniel

*Directeur de mémoire :*

CRUGNOLA-HUMBERT Marielle

*Secrétariat*

Mme GARCIA Marie-José

Mme BARTHELEMY Diane

M. BRIAS Samy

Mme BRUNET Marie-Christine

Mme GHAZOUANI Sondès

M. HUET Jean-Daniel

Mme MOUCHON Marie-Claude

*Invité :*

*Bibliothèque :*

Mme SONNIER Michèle

## **Résumé**

---

*Ce mémoire porte sur la tarification des contrats de réassurance en excédent de sinistre dans le domaine de l'assurance automobile. Compte tenu des données utilisées il doit rester confidentiel.*

*Après une introduction présentant le marché de l'assurance en France et les problématiques auxquelles sont confrontés assureurs et réassureurs, la deuxième partie s'attache à présenter le cadre dans lequel a été menée cette étude. Tout d'abord est abordée la problématique que constituent les sinistres corporels graves ; ensuite sont abordées les spécificités des traités de réassurance automobile en excédent de sinistre puis la présentation d'une méthode classique de tarification notamment utilisée chez Swiss Re. Après avoir mis en évidence les lacunes d'une telle méthode est présentée la démarche suivie pour améliorer la précision des tarifications et notamment la prise en compte de deux clauses très importantes dans les traités : la clause de stabilité et la clause de rente.*

*La troisième partie détaille la construction d'un modèle de simulation de sinistres corporels graves en trois étapes : modélisation du coût d'un sinistre en vision actuelle puis en vision prospective et enfin modélisation des caractéristiques des sinistres.*

*La quatrième partie propose l'intégration du modèle de simulation dans le processus de tarification et la quantification de l'effet des clauses de rente et de stabilité.*

*La conclusion met en évidence l'importance de la prise en compte de ce type de clauses dans les tarifications et les lacunes des méthodes classiques dans ce domaine. Elle propose une piste de développement intéressante pour l'outil de simulation: la tarification par exposition.*

## **Abstract**

---

*This thesis was written by Anselme Mirande (class 2004), working for the Swiss Reinsurance company (Swiss Re). It deals with the pricing of motor excess of loss reinsurance treaties. It must be kept confidential.*

*After an introduction presenting the French motor insurance market and the issues insurers and reinsurers are facing, the second part concerns the framework within which this study was conducted. Firstly we tackle the problematic of Severe Bodily injuries claims; then the specificities of motor excess of loss treaties in France and the presentation of a frequently-used pricing method, notably within Swiss Re. After highlighting the weaknesses of such a method, is presented the approach followed in the study, specially regarding how to deal with two very important clauses in the treaties: the stability clause and the annuity clause*

*The third part details the building of a bodily injuries claims simulation tool in three steps: claims' evaluation in a present view then in a prospective view and finally the modelling of claims' characteristics.*

*The fourth part shows the integration of the claims simulation tool within the pricing process and the quantification of the effects of the stability clause and the annuity clause.*

*The conclusion highlights the importance of these clauses in the pricing and the weaknesses of the classical methods in this area. It also shows an interesting development for the simulation tool: the exposure rating.*

## **Remerciements**

---

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont permis de réaliser cette étude et notamment :*

*Mesdames Marielle CRUGNOLA-HUMBERT et Anne BONTOUX et Monsieur Andrea SCASCIGHINI pour m'avoir conseillé et fait bénéficier de leur expérience et de leurs compétences techniques.*

*Monsieur Stéphane LOISEL pour ses conseils avisés et l'attention qu'il a su porter à mon étude.*

*La compagnie Swiss Re pour le temps et les moyens mis à ma disposition.*

*Toute l'équipe de souscription Traités de Swiss Re à Paris pour sa bonne humeur et ses bonnes idées.*

*Aurélie GRANVEAUX pour son soutien si important.*

# Sommaire

---

Résumé.....	2
Abstract .....	3
Remerciements .....	4
Sommaire .....	5
<b>Partie I : Introduction.....</b>	<b>7</b>
Section 1.1. Le marché de l'assurance automobile .....	8
Section 1.2. Les besoins de couverture de réassurance des compagnies d'assurance automobile .....	11
Section 1.3. Situation de la réassurance en France .....	13
<b>Partie II : Assurance et réassurance automobile .....</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre 1. Spécificités de l'indemnisation des victimes corporelles graves.....</b>	<b>15</b>
Section 1.1. Cadre législatif.....	15
Section 1.2. Étapes du déroulement d'un sinistre corporel grave.....	19
<b>Chapitre 2. Spécificités du contrat de réassurance en excédent de sinistre .....</b>	<b>21</b>
Section 2.1. Généralités.....	21
Section 2.2. La clause de stabilité.....	23
Section 2.3. La clause de rente .....	25
<b>Chapitre 3. Méthode de tarification utilisée .....</b>	<b>28</b>
Section 3.1. Principe et notations.....	28
Section 3.2. Indexation des sinistres et des primes .....	30
Section 3.3. Calcul des IBNR.....	32
Section 3.4. Détermination d'un modèle fréquence sévérité .....	35
<b>Chapitre 4. Problèmes rencontrés et amélioration proposée .....</b>	<b>38</b>
Section 4.1. Limites de la méthode employée .....	38
Section 4.2. Amélioration proposée .....	39
<b>Partie III : Modélisation de sinistres corporels graves .....</b>	<b>44</b>
<b>Chapitre 1. Evaluation de sinistres individuels .....</b>	<b>45</b>
Section 1.1. Identification des éléments constitutifs d'un sinistre .....	45
Section 1.2. Classification et regroupement des postes de préjudice d'une victime.....	46
Section 1.3. Modélisation des postes de préjudice.....	48
<b>Chapitre 2. Evaluation des sinistres au jugement/transaction .....</b>	<b>53</b>
Section 2.1. Éléments influençant le coût d'un sinistre au cours du temps.....	53
Section 2.2. Scénarios d'évolution future.....	54
Section 2.3. Prise en compte des scénarios dans le modèle de sinistre .....	56
<b>Chapitre 3. Simulation de sinistres corporels.....</b>	<b>58</b>
Section 3.1. Caractéristiques retenues pour la modélisation .....	58
Section 3.2. Paramètres et lois retenus .....	58
Section 3.3. Analyse critique du modèle .....	63
<b>Partie IV : Tarification d'un contrat de réassurance .....</b>	<b>65</b>
<b>Chapitre 1. Application du modèle de simulation de sinistres .....</b>	<b>66</b>
Section 1.1. Analyse des résultats obtenus avec la méthode classique.....	66
Section 1.2. Possibilités du modèle de simulations de sinistres .....	66
Section 1.3. Réconciliation des deux approches.....	67
<b>Chapitre 2. Tarification des clauses de réassurance .....</b>	<b>69</b>
Section 2.1. Application de la clause de stabilité .....	70
Section 2.2. Cadences de règlement .....	71
Section 2.3. Comparaisons tarifaires .....	73

<b>Chapitre 3. Etude de sensibilité aux paramètres de provisionnement.....</b>	<b>75</b>
Section 3.1. Impact des fluctuations de taux d'intérêt sur le provisionnement.....	75
Section 3.2. Impact d'un changement de table de mortalité sur le provisionnement.....	76
<b>Partie V : Conclusions .....</b>	<b>78</b>
Section 1.1. Résultats de l'étude.....	78
Section 1.2. Vers la tarification par exposition .....	78
<b>Bibliographie.....</b>	<b>80</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>82</b>
Annexe A : La loi Badinter (5 juillet 1985).....	83
Annexe B : Dispositions législatives relatives au provisionnement des sinistres en responsabilité civile automobile.....	92
Annexe C : Dispositions législatives relatives au provisionnement des provisions mathématiques de rentes.....	93
Annexe D : La Nomenclature Dintilhac .....	94

## **Partie I : Introduction**

*L'assurance automobile est de loin le premier secteur de l'assurance non Vie en France. Cette industrie est confrontée à un grand nombre de problématiques et recourt à la réassurance pour éliminer, ou tout du moins atténuer les risques les plus importants.*

*Les réassureurs ont été notamment sollicités par le passé et continuent à l'être aujourd'hui pour couvrir le risque de dérive des coûts d'indemnisation des victimes corporelles de la route.*

*L'appréhension de ce risque est très délicate du fait du déroulement potentiellement très long des sinistres et des incertitudes très fortes portant sur les niveaux d'indemnisation. Cette étude a été menée dans le but d'améliorer la précision et la qualité de l'approche tarifaire en Réassurance*

## Section 1.1. Le marché de l'assurance automobile

Le marché de l'assurance automobile en France est un marché mûr et extrêmement concurrentiel. On compte aujourd'hui environ cent quarante compagnies d'assurances opérant sur le marché français, de la mutuelle régionale aux sociétés multinationales en passant par les grandes mutuelles du GEMA et les bancassureurs. Elles assurent un parc de véhicules constitué d'environ 36 millions de quatre roues et de plus de 2 millions de deux roues.

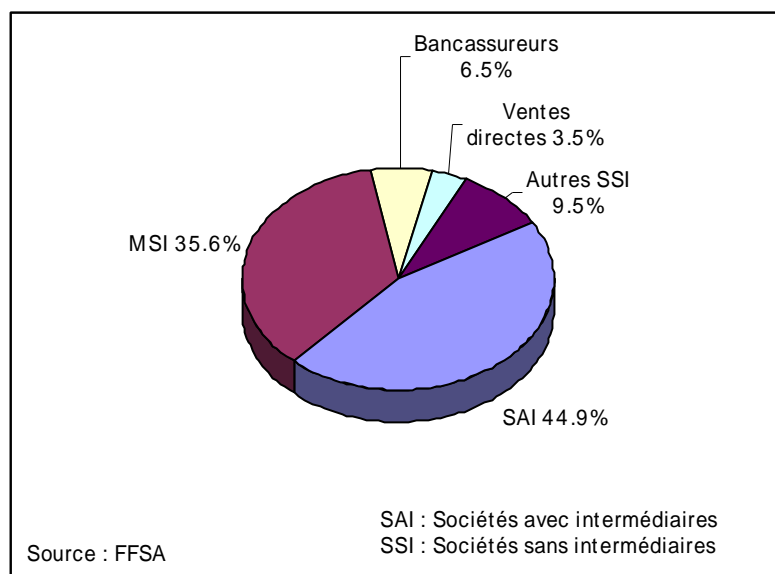


Fig 1. Répartition du marché français par type de compagnie

Avec environ 18 milliards d'euros de cotisations perçues en 2006 l'assurance automobile est de très loin le premier secteur d'activité de l'assurance non vie en France.



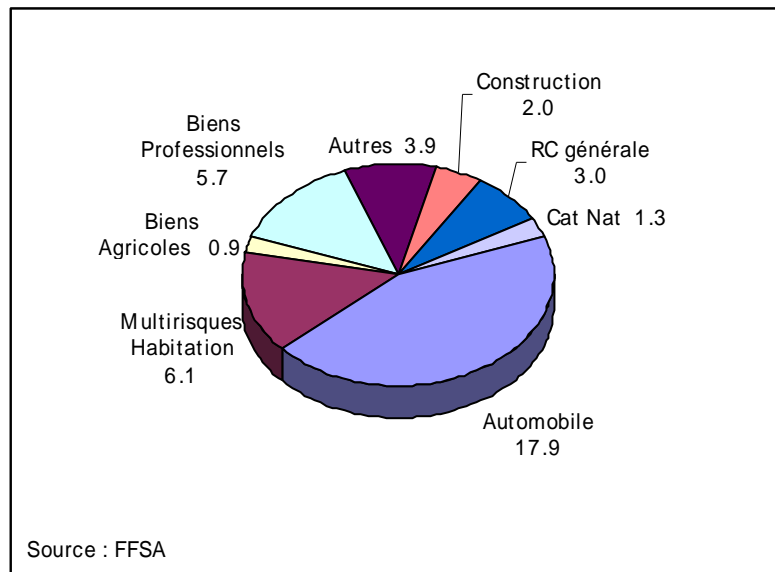


Fig 2. Les différentes branches de l'assurance non vie en France en 2006 (Md€)

Le ratio sinistres à primes s'établit en 2006 à 81.1%. Cette sinistralité se répartit de la manière suivante par type de garantie :

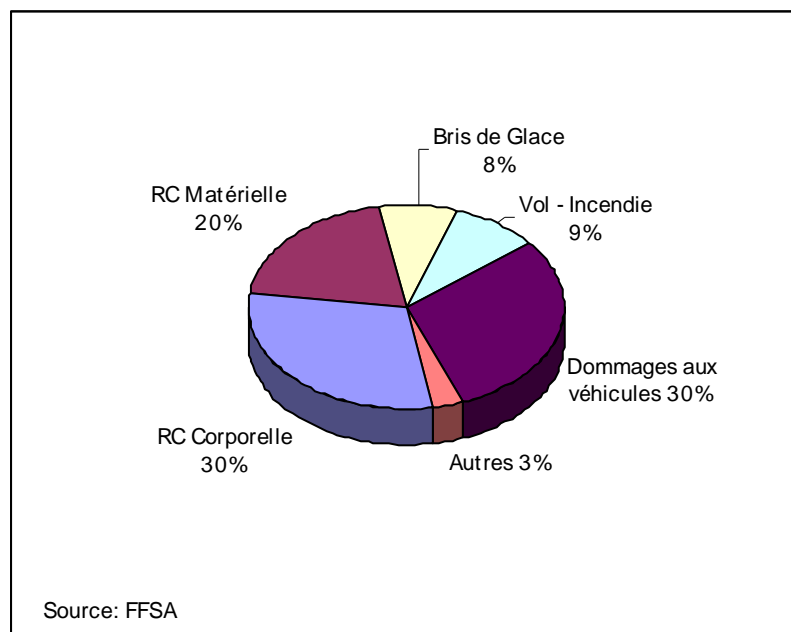


Fig 3. Répartition de la charge sinistre par type de garantie

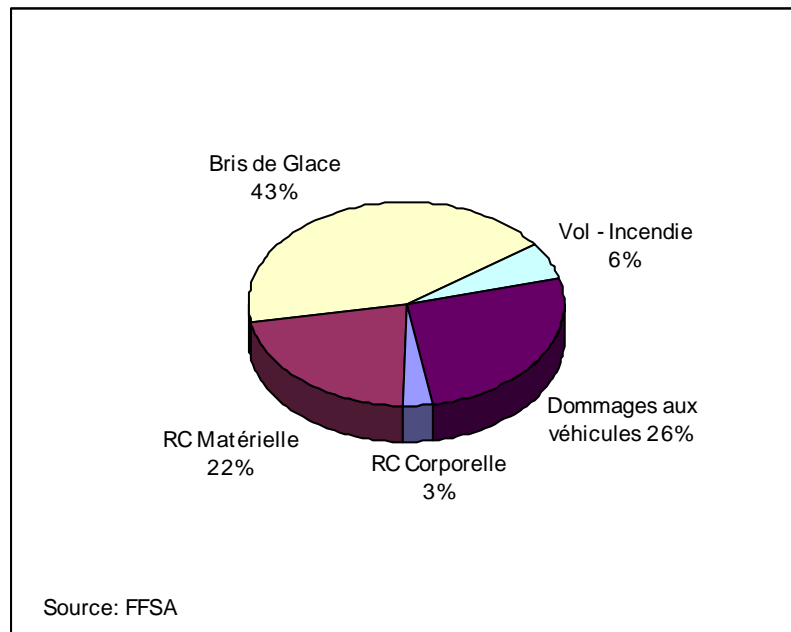


Fig 4. Répartition du nombre de sinistres déclarés en fonction de la garantie mise en jeu

On constate que si les sinistres de responsabilité civile corporelle ne représentent qu'environ 3% de l'ensemble des sinistres déclarés, ils représentent toutefois, compte tenu de leur coût moyen très élevé, 30% de la charge sinistre totale.

Comme le montre le graphique ci-dessous le nombre d'accidents graves de la circulation est en baisse quasi-constante depuis les années 80 et ce malgré une augmentation continue du trafic.

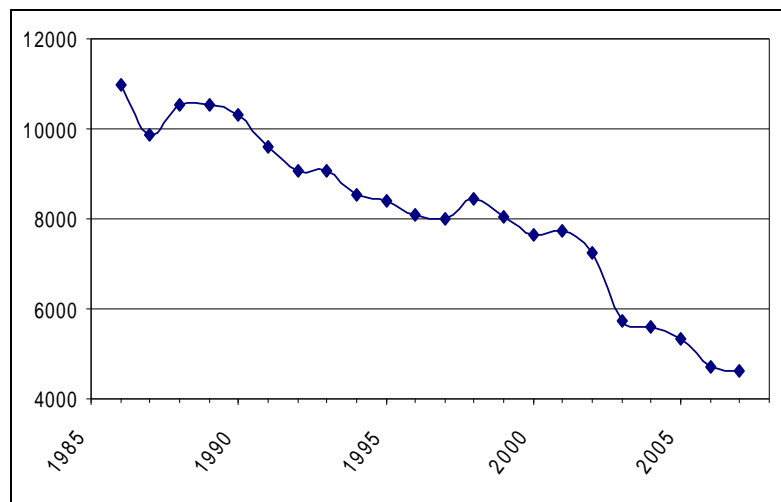


Fig 5. Evolution du nombre de tués sur les routes françaises depuis 1986

Cette évolution s'explique de plusieurs manières. Tout d'abord l'amélioration de la sécurité des véhicules et de la qualité générale des chaussées a eu un impact très positif. Ensuite et surtout les différentes mesures mises en place par la sécurité routière ont réduit fortement la fréquence et la gravité des accidents : On citera par exemple :

- ✓ Le port obligatoire des ceintures de sécurité à l'avant (1978)
- ✓ Le port obligatoire des ceintures de sécurité à l'arrière (1990)
- ✓ La diminution du taux maximum d'alcoolémie autorisé de 0.8 g/L à 0.5 g/ (1995)
- ✓ La mise en place des radars automatiques (2003)

Comme nous le verrons par la suite, malgré cette baisse très sensible du nombre d'accidents, la part de ces sinistres corporels dans l'ensemble des indemnisations versées par les compagnies d'assurance ne cesse d'augmenter, notamment à cause de la dérive incontrôlée de leur coût.

### *Section 1.2. Les besoins de couverture de réassurance des compagnies d'assurance automobile*

Un des principaux objectifs de la réassurance consiste à absorber l'impact des chocs particulièrement prononcés qui affectent les assureurs – qu'il s'agisse de sinistres individuels très importants ou d'un cumul de sinistres imputables à un événement ou concernant un exercice. Cela permet à la fois de protéger les fonds propres de la compagnie d'assurance et de diminuer le montant de fonds propres exigibles pour la marge de solvabilité.

Les réassureurs possèdent en général un portefeuille très bien diversifié, à la fois en terme de type d'activités couvertes mais également géographiquement. Le capital dont ils ont besoin pour couvrir les portefeuilles d'assurance est donc plus faible que le capital que devrait posséder une compagnie d'assurance (locale et/ou n'exerçant que dans certains domaines d'activité) se privant de réassurance.

Cette différence rend en général l'achat de réassurance financièrement très intéressant pour une compagnie d'assurance, le capital ainsi libéré permettant à l'assureur d'augmenter son rendement sur fonds propres.

L'assurance automobile étant un risque de masse, la solution de réassurance la plus adaptée à ce type d'activité est la réassurance sous forme de traité (ou réassurance obligatoire). L'assureur s'engage à céder toute une partie de son portefeuille aux réassureurs qui sont tenus d'accepter –sous certaines conditions– l'ensemble de ces risques. La ou les solutions de réassurance choisies dépendent grandement de la taille du portefeuille, de sa répartition géographique mais également de la taille de l'assureur lui-même ainsi que de sa situation financière.

Les principaux risques auxquels est exposé un portefeuille automobile sont décrits ci-dessous :

### *a) Dérive de la sinistralité de base*

La sinistralité de base est constituée de l'ensemble des sinistres de fréquence très élevée mais d'intensité assez faible qui constituent la très grande partie des indemnités versées par les assureurs. Cette sinistralité est en général bien maîtrisée par les assureurs si la taille du portefeuille est suffisante. Les assureurs les plus petits n'ont pas la taille suffisante pour que la diversification joue son rôle et doivent se couvrir contre la volatilité de cette sinistralité.

### *b) Sinistres catastrophes naturelles*

Les principaux périls naturels pouvant toucher un portefeuille automobile sont la grêle, la tempête, les cyclones (pour les assureurs présents dans les DOM) et dans une moindre mesure les tremblements de terre ou les éruptions volcaniques.

Les assureurs dont le portefeuille est fortement concentré dans une région sont les plus exposés à ce risque puisque la quasi-totalité de leur portefeuille peut être touché par un seul événement. Les assureurs « nationaux » peuvent être également très touchés dans le cas d'événements climatiques extrêmes<sup>1</sup>.

### *c) Sinistres matériels exceptionnels*

Ces sinistres très peu fréquents ont la particularité d'être très difficilement prévisibles en particulier quant à leur coût. On peut citer par exemple les accidents impliquant des véhicules bloqués sur une voie ferrée au passage d'un train ou encore les accidents intervenant dans des tunnels<sup>2</sup> aux conséquences humaines et matérielles très lourdes.

La plupart des compagnies d'assurance ne sont pas en mesure de couvrir ce genre de risques car leur intensité pourrait mettre à mal leur solvabilité.

### *d) Sinistres corporels*

Depuis très longtemps, en matière d'assurance automobile, le principal transfert de risque entre assureurs et réassureurs porte sur la gestion des sinistres corporels graves liés à la garantie obligatoire de responsabilité civile. Il existe plusieurs raisons à cela. Tout d'abord l'amélioration permanente de la prise en charge des victimes de la route, ainsi que

---

<sup>1</sup> Les tempêtes de décembre 1999 Lothar et Martin ont touché la quasi-totalité de la France métropolitaine. Bien que l'essentiel des dégâts aient été causés aux constructions et infrastructures, on estime que le coût des dommages aux véhicules représente environ 10% de la charge totale.

<sup>2</sup> Tunnel du Mont Blanc (1999) : 39 morts et un coût estimé à plusieurs dizaines de millions d'€

l'augmentation du coût des traitements médicaux ont contribué à l'explosion des montants d'indemnisation<sup>3</sup> et ceux-ci constituent désormais une partie importante de l'ensemble des indemnisations versées par les assureurs. Ensuite le déroulement parfois très long de ces sinistres entraîne une incertitude extrêmement importante sur leur coût ultime, incertitude grandement renforcée par des changements législatifs et jurisprudentiels, significatifs et fréquents.

### *Section 1.3. Situation de la réassurance en France*

Au milieu des années 1990, les indemnisations concernant les victimes des accidents de la circulation ont commencé à connaître une inflation très importante, nettement plus forte que celle des autres secteurs de l'économie. Le phénomène resté invisible pendant plusieurs années est apparu violemment au début des années 2000 lors que les assureurs, rétablis financièrement des tempêtes de 1999, ont commencé à intégrer dans leurs provisions cette nouvelle donne.

Les réassureurs ont alors vu la charge sinistres reportée dans les traités de réassurance exploser et ce, pour toutes les années de souscription depuis le milieu des années 80. A l'heure actuelle encore les réassureurs subissent de nouvelles dégradations venant des années antérieures, creusant ainsi les pertes importantes accumulées jusque là.

Anticipant des inflations comparables pour le futur, les réassureurs ont alors imposé des hausses importantes aux assureurs. En parallèle ils se sont attachés à offrir des solutions de réassurance plus complètes et mieux différenciées (en terme de garanties) que par le passé notamment en ce qui concerne le traitement des rentes indemnitaires dans les traités.

Cette étude a été menée dans le but d'améliorer la qualité de la tarification des traités de responsabilité civile automobile en excédent de sinistre, en apportant des solutions que les méthodes classiques de tarification et le manque d'informations disponibles en réassurance ne permettent, en général, pas.

---

<sup>3</sup> Le coût final de certains sinistres est estimé, à l'heure actuelle, à un montant supérieur à 10 Millions d'€

## **Partie II : Assurance et réassurance automobile**

*Les premier et deuxième chapitres ont pour but d'exposer de manière claire l'environnement législatif, assurantiel et réassurantiel dans lequel cette étude a été menée. Ces aspects sont essentiels pour appréhender les contraintes auxquelles sont soumis assureurs et réassureurs et les problématiques qui en découlent.*

*Le troisième chapitre présente une méthode couramment utilisée dans la tarification des contrats de réassurance. Le quatrième chapitre s'attache à souligner les lacunes de cette méthode et propose une démarche détaillée pour y remédier, démarche qui sera mise en œuvre dans les troisième et quatrième parties.*

# **Chapitre 1. Spécificités de l'indemnisation des victimes corporelles graves**

---

Le présent chapitre s'attache à présenter les spécificités de l'indemnisation des victimes d'accidents de la circulation. La compréhension de ces spécificités est primordiale pour appréhender le fonctionnement des couvertures de réassurance.

## *Section 1.1. Cadre législatif*

### *a) Règlement des sinistres (Loi Badinter)<sup>4</sup>*

Cette loi datant du 5 juillet 1985 fixe le cadre de l'indemnisation des sinistres en matière de responsabilité civile automobile. Son impact a été très important sur les relations entre assureurs et victimes d'accidents de la circulation.

Voici les principaux points de la loi :

**Article 1 :** Ne sont concernés par la loi que les accidents de la circulation où sont impliqués des véhicules terrestres à moteur.

**Article 4 :** Exclusion du droit à indemnisation pour le conducteur responsable de l'accident. En revanche tous les occupants du ou des véhicules tiers ainsi que les passagers du véhicule responsable sont pris en charge.

**Article 12 :** L'assureur est tenu de présenter dans un délai maximum de huit mois à compter de l'accident une offre d'indemnité à la victime. L'offre définitive d'indemnisation doit être faite dans un délai de cinq mois suivant la date à laquelle l'assureur a été informé de la consolidation de la victime.

**Article 16 :** En cas de retard dans l'offre faite par l'assureur, la loi prévoit des pénalités (doublement du taux d'intérêt légal)

---

<sup>4</sup> Le texte complet est disponible en annexe A.

**Article 17 :** Si l'offre faite par l'assureur est jugée manifestement insuffisante la loi prévoit des pénalités (15% de l'indemnité allouée)

**Article 22 :** En cas d'aggravation de son état la victime peut demander, dans les délais légaux impartis, un complément d'indemnisation à l'assureur. On constate ainsi parfois plus de dix ans après une transaction la réouverture de certains dossiers, avec à la clé des hausses sensibles des indemnités allouées.

## *b) Provisionnement des sinistres*

### *i) Avant Jugement / Transaction*

Les règles de provisionnement en matière d'assurance automobile sont fixées par l'article R331-26<sup>5</sup> du code des assurances. Cet article impose un provisionnement différencié pour les sinistres de type responsabilité civile et les autres types de sinistres. De plus pour les sinistres responsabilité civile une différenciation est faite entre les sinistres corporels et les sinistres matériels.

Pour les sinistres matériels en RC et les sinistres non RC, des méthodes statistiques type coût moyen ou évaluation par cadence de règlement peuvent être utilisées. En revanche pour ce qui est des sinistres corporels la législation impose un provisionnement dossier par dossier. Toutefois une grande liberté est laissée aux assureurs quant à l'estimation de ces dossiers.

En pratique il y a parfois de grandes différences dans la politique de réservation des assureurs selon leur vision de l'évolution de l'indemnisation des sinistres corporels.

### *ii) Après Jugement / Transaction*

Au moment de la transaction ou du jugement sont fixées les indemnités à verser sous forme de capital ou de rente (viagère ou temporaire).

Les indemnités en capital sont en général versées dans un délai très court après le jugement/transaction et ne posent aucun problème en terme de provisionnement.

Pour la partie versée sous forme de rente il y a par contre une grande incertitude portant sur la durée de vie de la victime et par conséquent sur la période pendant laquelle la rente sera versée. Il existe également des incertitudes portant sur les rendements financiers futurs et pour ces raisons le législateur impose des règles de provisionnement strictes en matières de rentes.

Il est à noter que lors du jugement/transaction on détermine un indice (par exemple l'indice des accidents du travail) dont les variations seront utilisées pour réévaluer

---

<sup>5</sup> L'article est disponible en annexe B.



annuellement la rente. Spécificité de l'assurance automobile le coût de cette indexation n'est pas prise en charge par l'assureur mais par l'Etat au travers du Fonds de Garantie des Assurances Obligatoires de dommages (FGAO)<sup>6</sup>

La provision mathématique de rente est donc déterminée en se basant sur une annuité fixe selon la formule suivante :

$$PM = \text{Annuité fixe} * P\text{€R}$$

où P€R représente le prix d'un euro de rente, c'est à dire la valeur actualisée du versement d'un euro de rente annuelle. Pour déterminer ce P€R on utilise une table de mortalité et un taux d'actualisation.

En notant  $(l_x)_{x \in N}$  la table de mortalité,  $r$  le taux d'actualisation utilisée et  $x$  l'âge du bénéficiaire de la rente, le prix d'un euro de rente annuelle viagère s'écrit :

$$P\text{€R} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l_{x+n}}{l_x} * \frac{1}{(1+r)^n}$$

En matière de provisionnement de rentes automobile l'article A331-10 du code des assurances fixe la table de mortalité et le taux d'actualisation à utiliser :

- ✓ Table de mortalité TD 88/90
- ✓ Utilisation d'un taux d'actualisation égal à 60% du taux moyen des emprunts de l'Etat (TME) avec un maximum de 3.5%.

Il est à noter que si certains postes sont payés en capital, le calcul sous-jacent à leur évaluation est une provision mathématique de rente (la table et le taux utilisés étant alors à la libre appréciation du juge).

---

<sup>6</sup> Le financement de ce fond se faisant via un prélèvement d'un pourcentage fixe de chaque cotisation responsabilité civile automobile.

A chaque fin d'exercice comptable l'assureur recalcule donc la provision mathématique en tenant compte des annuités déjà versées et du TME de l'année en cours.

La part des indemnités versées sous forme de rente étant souvent importante les fluctuations de taux d'intérêts ont un impact fort sur le provisionnement des sinistres corporels. Les provisions mathématiques peuvent ainsi varier fortement d'une année sur l'autre sans que pour autant le montant des indemnités allouées à la victime varie.

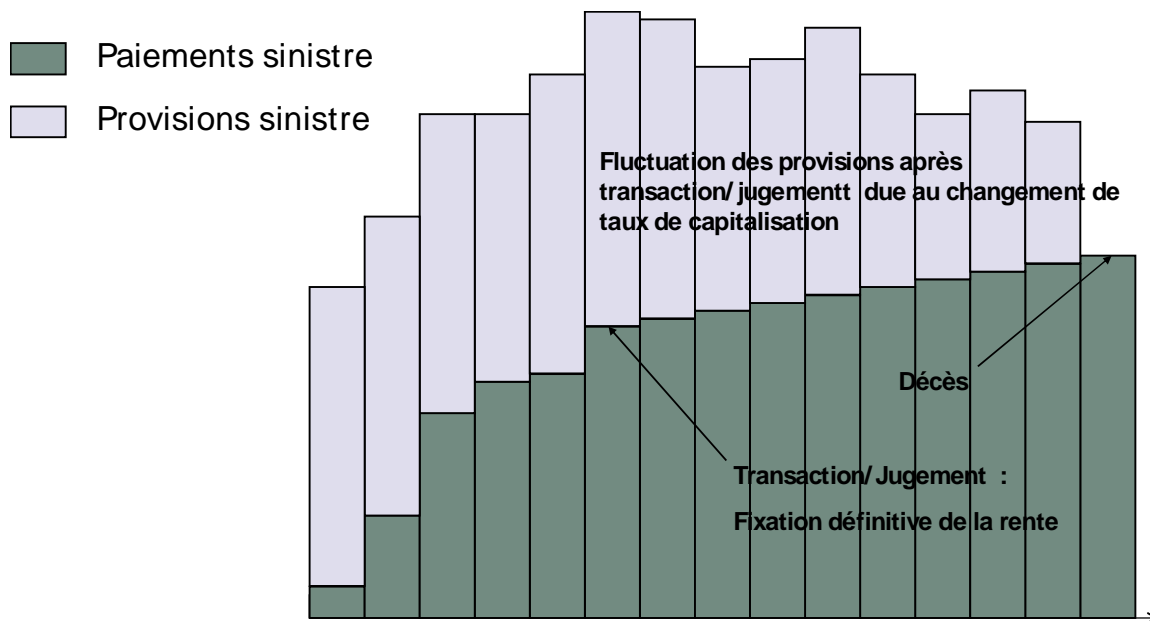


Fig 6. Exemple de déroulement d'un sinistre corporel

Ces fluctuations dans les provisions des assureurs constituent une véritable problématique en réassurance dans la mesure où il est difficile de savoir si une variation de provision est due à une aggravation de l'état de la victime, à une évaluation revue du montant de l'indemnisation, à une fluctuation de taux d'intérêts, ou à une combinaison de ces trois facteurs.

Il est à noter que par souci de simplicité, les assureurs provisionnent souvent les sinistres non jugés/transigés de la même manière (i.e. avec la table TD 88/90 et le TME de l'année en cours) que les sinistres déjà transigés ou jugés. Cela évite des corrections comptables trop importantes l'année de jugement/transaction.

## *Section 1.2. Etapes du déroulement d'un sinistre corporel grave*

### *a) La survenance de l'accident*

Un assuré victime ou responsable d'un accident de la circulation est tenu, dans la mesure du possible, d'informer son assureur le plus rapidement possible de son implication dans un accident, sous peine de nullité du contrat d'assurance. Les délais en général prévus par les polices d'assurance sont très courts (de quelques jours à une semaine). Dans la plupart des cas les responsabilités sont clairement définies par l'enquête de police ou de gendarmerie et l'assureur du conducteur responsable est tenu de payer les frais qui lui incombent (hospitalisation, soins médicaux etc.).

### *b) La consolidation médicale*

L'article 12 de la loi Badinter stipule que l'assureur est tenu de faire une offre d'indemnisation à chacune des victimes dans les huit mois suivant la survenance du sinistre. Toutefois dans les accidents corporels graves il est très rare que l'état d'une victime soit stabilisé dans une période aussi courte. Une fois l'état de la victime stable, on fait appel à un médecin conseil qui va établir un diagnostic médical complet de la victime en particulier son degré d'invalidité, la quantification des différentes séquelles mais aussi les besoins en assistance dont devra bénéficier la victime. Cette étape importante s'appelle la consolidation médicale.

La durée avant consolidation est en général de deux ans pour les adultes. Pour les cas plus complexes, en particulier lorsqu'on est en présence de troubles neurologiques sévères, cette durée peut aller jusqu'à 5 ans.

Pour les enfants la consolidation n'intervient en général pas avant la fin de l'adolescence entre 16 et 20 ans car il est difficile d'évaluer de manière certaine les séquelles d'un enfant avant qu'il n'ait fini son développement intellectuel et physique.

### *c) La transaction définitive*

En se basant sur le rapport de consolidation médicale du médecin conseil l'assureur est alors tenu de faire une offre définitive d'indemnisation dans les 5 mois suivants la dite consolidation (article 12 de la loi Badinter).

La loi est assez stricte sur la qualité de l'offre qui doit être faite aux victimes. Elle prévoit des pénalités (article 17) en cas d'offre manifestement insuffisante c'est à dire ne respectant les standards de l'indemnisation définis par la jurisprudence.

On parle ici de transaction définitive car en l'absence d'éléments nouveaux, l'accord trouvé entre l'assureur et la ou les victimes ou leurs représentants ne pourra être remis en cause ultérieurement.

Toutefois en cas d'aggravation de l'état d'une victime, celle-ci est en droit de demander une nouvelle expertise du médecin conseil. Si celui-ci estime que l'état de la victime a sensiblement évolué depuis la première expertise et que cette évolution est bien une conséquence de l'accident, l'assureur est tenu d'offrir un complément d'indemnisation à la victime selon les mêmes modalités que précédemment

#### *d) Les procédures judiciaires*

Chaque étape entre la survenance du sinistre et la clôture définitive de celui-ci peut faire l'objet d'une procédure judiciaire si les différentes parties impliquées n'arrivent pas à se mettre d'accord. A l'heure actuelle la plupart des dossiers se règlent par une transaction amiable mais dans une part croissante de cas une ou plusieurs procédures judiciaires sont entamées (cela ne signifie pas nécessairement qu'elles iront à leur terme).

Ces procédures judiciaires interviennent en général à deux moments clés du dossier. Premièrement au moment où se déterminent les responsabilités de chacune des parties impliquées dans l'accident. Il est fréquent de voir les assureurs, par subrogation de leurs assurés, se rejeter mutuellement la responsabilité de l'accident. Dans certains cas l'assureur essaye de faire valoir la nullité du contrat d'assurance s'il estime que son assuré n'a pas respecté certaines clauses du contrat (déclaration de sinistres antérieurs, alcoolémie etc).

Le deuxième moment où l'on rencontre fréquemment des procédures judiciaires est le moment de la transaction définitive. Si une victime ou son avocat estime que l'offre proposée par l'assureur est trop faible, le seul moyen d'obtenir une indemnisation supérieure est d'avoir recours à la médiation d'un juge.

Vu le montant des litiges dans le cas d'accidents corporels graves, le tribunal compétent dans ce cas est le tribunal de Grande Instance. Ces procédures rallongent significativement la durée de vie du sinistre puisqu'elles interrompent, parfois pendant plusieurs années, le déroulement normal du sinistre. Voici les différentes étapes de la procédure dans le cas le plus long

- ✓ Jugement de première instance : jugement sur le fond
- ✓ Jugement d'appel : Si une ou l'autre des parties impliquées ( ou les deux) estiment que le jugement de première instance n'est pas conforme sur le fond ou sur la forme, elle a la possibilité de faire appel du jugement devant une cour d'appel.
- ✓ Cour de cassation : C'est la plus haute autorité civile, elle peut être saisie après le jugement de première instance mais plus fréquemment après la procédure d'appel. La cour de cassation n'est compétente que pour juger la forme et non le fond. Une fois son avis rendu l'affaire est renvoyée une deuxième fois devant la cour d'appel qui doit rejurer l'affaire en tenant compte de l'avis donné par la cour de cassation

## ***Chapitre 2. Spécificités du contrat de réassurance en excédent de sinistre***

---

Le présent chapitre traite des spécificités des traités de réassurance automobile en excédent de sinistre que l'on peut trouver sur le marché français et présente en particulier les différentes clauses de rentes indemnitaires existantes.

### *Section 2.1. Généralités*

#### *a) Fonctionnement du traité en excédent de sinistre*

Dans un traité non proportionnel en excédent de sinistre, un portefeuille donné de la cédante est protégé (en tout ou en partie) contre des risques et/ou événements spécifiques. Le réassureur et la cédante définissent les risques originaux faisant l'objet de la couverture et les événements réassurés. Ils définissent également les limites dans lesquelles les sinistres originaux et les événements doivent être plafonnés. Ils fixent en outre la rétention (aussi appelée franchise ou priorité) de la cédante et, sur cette base, la limite d'intervention du réassureur. En compensation de son engagement à indemniser la cédante, le réassureur reçoit une prime de réassurance représentant un pourcentage de la prime originale.

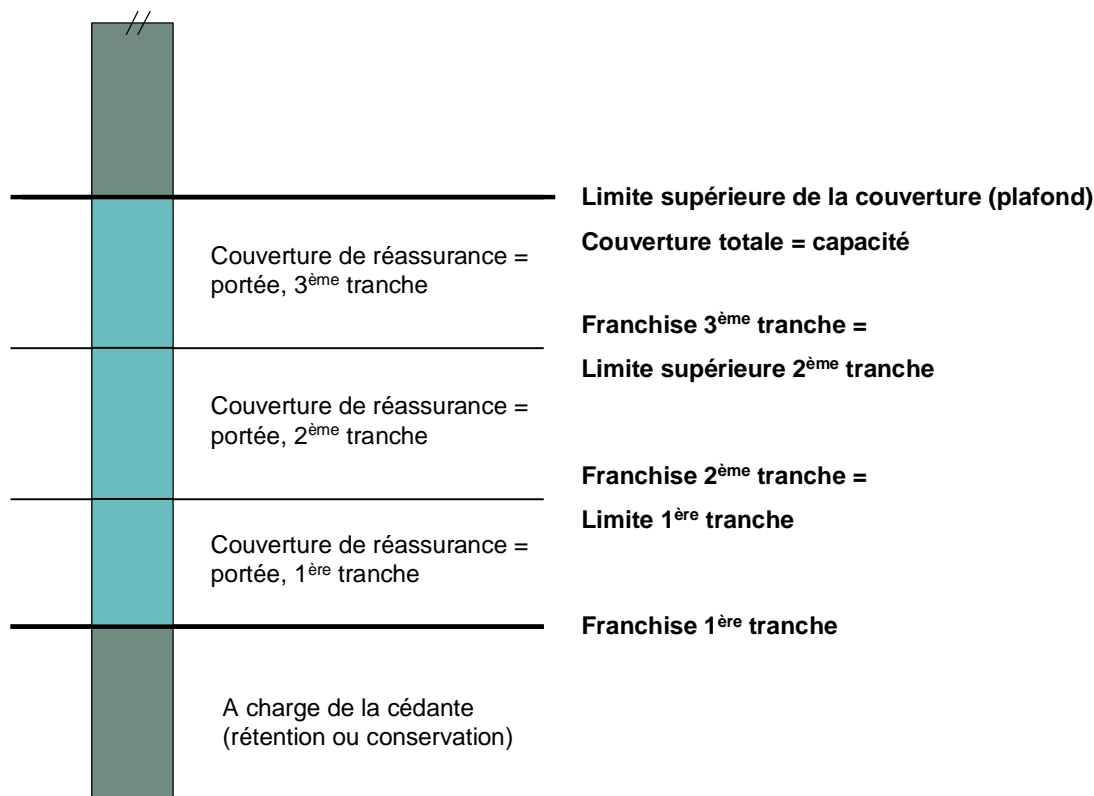


Fig 7. Structure d'un traité en excédent de sinistre

Les traités de responsabilité civile automobile fonctionnent par événement. Un sinistre étant constitué de l'ensemble des réclamations faites à un assureur pour un même accident de la circulation. Ils ne possèdent pas de limite verticale, puisque les polices originales sont illimitées pour la responsabilité civile corporelle. En revanche ils peuvent contenir des limites horizontales (hors tranche illimitée) par le biais de limites annuelles d'intervention<sup>7</sup> ainsi que des franchises annuelles<sup>8</sup> par tranche.

### *b) Dissymétrie de la réassurance non proportionnelle*

La réassurance non proportionnelle en excédent de sinistre, par sa nature, introduit une dissymétrie significative entre l'assureur et le réassureur. Ce dernier est amené à payer les sinistres d'intensité mais ne participe pas à l'indemnisation des sinistres de fréquence. L'assureur voit quant à lui ses sinistres capés individuellement à un montant qu'il estime supportable et se concentre sur l'indemnisation de la sinistralité de base qui représente en général plus de 90% de sa charge sinistre.

Par voie de conséquence, les informations nécessaires à la tarification des contrats de réassurance et d'assurance sont en partie différentes. Un assureur sera, par exemple, particulièrement attentif à l'exposition d'un portefeuille au vol (présence d'un garage, type de véhicule, lieu de résidence) ou encore au coût moyen des sinistres. Un réassureur se concentrera sur les populations à risque d'un portefeuille (jeunes conducteurs, malussés etc ), sur la compétence des régleurs sinistres ou encore sur la politique de réservation des sinistres corporels graves de sa cédante.

### *c) Obligations contractuelles du Réassureur*

Au niveau original les assureurs sont soumis à des contraintes légales qui encadrent strictement les polices d'assurance et ceci dans le but de protéger les assurés. Il est par exemple impossible à un assureur opérant sur le marché français de proposer des polices automobiles comportant une limitation de somme pour l'indemnisation des dommages corporels causés à des tiers. Ces contraintes n'existent pas dans les relations qui lient l'assureur et le réassureur, ce dernier n'étant en aucune manière lié à l'assuré original. De fait il existe souvent des différences dans les conditions originales des polices et les conditions du traité de réassurance. Ces différences peuvent prendre la forme d'exclusions de garantie ou encore de limitations d'engagement pour certains risques. Ces différences de conditions sont potentiellement un risque pour les assureurs car ils peuvent être amenés à payer un sinistre pour lequel ils ne sont pas couverts en réassurance. Les transports de matières dangereuses ou encore les véhicules engagés dans des manifestations sportives sont des exemples de risques fréquemment exclus des

---

<sup>7</sup> *Annual Aggregate Limit ou AAL en anglais*

<sup>8</sup> *Annual Aggregate Deductible ou AAD en anglais*

traités de réassurance.

## *Section 2.2. La clause de stabilité*

La clause de stabilité est une clause très répandue en réassurance dans les branches à déroulement long. Son apparition date des années 70 où une inflation très importante pénalisait très fortement les réassureurs.

L'idée de la clause de stabilité est de partager équitablement cette inflation entre l'assureur et le réassureur.

Pour cela on calcule, et ce pour chaque sinistre, la valeur actualisée au moment de la prise d'effet du contrat de l'ensemble des paiements effectués par l'assureur. En divisant la valeur finale payée par ce montant actualisé, on obtient un facteur supérieur ou égal à 1 (inférieur à 1 dans les périodes déflationnistes) que l'on applique à la franchise et à la portée originales du traité. Les paiements du réassureur se faisant alors sur la base de ces priorité et portée réévaluées.

Il existe plusieurs variantes de cette clause mais la plus fréquente sur le marché de la réassurance en France est la *Full Indexation Clause* (FIC) avec une marge de 10%. La marge de 10% signifie qu'on ne stabilise les paiements que lorsque les variations de l'indice de référence sont supérieures de 10% à la valeur au jour de la prise d'effet du traité. En France, à l'heure actuelle les indices les plus utilisés sont le GIM (pour Groupement des Industries de la Métallurgie) et l'indice INSEE.

Le fonctionnement de cette clause est détaillé dans l'exemple ci-dessous :

Exemple de fonctionnement de la clause de stabilité :

Considérons le programme de réassurance suivant :

Franchise : 1 M€

Portée : 1M€

Soit un sinistre d'un montant total de 2 M€ se décomposant en quatre paiements de la manière suivante :

	Montant Paiement
<b>Paiement n°1</b>	300 000 €
<b>Paiement n°2</b>	800 000 €
<b>Paiement n°3</b>	200 000 €
<b>Paiement n°4</b>	700 000 €
<b>Total</b>	<b>2 000 000 €</b>

On ajuste individuellement chacun des paiements pour les corriger des variations de l'indice de stabilisation comme ci-dessous :

	Montant Paiement	Variation de l'indice au jour du paiement	Montant Paiement stabilisé
<b>Paiement n°1</b>	300 000 €	+5%	300 000 €
<b>Paiement n°2</b>	800 000 €	+11%	720 721 €
<b>Paiement n°3</b>	200 000 €	+15%	173 913 €
<b>Paiement n°4</b>	700 000 €	+20%	583 333 €
<b>Total</b>	<b>2 000 000 €</b>		<b>1 777 967 €</b>

Le paiement n°1 n'est pas stabilisé car la variation de l'indice est ici inférieure à 10%.

Le facteur de stabilisation vaut donc

$$\text{Facteur de stabilisation} = \frac{2'000'000}{1'777'967} = 1.125$$

Les franchise et portée du traité de réassurance sont ajustées avec ce facteur de stabilisation :

$$\text{Priorité stabilisée} = \text{Priorité} * \text{Facteur de stabilisation} = 1'125'000\text{€}$$

$$\text{Portée stabilisée} = \text{Portée} * \text{Facteur de stabilisation} = 1'125'000\text{€}$$

Le traité de réassurance est ensuite appliqué avec ces nouvelles limites stabilisées :

Engagement du réassureur= Min (Max (Sinistre – Priorité stabilisée ; 0) ; Portée stabilisée)

Engagement du réassureur = 875'000 €

Il est à noter que le facteur de stabilisation est recalculé tous les ans et l'engagement du réassureur ajusté en conséquence.



Dans le cadre d'une tarification, la clause de stabilité a un impact majeur qu'il est indispensable de prendre en considération.

### *Section 2.3. La clause de rente*

Cette clause a pour but de fixer les modalités de prise en compte par la réassurance des rentes indemnitaires fixées par une transaction ou un jugement. La spécificité du traitement des rentes tient tout d'abord au fait qu'elles représentent en général une proportion des sinistres très importante et qu'il s'agit de versements effectués par l'assureur de manière régulière et sur une longue période.

Longtemps négligée dans les conditions tarifaires cette clause a un impact très important sur la charge ultime d'un traité de réassurance. Il existe à l'heure actuelle deux grandes catégories de clauses de rentes répondant chacune à des besoins spécifiques : la clause de suivi additionnel et la clause de rachat.

#### *a) La clause de suivi additionnel*

Le réassureur intervient dès que la somme des paiements effectués par la cédante (arrérages de rentes et autres paiements) atteint la priorité stabilisée du traité. Celui-ci prend alors en charge la totalité des paiements dans la limite de la portée stabilisée.

Pour l'assureur l'avantage de cette clause est que sa rétention sur chaque sinistre est connue à l'avance, pour cette raison c'est l'option la plus fréquemment retenue par les assureurs de petite taille.

L'inconvénient est que plus la priorité du traité est élevée, plus l'intervention du réassureur est différée dans le temps. Il peut s'écouler plus de vingt ans pendant lesquels l'assureur supporte seul la charge du sinistre

Pour le réassureur, le paiement différé, bien qu'il occasionne des frais de gestion relativement importants lui permet d'obtenir des revenus financiers plus importants. En contrepartie il supporte seul le risque de dérive des sinistres au-delà de la priorité.

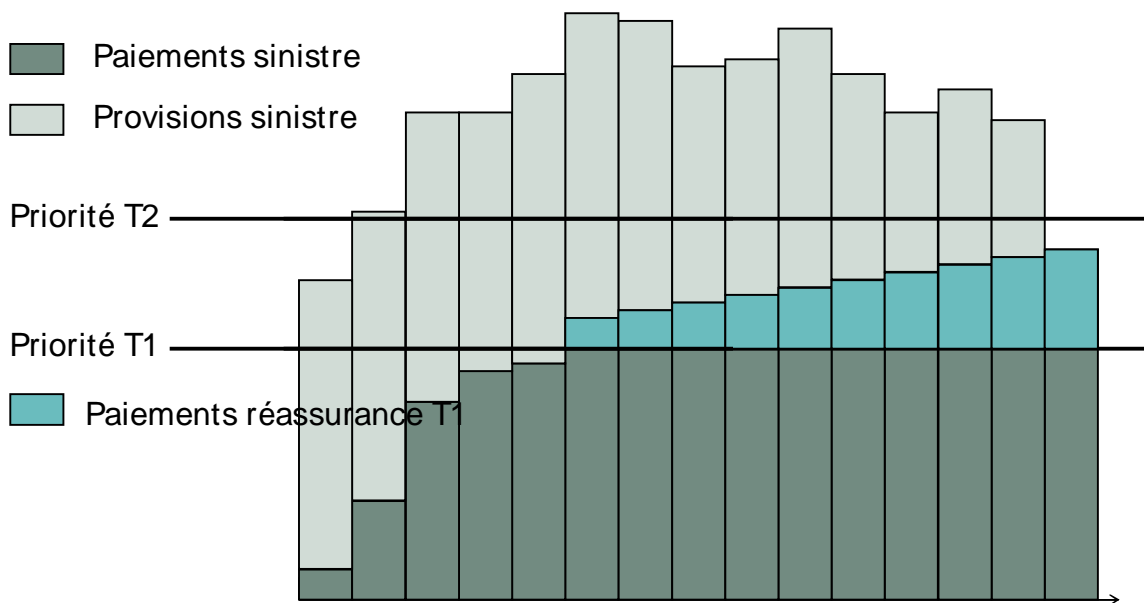


Fig 8. Fonctionnement de la clause de suivi additionnel

### b) La clause de rachat

Cette clause est apparue sur le marché français il y a une dizaine d'années. Elle est l'option la plus souvent retenue par les assureurs de moyenne et grande taille car elle simplifie la comptabilité des traités de réassurance. Elle permet également à l'assureur de recevoir souvent plus rapidement et en une seule fois une indemnisation de son réassureur.

Au moment de la transaction ou du jugement, une fois les indemnisations à verser sous forme de rentes déterminées, on calcule les capitaux constitutifs correspondants selon les modalités fixées le traité de réassurance. Ces capitaux constitutifs sont ensuite ajoutés à l'évaluation du sinistre comme des paiements en capital. Le réassureur se libère de son engagement vis-à-vis de l'assureur en payant la part du sinistre lui incombant.

Les modalités de ce rachat font partie des négociations entre assureurs et réassureurs lors du renouvellement des contrats. Ces négociations peuvent porter par exemple sur le taux d'intérêt et la table de mortalité utilisée pour le calcul des provisions mathématiques, sur les possibilités de réouverture des sinistres en cas d'aggravation médicale et/ou situationnelle et sur la durée pendant laquelle ces réouvertures sont possibles.

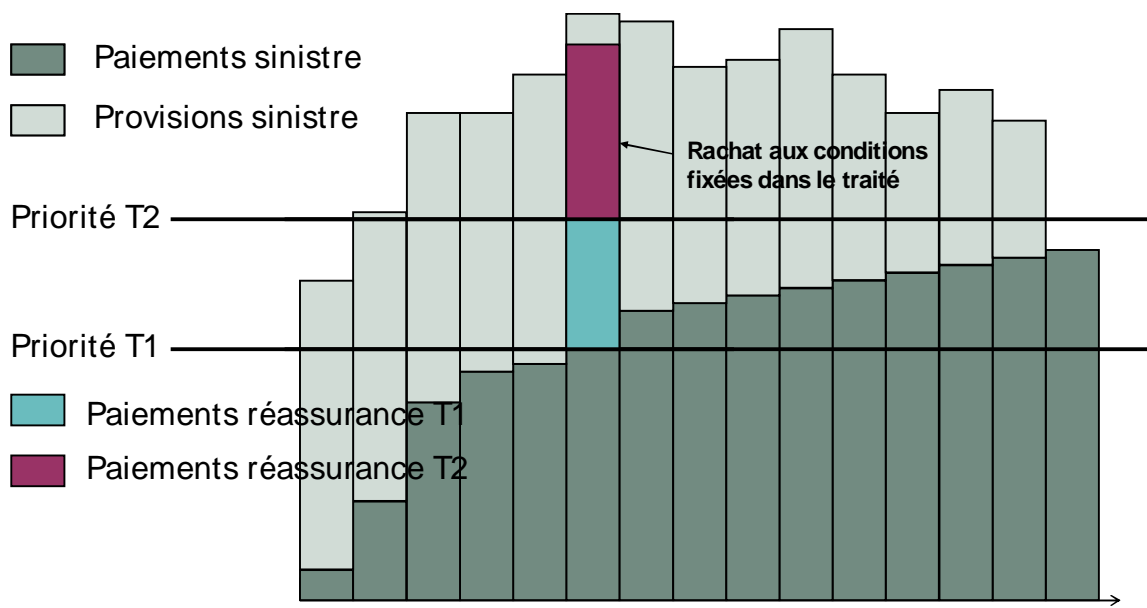


Fig 9. Fonctionnement de la clause de rachat

## **Chapitre 3. Méthode de tarification utilisée**

---

La méthode présentée dans ce chapitre (et ses variantes) est parmi les plus fréquemment utilisées, notamment chez Swiss Re, pour la cotation des traités de réassurance automobile.

### *Section 3.1. Principe et notations*

#### *a) Principe*

L'objectif de cette méthode est d'obtenir une évaluation de la sinistralité à charge d'un programme de réassurance. En pratique on cherche à connaître la fréquence de sinistres dépassant un certain seuil ainsi que leur sévérité. Ces fréquence et sévérité sont modélisées par des lois mathématiques, on parle alors d'un modèle fréquence sévérité.

Pour cela on utilise les informations historiques du portefeuille, à savoir les primes encaissées et les sinistres survenus (sur une période le plus souvent de 10 ans). La finalité étant la tarification d'un traité en excédent de sinistre, il n'est pas utile de disposer de la totalité de l'historique sinistres et en pratique on se contente des sinistres ayant dépassé un certain seuil, le plus souvent la moitié (voire le tiers) de la franchise de la première tranche du traité que l'on étudie.

Les informations historiques du portefeuille ne sont pas exploitables en l'état. Le fait que les sinistres et les primes proviennent d'années différentes empêche de les comparer entre eux. Il faut donc les indexer pour les avoir en valeur actuelle, c'est ce que l'on appelle l' « as-if ».

Une fois les informations retraitées, on cherche à estimer, pour plusieurs niveaux de franchises différents, la sinistralité excédentaire, c'est-à-dire à charge de la réassurance. En ramenant cette sinistralité au volume de prime on obtient le *Burning Cost*.

Les informations sinistres fournies représentent les estimations faites à l'heure actuelle par l'assureur du coût ultime des sinistres. Pour les dossiers encore ouverts il se peut que le réel coût final soit sensiblement différent du coût estimé par la cédante. Il se peut également que certains dossiers ne soient pas à l'heure actuelle évalués au dessus du seuil de déclaration mais se révèlent en fin de compte supérieurs.

Pour estimer la charge ultime des sinistres, on dispose donc de différentes méthodes mathématiques de calcul d'IBNR dont certaines sont décrites dans ce chapitre.

On peut ainsi calculer pour les différents niveaux de franchises, la sinistralité à charge attendue. On obtient ainsi une courbe de la forme suivante :

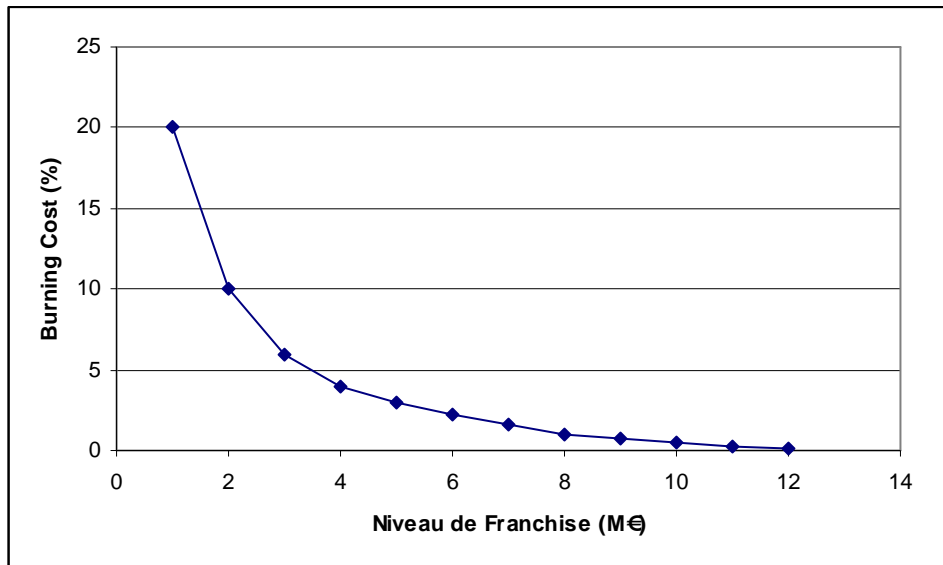


Fig 10. Représentation de la sinistralité en Burning Cost

Il est à noter qu'un modèle fréquence sévérité peut être également représenté sous la forme ci-dessus. Après avoir déterminé les lois de fréquence et de sévérité voulues, il ne reste plus qu'à calibrer le modèle sur la courbe de points obtenue.

### b) Notations :

L'indice d'indexation des sinistres pour l'année  $i$  est noté  $IS(i)$

L'indice d'indexation des primes pour l'année  $i$  est noté  $IE(i)$

La mesure d'exposition (volume de primes ou nombre de véhicules par exemple) pour l'année  $i$  est notée  $E_i$  et  $E_i'$  après indexation. Par la suite on considérera que la mesure d'exposition est le volume de primes.

Pour un sinistre individuel d'année de survenance  $i$ , évalué l'année de développement  $j$ , on note :

- $p_{i,j}$  le montant payé cumulé pour ce sinistre,  $p_{i,j}'$  après indexation
- $r_{i,j}$  le montant en réserve pour ce sinistre,  $r_{i,j}'$  après indexation
- $t_{i,j}$  le montant total pour ce sinistre,  $t_{i,j}'$  après indexation

La sinistralité totale agrégée en excédent d'une franchise  $X$ , pour l'année de survenance  $i$  et de développement  $j$ , après indexation, est notée  $T_{i,j}(X)$

Le facteur de développement pour l'année  $j$  est noté  $DF_j$

Le *Lag factor* pour l'année  $i$  est noté  $LF_i$ .

Le seuil d'annonce des sinistres est noté  $X_0$ . Le seuil d'annonce indexé des sinistres pour l'année de survenance  $i$  est noté  $X_i'$ .

L'année de la couverture de réassurance est notée  $A$

Le Burning Cost à la priorité  $X$  est noté  $BC(X)$

## *Section 3.2. Indexation des sinistres et des primes*

### *a) Détermination des indices sinistres et primes*

#### *i) L'indice sinistres*

Dans le cadre de la procédure « as-if », l'indexation des sinistres provenant d'années de survenance différentes est un point primordial.

Pour calculer cet indice de manière rétrospective on étudie l'évolution du coût de dossiers similaires au fil du temps et on en déduit une inflation annuelle.

Pour la partie prospective de l'indice, il est nécessaire de définir des scénarios d'évolution future des différents postes de préjudice composant les sinistres.

#### *ii) L'indice Primes*

Toujours dans le cadre de la procédure « as-if », l'indice primes est utilisé pour ajuster la mesure d'exposition de chaque année de survenance pour tenir compte des fluctuations des primes originales. Cet indice est calculé à partir d'informations publiées par la FFSA. Les variations de primes originales étant en général beaucoup plus faibles que l'inflation des sinistres, l'indexation des primes revêt un caractère moins important que l'indexation des sinistres.

Il est à noter que depuis quinze ans les primes originales sont relativement stables alors que l'inflation des sinistres corporels a été nettement plus forte que l'inflation touchant l'ensemble des secteurs de l'économie. Cela s'explique de plusieurs manières. Tout d'abord l'évolution des sinistres non corporels est beaucoup plus faible ; ensuite la baisse de fréquence d'accidents ainsi que la guerre tarifaire que se mènent les assureurs ont permis de conserver des niveaux de primes originales relativement stables ( c'est-à-dire en baisse si on tient compte de l'érosion monétaire).

## b) Méthodes d'indexation utilisées

### i) Indexation des primes

L'indexation des primes s'effectue de la manière suivante :

$$E'_i = \frac{IE(A)}{IE(i)} E_i$$

L'indexation du seuil d'annonce des sinistres s'effectue à partir de l'indice d'indexation des sinistres de la manière suivante :

$$X'_i = \frac{IS(A)}{IS(i)} X_0$$

Le seuil d'annonce indexé est donc différent pour chaque année de survenance, l'année de survenance la plus ancienne ayant le seuil d'annonce indexé le plus haut. Le fait que les informations fournies à la réassurance soient incomplètes ne permet donc pas d'estimer la sinistralité pour des niveaux de franchises inférieurs à ce seuil, que l'on notera  $X'_0$  par la suite.

Pour l'indexation des sinistres, deux méthodes sont ici utilisées, en se basant soit sur l'année de survenance, soit sur l'année de développement du sinistre.

### ii) Indexation des sinistres par année de survenance

Dans cette méthode l'indexation des sinistres se fait en retenant comme unique critère pour l'indexation l'année de survenance. Tous les sinistres d'une même année verront tous leurs développements indexés de la même manière pour être ramenés à l'année de couverture A. L'hypothèse sous-jacente ici est que les développements du passé se reproduiront dans le futur.

Cela donne :

Pour les sinistres payés :

$$p'_{i,j} = \frac{IS(A)}{IS(i)} p_{i,j}$$

Pour les sinistres en suspens :

$$r'_{i,j} = \frac{IS(A)}{IS(i)} r_{i,j}$$

Puis :

$$t'_{i,j} = r'_{i,j} + p'_{i,j}$$

### iii) Indexation des sinistres par année de développement

Dans cette méthode, l'indexation ne se base non plus sur l'année de survenance mais sur l'année de développement. Pour utiliser cette méthode il est donc nécessaire de définir l'indice sinistres de manière rétrospective mais également de manière prospective.

Le traitement des sinistres payés et suspens est ici différent.

Les sinistres payés sont indexés de manière décumulée :

$$\Delta p_{i,j} = p_{i,j} - p_{i,j-1}$$
$$\Delta p'_{i,j} = \frac{IS(A+j-i)}{IS(j)} \Delta p_{i,j}$$

Les sinistres en suspens sont indexés de manière cumulée :

$$r'_{i,j} = \frac{IS(A+j-i)}{IS(j)} r_{i,j}$$

Puis :

$$t'_{i,j} = r'_{i,j} + p'_{i,j}$$

### *Section 3.3. Calcul des IBNR*

Une fois la procédure d'indexation terminée, on passe au calcul de la sinistralité à l'ultime à l'aide des méthodes IBNR décrites ci-dessous. Pour chaque niveau de franchise étudié on agrège la sinistralité par année de survenance et de développement sous la forme d'un triangle comme ci-dessous :



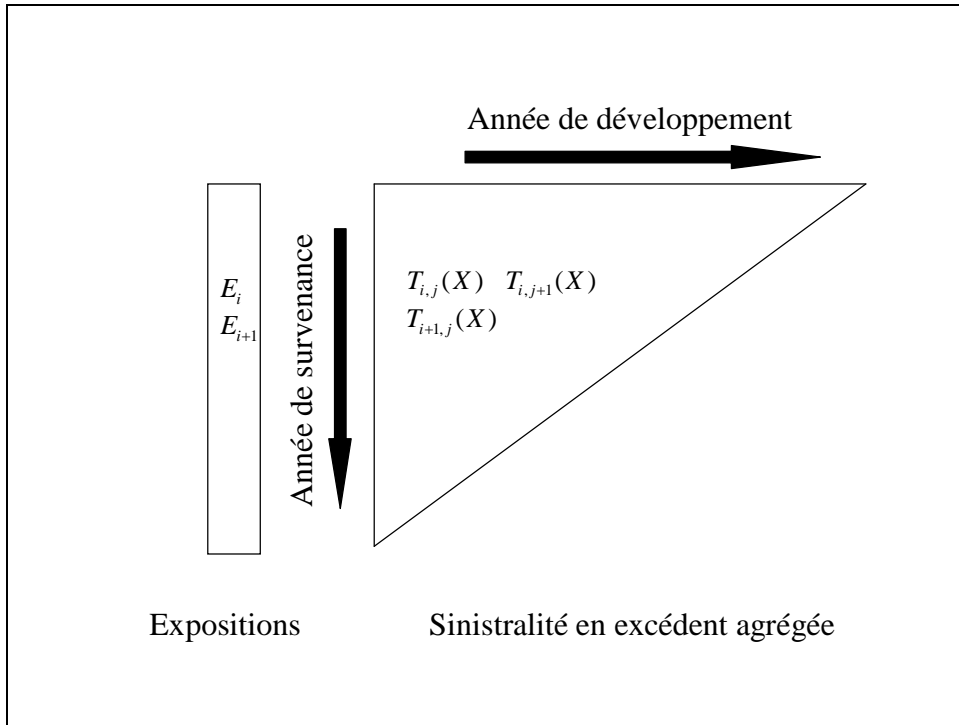


Fig 11. Triangulation de la sinistralité

Avec :

$$T_{i,j}(X) = \sum (t'_{i,j} - X)^+$$

Par la suite on ne fera pas plus mention de la franchise X, on notera simplement :

$$T_{i,j} = T_{i,j}(X)$$

### a) Méthode de Chain-Ladder

Les facteurs de développement sont calculés de la manière suivante :

$$DF_j = \frac{\sum_{k=0}^{A-j-1} T_{k,j+1}}{\sum_{k=0}^{A-j-1} T_{k,j}}$$

Le triangle est ensuite complété ainsi :

$$T_{i,j+1} = DF_j * T_{i,j}$$

Cette méthode possède l'avantage de la simplicité mais en tant que méthode multiplicative a l'inconvénient de mal gérer les cas où la sinistralité est nulle. Pour cette raison la méthode dite de Cape-Cod présentée ci-dessous lui est préférée.

## b) Méthode de Cape-Cod

Cette méthode possède l'avantage de répondre au problème évoqué ci-dessus pour la méthode de Chain Ladder. Elle est basée sur l'idée que la meilleure information disponible est celle pour la dernière année de développement.

En notant  $jL(i)$  la dernière année de développement disponible pour l'année de survenance  $i$  on calcule le ratio  $R$  suivant :

$$R = \frac{\sum_i T_{i,jL(i)}}{\sum_i LF_{jL(i)} E_i}$$

où le *lag factor*  $LF_i$  représente une mesure du pourcentage de la sinistralité ultime connue l'année de développement  $i$ . Il se calcule de la manière suivante :

$$LF_i = \frac{1}{\prod_{n=i}^{\infty} DF_n}$$

Le triangle est ensuite complété en se basant sur la dernière information disponible de la manière suivante :

$$T_{i,j} = T_{i,jL(i)} + (LF_j - LF_{jL(i)}) * E_i R$$

Par itérations successives, on peut ainsi compléter le triangle et estimer la sinistralité à l'ultime pour l'ensemble des années de survenance du triangle.

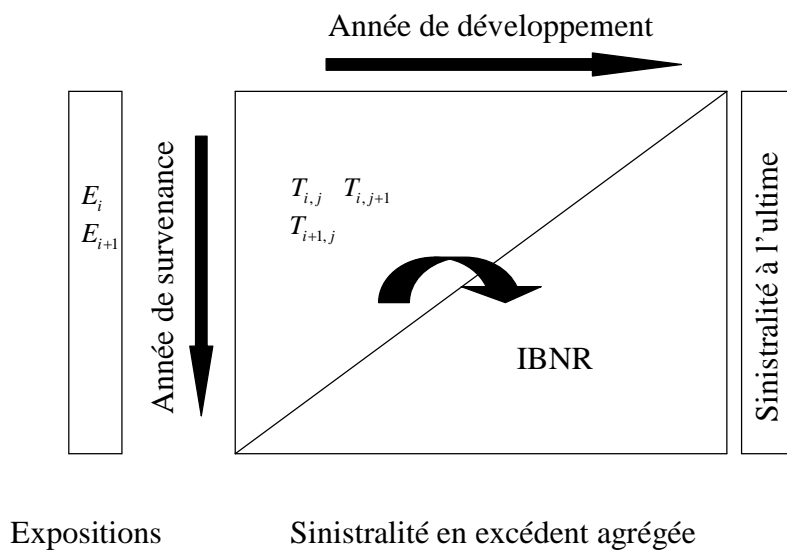


Fig 12. Calcul des IBNR

L'estimation du Burning Cost est estimée grâce à une moyenne de la sinistralité de chaque année de survenance pondérée par le volume de primes de chaque année.

En notant  $T_{i,\infty}$  la sinistralité à l'ultime pour l'année de survenance  $i$  on a :

$$BC(X) = \frac{\sum_i T_{i,\infty}}{\sum_i E_i}$$

### Section 3.4. Détermination d'un modèle fréquence sévérité

Une fois les calculs IBNR effectués pour chacune des franchises à étudier, il reste à ajuster un modèle fréquence/sévérité sur la courbe de Burning Cost obtenue.

Ci-dessous sont expliquées les méthodes utilisées pour deux distributions de sévérité la loi de Pareto et la loi de Benktander. Dans les deux cas, la loi de fréquence utilisée est la loi de Poisson.

#### a) Modèle Poisson – Pareto

Considérons une loi de Poisson de paramètre  $\lambda$  et une loi de Pareto de seuil  $X_0$ , de paramètre  $\alpha$ .

La fonction de répartition de la loi de Pareto considérée  $F$  s'écrit :

$$F(x) = 1 - \frac{x^{-\alpha}}{x_0^{-\alpha}}$$

Si on note  $E$  la mesure d'exposition pour l'année de couverture considérée, il existe une écriture analytique du Burning Cost :

$$BC(x) = \frac{\lambda}{E} \int_x^{\infty} (1 - F(t)) dt$$

$$BC(x) = \frac{\lambda}{E} \int_x^{\infty} \left(\frac{t}{x_0}\right)^{-\alpha} dt$$

$$BC(x) = \frac{\lambda}{E} \frac{x_0^{\alpha}}{\alpha - 1} x^{1-\alpha}$$

En passant au logarithme on obtient la formule suivante :

$$\log BC(x) = \log\left(\frac{\lambda x_0^{\alpha}}{E(\alpha - 1)}\right) + (1 - \alpha) \log x$$

Le logarithme du Burning cost est donc une fonction linéaire de  $\log x$ .

Par régression linéaire on peut ainsi obtenir une estimation des paramètres  $\alpha$  et  $\lambda$ . On note  $s$  et  $i$  respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la régression :

$$s = 1 - \alpha$$

$$i = \log\left(\frac{\lambda x_0^\alpha}{E(\alpha - 1)}\right)$$

D'où vient :

$$\alpha = 1 - s$$

$$\lambda = \frac{E(\alpha - 1)}{x_0^\alpha} e^i$$

### b) *Modèle Poisson – Benktander*

La loi de Benktander est une loi à trois paramètres  $x_0 \in \mathbb{R}^+$ ,  $a \in \mathbb{R}^+$  et  $b \in ]0;1]$ . L'avantage de cette loi est qu'elle permet d'avoir une queue de distribution moins lourde que la loi de Pareto en ajustant le paramètre  $b$ .

Pour le cas particulier  $b=1$  la loi de Benktander est une loi exponentielle ; quand  $b$  tend vers 0 la loi de Benktander tend vers une loi de Pareto.

Sa fonction de répartition  $F$  s'écrit de la manière suivante :

$$F(x) = 1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^{b-1} \exp\left[-\frac{a}{b}(x^b - x_0^b)\right]$$

Comme décrit précédemment le burning cost  $s$  s'écrit de la manière suivante :

$$BC(x) = \frac{\lambda}{E} \int_x^\infty (1 - F(t)) dt$$

puis :

$$BC(x) = \frac{\lambda}{E} x_0^{1-b} \exp\left(\frac{a}{b} x_0^b\right) \exp\left(-\frac{a}{b} x^b\right)$$

En passant au logarithme il vient :

$$\log BC(x) = \log\left[\frac{\lambda}{E * a} x_0^{1-b} \exp\left(\frac{a}{b} x_0^b\right)\right] - \frac{a}{b} x^b$$

En fixant le paramètre  $b$ , il vient que le logarithme du Burning Cost est une fonction linéaire de  $x^b$ . Par régression linéaire on peut donc déterminer les paramètres  $a$  et  $\lambda$ .

On note  $s$  et  $i$  respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la régression :

$$s = -\frac{a}{b}$$

$$i = \log \left[ \frac{\lambda}{E * a} x_0^{1-b} \exp \left( \frac{a}{b} x_0^b \right) \right]$$

D'où vient :

$$a = -b * s$$

$$\lambda = E * A * x_0^{b-1} \exp \left( -\frac{a}{b} x_0^b + i \right)$$

L'expérience montre que le modèle Poisson-Benktander est plus adapté à la modélisation de la sinistralité automobile que le modèle Poisson-Pareto.

## ***Chapitre 4. Problèmes rencontrés et amélioration proposée***

---

Bien que très utile et très utilisée la méthode décrite dans le chapitre précédent ne permet pas de répondre à toutes les problématiques rencontrées lors d'une tarification. Après un exposé des lacunes inhérentes à la méthode utilisée, ce chapitre expose les améliorations proposées ainsi que la démarche suivie dans la suite de l'étude pour leurs mises en œuvre.

### ***Section 4.1. Limites de la méthode employée***

Les données utilisées pour les tarifications ne sont le plus souvent pas en ligne avec les clauses du traité de réassurance. En général les informations sinistres fournies en réassurance sont les états comptables de chaque sinistre individuel vu année après année. Ces arrêtés comptables n'ont *a priori* aucune raison d'être en ligne avec les conditions spécifiques du traité de réassurance.

En conséquence la mesure de l'impact des clauses de stabilité et de rentes n'est ici pas possible. La solution serait de retraiter individuellement chacun des sinistres pour tenir des différences de conditions mentionnées ci-dessus. Malheureusement en pratique cela se révèle impossible car le niveau de détail fourni dans l'évaluation des sinistres ne permet pas ce retraitement. En outre, à supposer que ce niveau de détail soit effectivement disponible, le retraitement individuel de chaque sinistre serait bien trop long pour qu'il puisse en pratique être effectué dans une période aussi chargée que la période de renégociations tarifaires.

Ensuite la méthode classique ne permet pas d'évaluer correctement les cadences de règlement des sinistres. Ces cadences dépendent fortement des clauses de stabilité et rente choisies et ne sont par conséquent pas évaluables à partir des triangles de sinistralité agrégée.

Enfin la méthode classique ne permet pas de mener des études de sensibilité aux paramètres retenus de manière pleinement satisfaisante. Par exemple il est totalement impossible de mesurer l'impact d'une sous ou surmortalité des victimes sur l'évaluation des sinistres à l'ultime ainsi que sur les cadences de règlement.

## *Section 4.2. Amélioration proposée*

### *a) Généralités*

Nous avons vu dans la section précédente que la méthode classique de tarification ne permettait pas de répondre à tous les défis d'une tarification. Le niveau de détail disponible dans les informations de cotation ainsi que la rigidité de la méthode ont conduit à imaginer une nouvelle voie pour prendre en compte les subtilités d'un traité de réassurance.

Le niveau de détail dont nous disposons dans les informations de tarification ne permet pas d'évaluer l'impact de tel ou tel facteur de manière précise.

En revanche nous disposons d'une grande quantité d'informations qualitatives et quantitatives sur l'évaluation et la composition des sinistres corporels graves. Ces informations proviennent de sources publiques comme la FFSA, l'INSEE ou encore la Sécurité routière mais également et surtout de l'expérience accumulée par Swiss Re , un des principaux réassureurs du marché français depuis des décennies.

En se basant sur ces informations nous avons décidé de créer un modèle permettant de simuler des sinistres corporels graves. Ce modèle doit être assez simple pour être paramétré facilement mais assez complet pour permettre d'étudier l'importance des différents facteurs influençant le coût d'un programme de réassurance. Il reste ensuite à coupler cette approche prédictive à la méthode classique pour pouvoir ensuite offrir une différenciation efficace en termes de prix entre les différentes clauses présentes dans les contrats de réassurance

Il est à noter que la méthode développée ci-dessous n'a pas pour but de remplacer mais plutôt de compléter la méthode classique de tarification. Ces deux méthodes bien que complémentaires sont totalement différentes et indépendantes ; on peut donc parfaitement imaginer l'application de cette nouvelle méthode en complément d'une autre méthode que celle décrite dans le chapitre précédent.

Voici la démarche retenue pour le développement de cette approche :

### *b) Modélisation du coût de sinistres individuels*

La première étape dans la création d'un modèle permettant de simuler des sinistres corporels graves est la création d'un module d'évaluation de sinistres individuels.

Après avoir identifié les facteurs à prendre en compte pour évaluer le coût d'un sinistre comme par exemple le nombre de victimes, leur âge, leur degré d'invalidité, il s'agit de les intégrer dans le module en modélisant leur impact sur le coût du sinistre. Dans un premier temps l'évaluation des sinistres se fait en vision actuelle :

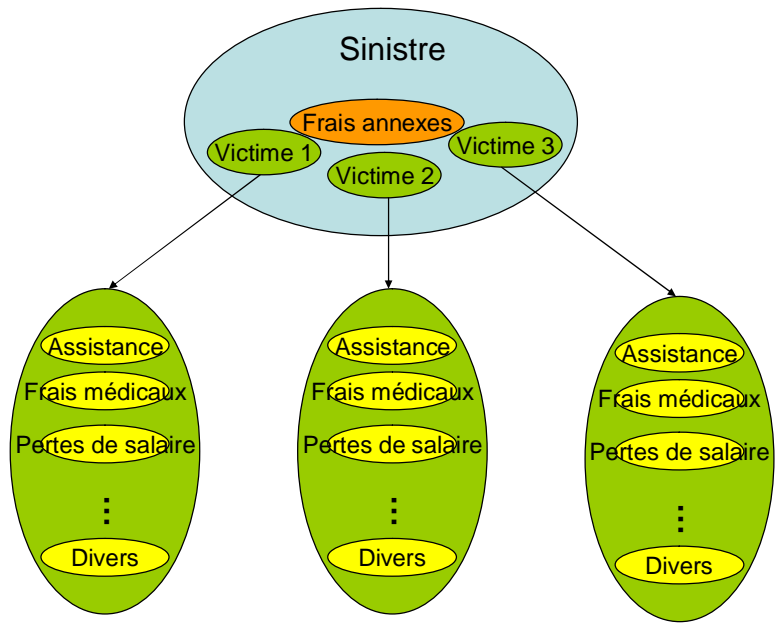


Fig 13. Module d'évaluation des sinistres individuels



Ensuite pour chaque composante du sinistre on définit un scénario d'évolution future permettant d'évaluer le sinistre en vision prospective à son ultime:

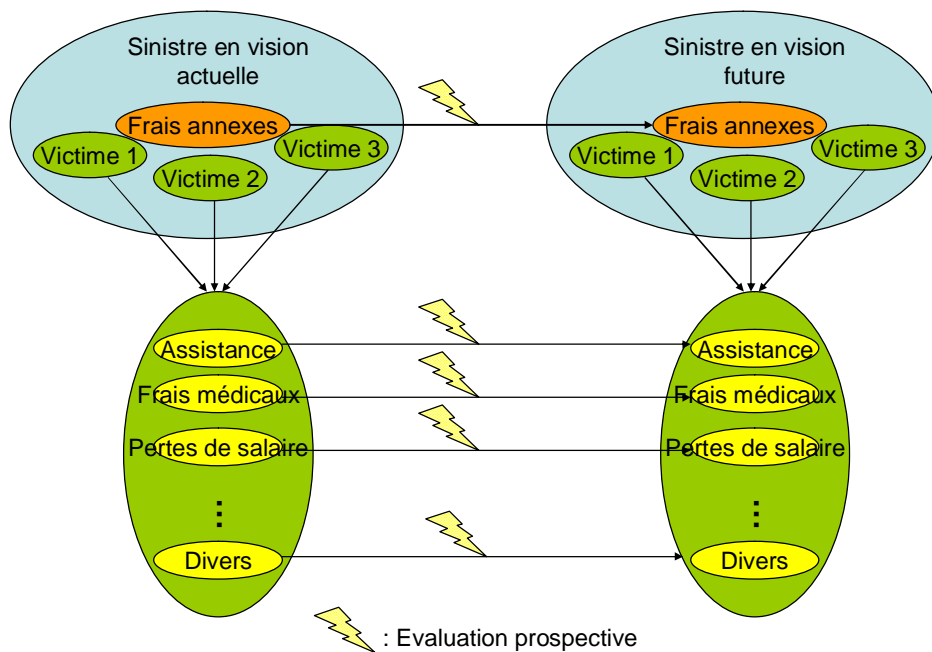


Fig 14. Passage de la vision actuelle à la vision future

A ce stade on dispose d'un module permettant, à partir des caractéristiques factuelles d'un sinistre, d'en évaluer son coût aussi bien en vision actuelle qu'en vision ultime.

### c) Simulation des caractéristiques de sinistres individuels.

Pour pouvoir étudier l'impact d'une clause ou d'un paramètre sur le coût d'un traité de réassurance il reste à simuler des sinistres ayant des caractéristiques semblables aux sinistres réels. En effet l'étude d'un sinistre individuel est intéressante mais pour avoir une idée de l'impact d'un paramètre, il est nécessaire de mesurer son effet sur un ensemble de sinistres différents ayant une distribution semblable à ce que l'on trouve dans la réalité.

En croisant les statistiques de la Sécurité, de la FFSA et les informations collectées chez Swiss Re, il est possible de se faire une idée assez précise de la fréquence des accidents de la route et des caractéristiques de ces accidents (lieu de l'accident, nombre de victimes, gravité de l'accident etc). On peut alors définir un profil de sévérité des sinistres.

En couplant cette approche avec le module d'évaluation des sinistres, on obtient une approche empirique de la distribution en sévérité des sinistres automobiles.

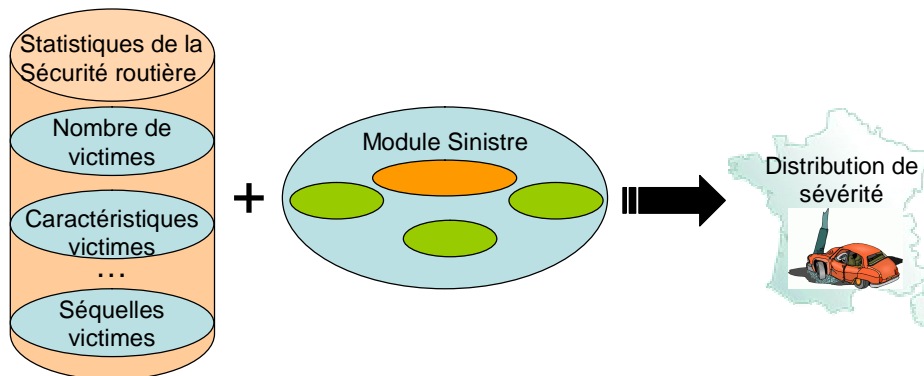
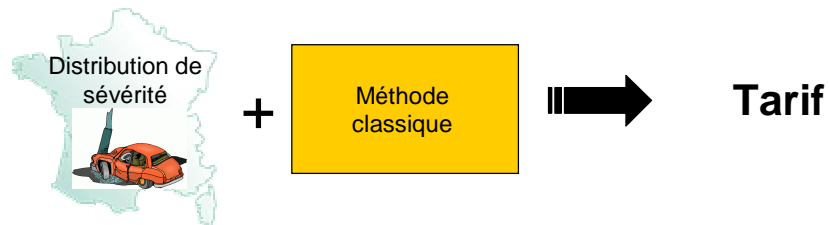


Fig 15. Construction d'une distribution de sévérité

#### d) Tarification

On peut ainsi, contrairement à l'approche classique, étudier l'effet d'une clause de réassurance ou d'un scénario prospectif sur la distribution de sévérité...

... et en appliquant les effets constatés sur notre distribution de sévérité, au modèle obtenu par la méthode classique on peut calculer le tarif d'un programme de réassurance.



*Fig 16. Calcul du tarif d'un programme de réassurance*

Les différentes étapes présentées ci-dessus sont reprises dans la suite de l'étude.

La partie III traite de la construction de cette distribution de sévérité en trois étapes : Construction d'un module d'évaluation des sinistres, évaluation des sinistres à l'ultime et enfin simulation de sinistres.

La partie IV propose la mise en œuvre du modèle dans le cadre de la tarification de plusieurs clauses de réassurance ainsi qu'une approche de tarification par exposition

Enfin la dernière partie revient sur une analyse des résultats obtenus et les points à améliorer dans le modèle.

## **Partie III : Modélisation de sinistres corporels graves**

*Cette partie traite des trois étapes nécessaires à la création d'un modèle stochastique de simulations de sinistres corporels graves<sup>9</sup>.*

*Le premier chapitre présente les hypothèses retenues pour la modélisation du coût d'un sinistre corporel à l'heure actuelle en fonction de ses caractéristiques.*

*Une fois cette vision actuelle modélisée, on s'intéresse dans le deuxième chapitre à l'évaluation des sinistres à la date du jugement/transaction. En effet c'est à cette date que tous les éléments de coûts du sinistre sont connus, le coût ultime du sinistre ne dépendant plus que de la durée de vie des éventuels bénéficiaires de rentes viagères.*

*Le troisième chapitre présente tous les aspects de la modélisation des caractéristiques des sinistres.*

*La combinaison de ces trois étapes permet d'obtenir le modèle de simulation de sinistres.*

---

<sup>9</sup> Les sinistres matériels exceptionnels font l'objet d'une modélisation spécifique basée sur des scénarios associant probabilité de survenance et évaluation de leur coût.

# ***Chapitre 1. Evaluation de sinistres individuels***

---

Dans ce chapitre est présentée la démarche retenue pour l'évaluation des sinistres corporels graves en fonction de leurs caractéristiques. On s'intéresse ici à l'évaluation des sinistres en vision actuelle, c'est-à-dire leur coût si la transaction ou le jugement devait intervenir immédiatement.

La première étape est l'identification des éléments constitutifs du sinistre et des préjudices indemnisables pour chaque victime. Les deuxième et troisième sections traitent du regroupement des postes de préjudices par famille et leur modélisation individuelle.

## ***Section 1.1. Identification des éléments constitutifs d'un sinistre***

### ***a) Informations relatives au sinistre***

Voici les éléments retenus pour la caractérisation d'un sinistre :

- ✓ Date de survenance
- ✓ Nombre de victimes
- ✓ Lieu de l'accident et Cour d'appel juridiquement compétente
- ✓ Pourcentage de responsabilité attribué au responsable (ou co-responsable) du sinistre.
- ✓ Dommages autres que corporels graves i.e matériels, immatériels ou corporels sans suite
- ✓ Date de jugement ou transaction du sinistre donnant à l'indemnisation un caractère définitif.

### ***b) Informations relatives à chaque victime***

Pour chaque victime les éléments suivants sont à prendre en compte :

- ✓ Age à la survenance de l'accident
- ✓ Age au jugement/transaction
- ✓ Age au décès
- ✓ Degré d'invalidité ou Invalidité Permanente Partielle (IPP) exprimé en %
- ✓ Evaluation de chaque poste de préjudice d'après la nomenclature Dintilhac. On distingue ici les préjudices de la victime directe des préjudices des victimes indirectes, les préjudices patrimoniaux des préjudices extrapatrimoniaux et enfin les préjudices temporaires des préjudices permanents.

La nomenclature Dintilhac identifiant pas moins de 28 postes de préjudice potentiellement indemnisables (dépendant eux-mêmes de plusieurs facteurs), il n'est pas réaliste d'envisager un modèle qui reprendrait individuellement chacun de ces postes. Pour cette raison l'approche retenue a été d'identifier les postes les plus importants (en terme de coûts), et d'en faire une modélisation individuelle. Les postes considérés comme accessoires ont été regroupés par famille pour être modélisés *in globo*. En tout sept catégories ont été retenues. Ce travail est l'objet de la section suivante.

## *Section 1.2. Classification et regroupement des postes de préjudice d'une victime*

Il est tout à fait fréquent que l'importance relative des postes de préjudice varie d'un sinistre à l'autre. Toutefois dans la grande majorité des cas et en moyenne on constate l'ordre d'importance ci-dessous (de manière décroissante) :

### *a) Assistance par Tierce Personne*

Ce poste est de très loin le plus important puisqu'il peut représenter jusqu'à 60% du coût total du sinistre. On regroupe ici l'assistance par tierce personne avant et après consolidation médicale. Ce poste est particulièrement influencé par le nombre d'heures d'assistance nécessaires par jour et le coût horaire de la tierce personne.

Le besoin d'assistance étant présent sur toute la durée de vie de la victime, ce poste est fréquemment indemnisé sous forme de rente.

### *b) Pertes de Gains Professionnels*

Ce poste peut être très important, en particulier pour les victimes ayant un haut revenu. On regroupe ici les pertes de gains professionnels actuels (avant jugement) et futurs (après jugements). L'élément important pour ce poste est le revenu annuel de la victime. Pour les mineurs ou les personnes sans emploi, on considère souvent le SMIC comme salaire référent.

Les pertes de gains professionnels sont le plus souvent indemnisées en capital mais il arrive également qu'elles soient indemnisées sous forme de rente temporaire (jusqu'à l'âge de la retraite)

### *c) Dépenses de santé*

Les dépenses de santé futures et actuelles sont évaluées ensemble. Ce poste correspond aux frais d'hospitalisation, médicaments etc. Comme il peut s'agir de dépenses régulières, ce poste est parfois indemnisé sous forme de rente mais généralement il est indemnisé sous forme de capital.

### *d) Déficit Fonctionnel*

Ce poste qui regroupe le déficit fonctionnel temporaire (avant jugement ou transaction) et permanent (après jugement ou transaction) est le plus important des postes extrapatrimoniaux. L'indemnisation est effectuée en capital en se basant sur un barème d'indemnisation à deux entrées (âge et taux d'IPP). Chaque cour d'appel possède son propre barème d'indemnisation.

### *e) Autres préjudices patrimoniaux de la victime*

Ce poste regroupe les autres préjudices patrimoniaux allouables à la victime. De moindre importance que le déficit fonctionnel ils sont également réglés sous forme de capital. Ce sont les frais de logement adapté, les frais de véhicule adapté, l'incidence professionnelle et le préjudice scolaire, universitaire ou de formation.

### *f) Autres préjudices extrapatrimoniaux de la victime*

Sont regroupés ici les postes de préjudice suivants : Souffrances endurées, Préjudice esthétique temporaire, préjudice d'agrément, préjudice esthétique permanent, préjudice sexuel, préjudice d'établissement, préjudices permanents exceptionnels, préjudices liés à des pathologies évolutives.

Ces postes de préjudice sont difficiles à évaluer puisqu'ils ne sont pas patrimoniaux et qu'ils n'ont donc pas de matérialité économique. Leur évaluation est de fait assez codifiée et il est simple de les regrouper pour en faire une évaluation *in globo*.

Ces postes sont indemnisés sous forme de capital.

### *g) Préjudices des victimes indirectes*

Sont regroupés ici les postes de préjudice suivants : Frais d'obsèques, Pertes de revenus des proches, frais divers des proches, préjudice d'accompagnement, préjudice d'affection, pertes de revenus des proches, frais divers des proches, préjudice d'affection et préjudices extrapatrimoniaux exceptionnels.

Ces postes sont souvent évalués de manière globale. Leur poids dans le sinistre étant assez faible, ils ont été regroupés pour être évalués *in globo*.

Ces postes sont indemnisés sous forme de capital.

Une fois les regroupements de postes effectués, il convient de définir un modèle pour chacune des catégories ainsi définies. La section suivante explique qu'elle est l'approche retenue pour chaque catégorie en fonction de la nature des postes mais également la qualité et la quantité des informations disponibles.

### *Section 1.3. Modélisation des postes de préjudice*

Dans la grande majorité des cas le montant indemnisé pour chacun des postes de préjudice dépend du degré d'invalidité (IPP) retenu pour la victime. Cette dépendance est plus ou moins importante selon les postes mais elle existe toujours. Pour cette raison l'approche retenue dans la modélisation a été de définir chaque poste de préjudice comme étant une fonction de l'IPP et éventuellement d'un ou plusieurs autres paramètres spécifiques à chaque poste.

#### *a) Assistance par Tierce Personne*

Par souci de simplification ce poste a été modélisé en considérant une rente annuelle et viagère. La cadence de versement de la rente (annuelle, semestrielle, trimestrielle ou mensuelle) n'influe que très peu sur le prix de l'euro de rente et a donc été négligée.

La première étape est de modéliser le calcul de l'indemnité de base. Cette indemnité dépend, comme nous l'avons vu précédemment, du nombre d'heures de tierce personne journalière dont la victime a besoin et du coût horaire de cette tierce personne.

Pour ce qui est du coût horaire nous avons décidé, à partir de l'historique de sinistres dont nous disposons et des conditions actuelles du marché des soins à la personne, de retenir un coût horaire de 13.5€

Le nombre d'heures de Tierce Personne dépendant fortement du degré d'invalidité de la victime, nous avons construit à partir des informations dont nous disposons un tableau de correspondance entre IPP et nombre d'heures de Tierce Personne représenté ci-dessous :

Taux d'IPP	Nombre d'heures de TP
0	0
30	0
40	0
50	0
60	2
70	4
75	6
80	8
85	12
90	18
95	22
100	24

Pour calculer la valeur totale de ce poste il faut ensuite multiplier cette indemnité annuelle par le P€R. Le P€R utilisé étant différent selon que l'indemnisation se fasse sous forme de capital ou sous forme de rente nous avons défini les probabilités de sortie sous l'une des deux formes selon le tableau ci-dessous :



Probabilité de sortie en rente :	75%
Probabilité de sortie en capital :	25%

### b) Pertes de Gains Professionnels

Les pertes de gains professionnels peuvent être également considérées comme une rente annuelle, viagère et non indexée. Le paramètre important à considérer ici est bien entendu le salaire de la victime au jour de l'accident.

L'indemnisation annuelle de la victime est là encore une fonction du taux d'IPP. Nous avons retenu la formule suivante couramment usitée :

$$\text{Indemnité} = \text{Salaire} * \left( \frac{\text{Min}(\text{IPP}; 50)}{2} + \text{Max}(\text{IPP} - 50; 0) * 1.5 \right)$$

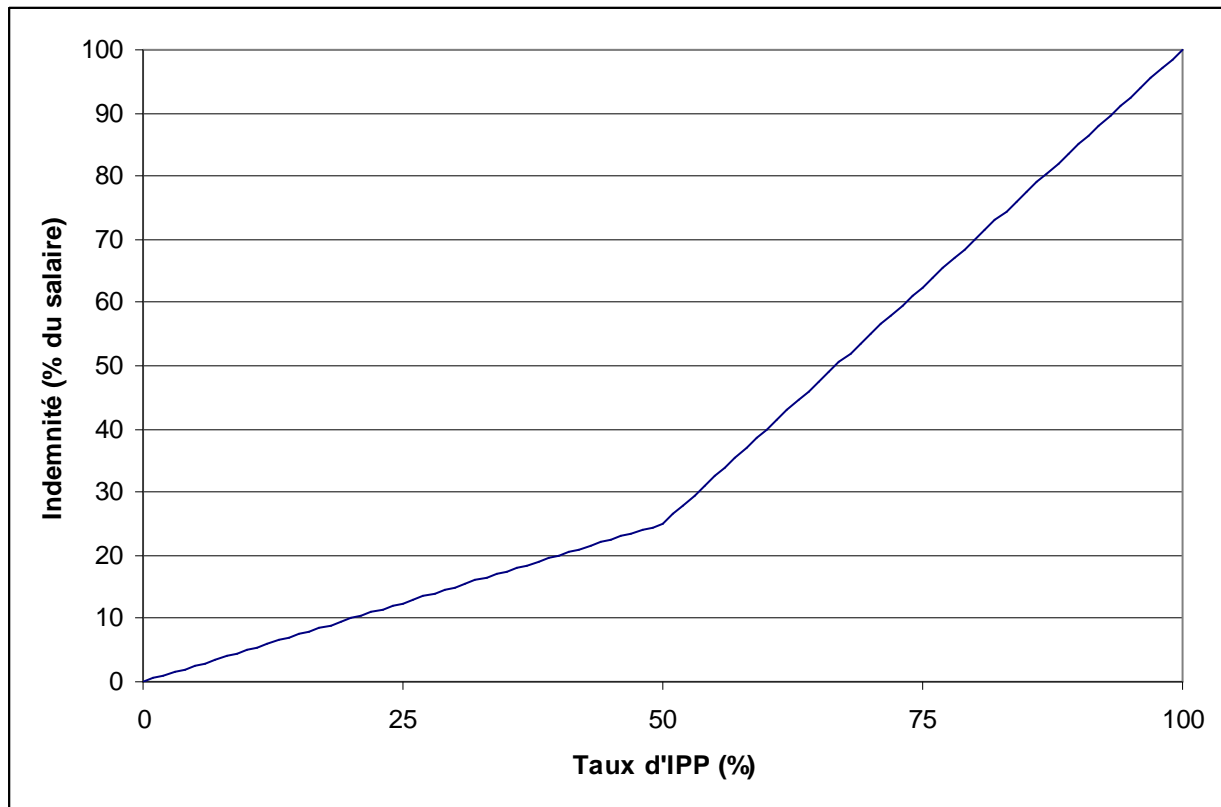


Fig 17. Niveau d'indemnisation en fonction du taux d'IPP

L'indemnisation est assez faible pour les taux d'IPP bas car on considère que le handicap n'est pas suffisant pour empêcher la reprise d'une activité professionnelle. En revanche au dessus de 50% d'IPP le handicap empêche une activité professionnelle normale et les indemnisations sont alors beaucoup plus importantes.

Pour calculer la valeur totale de ce poste il faut ensuite multiplier cette indemnité annuelle par le P€R. Le P€R utilisé étant différent selon que l'indemnisation se fasse sous forme de capital ou sous forme de rente nous avons défini des probabilités de sortie sous l'une

des deux formes selon le tableau ci-dessous :

Probabilité de sortie en rente :	50%
Probabilité de sortie en capital :	50%

### *c) Dépenses de santé*

Ce poste peut également être considéré comme une rente annuelle, viagère et non indexée. Le montant de la rente annuelle est lié ici aussi au degré d'invalidité de la victime. Pour simplifier nous avons attribué pour chaque degré d'invalidité un montant forfaitaire de dépenses annuelles de santé selon le barème ci-dessous :

IPP	Annuité DSF
0	0
25	0
50	1'000
60	10'000
70	20'000
80	30'000
90	40'000
100	40'000

Pour calculer la valeur totale de ce poste il faut ensuite multiplier cette indemnité annuelle par le P€R. Le P€R utilisé étant différent selon que l'indemnisation se fasse sous forme de capital ou sous forme de rente nous avons défini des probabilités de sortie sous l'une des deux formes selon le tableau ci-dessous :

Probabilité de sortie en rente :	25%
Probabilité de sortie en capital :	75%

### *d) Déficit Fonctionnel*

La modélisation de ce poste n'est pas nécessaire puisque son indemnisation se fait sur une base forfaitaire par les juges, à partir de l'âge et du taux d'IPP de la victime. Chaque cour d'appel possède son propre barème, nous avons ici retenu des valeurs moyennes provenant d'une évaluation conjointe de la FFSA et du GEMA :

Valeur du point d'IPP en fonction de l'age								
Age >= Taux IPP>=	0	20	30	40	50	60	70	80
0	768	757	740	723	712	695	684	667
2	847	830	807	791	768	735	678	662
3	925	903	880	852	824	785	701	673
4	998	976	948	914	880	830	723	690
5	1065	1043	1009	970	931	875	746	712
6	1133	1105	1065	1026	981	920	768	735
7	1194	1161	1121	1082	1032	959	796	751
8	1256	1222	1178	1133	1077	998	819	774
9	1312	1278	1228	1178	1121	1037	841	796
10	1368	1329	1278	1228	1166	1071	864	813
15	1632	1581	1520	1447	1368	1245	970	908
20	1873	1811	1738	1654	1553	1407	1065	993
25	2103	2030	1940	1845	1733	1553	1155	1071
30	2321	2237	2136	2024	1895	1693	1239	1150
35	2798	2720	2535	2344	2153	1963	1721	1581
40	2938	2849	2703	2518	2305	2097	1845	1710
45	3123	3017	2899	2714	2501	2265	1957	1862
50	3286	3202	3078	2888	2664	2417	2086	1951
55	3538	3454	3331	3123	2860	2602	2265	2092
60	3796	3634	3477	3269	2978	2720	2389	2181
65	4037	3858	3650	3437	3118	2832	2507	2327
70	4228	4077	3880	3617	3297	2994	2669	2495
75	4531	4357	4189	3886	3527	3163	2809	2602
80	4738	4542	4363	4077	3678	3308	2949	2776
85	4979	4772	4598	4318	3864	3471	3045	2809
90	5019	4839	4621	4402	3925	3527	3118	2888
95	5103	4946	4682	4447	4065	3718	3269	2955
100	5204	5075	4749	4463	4189	3920	3409	2966

e) *Autres préjudices patrimoniaux de la victime*

Le montant de l'indemnité allouée pour l'ensemble de ces postes de préjudice est très fortement lié au taux d'IPP de la victime. Ces postes ayant un poids relatif dans l'ensemble de l'indemnité assez faible ils n'ont pas été modélisés individuellement mais in globo. Les montants minimum et maximum ( $I_{\min}$  et  $I_{\max}$ ) possibles ont été déterminés puis une relation linéaire a été établie avec le taux d'IPP selon la formule ci-dessous :

$$I = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) * \frac{IPP}{100}$$

Avec :

$$I_{\min} = 0\text{€}$$

$$I_{\max} = 330'000\text{€}$$

### f) *Autres préjudices extrapatrimoniaux de la victime*

La même méthode que pour les préjudices patrimoniaux a été retenue. L'indemnité est calculée de la manière suivante :

$$I = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) * \frac{IPP}{100}$$

Avec :

$$I_{\min} = 0\text{€}$$

$$I_{\max} = 250'000\text{€}$$

### g) *Préjudices des victimes indirectes*

La même méthode que pour les préjudices patrimoniaux a été retenue. L'indemnité est calculée de la manière suivante :

$$I = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) * \frac{IPP}{100}$$

Avec :

$$I_{\min} = 0\text{€}$$

$$I_{\max} = 80'000\text{€}$$

Ce chapitre a permis la création d'un modèle simplifié de sinistre. A ce stade chaque poste de sinistre est évalué avec les données actuelles c'est-à-dire en l'état actuel de la jurisprudence des tribunaux et des contraintes économiques. En d'autres termes le sinistre est évalué comme s'il devait être jugé ou transigé immédiatement. Dans le cadre d'une tarification d'un contrat de réassurance il est indispensable de pouvoir utiliser ce modèle de manière prospective puisque les sinistres attachés à une année de souscription ne seront jugés ou transigés que plusieurs années plus tard. Ce travail est l'objet du chapitre suivant.

## ***Chapitre 2. Evaluation des sinistres au jugement/transaction***

---

Dans ce chapitre sont abordés tous les aspects permettant la modélisation de l'évaluation d'un sinistre à la date de jugement ou transaction à partir du modèle défini dans le chapitre précédent. La démarche retenue pour cette évaluation est dans un premier temps l'identification des éléments influençant l'évolution du coût d'un sinistre au cours du temps puis, dans un deuxième temps, la définition de scénarios permettant d'anticiper et de quantifier au mieux les évolutions futures auxquels ces sinistres vont être soumis. Enfin la troisième section traite de la mise en application, dans le cadre du modèle de sinistre de ces scénarios d'évolution future.

### ***Section 2.1. Éléments influençant le coût d'un sinistre au cours du temps***

#### ***a) L'érosion monétaire***

Les sinistres corporels sont soumis comme tous les éléments économiques à l'inflation. Leur durée de vie étant très longue, c'est un élément important qui peut avoir un impact significatif sur le coût monétaire ultime des sinistres.

#### ***b) Les taux d'intérêts***

Les variations de taux d'intérêts influent sur le calcul des capitaux constitutifs de rentes. Pour les postes versés sous forme de rente ces variations n'influent que le provisionnement mais pas sur le coût ultime. En revanche, les postes versés en capital mais dont l'évaluation a été faite par le calcul d'un capital constitutif sont influencés par les variations de taux d'intérêts.

#### ***c) L'environnement législatif***

##### ***i) Le cadre réglementaire***

Par le passé un grand nombre de changements législatifs<sup>10</sup> ont eu un impact important sur la manière d'appréhender les relations entre assurés, assureurs et réassureurs dans l'assurance en général et bien entendu dans le domaine spécifique de la responsabilité

---

<sup>10</sup> Par exemple la loi Badinter

civile automobile. Ces changements peuvent à la rigueur être anticipés sur un horizon de 2 à 3 ans car ils sont toujours précédés de nombreux rapports et études préliminaires mais cette anticipation se révèle beaucoup plus délicate quand l'horizon est plus long comme dans le cas présent.

## ii) La jurisprudence

La jurisprudence, c'est à dire l'interprétation des textes de lois, évolue en permanence en même temps que la société évolue et il est également assez difficile d'anticiper les nouvelles interprétations des textes de lois par les tribunaux. Toutefois on distingue des tendances assez claires qu'il convient de prendre en compte. En matière d'indemnisation du corporel la tendance actuelle est à la réparation intégrale du préjudice subi. Cela se traduit par une volonté très forte de réintégrer au maximum les victimes dans la société par exemple en facilitant leur retour dans le monde du travail. On note également une prise en compte toujours plus importante des préjudices extrapatrimoniaux (souffrances endurées, préjudices des proches etc)

## d) *Les inflations sectorielles*

Ce terme est utilisé ici pour caractériser le fait qu'il existe certains domaines d'activité dont l'inflation propre est supérieure ou inférieure à l'inflation moyenne de l'économie. Ici il s'agit par exemple du coût des médicaments, du prix horaire de la tierce personne ou encore du coût moyen des réparations automobiles.

Ces inflations sectorielles peuvent être significativement différentes de l'inflation moyenne et peuvent donc avoir un impact important sur l'évolution des sinistres. La clause de stabilité étant inefficace pour corriger les effets de ces inflations spécifiques, il est primordial pour un réassureur d'analyser les raisons structurelles qui peuvent conduire à des hausses de coût significatives dans certains secteurs.

## *Section 2.2. Scénarios d'évolution future*

Dans la section précédente ont été identifiés les principaux éléments à prendre en compte pour évaluer des sinistres de manière prospective.

L'horizon retenu pour la description des scénarios ci-dessous est 10 ans. Ce choix s'explique par le fait que la majorité des sinistres sont jugés dans cet intervalle et que par ailleurs il est très difficile d'anticiper des évolutions sur une période plus longue.

## a) *L'érosion monétaire*

Nous avons retenu l'hypothèse d'une inflation moyenne de 2.5%, représentant l'inflation moyenne en France sur les vingt cinq dernières années. Comme nous le verrons par la suite l'hypothèse retenue pour l'inflation économique n'est pas fondamentale. En tout cas plus importantes sont les hypothèses retenues pour l'inflation spécifique aux sinistres corporels graves.

## *b) Les taux d'intérêts*

Le taux d'intérêt le plus souvent utilisé par les tribunaux pour la capitalisation des postes de préjudices étant le TEC10 nous avons pris comme taux d'intérêt la moyenne du TEC10 sur dix ans soit 4%.

## *c) Evolutions réglementaires*

La table aujourd'hui stipulée dans la loi est la table TD 88-90. Cette table utilisée pour le provisionnement des sinistres est également utilisée par les tribunaux pour la capitalisation des postes de préjudices. La promulgation de la loi étant relativement ancienne (1996) il est raisonnable de penser qu'à plus ou moins moyen terme la table sera actualisée.

Le scénario retenu est un changement de table dans les 10 ans. La table la plus récente à disposition, la TH00-02 a été retenue dans le scénario, l'espérance de vie à la naissance passant de 73 ans à 76 ans.

## *d) Inflations sectorielles*

Les inflations sectorielles ont été calculées pour les catégories de postes de préjudices définies dans le premier chapitre. Elles se basent sur l'hypothèse d'une inflation sous-jacente de 2.5%. Pour calculer les chiffres présentés ci-dessous nous avons construit des scénarios se basant sur la connaissance des évolutions passées et nos anticipations des évolutions futures.

### *i) Assistance par Tierce Personne*

L'augmentation de ce poste de préjudice provient principalement de l'évolution du coût horaire de la tierce personne et du nombre d'heures d'assistance allouées aux victimes. Ce poste ayant subi une inflation très forte dans les quinze dernières années, nous anticipons une hausse moins importante dans les dix prochaines années. Le scénario retenu est une inflation annuelle de 4.6%.

### *ii) Pertes de Gains professionnels*

L'indemnisation de ce poste dépend du niveau de revenu des victimes au moment de l'accident. L'évolution des salaires est assez proche de l'inflation. Cependant ce poste est comme tous les autres de mieux en mieux indemnisé, les pertes de chance étant notamment mieux prises en compte. Le scénario retenu est une inflation annuelle de 3.5%.

### *iii) Dépenses de santé*

Le coût des dépenses de santé est une des principales problématiques anticipée pour les dix prochaines années. Le coût des soins médicaux, du fait des progrès de la médecine augmente beaucoup plus vite que l'inflation. Le scénario retenu est une inflation annuelle de 6.2%.

#### iv) Déficit Fonctionnel

Le déficit fonctionnel c'est-à-dire l'indemnisation extrapatrimoniale de l'IPP est également un poste dont l'inflation est systématiquement supérieure à l'inflation réelle. La non matérialité de ce poste explique en grande partie la déconnexion entre les réalités économiques et les niveaux d'indemnisation. Le scénario retenu est une inflation annuelle de 6%.

#### v) Autres préjudices patrimoniaux de la victime

Le scénario retenu est une inflation annuelle de 5.5%.

#### vi) Autres préjudices extrapatrimoniaux de la victime

Le scénario retenu est une inflation annuelle de 6%.

#### vii) Préjudices des victimes indirectes

Le scénario retenu est une inflation annuelle de 5%.

Une fois les scénarios d'évolution future définis, il convient de les prendre en compte de manière correcte dans le modèle de sinistre. Ce travail est l'objet de la section suivante.

### *Section 2.3. Prise en compte des scénarios dans le modèle de sinistre*

Les différents postes de préjudice ne sont pas tous indemnisés au même moment. Une grande partie de ces postes sont fixés et indemnisés le jour de la transaction ou du jugement. C'est le cas de tous les postes versés (ou calculés) sous forme de rente et l'ensemble des préjudices extrapatrimoniaux. Pour déterminer la valeur estimée de ces postes il convient de prendre en compte leur inflation spécifique pour toute la période courant de la date de survenance à la date de jugement/transaction.

En revanche une partie des coûts liés à un sinistre sont versés entre la date de survenance et la date de jugement. Il s'agit par exemple de tous les soins de première nécessité, des frais d'hospitalisation, de rééducation, des pertes de salaires et plus généralement tous les versements effectués pour subvenir aux besoins des victimes en attendant la date de jugement/transaction. L'inflation à laquelle sont soumis ces postes n'est donc pas aussi forte que dans le cas précédent puisqu'ils sont fixés plus rapidement. Il convient donc de leur appliquer une inflation calculée sur la période entre la survenance du sinistre et la date effective de paiement.

A ce stade de la modélisation un sinistre est évalué à la date du jugement/transaction. Tous les éléments de coût sont alors connus. En connaissant la date de décès des éventuels bénéficiaires de rentes, on peut alors estimer le coût ultime des sinistres. Cet



aspect est étudié dans le chapitre suivant : la modélisation des caractéristiques des sinistres.

## ***Chapitre 3. Simulation de sinistres corporels***

---

Les deux chapitres précédents ont permis la création d'un module permettant à partir des caractéristiques connues d'un sinistre d'évaluer son coût. La dernière étape à réaliser pour pouvoir obtenir une distribution de sinistres est la modélisation des caractéristiques des sinistres et leur simulation.

### *Section 3.1. Caractéristiques retenues pour la modélisation*

Ces caractéristiques ont été identifiées dans le premier chapitre. Nous avons choisi de nous concentrer sur la modélisation des caractéristiques suivantes :

- ✓ Nombre de victimes par accident
- ✓ Date de jugement ou transaction donnant un caractère définitif à l'indemnisation
- ✓ Age des victimes
- ✓ Degré d'invalidité des victimes
- ✓ Revenus des victimes au jour de l'accident
- ✓ Age au décès de chaque victime

### *Section 3.2. Paramètres et lois retenus*

#### *a) Nombre de victimes par accident*

La Sécurité Routière dans son bilan annuel fournit un décompte précis du nombre de victimes de la circulation. Pour l'année 2007 le bilan était le suivant : 81272 accidents corporels recensés par les forces de l'ordre avec un total de 107821 victimes soit une moyenne de 1.33 victimes par accident. Nous ne disposons en revanche d'aucune information statistique sur la distribution du nombre de victimes autour de la moyenne.

Nous avons choisi de modéliser le nombre de victimes avec une loi de Poisson. La loi de Poisson pouvant prendre la valeur zéro, il n'était pas possible d'utiliser simplement une loi de Poisson de paramètre  $\lambda = 1.33$ . Pour cette raison nous avons utilisé une loi du type :  $1+P(\lambda)$  avec  $\lambda=0.33$

Le choix de la loi n'est pas neutre et la dispersion autour de la valeur moyenne a une

influence certaine sur la modélisation. La loi de Poisson retenue a une dispersion relativement faible et les probabilités d'obtenir un grand nombre de victimes sont donc faibles.

Cette hypothèse forte n'a qu'un faible impact sur la modélisation globale car ce qui importe du point de vue du réassureur est le nombre de victimes gravement atteintes. Or on constate souvent dans les accidents corporels graves que la majorité des indemnités versées provient d'une seule victime ; les types d'invalidité qui engendrent un coût très important étant assez peu nombreux<sup>11</sup>. Il est plus important dans la simulation que la proportion entre blessés légers, blessés graves et morts soit respectée. Ce point est étudié dans le paragraphe suivant.

### *b) Invalidité des victimes*

La Sécurité routière établit un état des lieux de la sévérité des accidents de la route en distinguant les blessés légers, les blessés graves i.e. hospitalisés et les décès :

<b>Gravité</b>	<b>Probabilité</b>
Blessés légers	59.9%
Blessés graves	35.8%
Morts	4.3%

Cependant ce niveau de distinction n'est pas suffisant, Il est nécessaire d'avoir une distribution des blessés graves plus détaillée. Les victimes avec des taux d'invalidité très importants étant relativement rares, il est difficile d'obtenir une distribution très précise. La FFSA fournit des statistiques assez précises pour les taux d'invalidité inférieurs à 30%. Pour les taux d'invalidité supérieurs nous avons compilé les informations dont nous disposons dans un panel important de dossiers sinistres. Le résultat est la distribution suivante :

---

<sup>11</sup> les indemnisations pour invalidités basses (~ 100'000€) et les décès (~300'000€) sont significativement moins élevées que pour les invalidités hautes de type tétraplégie (plusieurs millions d'euros).

<b>Distribution des taux d'IPP</b>	
IPP < =	cumulative (%)
1	8,89%
2	41,25%
3	60,01%
4	68,12%
5	76,84%
9	86,41%
14	92,37%
19	95,04%
29	96,74%
39	97,40%
49	97,76%
59	97,98%
69	98,27%
79	98,87%
89	99,40%
100	100,00%

### *c) Date de jugement/transaction*

A partir d'informations collectées sur un grand nombre de dossiers sinistres, nous avons établi que le nombre d'années avant jugement dans le cas d'un sinistre corporel grave dépendait fortement de la gravité des blessures constatées. Dans le cas d'un dossier sans invalidité ou une invalidité assez faible (inférieure à 30%) la consolidation médicale intervient en général l'année suivant le sinistre et le jugement ou la transaction la deuxième année. Pour les cas les plus lourds la durée avant jugement se répartissait *dans le cas d'une victime adulte* de la manière suivante :

<b>Nombre années</b>	<b>Probabilité</b>
3	5,0%
4	10,0%
5	10,0%
6	10,0%
7	25,0%
8	20,0%
9	10,0%
10	10,0%

Dans le cas d'un enfant, la situation est différente car la consolidation n'intervient, en général, que lors du vingtième anniversaire de la victime.

Nous avons choisi de modéliser le nombre d'années avant jugement avec une loi discrète en se basant sur les informations ci-dessus.

#### *d) Age des victimes*

La Sécurité routière fournit également des informations détaillées sur l'âge des victimes des accidents de la circulation :

<b>Age&lt;</b>	<b>Nombres de Victimes</b>
0	0
14	7 654
17	8 656
24	23 973
44	38 220
64	19 940
85	9 209
NA	169
<b>Total</b>	<b>107821</b>

Pour la modélisation de l'âge de chaque victime nous avons choisi d'utiliser une loi uniforme par morceaux en se basant sur le tableau ci-dessus.

#### *e) Revenus des victimes*

Pour la distribution des revenus des victimes, nous avons utilisé les chiffres publiés par l'INSEE et qui donnent les valeurs suivantes :

<b>Pyramide des salaires</b>	
0%	15 361
10%	15 361
20%	17 145
30%	18 766
40%	20 506
50%	22 525
60%	25 031
70%	28 363
80%	33 655
90%	44 653
100%	58 967

Les enfants même s'ils n'ont aucuns revenus effectifs sont indemnisés au titre des pertes de gains professionnels futurs ; le salaire de référence utilisé étant le plus souvent le SMIC.

## f) Mortalité des victimes

La mortalité des victimes des accidents de la route est très difficile à connaître précisément car il n'existe pas de table de mortalité spécifique à ces cas. Il semble toutefois qu'il existe une surmortalité des accidentés de la route, surmortalité accentuée par la gravité des blessures subies. En pratique nous avons choisi de quantifier cette surmortalité en nous basant sur une table de mortalité TH00-02 aggravée. Le coefficient de surmortalité  $m$  est défini de la manière suivante :

On note  $(l_x)_{x \in N}$  la table de mortalité TH00-02.

Pour  $\forall x \in N$ , on note  $q_x$ , probabilité de décès l'année  $x$ .

$$q_x = \begin{cases} 1 - \frac{l_{x+1}}{l_x}, & \text{si } l_x > 0 \\ 1 & \text{si } l_x = 0 \end{cases}$$

On construit la table de mortalité aggravée  $(l_x^m)_{x \in N}$  de la manière suivante :

Pour  $\forall x \in N$ ,

$$q_x^m = \begin{cases} m * q_x, & \text{si } m * q_x < 1 \\ 1, & \text{si } m * q_x > 1 \end{cases}$$

On note  $l_0^m = l_0$ , puis  $\forall x \in N$ ,

$$l_{x+1}^m = (1 - q_x^m) * l_x^m$$

Nous avons choisi de retenir un coefficient de surmortalité de 2 pour le modèle de sinistre, c'est-à-dire que les probabilités de décès annuelles sont doublées par rapport à la table de mortalité TH00-02 classique. La table de mortalité aggravée donne ainsi une espérance de vie à la naissance de 68 ans contre 76 ans pour la table TH00-02<sup>12</sup>. Nous allons voir ci-dessous l'impact de ce choix en faisant varier le coefficient de surmortalité ainsi que la franchise du programme de réassurance. La sinistralité est, pour chaque franchise, exprimée en pourcentage de la sinistralité à l'ultime de référence ( $m=2$ )

<sup>12</sup> Il existe malheureusement très peu d'études s'intéressant à la survie des blessés graves de la route. On sait toutefois que le risque de décès est très fort les premiers mois suivant l'accident et que ce risque diminue fortement ensuite. La durée de vie dépend fortement de la gravité des séquelles (les tétraplégiques C2, C3, C4 et C5 sont par exemple particulièrement exposés) et de l'état psychologique de la victime. Une étude menée par le CNRS (références dans la bibliographie) sur un échantillon relativement important de victimes montre une espérance de vie résiduelle de 36 ans pour une population âgée de 31 ans en moyenne et qui conduit à considérer un coefficient de surmortalité d'environ 2.

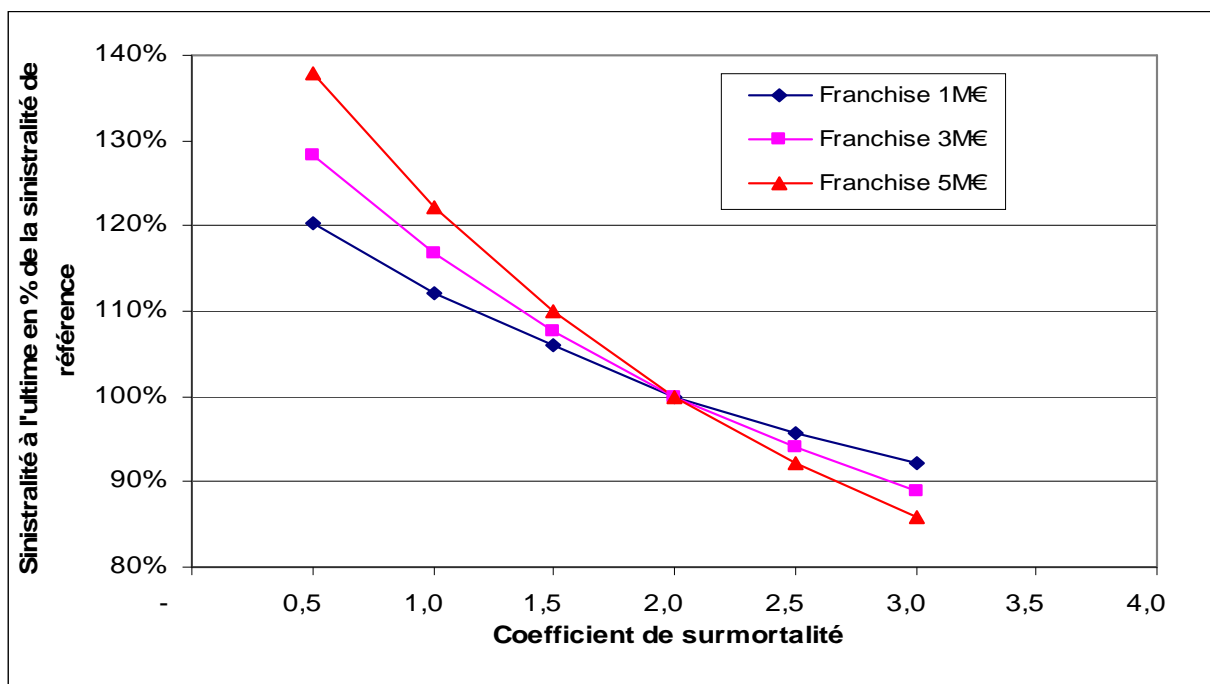


Fig 18. Influence de la mortalité réelle sur la sinistralité à l'ultime

On constate que le coefficient de surmortalité choisi a un impact significatif sur l'évaluation de la sinistralité à l'ultime. Cette influence est d'autant plus sensible que la franchise est élevée. Par exemple ne pas prendre en compte la surmortalité (coefficient de surmortalité de 1) conduit à un écart d'estimation supérieure à 20% à un niveau de franchise de 5M€.

### Section 3.3. Analyse critique du modèle

Aussi bien la modélisation du coût des sinistres que la modélisation de leurs caractéristiques nécessitent l'utilisation d'un grand nombre de paramètres. Certains paramètres sont estimables avec une bonne précision, d'autres sont plus difficiles à estimer faute d'informations et ont fait l'objet de choix plus qualitatifs après discussions avec des experts de l'indemnisation des sinistres corporels en automobile.

L'aspect corrélations entre les différentes variables est un point qui n'a été pas abordé dans la modélisation. Les différentes caractéristiques des sinistres ont été modélisées indépendamment les unes des autres alors que bien souvent elles sont corrélées entre elles. On pense notamment aux points suivants :

- ✓ Corrélation de l'âge des victimes : On pense par exemple ici aux jeunes conducteurs souvent impliqués dans des accidents graves avec beaucoup de victimes du même âge.
- ✓ Corrélation entre l'âge et le revenu des victimes : les revenus sont en général

une fonction croissante de l'âge.

- ✓ Corrélation entre la gravité des séquelles des victimes : Dans un accident violent il y a plus de chances que plusieurs victimes aient subi des traumatismes importants

D'autres points n'ont pas été retenus pour la modélisation :

- ✓ Localisation géographique de l'accident : Certaines cours d'appel indemnisent beaucoup plus fortement que d'autres. Les informations disponibles sur les niveaux d'indemnisation par cours d'appel étant insuffisantes des valeurs moyennes nationales ont été retenues.
- ✓ Les partages de responsabilité éventuels n'ont pas été modélisés. Pour les accidents graves, le responsable de l'accident est dans la très grande majorité des cas identifié.

Toutes ces hypothèses ont un impact négatif sur la précision des résultats obtenus. Dans le cadre d'une tarification utilisant uniquement ce modèle de simulation (tarification par exposition) le niveau de précision ne serait probablement pas acceptable. En revanche son utilité est beaucoup plus grande si on l'utilise en complément d'une approche classique pour estimer l'effet d'un changement de taux d'intérêt, de table de mortalité ou encore de clause de rente. Ceci est l'objet de la quatrième partie.



## **Partie IV : Tarification d'un contrat de réassurance**

*Dans cette partie est mis en œuvre le modèle de simulation créé dans la partie précédente dans le cadre de la tarification d'un contrat de réassurance.*

*Le premier chapitre explique la manière dont le modèle de simulation s'intègre au processus de tarification en complément de l'approche classique.*

*Le deuxième chapitre présente l'analyse détaillée de la tarification de deux clauses de rente très communes en réassurance automobile : la clause de suivi additionnel et la clause de rachat.*

*Enfin le troisième chapitre montre une autre possibilité intéressante du modèle de simulation : anticiper l'effet d'un changement de table de mortalité et/ou de taux d'intérêts sur le provisionnement des sinistres.*

# Chapitre 1. Application du modèle de simulation de sinistres

---

Ce chapitre présente la démarche suivie pour intégrer le modèle de simulation de sinistres construit dans la troisième partie dans le processus de tarification.

## Section 1.1. Analyse des résultats obtenus avec la méthode classique

Comme nous l'avons vu dans la deuxième partie, les données fournies par les assureurs pour la tarification des traités de réassurance ne permettent pas d'estimer correctement la sinistralité à charge d'un traité de réassurance. Les modalités de calcul des provisions mathématiques de rentes retenues par les assureurs pour leurs évaluations peuvent sensiblement différer des modalités fixées par le traité de réassurance. En outre la période d'observation fournie (en général dix ans, plus rarement quinze) ne permet pas d'étudier le déroulement des sinistres jusqu'à leur ultime i.e. jusqu'à l'extinction de toutes les rentes ouvertes dans le cas des sinistres corporels graves.

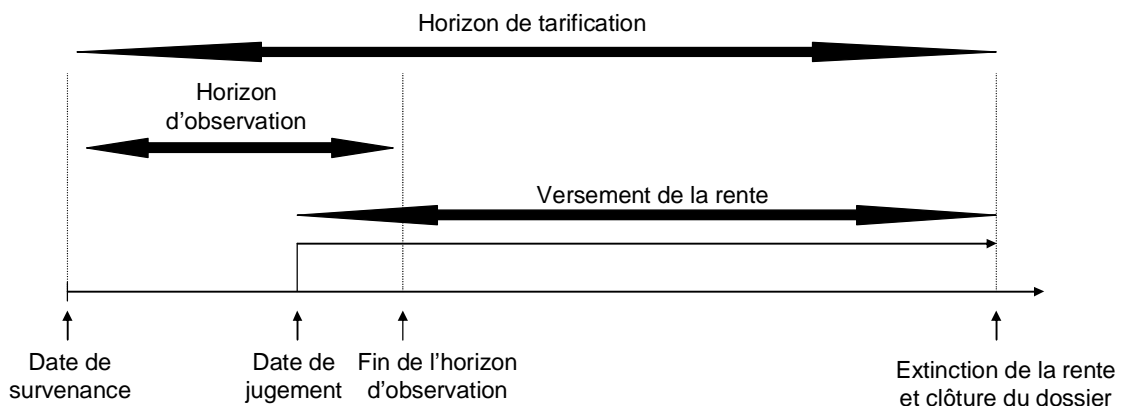


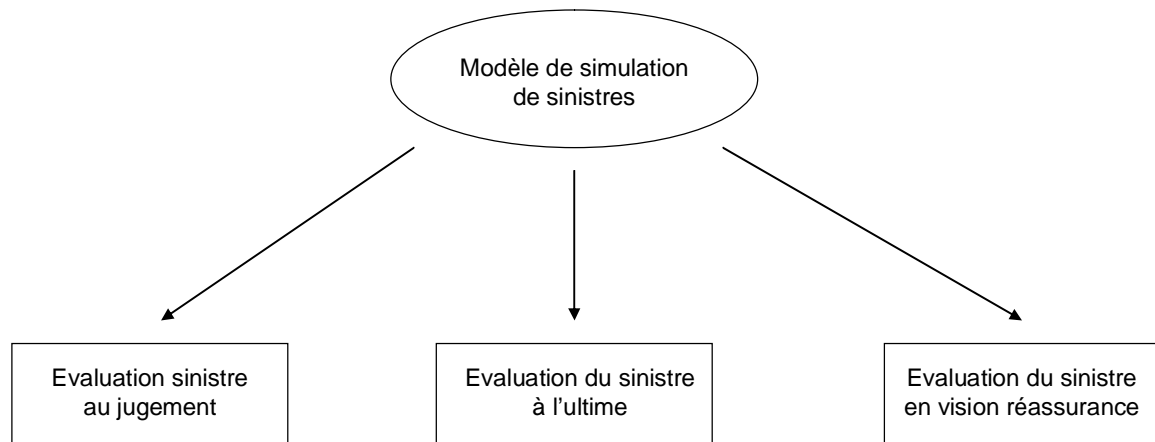
Fig 19. Horizons d'observation et de tarification

On peut donc considérer que la méthode IBNR utilisée ne permet pas d'évaluer les sinistres à l'ultime mais seulement à la fin de la période d'observation. Pour connaître la sinistralité à l'ultime on applique un facteur correctif à la sinistralité obtenue par la méthode IBNR. Ce facteur correctif a été calculé en se basant sur le déroulement de la sinistralité de l'ensemble du portefeuille automobile de Swiss Re

## Section 1.2. Possibilités du modèle de simulations de sinistres

Le modèle de simulation et d'évaluation des sinistres corporels construit dans la troisième partie permet d'évaluer le sinistre de plusieurs manières. On peut tout d'abord comparer l'évaluation actuelle et l'évaluation à la date du jugement ce qui dans le cas présent n'est pas le plus intéressant. En déroulant le sinistre jusqu'à sa clôture, on peut également

comparer l'évaluation du sinistre au jugement avec sa vision à l'ultime (une fois tous les paiements de rentes effectués et le dossier clos). On peut également obtenir l'évaluation du sinistre aux conditions du traité de réassurance (dans le cas d'une clause de rachat).



*Fig 20. Différentes visions possibles d'un sinistre simulé*

Pour un grand nombre de sinistres simulés on peut donc obtenir un facteur correctif moyen à appliquer à la sinistralité à l'ultime en excédent de la franchise pour obtenir la sinistralité à charge du programme de réassurance.

### *Section 1.3. Réconciliation des deux approches*

Grâce à la méthode classique on peut connaître la sinistralité à l'ultime en excédent de n'importe quelle franchise...

...et grâce au modèle de simulations de sinistres connaître le facteur à lui appliquer pour obtenir une estimation de la sinistralité à charge du traité de réassurance.

On a donc un processus en deux étapes permettant la tarification d'un programme de réassurance. Comme nous le verrons par la suite, ce processus est valable pour la plupart des clauses rentes et de stabilité existantes et cela quels que soient les paramètres (taux et table de mortalité) utilisés dans les évaluations sinistres.

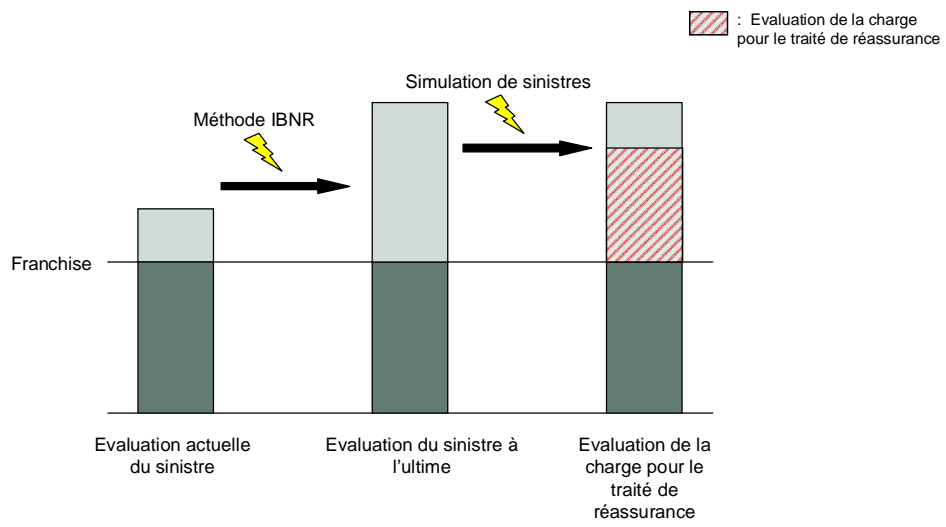


Fig 21. *Etapes d'une tarification*

## Chapitre 2. Tarification des clauses de réassurance

---

Ce chapitre a pour but de mettre en lumière les différences fondamentales qu'il existe entre les deux principales clauses de rentes que l'on trouve dans les traités de réassurance à l'heure actuelle.

Après application de la méthode classique sur un portefeuille de sinistres évalué avec un taux de capitalisation de 3% et la table de mortalité TD 88-90 nous avons obtenu les résultats suivants :

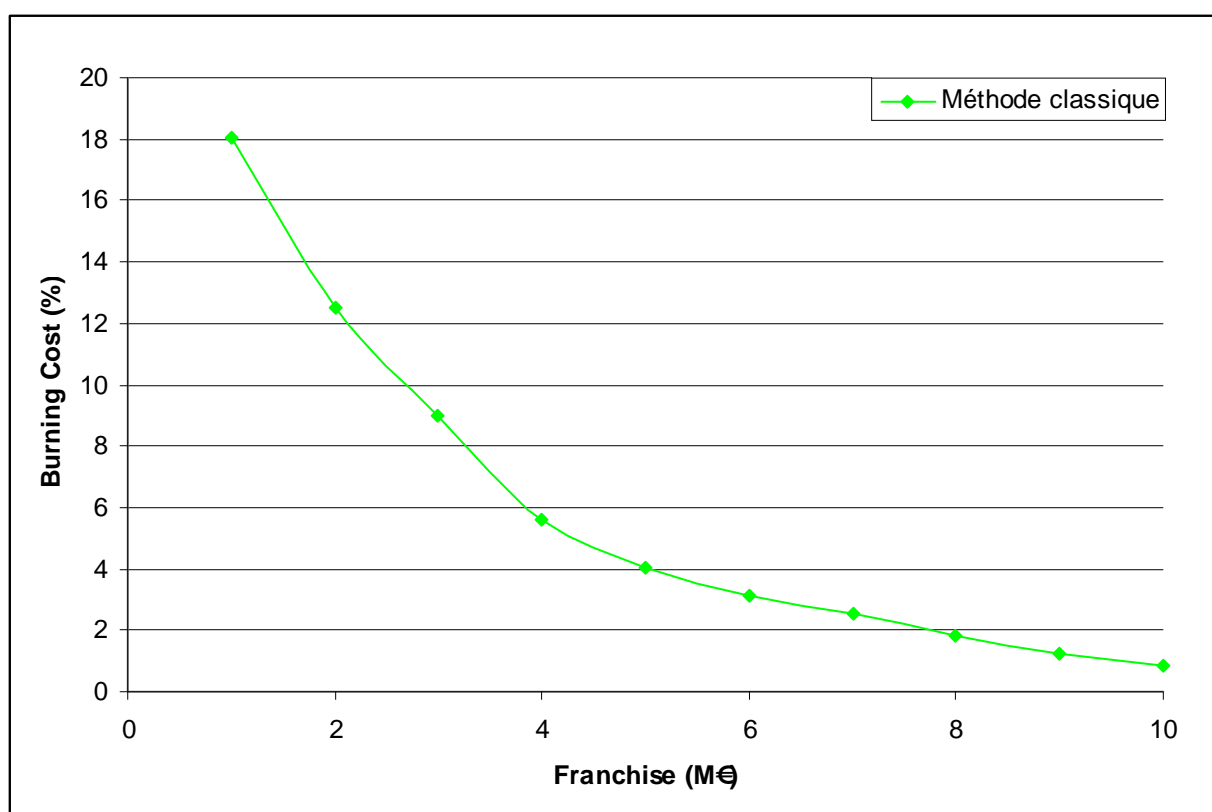


Fig 22. Résultats obtenus avec la méthode classique

Nous avons choisi de nous intéresser à une clause de suivi additionnel ainsi qu'une clause de rachat à taux fixe de 3.5% et table de mortalité fixée TD 88-90. La méthode classique de tarification seule est ici inopérante pour établir une distinction tarifaire entre les deux clauses.

Nous verrons dans un premier temps l'impact de ces clauses (suivi additionnel ou rachat) sur l'application de la clause de stabilité ainsi que sur la cadence de règlement des sinistres. Enfin nous verrons, tous effets cumulés, les différences tarifaires que l'on obtient entre ces deux clauses.

## Section 2.1. Application de la clause de stabilité

Comme nous allons le voir à travers un exemple dans cette section la clause de stabilité n'est pas appliquée de la même manière selon la clause rente choisie. Il en résulte que l'impact de la clause de stabilité sur le programme de réassurance peut être également très différent.

### a) Méthodes d'application de la clause de stabilité

Considérons un sinistre ayant les caractéristiques suivantes :

- 3 versements en capital pour un total de 1M€
- Attribution d'une rente viagère de 100'000€. Capital constitutif évalué à 1M€
- Décès du bénéficiaire de la rente après le douzième paiement

Application de la clause de stabilité dans le cas du rachat :

	Montant Paiement	Variation de l'indice	Paiement stabilisé
<b>Paiement n°1</b>	300 000 €	+0,0%	300 000 €
<b>Paiement n°2</b>	500 000 €	+4,0%	500 000 €
<b>Paiement n°3</b>	200 000 €	+8,2%	200 000 €
<b>Capital Constitutif de rente</b>	1 000 000 €	+12,5%	888 996 €
<b>Total</b>	<b>2 000 000 €</b>		<b>1 888 996 €</b>

Le facteur de stabilisation final vaut : 1.06

Application de la clause de stabilité dans le cas du suivi additionnel :

	Montant Paiement	Variation de l'indice	Paiement stabilisé
<b>Paiement n°1</b>	300 000 €	+0,0%	300 000 €
<b>Paiement n°2</b>	500 000 €	+4,0%	500 000 €
<b>Paiement n°3</b>	200 000 €	+8,2%	200 000 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+12,5%	88 900 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+17,0%	85 480 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+21,7%	82 193 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+26,5%	79 031 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+31,6%	75 992 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+36,9%	73 069 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+42,3%	70 259 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+48,0%	67 556 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+53,9%	64 958 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+60,1%	62 460 €
<b>annuité rente</b>	100 000 €	+66,5%	60 057 €

annuité rente	100 000 €	+73,2%	57 748 €
<b>Total</b>	<b>2 200 000 €</b>		<b>1 867 703 €</b>

Le facteur de stabilisation final vaut : 1.18

### b) Comparaison des facteurs de stabilisation

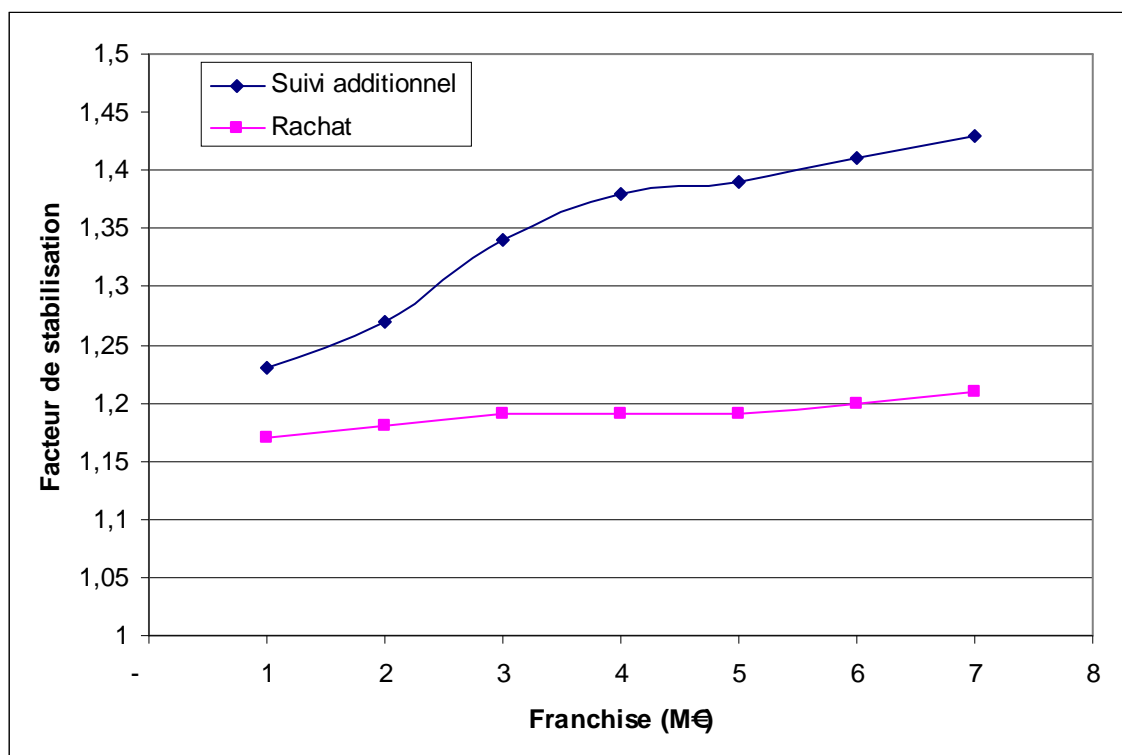


Fig 23. Facteur de stabilisation en fonction du niveau de franchise

Alors que dans le cas de la clause de rachat l'effet de la clause de stabilité est assez similaire quel que soit le niveau de franchise, cela est totalement différent pour la clause de suivi additionnel. Comme nous le verrons dans la section suivante, l'augmentation du niveau de franchise entraîne un décalage des paiements dans le temps et une amplification de l'impact de la clause de stabilité.

## Section 2.2. Cadences de règlement

Dans cette section nous allons voir les différences de cadence de règlement entre les deux clauses de réassurance ainsi que la sensibilité de ces cadences au niveau de franchise du programme de réassurance.

L'estimation des cadences de règlement est fondamentale en réassurance automobile car compte tenu des durées de règlement très longues, l'escompte de la prime de risque est très important. De ce fait une mauvaise estimation de la cadence de règlement peut conduire à une sous-estimation ou surestimation de la prime de risque.

Dans le tableau ci-dessous nous avons comparé la durée moyenne de règlement pour les deux clauses à des niveaux de franchise différents.

Niveau de franchise	Suivi additionnel	Rachat
1 000 000	10,1	7,4
2 000 000	12,8	7,6
3 000 000	19,8	7,8
4 000 000	22,1	7,9
5 000 000	23,5	8,0
6 000 000	24,3	8,2
7 000 000	25,7	8,1
8 000 000	28,7	8,3
9 000 000	31,8	8,5
10 000 000	35,6	9,6

On constate que la durée moyenne de règlement est assez stable dans le cas du rachat mais très dépendante du niveau de franchise dans le cas du suivi additionnel. En prenant un taux d'escompte annuel fixe de 4% on obtient les facteurs d'escompte pour chacune des clauses suivants :

	Suivi additionnel	Rachat
1 000 000	67%	75%
2 000 000	61%	74%
3 000 000	46%	74%
4 000 000	42%	73%
5 000 000	40%	73%
6 000 000	39%	73%
7 000 000	36%	73%
8 000 000	32%	72%
9 000 000	29%	72%
10 000 000	25%	69%

Ces facteurs d'escompte sont très sensiblement différents d'une clause à l'autre et selon le niveau de franchise. Dans le cas du suivi additionnel, l'intervention du réassureur dépend du niveau de franchise. Plus ce niveau sera élevé, plus les paiements du réassureur interviendront tardivement et plus l'escompte de la prime sera donc important. Dans le cas du rachat l'intervention du réassureur intervient quoi qu'il arrive au moment du jugement ce qui explique la relative stabilité de l'escompte selon le niveau de franchise.

Un corollaire à cette différence d'escompte significative entre les deux clauses est la plus grande sensibilité aux variations de taux d'intérêt d'un traité possédant une clause de suivi additionnel



## Section 2.3. Comparaisons tarifaires

Dans cette section nous allons voir l'impact des deux clauses, tous éléments confondus sur la sinistralité finale d'un traité de réassurance. On s'intéresse à la fois à la charge nominale du traité mais également à la charge escomptée.

### a) Comparaison des charges nominales

Les charges finales sont exprimées en *Burning cost* et comparées aux résultats obtenus avant corrections avec la méthode classique :

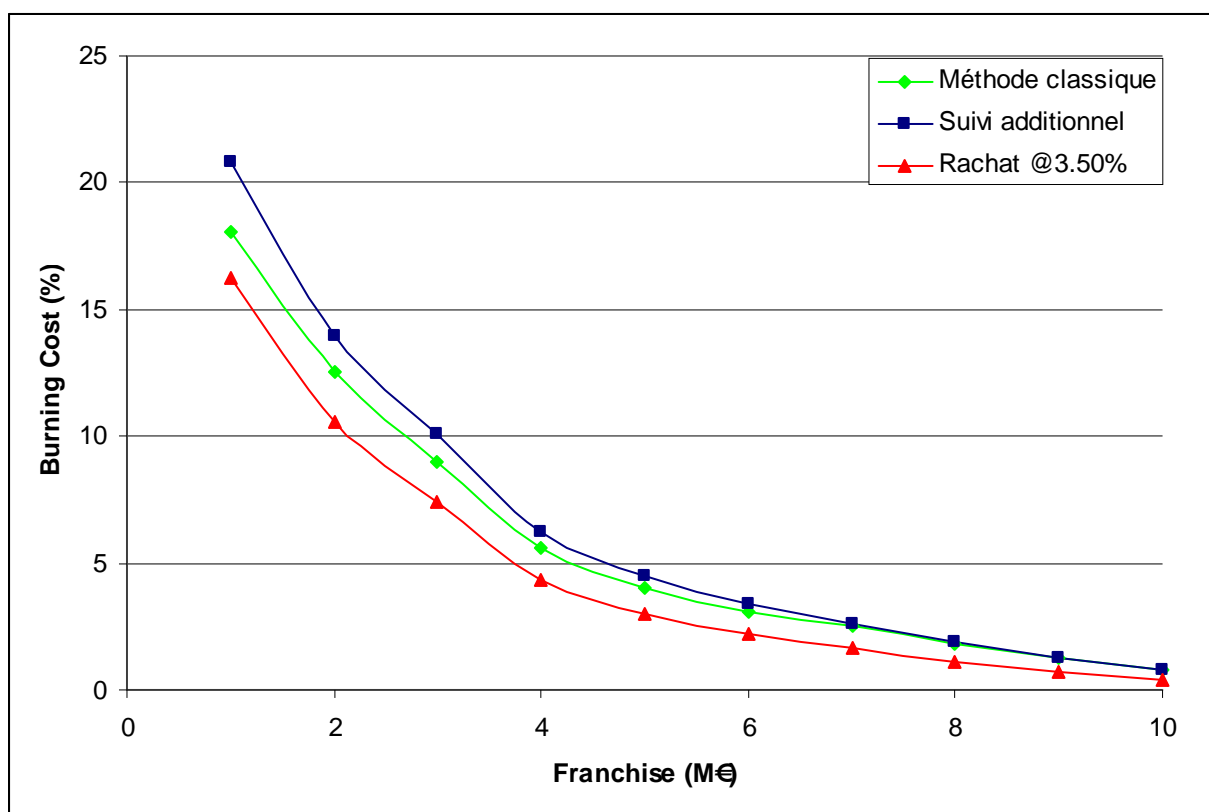


Fig 24. Comparaison des charges nominales

On constate que dans le cas d'un suivi additionnel, la charge nominale ultime du traité de réassurance est nettement plus importante que dans le cas d'un rachat. Cela s'explique par le fait que dans le cas du suivi additionnel le réassureur « suit » la rente jusqu'à son extinction alors que dans le cas du rachat le réassureur paye à l'assureur sa part du capital constitutif (déjà escompté) de la rente lors du jugement.

## b) Comparaison des charges escomptées

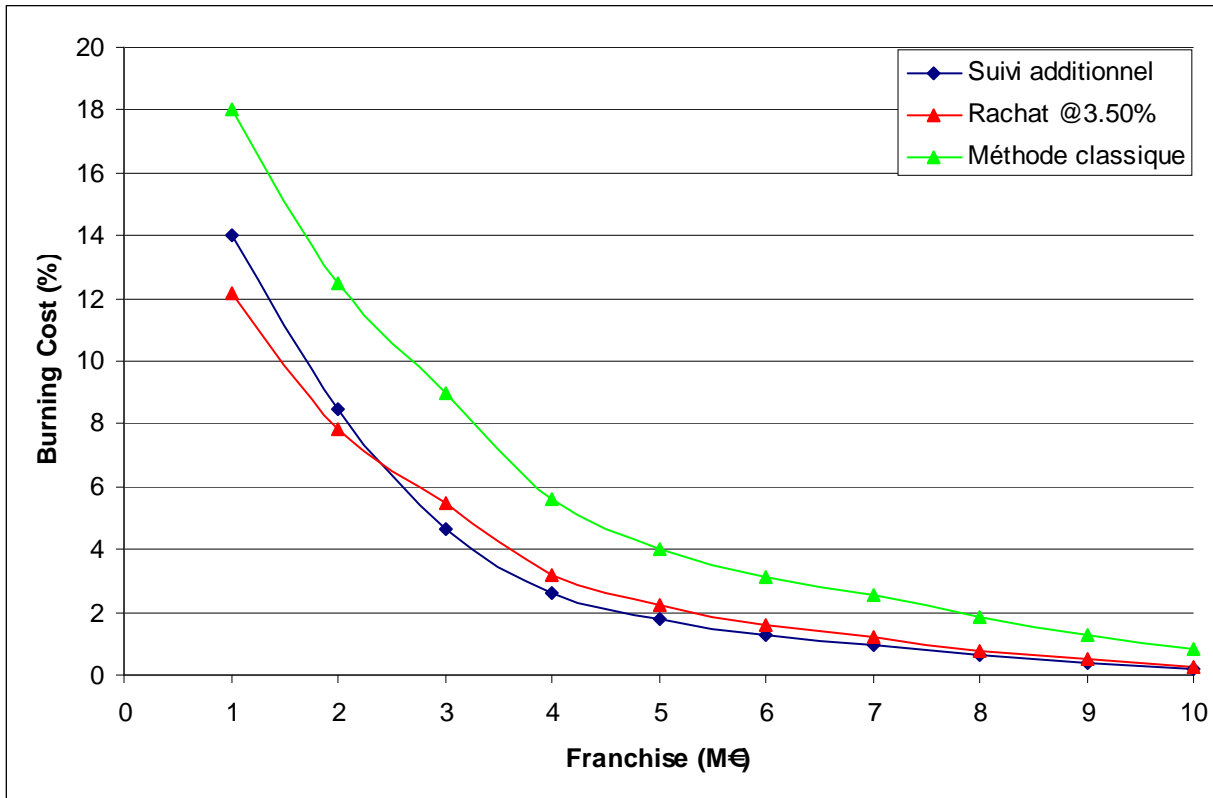


Fig 25. Comparaison des charges escomptées

Après escompte et à cause de la différence dans les cadences de règlement la charge escomptée ultime se révèle être plus faible dans le cas d'un suivi additionnel au-delà d'une franchise de 2M€ :

Comme on a pu le voir dans ce chapitre les clauses de rentes présentes dans les traités de réassurance présentent des différences très importantes dans leur fonctionnement. Leur impact sur la charge ultime d'un traité de réassurance est significatif et il convient de le prendre en compte dans le processus de tarification.

En allant plus loin dans la réflexion, il est à noter que ces clauses ont des effets également sur les coûts de gestion et du capital des programmes de réassurance. Les traités possédant une clause de suivi additionnel ont une durée de vie plus longue que les traités en rachat ; cela implique des coûts de gestion plus élevés et une immobilisation du capital plus longue. Les chargements appliqués par les réassureurs pour ce type de traité devraient donc être significativement plus élevés.

## ***Chapitre 3. Etude de sensibilité aux paramètres de provisionnement***

---

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent le modèle de simulation de sinistres permet la tarification différenciée de contrats de réassurance selon la clause de rente retenue. Une autre application du modèle qui peut se révéler intéressante est l'étude des fluctuations de provisions provenant notamment des changements de taux d'intérêt et de table de mortalité.

Un réassureur est intéressé à double titre à la connaissance de ces mécanismes :

Premièrement pour la tarification des contrats de réassurance : comme nous l'avons vu précédemment les provisions de sinistres annoncées par les assureurs fluctuent années par années et il est intéressant pour un réassureur de dissocier les fluctuations provenant des taux d'intérêt, des fluctuations provenant de changements dans le provisionnement des assureurs.

Deuxièmement pour le calcul des réserves associées aux contrats de réassurance passés : pour les mêmes raisons que précédemment ces réserves fluctuent fortement d'une année sur l'autre et pour pouvoir estimer la sinistralité à l'ultime il est également indispensable de connaître les variations provenant uniquement des changements de taux d'intérêt et de table de mortalité.

### ***Section 3.1. Impact des fluctuations de taux d'intérêt sur le provisionnement***

Ici on compare pour un même niveau de franchise, la sinistralité en excédent pour différents taux d'actualisation, de 2% à 3.5% par pas de 0.25%. La table de mortalité utilisée est la table TD 88-90. On considère des sinistres de survenance 2009 vus à leur date de jugement. Les fluctuations sont exprimées par rapport à la valeur de référence calculée pour un taux d'actualisation de 2%

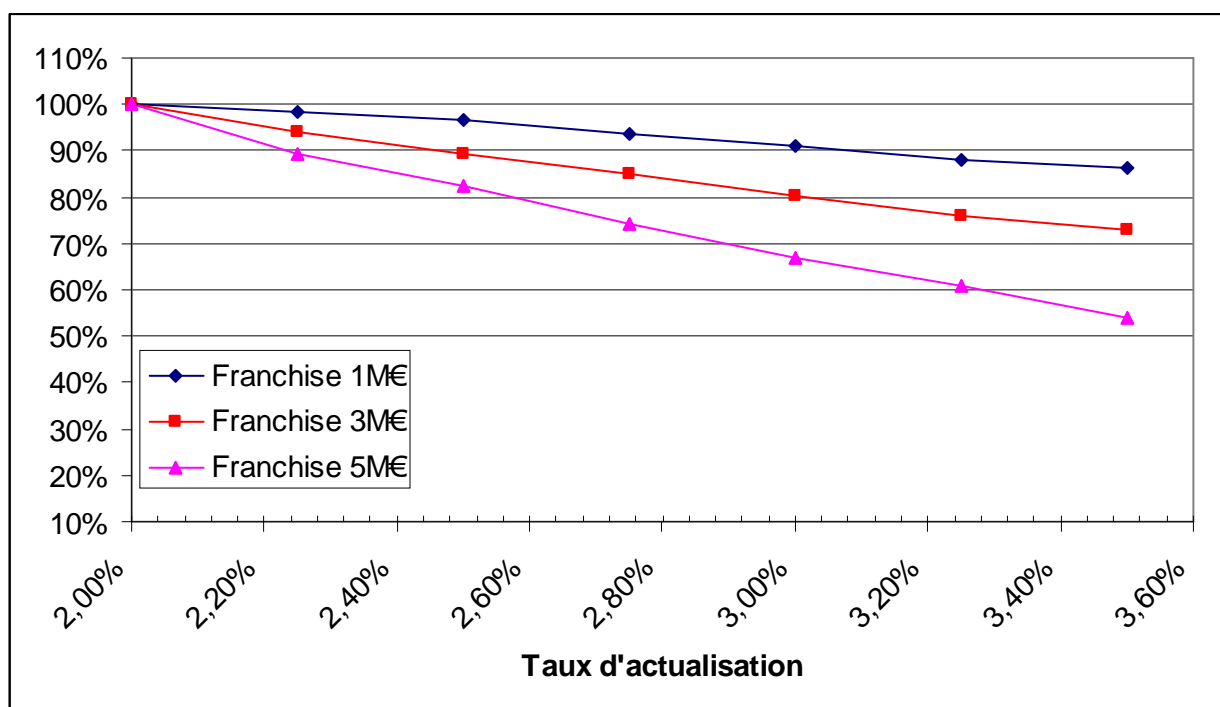


Fig 26. Fluctuations des réserves pour différents niveaux de franchises

On constate que plus le niveau de franchise est important, plus la sensibilité aux taux d'intérêts se fait sentir. Le changement est notamment très sensible pour des priorités supérieures à 5M€.

Les réassureurs sont confrontés à des fluctuations de réserves qui peuvent être très importantes d'une année sur l'autre. Il est à noter que ces fluctuations n'affectent pas ou peu la charge finale des traités. Il est donc primordial d'isoler les fluctuations dans les réserves dues aux changements de taux d'intérêts des fluctuations dues à des dégradations ou améliorations des sinistres.

### Section 3.2. Impact d'un changement de table de mortalité sur le provisionnement

La table de mortalité fixée par le législateur pour le provisionnement des rentes indemnitaires est la table TD 88-90. Cette table est en vigueur depuis 1996 et il est fort probable que dans les années qui viennent, il y ait une mise à jour de la loi avec une table de mortalité plus récente. Nous avons donc étudié l'impact d'un changement de table de mortalité sur le provisionnement en réassurance. Pour cela nous avons fixé le taux d'actualisation pour le provisionnement à 2%. Nous avons anticipé un changement de table vers la table de mortalité TH00-02 qui est la table la plus récente à notre disposition. La table de mortalité donne une espérance de vie à la naissance de 73 ans contre 76 pour la TH00-02.

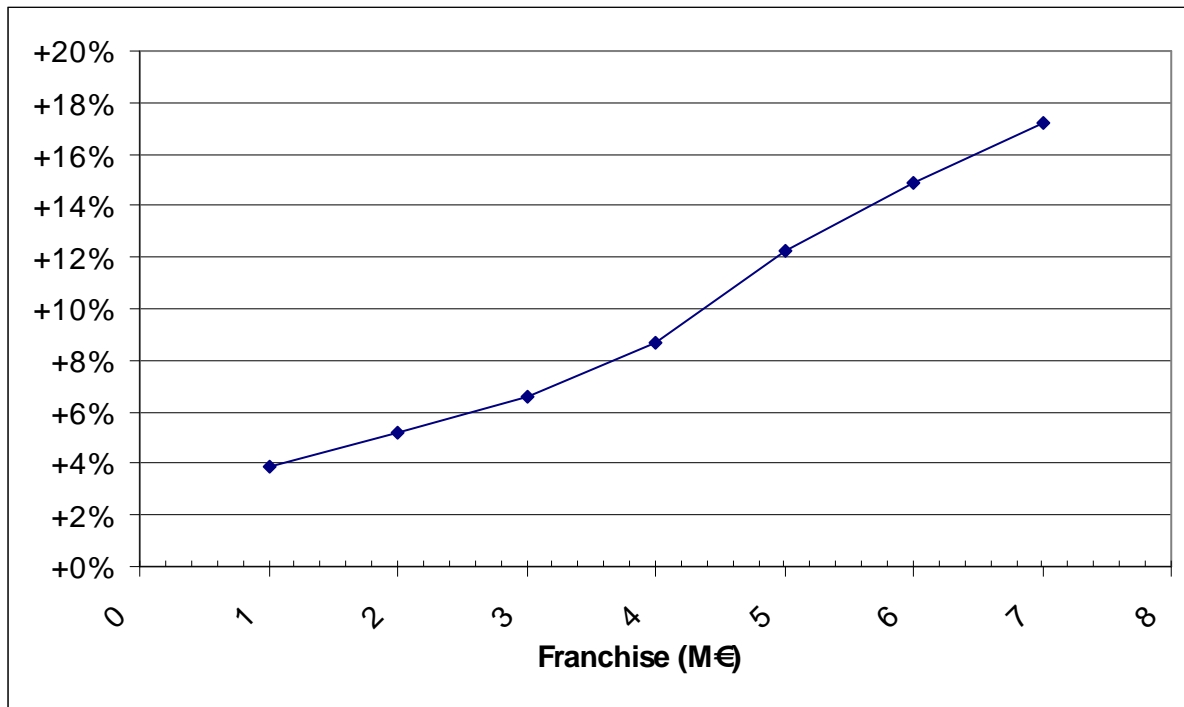


Fig 27. Impact du changement de table de mortalité sur les réserves en Réassurance

De même que pour les changements de taux d'intérêts on constate que plus le niveau de franchise est élevé, plus l'effet du changement de table est significatif.

Les résultats obtenus dans ce chapitre montrent que le taux d'intérêt et la table de mortalité utilisés pour le provisionnement ont un impact très important sur l'évaluation des sinistres et sur l'évaluation des réserves.

# Partie V : Conclusions

## *Section 1.1. Résultats de l'étude*

Cette étude a été menée dans le but d'améliorer la méthode de tarification utilisée chez Swiss Re pour la cotation des programmes de réassurance automobile. La méthode de tarification précédemment utilisée ne permettait pas de quantifier les différences introduites par les nombreuses clauses de rentes et de stabilité existant sur le marché français à l'heure actuelle.

Devant le manque d'informations disponibles et/ou exploitables pour la tarification des traités de réassurance, nous avons retenu l'option de créer un modèle de simulation de sinistres que nous avons calibré en nous basant sur les informations récoltées depuis de nombreuses années par les services techniques de gestion de sinistres de la compagnie ainsi que les informations contenues dans les publications de la FFSA, de l'INSEE ou de la Sécurité routière.

Ce modèle entièrement paramétrable nous a permis de tester la sensibilité de l'évaluation des sinistres à divers changements de paramètres, ce qui était difficile jusqu'à présent. Il nous a également et surtout permis d'évaluer l'impact des différentes clauses des traités de réassurance en les appliquant directement sur les sinistres simulés. On a pu constater que ces clauses qui sont parfois négligées dans les tarifications revêtent une importance capitale.

La précision des résultats obtenus est sujette à caution car des hypothèses et des choix arbitraires ont dû être faits mais cet outil a permis de mettre en lumière des problématiques jusqu'ici ignorées.

## *Section 1.2. Vers la tarification par exposition*

Dans cette étude, le modèle de simulation de sinistres est utilisé dans le seul but de corriger les résultats obtenus avec la méthode classique. On peut toutefois envisager de l'utiliser dans le cadre d'une tarification purement par exposition, c'est-à-dire sans lien direct avec la sinistralité historique. Cet aspect là n'a pas été développé en détails dans cette étude mais les résultats entrevus avec cette méthode sont très intéressants :

Nous avons simulé à l'aide du modèle 81'272 sinistres corporels ce qui correspond au nombre d'accidents recensés par la sécurité routière en 2007. Nous avons ainsi pu construire une courbe de marché par exposition que nous avons comparée à la courbe obtenue avec la méthode classique sur un panel de portefeuilles représentant la quasi-totalité du marché français de l'assurance automobile.

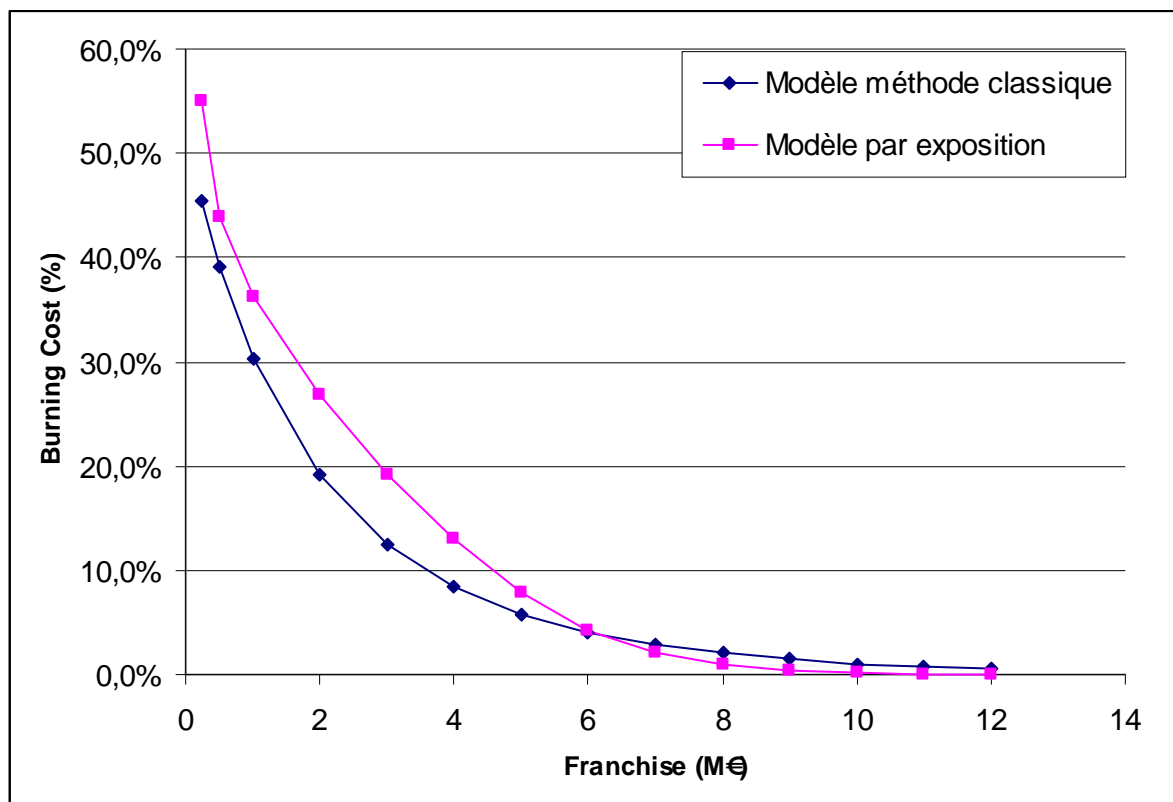


Fig 28. Comparaison entre la méthode classique et la tarification par exposition

Pour pouvoir arriver à une tarification par exposition avec des résultats probants, il est nécessaire d'apporter une solution aux problématiques de modélisation exposées dans la troisième partie et notamment l'aspect corrélations entre les différents paramètres. Il reste également à prendre en compte les spécificités de chacun des portefeuilles réassurés. Tous les portefeuilles automobiles n'étant pas identiques, il est nécessaire d'identifier et analyser les facteurs qui influent sur la sinistralité d'un portefeuille. Une fois quantifiés les effets de ces facteurs, il sera alors possible de tarifer un contrat de réassurance en se basant uniquement sur la composition actuelle du portefeuille et non plus sur les informations du passé. Une telle approche complèterait efficacement les méthodes de tarification par expérience.

## ***Bibliographie***

---

### Ouvrages statistiques et actuariat :

- **T.MACK (1994):**  
“Measuring the variability of Chain Ladder Reserve estimates“  
*Casualty Actuarial Society Forum*
- **P.PETAUTON (2000)**  
“Théorie de l’assurance dommage”  
*Dunod*
- **M.HAGOPIAN & M.LAPPARA (1991)**  
“Aspects théoriques et pratiques de la reassurance”  
*L’Argus*
- **K.LHERITIER, J.F. RAVAUD, J.F. DESERT, J.P. PEDELUCQ, F. O’HANNA, J.P. DAURES(2001)**  
“La survie des blessés médullaires tétraplégiques après la première entrée en centre de rééducation et ses facteurs pronostiques ”  
*Revue Epidemiol Santé Publique*

### Sites Internet :

- **Institut National de la Statistique et des Etudes économiques (INSEE)**  
<http://www.insee.fr>
- **Service public de la diffusion du droit :**  
<http://www.legifrance.gouv.fr>
- **Sécurité routière**  
<http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr>



- **Office statistique des Communautés européennes**

<http://www.ec.europa.eu/eurostat>

## ***Annexes***

---

## *Annexe A : La loi Badinter (5 juillet 1985)*

(Entrée en vigueur le 01 Janvier 1986)

Chapitre 1er: Indemnisation des victimes d'accidents de la circulation.

### Article 1

Les dispositions du présent chapitre s'appliquent, même lorsqu'elles sont transportées en vertu d'un contrat, aux victimes d'un accident de la circulation dans lequel est impliqué un véhicule terrestre à moteur ainsi que ses remorques ou semi-remorques, à l'exception des chemins de fer et des tramways circulant sur des voies qui leur sont propres.

Section I: Dispositions relatives au droit à indemnisation.

### Article 2

Les victimes, y compris les conducteurs, ne peuvent se voir opposer la force majeure ou le fait d'un tiers par le conducteur ou le gardien d'un véhicule mentionné à l'article 1er.

### Article 3

Les victimes, hormis les conducteurs de véhicules terrestres à moteur, sont indemnisées des dommages résultant des atteintes à leur personne qu'elles ont subis, sans que puisse leur être opposée leur propre faute à l'exception de leur faute inexcusable si elle a été la cause exclusive de l'accident.

Les victimes désignées à l'alinéa précédent, lorsqu'elles sont âgées de moins de seize ans ou de plus de soixante-dix ans, ou lorsque, quel que soit leur âge, elles sont titulaires, au moment de l'accident, d'un titre leur reconnaissant un taux d'incapacité permanente ou d'invalidité au moins égal à 80 p 100, sont, dans tous les cas, indemnisées des dommages résultant des atteintes à leur personne qu'elles ont subis.

Toutefois, dans les cas visés aux deux alinéas précédents, la victime n'est pas indemnisée par l'auteur de l'accident des dommages résultant des atteintes à sa

personne lorsqu'elle a volontairement recherché le dommage qu'elle a subi.

#### Article 4

La faute commise par le conducteur du véhicule terrestre à moteur a pour effet de limiter ou d'exclure l'indemnisation des dommages qu'il a subis.

#### Article 5

La faute commise par la victime a pour effet de limiter ou d'exclure l'indemnisation des dommages aux biens qu'elle a subis. Toutefois, les fournitures et appareils délivrés sur prescription médicale donnent lieu à indemnisation selon les règles applicables à la réparation des atteintes à la personne.

Lorsque le conducteur d'un véhicule terrestre à moteur n'en est pas le propriétaire, la faute de ce conducteur peut être opposée au propriétaire pour l'indemnisation des dommages causés à son véhicule. Le propriétaire dispose d'un recours contre le conducteur.

#### Article 6

Le préjudice subi par un tiers du fait des dommages causés à la victime directe d'un accident de la circulation est réparé en tenant compte des limitations ou exclusions applicables à l'indemnisation de ces dommages.

### Section III : De l'offre d'indemnité.

Article 12 (tenant compte du projet de transposition de la quatrième directive)

Ou article L 211-9 du code des assurances

« Art. L. 211-9. - Quelle que soit la nature du dommage, dans le cas où la responsabilité n'est pas contestée et où le dommage a été entièrement quantifié, l'assureur qui garantit la responsabilité civile du fait d'un véhicule terrestre à moteur est tenu de présenter à la victime une offre d'indemnité motivée dans le délai de trois mois à compter de la demande d'indemnisation qui lui est présentée. Lorsque la responsabilité est rejetée ou

n'est pas clairement établie, ou lorsque le dommage n'a pas été entièrement quantifié, l'assureur doit, dans le même délai, donner une réponse motivée aux éléments invoqués dans la demande.

« Une offre d'indemnité doit être faite à la victime qui a subi une atteinte à sa personne dans le délai maximum de huit mois à compter de l'accident. En cas de décès de la victime, l'offre est faite à ses héritiers et, s'il y a lieu, à son conjoint. L'offre comprend alors tous les éléments indemnisables du préjudice, y compris les éléments relatifs aux dommages aux biens lorsqu'ils n'ont pas fait l'objet d'un règlement préalable.

« Cette offre peut avoir un caractère provisionnel lorsque l'assureur n'a pas, dans les trois mois de l'accident, été informé de la consolidation de l'état de la victime. L'offre définitive d'indemnisation doit alors être faite dans un délai de cinq mois suivant la date à laquelle l'assureur a été informé de cette consolidation.

« En tout état de cause, le délai le plus favorable à la victime s'applique.

« En cas de pluralité de véhicules, et s'il y a plusieurs assureurs, l'offre est faite par l'assureur mandaté par les autres. »

Article 13 ou article L 211-10 du code des assurances

A l'occasion de sa première correspondance avec la victime, l'assureur est tenu, à peine de nullité relative de la transaction qui pourrait intervenir, d'informer la victime qu'elle peut obtenir de sa part, sur simple demande, la copie du procès-verbal d'enquête de police ou de gendarmerie et de lui rappeler qu'elle peut à son libre choix se faire assister d'un avocat et, en cas d'examen médical, d'un médecin.

Sous la même sanction, cette correspondance porte à la connaissance de la victime les dispositions du quatrième alinéa de l'article 12 et celles de l'article 15.

#### Article 14 ou article L 211-11 du code des assurances

Dès lors que l'assureur n'a pu, sans qu'il y ait faute de sa part, savoir que l'accident avait imposé des débours aux tiers payeurs visés aux articles 29 et 33 de la présente loi, ceux-ci perdent tout droit à remboursement contre lui et contre l'auteur du dommage. Toutefois, l'assureur ne peut invoquer une telle ignorance à l'égard des organismes versant des prestations de sécurité sociale.

Dans tous les cas, le défaut de production des créances des tiers payeurs, dans un délai de quatre mois à compter de la demande émanant de l'assureur, entraîne déchéance de leurs droits à l'encontre de l'assureur et de l'auteur du dommage.

Dans le cas où la demande émanant de l'assureur ne mentionne pas la consolidation de l'état de la victime, les créances produites par les tiers payeurs peuvent avoir un caractère provisionnel.

#### Article 15 ou article L 211-12 du code des assurances

Lorsque, du fait de la victime, les tiers payeurs n'ont pu faire valoir leurs droits contre l'assureur, ils ont un recours contre la victime à concurrence de l'indemnité qu'elle a perçue de l'assureur au titre du même chef de préjudice et dans les limites prévues à l'article 31. Ils doivent agir dans un délai de deux ans à compter de la demande de versement des prestations.

#### Article 16 ou article L 211-13 du code des assurances

Lorsque l'offre n'a pas été faite dans les délais impartis à l'article 12, le montant de l'indemnité offerte par l'assureur ou allouée par le juge à la victime produit intérêt de plein droit au double du taux de l'intérêt légal à compter de l'expiration du délai et jusqu'au jour de l'offre ou du jugement devenu définitif. Cette pénalité peut être réduite par le juge en raison de circonstances non imputables à l'assureur.

#### Article 17 ou article L 211-14 du code des assurances

Si le juge qui fixe l'indemnité estime que l'offre proposée par l'assureur était manifestement insuffisante, il condamne d'office l'assureur à verser au fonds de garantie prévu par l'article L 421-1 du code des assurances une somme au plus égale à 15 p 100 de l'indemnité allouée, sans préjudice des dommages et intérêts dus de ce fait à la victime.

#### Article 18 ou article L 211-15 du code des assurances

L'assureur doit soumettre au juge des tutelles ou au conseil de famille, compétents suivant les cas pour l'autoriser, tout projet de transaction concernant un mineur ou un majeur en tutelle. Il doit également donner avis sans formalité au juge des tutelles, quinze jours au moins à l'avance, du paiement du premier arrérage d'une rente ou de toute somme devant être versée à titre d'indemnité au représentant légal de la personne protégée.

Le paiement qui n'a pas été précédé de l'avis requis ou la transaction qui n'a pas été autorisée peut être annulé à la demande de tout intéressé ou du ministère public à l'exception de l'assureur. Toute clause par laquelle le représentant légal se porte fort de la ratification par le mineur ou le majeur en tutelle de l'un des actes mentionnés à l'alinéa premier du présent article est nulle.

#### Article 19 ou article L 211-16 du code des assurances

La victime peut, par lettre recommandée avec demande d'avis de réception, dénoncer la transaction dans les quinze jours de sa conclusion.

Toute clause de la transaction par laquelle la victime abandonne son droit de dénonciation est nulle.

Les dispositions ci-dessus doivent être reproduites en caractères très apparents dans l'offre de transaction et dans la transaction à peine de nullité relative de cette dernière.

#### Article 20 ou article L 211-17 du code des assurances

Le paiement des sommes convenues doit intervenir dans un délai d'un mois après l'expiration du délai de dénonciation fixé à l'article 19. Dans le cas contraire, les sommes non versées produisent de plein droit intérêt au taux légal majoré de moitié durant deux mois, puis, à l'expiration de ces deux mois, au double du taux légal.

#### Article 21 ou article L 211-18 du code des assurances

En cas de condamnation résultant d'une décision de justice exécutoire, même par provision, le taux de l'intérêt légal est majoré de 50 p 100 à l'expiration d'un délai de deux mois et il est doublé à l'expiration d'un délai de quatre mois à compter du jour de la décision de justice, lorsque celle-ci est contradictoire, et, dans les autres cas, du jour de la notification de la décision.

#### Article 22 ou article L 211-19 du code des assurances

La victime peut, dans le délai prévu par l'article 2270-1 du code civil, demander la réparation de l'aggravation du dommage qu'elle a subi à l'assureur qui a versé l'indemnité.

#### Article 23 ou article L 211-20 du code des assurances

Lorsque l'assureur invoque une exception de garantie légale ou contractuelle, il est tenu de satisfaire aux prescriptions des articles 12 à 20 pour le compte de qui il appartiendra ; la transaction intervenue pourra être contestée, devant le juge par celui pour le compte de qui elle aura été faite, sans que soit remis en cause le montant des sommes allouées à la victime ou à ses ayants droit.

#### Article 24 ou article L 211-21 du code des assurances

Pour l'application des articles 12 à 20, l'Etat ainsi que les collectivités publiques, les entreprises ou organismes bénéficiant d'une exonération en vertu de l'article L 211-2 du code des assurances ou ayant obtenu une dérogation à l'obligation d'assurance en vertu de l'article L 211-3 du même code sont assimilés à un assureur.

#### Article 25 ou article L 211-22 du code des assurances

Les dispositions des articles 12 et 13 et 16 à 22 sont applicables au fonds de garantie dans ses rapports avec les victimes ou leurs ayants droit ; toutefois, les délais prévus à l'article 12 courent contre le fonds à compter du jour où celui-ci a reçu les éléments justifiant son intervention.

L'application des articles 16 et 17 ne fait pas obstacle aux dispositions particulières qui régissent les actions en justice contre le fonds. Lorsque le fonds de garantie est tenu aux intérêts prévus à l'article 17, ils sont versés au Trésor public.

#### Article 26 ou article L 211-23 du code des assurances

Sous le contrôle de l'autorité publique, une publication périodique rend compte des indemnités fixées par les jugements et les transactions.



## Article 27 ou article L 211-24 du code des assurances

Un décret en Conseil d'Etat fixe les mesures nécessaires à l'application de la présente section. Il détermine notamment les causes de suspension ou de prorogation des délais mentionnés à l'article 12, ainsi que les informations réciproques que se doivent l'assureur, la victime et les tiers payeurs.

chapitre II : Des recours des tiers payeurs contre les personnes tenues à réparation d'un dommage résultant d'une atteinte à la personne

## Article 28

Les dispositions du présent chapitre s'appliquent aux relations entre le tiers payeur et la personne tenue à réparation d'un dommage résultant d'une atteinte à la personne, quelle que soit la nature de l'événement ayant occasionné ce dommage.

## Article 29

Seules les prestations énumérées ci-après versées à la victime d'un dommage résultant des atteintes à sa personne ouvrent droit à un recours contre la personne tenue à réparation ou son assureur :

1° Les prestations versées par les organismes, établissements et services gérant un régime obligatoire de sécurité sociale et par ceux qui sont mentionnés aux articles 1106-9, 1234-8 et 1234-20 du code rural ;

2° Les prestations énumérées au II de l'article 1er de l'ordonnance n°59-76 du 7 janvier 1959 relative aux actions en réparation civile de l'Etat et de certaines autres personnes publiques ;

3° Les sommes versées en remboursement des frais de traitement médical et de rééducation ;

4° Les salaires et les accessoires du salaire maintenus par l'employeur pendant la période d'inactivité consécutive à l'événement qui a occasionné le dommage ;

5° Les indemnités journalières de maladie et les prestations d'invalidité versées par les groupements mutualistes régis par le code de la mutualité, les institutions de prévoyance régies par le code de la sécurité sociale ou le code rural et les sociétés d'assurance régies par le code des assurances.

## Article 30

Les recours mentionnés à l'article 29 ont un caractère subrogatoire.

## Article 31

Ces recours s'exercent dans les limites de la part d'indemnité qui répare l'atteinte à l'intégrité

physique de la victime, à l'exclusion de la part d'indemnité de caractère personnel correspondant aux souffrances physiques ou morales par elle endurées et au préjudice esthétique et d'agrément ou, s'il y a lieu, de la part d'indemnité correspondant au préjudice moral des ayants droit.

## Article 32

Les employeurs sont admis à poursuivre directement contre le responsable des dommages ou son assureur le remboursement des charges patronales afférentes aux rémunérations maintenues ou versées à la victime pendant la période d'indisponibilité de celle-ci. Ces dispositions sont applicables à l'Etat par dérogation aux dispositions de l'article 2 de l'ordonnance n°59-76 du 7 janvier 1959 précitée.

## Article 33

Hormis les prestations mentionnées aux articles 29 et 32, aucun versement effectué au profit d'une victime en vertu d'une obligation légale, conventionnelle ou statutaire n'ouvre droit à une action contre la personne tenue à réparation du dommage ou son assureur.

Toute disposition contraire aux prescriptions des articles 29 à 32 et du présent article est réputée non écrite à moins qu'elle ne soit plus favorable à la victime.

Toutefois lorsqu'il est prévu par contrat, le recours subrogatoire de l'assureur qui a versé à la victime une avance sur indemnité du fait de l'accident peut être exercé contre l'assureur de la personne tenue à réparation dans la limite du solde subsistant après paiements aux tiers visés à l'article 29. Il doit être exercé, s'il y a lieu, dans les délais impartis par la loi aux tiers payeurs pour produire leurs créances.

## Article 34

L'organisme de sécurité sociale chargé du remboursement des soins représente auprès du responsable des dommages ou de l'assureur de celui-ci, et pour la conclusion d'une transaction, les organismes de sécurité sociale chargés de la couverture des autres risques et du versement de prestations familiales.

## *Annexe B : Dispositions législatives relatives au provisionnement des sinistres en responsabilité civile automobile*

Article R331-26

(Décret n° 91-603 du 27 juin 1991 art. 23, art. 24 Journal Officiel du 28 juin 1991)

La provision pour sinistres restant à payer afférente aux opérations d'assurance des véhicules terrestres à moteur est estimée en procédant à une évaluation distincte :

- des sinistres corporels correspondant à des risques de responsabilité civile ;
- des autres sinistres correspondant à des risques de responsabilité civile ;
- des sinistres correspondant à des risques autres que ceux de responsabilité civile

Dans chacune de ces trois évaluations, il est fait un calcul séparé par sous-catégorie d'assurance ; les sous-catégories d'assurance sont fixées par arrêté du ministre de l'économie et des finances. Les sinistres des deux derniers exercices autres que les sinistres corporels correspondant à des risques de responsabilité civile et les autres sinistres d'accidents corporels sont évalués en utilisant concurremment les deux méthodes suivantes, l'évaluation la plus élevée étant seule retenue :

-première méthode : évaluation par référence au coût moyen des sinistres des exercices antérieurs ;

-deuxième méthode : évaluation basée sur les cadences de règlement observées dans l'entreprise au cours des exercices antérieurs.

En outre, une évaluation dossier par dossier peut également être utilisée pour ces sinistres. Dans ce cas, l'évaluation la plus élevée résultant de ces trois méthodes est retenue.

## *Annexe C : Dispositions législatives relatives au provisionnement des provisions mathématiques de rentes*

Article A331-10

(Arrêté du 19 mars 1993 art. 2, art. 3 Journal Officiel du 20 mars 1993)

(Arrêté du 17 mai 1996 art. 1 Journal Officiel du 23 mai 1996)

(Arrêté du 20 décembre 1996 art. 1 Journal Officiel du 26 décembre 1996)

Les provisions techniques des rentes d'incapacité et d'invalidité issues de contrats d'assurance couvrant des risques visés au 3<sup>o</sup> du premier alinéa de l'article L. 310-1 du code des assurances sont la somme :

1<sup>o</sup> Des provisions correspondant aux rentes d'incapacité de travail à verser après le 31 décembre de l'exercice au titre des sinistres en cours à cette date majorées des provisions dites pour rentes en attente relatives aux rentes d'invalidité susceptibles d'intervenir ultérieurement au titre des sinistres d'incapacité en cours au 31 décembre de l'exercice ;

2<sup>o</sup> Des provisions correspondant aux rentes d'invalidité à verser après le 31 décembre de l'exercice au titre des sinistres d'invalidité en cours à cette date.

Le calcul des provisions techniques de prestations d'incapacité de travail et d'invalidité est effectué à partir des éléments suivants :

1<sup>o</sup> Une loi de survie en invalidité définie par la table TD 88-90 homologuée par l'arrêté du 27 avril 1993 réactualisant les tables de mortalité ;

Toutefois, il est possible pour une entreprise d'assurances d'utiliser une loi de survie en invalidité établie et certifiée par un actuair indépendant de cette entreprise, agréé à cet effet par l'une des associations d'actuaires reconnues par la commission de contrôle des assurances ;

2<sup>o</sup> Un taux d'actualisation qui ne peut excéder 60 p. 100 du taux moyen des emprunts de l'Etat français calculé sur base semestrielle, sans pouvoir dépasser 3,5 p. 100.

## Annexe D : La Nomenclature Dintilhac

Nomenclature des préjudices corporels de la victime directe				
Préjudices patrimoniaux		Préjudices extrapatrimoniaux		
Préjudices temporaires	Préjudices permanents	Préjudices temporaires	Préjudices permanents	Préjudices évolutifs
Dépenses de santé actuelles (D.S.A.)	Dépenses de santé futures (D.S.F.)	Déficit fonctionnel temporaire (D.F.T.)	Déficit fonctionnel permanent (D.F.P.)	Préjudices liés à des pathologies évolutives (P.EV.)
Frais divers (F.D.)	Frais de logement adapté (F.L.A.)	Souffrances endurées (S.E.)	Préjudice d'agrément (P.A.)	
Pertes de gains professionnels actuels (P.G.P.A.)	Frais de véhicule adapté (F.V.A.)	Préjudice esthétique temporaire (P.E.T.)	Préjudice esthétique permanent (P.E.P.)	
	Assistance par tierce personne (A.T.P.)		Préjudice sexuel (P.S.)	
	Pertes de gains professionnels futurs (P.G.P.F.)		Préjudice d'établissement (P.E.)	
	Incidence professionnelle (I.P.)		Préjudices permanents exceptionnels (P.P.E.)	
	Préjudice scolaire, universitaire ou de formation (P.S.U.)			

Nomenclature des préjudices corporels des victimes indirectes			
En cas de décès de la victime directe		En cas de Survie de la victime directe	
Préjudices patrimoniaux	Préjudices extrapatrimoniaux	Préjudices patrimoniaux	Préjudices extrapatrimoniaux
Frais d'obsèques (F.O.)	Préjudice d'accompagnement (P.AC.)	Pertes de revenus des proches (P.R.)	Préjudice d'affection (P.AF.)
Pertes de revenus des proches (P.R.)	Préjudice d'affection (P.AF.)	Frais divers des proches (F.D.)	Préjudices extra-patrimoniaux exceptionnels (P.EX.)
Frais divers des proches (F.D.)			