

**Mémoire présenté devant le CNAM  
pour l'obtention du Diplôme du Master Droit Economie  
Gestion mention Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuaires**

**Le 23 juin 2021**

Par : YACOMBE Hervé  
Titre : Détermination et tarification d'une couverture de revalorisation des  
rentes responsabilités civiles Automobiles.

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

*Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus*

*Membres présents du jury de  
l'Institut des Actuaires*

*signatures*

*Entreprise :*

*Nom : Covéa*

Housseem DJEBALI  
Michael TOLEDANO  
Laurence MARTINI

*Directeur de mémoire en entreprise :*

*Nom : Faiza LEFEVE*

*Signature :*

*Membres présents du jury de la  
filière du CNAM*

Sandrine LEMERY  
David FAURE  
Nathanaël ABECERA  
Olivier DESMETTRE  
François WEISS

**Autorisation de publication et de  
mise en ligne sur un site de  
diffusion de documents actuariels**  
*(après expiration de l'éventuel délai  
de confidentialité)*

Signature du responsable entreprise

*Secrétariat :*

Ghislaine ERNY

Signature du candidat

*Bibliothèque :*

## **Mots clés**

Réassurance non proportionnelle, tarification de programme, excédent de sinistres, revalorisation des rentes, modélisation.

## **Résumé**

Avec le décret du 20 juin 2013<sup>1</sup>, l'état transfère la charge de la revalorisation des rentes pour les accidents de la circulation, du Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages (FGAO) vers les entreprises d'assurances.

Sous l'appellation « Covéa » se réunissent les entités MAAF, MMA et GMF. Ensemble, ils forment le premier assureur automobile français. Dans le cadre de leurs contrats automobiles, ils indemnisent les victimes des accidents de la route sous forme d'un capital ou d'une rente. Tenu de provisionner, gérer et financer le risque d'inflation, le groupe souhaite connaître dans quelle mesure il pourrait recourir à la réassurance pour transférer le risque lié à la revalorisation des rentes en responsabilités civiles automobiles. Nous allons essayer d'apporter des éléments de réponses.

Avant même d'entamer une approche mathématique du sujet, il nous faut collecter l'ensemble des données primes et sinistres des différentes marques du groupe et s'assurer de leur qualité (pertinence, exhaustivité, exactitude). Par la suite, la qualité et la traçabilité des données sont un fil rouge du mémoire. Il nous faut également maîtriser l'outil interne de cotation, en déterminer les limites, et même l'améliorer.

Comme la plupart des acteurs du marché, nous ne disposons pas des données suffisantes pour réaliser une tarification de la sinistralité totale (y compris revalorisation). Nous avons donc choisi d'appliquer la couverture de réassurance actuelle à la sinistralité RC automobile qui ne couvre pas la revalorisation des rentes, et d'utiliser les tendances observées pour modéliser la sinistralité avec revalorisation. Ce choix, repose sur l'hypothèse forte qu'il n'y a pas de déformation de la sinistralité en ajoutant la revalorisation.

Connaissant l'appétence des réassureurs pour les méthodes éprouvées, nous allons tarifier la couverture actuelle sur les données y compris revalorisation. Rapide à déployer, cette méthode dévoile qu'un transfert efficace du risque lié à la revalorisation passe par une baisse des rétentions existantes. Compte tenu de leur solidité financière, les trois sociétés principales du groupe souhaitent se prémunir uniquement des sinistres exceptionnels, et abaisser le niveau des priorités irait à l'encontre de cette politique.

Nous avons étudié une couverture appelée Excédent de sinistre aggregate qui couvre au-delà de rétentions spécifiques à chaque entité protégée la somme de tous les sinistres toutes sociétés confondues supérieurs à des seuils choisis en fonction de la taille, de la sinistralité et de l'appétence au risque de chacune des marques couvertes par ce traité.

Au-delà de l'aléa concernant l'intérêt des réassureurs, le prix de cette couverture reste malgré tout élevé. Au vu des résultats du groupe notre conseil sera de conserver la charge liée à la revalorisation des rentes.

---

<sup>1</sup> Décret du 20 juin 2013 présent en annexe 1.

## **Key words**

Non-proportional reinsurance, reinsurance pricing, excess of claim, annuities revaluation, modelling

## **Abstract**

With the decree of June 20, 2013, the state has transferred the annuities revaluation for motor accidents from the Guarantee Fund for Obligatory Damage Insurances (FGAO) to insurance companies.

Under the name « Covéa » are gathered MAAF, MMA and GMF entities. Together, they form the first French automobile insurer. As part of their automobile contracts, they compensate road accidents victims with a lump sum or an annuity.

Required to reserve, manage and finance the risk of inflation, the group wants to know how it could use reinsurance to transfer the annuities risk revaluation on motor vehicles liabilities insurance. We will try to provide some answers.

Before starting a mathematical approach of the subject, we need to collect premiums and claims data for the different brands of the group and ensure their quality (relevance, exhaustivity, accuracy). Subsequently, the data quality and traceability are a thread in the dissertation. We also need to master the internal pricing tool, determine its limits, and even improve it.

Like for most market players, we don't have sufficient data to realise a pricing of the loss experience (including revaluation). So, we have chosen to apply the current reinsurance coverage to motor vehicle liabilities insurance which doesn't cover the annuities revaluation, and to use the observed trends to model the loss experience with revaluation. This choice is based on the strong assumption that there is no distortion of the loss experience by adding the revaluation.

Regarding reinsurers appetite for proven methods, we will price data, revaluation included, with the current coverage. Quick to deploy, this method reveals that an effective risk transfer involves a reduction of the existing retentions.

Given their financial strength, the three main companies of the group wish to protect themselves only against exceptional claims, and lowering the level of priorities would go against this policy.

We have studied a cover called Excess of claim aggregate which covers beyond the retention specific to each protected entity, the sum of all claims all companies combined above thresholds chosen according to size, claims and risk appetite of each brands covered by this treaty.

Beyond the hazard concerning reinsurers interest, the price of this cover remains high. In view of the group's results, our advice will be to conserve the losses bound to annuities revaluation.

## **Remerciements**

Je tiens particulièrement à remercier :

- Faïza LEFEVRE, ma tutrice de mémoire. Pour la qualité de son encadrement ainsi que son regard critique et constructif.
- Laurence CAILLAUD, pour le temps consacré à la compréhension des données disponibles et dans l'explication des différences de gestion des sinistres entre nos marques.
- Sékou DIARRA, pour sa formation sur l'outil interne réassurance et le partage de son expérience.
- Ma femme, pour sa patience durant toutes ces années de CNAM.
- L'ensemble du personnel du CNAM, de nos professeurs à notre secrétaire.

Et enfin, l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire ne serait-ce que par des paroles d'encouragements.

## **Sommaire**

<b>MOTS CLES.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>1</b>
<b>KEY WORDS .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>3</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>4</b>
<b>PARTIE I : INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
Chapitre 1 : Covéa et le marché Français .....	6
Chapitre 2 : La responsabilité civile automobile .....	7
Chapitre 3 : Les chiffres de la sécurité routière et coût des sinistres.....	8
<b>PARTIE II : L'INDEMNISATION DES VICTIMES RC CORPORELLE .....</b>	<b>9</b>
Chapitre 1 : Généralités.....	9
Chapitre 2 : Ce qu'il faut connaître .....	10
Section II.2.1 La loi Badinter et la mesure du préjudice .....	10
Section II.2.2 Le rapport Dintilhac .....	10
Chapitre 3 : Les rentes.....	12
Section II.3.1 Qu'est-ce qu'une rente .....	12
Section II.3.2 L'indexation des rentes.....	12
Section II.3.3 Le décret du 20 juin 2013 ou le désengagement du FGAO.....	13
Section II.3.4 La révision des rentes .....	13
Section II.3.5 Le provisionnement des rentes.....	14
<b>PARTIE III : LA REASSURANCE .....</b>	<b>15</b>
Chapitre 1 : L'intérêt de la réassurance .....	15
Chapitre 2 : Traités non-proportionnels et principales clauses .....	15
Section III.2.1 Les traités non-proportionnels .....	15
Section III.2.2 Les principales clauses .....	17
Chapitre 3 : Tarification des traités XS.....	21
Section III.3.1 La prime de réassurance en non-proportionnel .....	21
Section III.3.2 Cotation sur expérience .....	22
Section III.3.3 Cotation probabiliste .....	23
Section III.3.4 Cotation sur exposition .....	25
Section III.3.5 Passage de la prime pure à la prime commerciale .....	27
<b>PARTIE IV : COTATION DE LA COUVERTURE ACTUELLE HORS REVALORISATION.....</b>	<b>28</b>
Chapitre 1 : Quelques éléments essentiels .....	28
Section IV.1.1 La couverture de réassurance actuelle.....	28
Section IV.1.2 Le périmètre des données .....	28
Section IV.1.3 L'outil interne de tarification .....	30
Chapitre 2 : Manipulation des données avant la cotation .....	30
Section IV.2.1 Indexation des primes et des sinistres .....	30
Section IV.2.2 Liquidation des sinistres et estimation des ultimes.....	31
Section IV.2.3 Cadence de règlement et développement future des sinistres .....	38

Section IV.2.4 Le changement du taux de provisionnement .....	39
<b>Chapitre 3 : Les résultats des cotations .....</b>	<b>41</b>
Section IV.3.1 La méthode « Burning Cost ».....	41
Section IV.3.2 La méthode probabiliste .....	43
Section IV.3.3 Résultats et commentaires .....	47
<b><i>PARTIE V : PRISE EN COMPTE DE LA REVALORISATION.....</i></b>	<b>48</b>
<b>Chapitre 1 : Les rapports de l'Assemblée Nationale .....</b>	<b>48</b>
<b>Chapitre 2 : Une première couverture possible de la revalorisation .....</b>	<b>49</b>
Section V.2.1 Une fausse bonne idée – la méthode directe .....	49
Section V.2.2 Une méthode plus judicieuse – la méthode par différence .....	50
<b>Chapitre 3 : Les couvertures proposées par le marché .....</b>	<b>53</b>
Section V.3.1 La réassurance mutuelle non vie / vie : .....	53
Section V.3.2 Un XS en suivi avec revalorisation .....	54
Section V.3.3 Une couverture XS aggregate revalorisation .....	55
<b>Chapitre 4 : Notre proposition de couverture et son coût .....</b>	<b>56</b>
Section V.4.1 Notre cahier des charges .....	56
Section V.4.2 La méthodologie .....	56
Section V.4.3 Réemploi de nos travaux .....	57
Section V.4.4 Le paramétrage de l'XS aggregate .....	58
Section V.4.5 La cotation de cette solution .....	59
<b><i>CONCLUSION GENERALE .....</i></b>	<b>62</b>
<b><i>ANNEXES .....</i></b>	<b>64</b>
<b><i>TABLE DES ANNEXES .....</i></b>	<b>73</b>
<b><i>TABLE DES TABLEAUX .....</i></b>	<b>74</b>
<b><i>TABLE DES FIGURES .....</i></b>	<b>75</b>
<b><i>BIBLIOGRAPHIE.....</i></b>	<b>76</b>

## Partie I : INTRODUCTION

### Chapitre 1 : Covéa et le marché Français

Une SGAM (société de groupe d'assurance mutuelle) est une structure juridique, défini dans l'article L.322-1-3 code des assurances<sup>2</sup>, permettant à des mutuelles d'assurance de constituer un groupe, de l'afficher et d'organiser en son sein des liens de solidarité importants et durables.

L'intérêt pour une mutuelle d'assurance d'appartenir à une SGAM réside dans le fait de devenir plus solide et compétitive, toute en conservant sa propre identité.

Covéa profite de l'introduction de la notion de SGAM dans le droit Français en août 2001, pour transformer son statut et devenir dès juin 2003 la première SGAM de France.

Aujourd'hui Covéa est composé de neuf entités réparties en quatre familles (spécificité de la SGAM-Covéa).

Le partage au sein de chaque famille est fonction du nombre de sociétaires.

L'équité est ainsi préservée quel que soit le développement des portefeuilles.

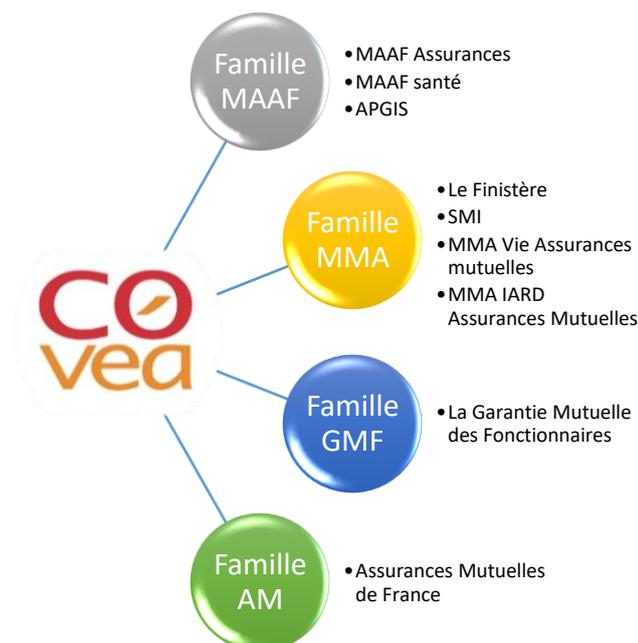


Figure 1 : Composition de la SGAM Covéa

Covéa c'est 55% du chiffre d'affaires des activités d'assurance réalisé par l'assurance non-vie en France.

M€	2019	(%)
<b>France</b>	15 239	88%
Assurance Vie	5 616	32%
Assurance Non-Vie	9 623	55%
<b>International</b>	2 161	12%
<b>Total Groupe</b>	17 400	100%

Tableau 1 : Chiffre d'affaires 2019 des activités d'assurance

M€	2019	(%)
MMA IARD SA	4 944	44%
MAAF ASSURANCES SA	2 625	24%
GMF ASSURANCES	1 758	16%
FIDELIA	454	4%
MAAF SANTE	437	4%
APGIS	476	4%
Covéa Protection Juridique	264	2%
SMI	170	2%

Tableau 2 : Chiffre d'affaires Non-Vie 2019 des principales entités en France

%	2019	2015	GMF	MMA	MAAF
Auto	24,9%	24,6%	31,5%	15,3%	37,3%
Risques privés	12,8%	12,0%	15,8%	8,3%	14,2%
Professionnels et Entreprises	22,0%	17,8%	0,5%	39,3%	7,3%
Santé et prévoyance	15,5%	13,0%	4,7%	9,0%	14,6%
Assurance vie	21,4%	28,5%	47,2%	25,6%	24,3%
Autes marchés	3,4%	4,1%	0,3%	2,5%	2,3%

Tableau 3 : Répartition du chiffre d'affaires par marché en France en 2019 et 2015

- Trois entités principales en non- vie avec des structures de marché différentes.

Au niveau national, **Covéa est le premier assureur automobile.**

Avec plus de dix millions de véhicules, il représente 19,4% du marché automobile.

<sup>2</sup> L'ensemble des références au code des assurances seront par la suite énumérés en annexe 2.

## Chapitre 2 : La responsabilité civile automobile

Il existe deux types de responsabilité. La pénale dont les sanctions sont non assurables, et la civile (RC) dont les sanctions sont assurables et qui consiste en l'obligation de réparer intégralement le dommage injustement causé à autrui.

En principe, l'engagement de la responsabilité civile est conditionné par trois éléments :

- Le dommage/préjudice (corporel, matériel, moral)
- La faute (manquement à une obligation, s'abstenir de prendre une précaution)
- Le lien de causalité entre la faute et le dommage.

Cette responsabilité civile peut-être contractuelle, c'est-à-dire résultant de la non-exécution ou de la mauvaise exécution d'un contrat ; ou délictuelle (quasi-délictuelle). Elle n'est pas associée à l'exécution d'un contrat (ex : un skieur qui en blesse un autre).

Ces responsabilités ne peuvent se cumuler et la distinction entre les deux régimes est appelé *summa divisio*. Une distinction importante puisque, à titre d'exemple, les victimes par ricochet ne sont pas indemnisables en RC contractuelle.

En droit commun, le délai de prescription extinctive est de 5 ans. En matière de dommages corporels, le délai est de 10 ans à compter de la date de consolidation du dommage initial.

En France, il existe de nombreuses assurances obligatoires qui sont détaillées dans le livre 2 du code des assurances. Elles portent essentiellement sur la responsabilité (Responsabilité civile chasse, assurance d'exploitants d'engins de remontée mécanique,) mais celle qui nous intéresse est l'assurance de responsabilité des véhicules terrestres à moteur (RCA), obligatoire depuis 1958, et qui vise à protéger les victimes de dommages matériels/corporels lors d'un sinistre automobile.

D'après l'article R.211-7 du code des assurances, « L'assurance doit être souscrite sans limitation de somme en ce qui concerne les dommages corporels et pour au moins 1 million d'euros par sinistre et quel que soit le nombre de victimes, en ce qui concerne les dommages aux biens ».

L'étude FFA sur l'assurance automobile en 2018 permet d'obtenir les volumes et les poids des montants engagés aux titres des deux RC.

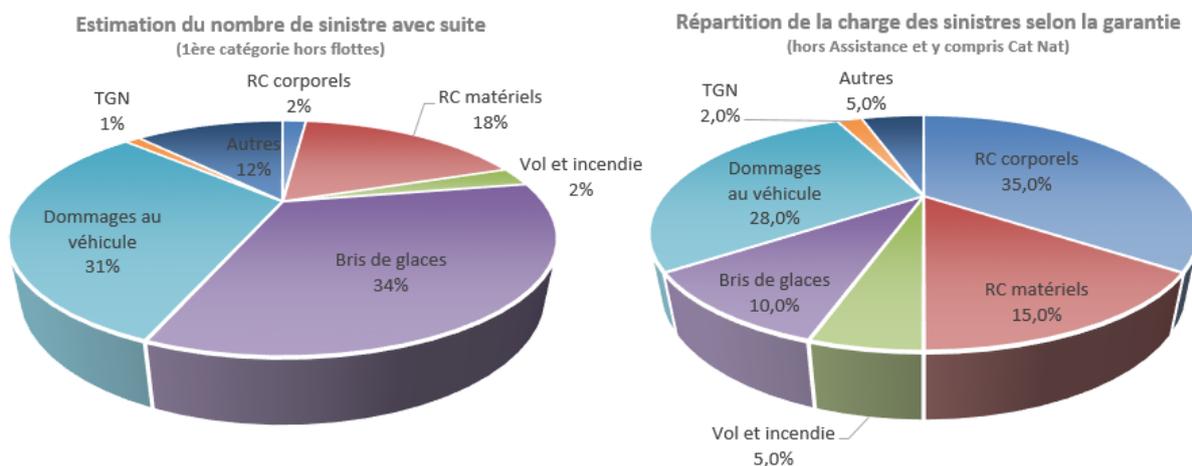


Figure 2 : Répartition 2018 des sinistres en assurance automobile selon les garanties

En 2018, les sinistres RC corporels représentent 2% du nombre total de sinistres automobile pour un coût qui représente 35% de l'ensemble de la charge automobile.

La même étude sur les sinistres de 2013 publiait également un volume de 2% mais pour une charge de 30%.

Entre les données de 2013 et 2018 la fréquence des sinistres RC corporels est stable mais le poids de la charge est plus important.

Est-ce que l'année 2018 porte une charge atypique, ou y-a-t-il une tendance à la hausse ?

## Chapitre 3 : Les chiffres de la sécurité routière et coût des sinistres

Depuis plusieurs années, et conjointement aux campagnes de prévention routière, les pouvoirs publics ont pris une série de mesures visant à réduire la mortalité routière. Si celles-ci ont porté leurs fruits, force est de constater qu'elles semblent aujourd'hui avoir atteint leurs limites. Dans le tableau ci-dessous on observe une stabilité des accidents et des blessés à partir de 2013.

Année	Accidents		Blessés		Décédés (à 30 jours)	
	Nombre	Variation	Nombre	Variation	Nombre	Variation
2009	72 315	- 2,9 %	90 934	- 3,1 %	4 273	- 0,0 %
2010	67 288	- 7,0 %	84 461	- 7,1 %	3 992	- 6,6 %
2011	65 024	- 3,4 %	81 251	- 3,8 %	3 963	- 0,7 %
2012	60 437	- 7,1 %	75 851	- 6,6 %	3 653	- 7,8 %
2013	56 812	- 6,0 %	70 607	- 6,9 %	3 268	- 10,5 %
2014	58 191	+ 2,4 %	73 048	+ 3,5 %	3 384	+ 3,5 %
2015	56 603	- 2,7 %	70 802	- 3,1 %	3 461	+ 2,3 %
2016	57 522	+ 1,6 %	72 645	+ 2,6 %	3 477	+ 0,5 %
2017	58 613	+ 1,9 %	73 384	+ 1,0 %	3 448	- 0,8 %
<b>2018</b>	<b>55 766</b>	<b>- 4,9 %</b>	<b>69 887</b>	<b>- 4,8 %</b>	<b>3 248</b>	<b>- 5,8 %</b>

Tableau 4 : Série des accidents corporels en France (source : ONISR)

Du point de vue des assureurs, la courbe de fréquences d'accidents corporels donnée ci-dessous, reflète la tendance sous entendue par les données de la sécurité routière entre 2010 et 2016 (ce graphique n'existe plus dans les dernières publications).

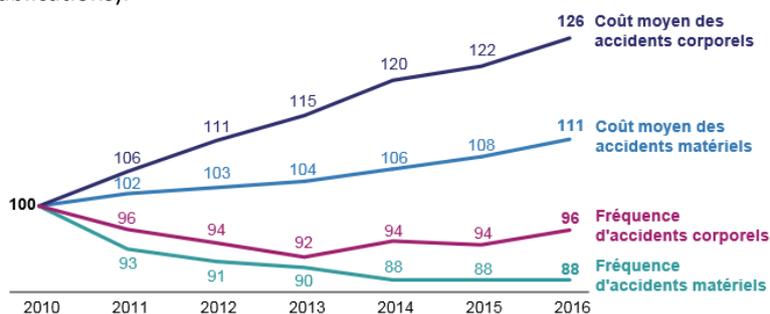


Figure 3 : Indice sinistralité automobile en France (source FFA)

Alors que la courbe des indices de fréquence des accidents corporels est quasi stable depuis 2013, on constate que celle du coût moyen des accidents corporels est en constante augmentation. Si l'explication d'une hausse régulière annuelle de la gravité des accidents est difficilement acceptable, une dérive du coût moyen de l'indemnisation est en revanche tout à fait envisageable.

Bien que réalisé uniquement sur les sinistres corporels graves, la Newsletter technique #28 de SCOR global P&C met en évidence l'absence de corrélation entre l'évolution du coût et les évolutions des principaux indicateurs économiques.

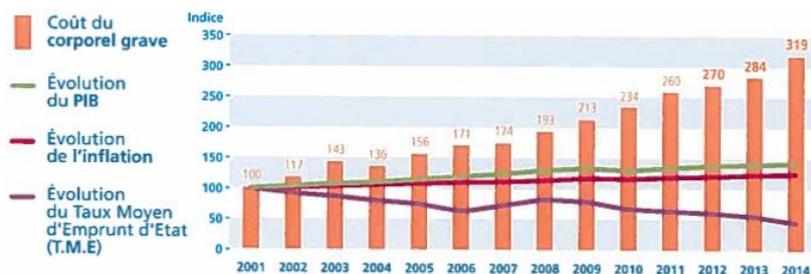


Figure 4 : Evolution du PIB et de l'inflation par rapport au coût moyen d'un sinistre corporel grave supérieur à 50%

## **Partie II : L'indemnisation des victimes RC corporelle**

### Chapitre 1 : Généralités

Dans le cas d'un sinistre avec préjudice corporel d'un tiers, la recherche d'un accord amiable (transaction) entre victime et assureur est obligatoire. L'offre d'indemnisation est à l'initiative de l'assureur et dans un délai favorable à la victime (8 mois après survenance ou 3 mois à compter de la demande d'indemnisation).

Dans le cas où la victime estime que le niveau d'appréciation du préjudice ou que le montant de l'offre reste insuffisant, le sinistre peut se dénouer par voie judiciaire (un juge détermine alors les indemnités à verser).

L'indemnisation de réparation du préjudice peut se faire en capital, ou bien pour partie en capital et pour partie en rente (temporaire / viagère).

L'indemnisation sous forme de rente est parfois mieux adaptée car elle permet de garantir à la victime ses besoins dans le temps. Cependant, en automobile, il est possible qu'une victime préfère percevoir une indemnisation en capital en lieu et place de la rente qui lui a été accordée. Dans ce cas le décret du 8 août 1986<sup>3</sup> fixe les modalités de conversions d'une rente en capital à l'utilisation de la table de mortalité 1960-64 MKH et à un taux de capitalisation de 6,5%.

Le décret n'ayant pas été actualisé, la FFSA et le GEMA ont préconisé en 2004 l'utilisation de la table de mortalité TD88-90 et la moyenne du TEC10 (taux de l'échéance constante à dix ans correspondant à l'indice européen quotidien des rendements des emprunts d'état à long terme sur 10 ans).

Malgré une mise à jour régulière, cette table et ce taux sont jugés défavorables par les défenseurs des victimes. De ce fait un autre barème, dit « Gazette du Palais », a généralement été opposé aux assureurs par les avocats.

L'admission de ce barème de capitalisation, plus favorable aux victimes, s'est généralisée dans les tribunaux depuis que la Cour de cassation a validé son utilisation par les juges.

En effet, par plusieurs arrêts rendus en décembre 2015, la deuxième chambre civile a affirmé que le choix de recourir au barème Gazette du Palais, qui prend en compte l'inflation future, relevait de leur pouvoir souverain ( Cass. 2e civ., 15 déc. 2015, no 14-27243 et 14-27244 ; Cass. 2e civ., 10 déc. 2015, n° 14-24443 et 14-26726 ; Cass. 2e civ., 10 déc. 2015, n° 14-26122). La chambre criminelle est même allée plus loin, dans un arrêt du 5 avril 2016, en précisant que les juges du fond n'avaient pas à soumettre ce choix au débat contradictoire ( Cass. crim. 5 avr. 2016, n° 15-81349).

Depuis sa première version construite en 2013, le barème a été actualisée une fois en 2016 et une fois en 2018.

Le millésime 2016 prend en compte certaines suggestions des assureurs, comme le lissage des taux sur 2 ans. Il se réfère aux dernières tables INSEE publiées, c'est à dire celles de 2006-2008, afin que leurs données ne soient pas contestables devant les juridictions, ainsi qu'au taux d'actualisation de 1,04%.

Le millésime 2018 se réfère aux tables INSEE 2010-2012, ainsi qu'au taux d'actualisation de 0,5%.

Le millésime 2020 doit trouver une alternative aux taux particulièrement bas. Avec l'emploi du TEC10, on obtient un taux net de -1,0 %. Cette valeur est censée représenter la rémunération des placements nette d'inflation qu'une victime pourrait attendre. Finalement on retiendra un taux d'actualisation de 0% avec une alternative à 0,3% (en fonction du contexte de placement) représentant respectivement les nets d'inflation d'un rendement nominal d'un portefeuille sécurisé d'actifs de marché et des rendements moyens des contrats d'assurance vie.

---

<sup>3</sup> Décret du 8 août 1986 présent en annexe 1

## Chapitre 2 : Ce qu'il faut connaître

### Section II.2.1 La loi Badinter et la mesure du préjudice

La loi du 5 juillet 1985<sup>4</sup> dite « loi Badinter » a pour objet principal de garantir aux victimes d'accident de la route, une indemnisation rapide et convenable de leur préjudice corporel. De ce fait, les règlements amiables entre les parties sont encouragés et le principe de droit à l'indemnisation prime sur la recherche de la responsabilité.

Avant l'application de cette loi, le conducteur pouvait s'exonérer de toute responsabilité en cas de force majeure ou en cas de fait d'un tiers. Désormais la force majeure ou le fait d'un tiers ne sont plus opposables aux victimes lorsqu'un véhicule à moteur est impliqué dans un accident.

Cette loi crée le statut de « victimes protégées » qui seront toujours indemnisées, y compris en cas de faute inexcusable, sauf dans le cas rare de la faute intentionnelle comme la tentative de suicide.

Parmi ces « victimes protégées » on retrouve les mineurs de moins de 16 ans, les seniors de plus de 70 ans et les grands invalides.

Si la loi Badinter protège les droits de la victime, l'évaluation de son préjudice reste aléatoire du fait d'une absence d'outils de calcul.

Après une période de soins et de convalescence, une victime peut garder des séquelles plus ou moins importantes qui se stabilisent et deviennent définitives. C'est le médecin expert qui, après examen de la victime et évaluation de ses dommages corporels, fixe le caractère définitif. On parle alors de « date de la consolidation » et de « victime consolidée ». (Dans le cas de victime mineur, la date de consolidation est forcément postérieure à la date d'anniversaire marquant la majorité).

Dès consolidation il est possible d'apprécier la gravité du dommage corporel via le taux d'AIPP (Atteinte à l'Intégrité Physique et Psychique). Evalué sur une échelle de 0 à 100, ce taux peut se définir comme une mesure de la réduction définitive du potentiel physique et/ou psychique médicalement constatable ou médicalement explicable à laquelle s'ajoutent les douleurs et les répercussions psychologiques que le médecin sait normalement liées à la séquelle ainsi que les conséquences dans la vie de tous les jours habituellement et objectivement liées à cette séquelle ».

Quelques exemples à titre d'illustration :



Figure 5 : Correspondance potentielle entre taux d'AIPP et type de séquelles

### Section II.2.2 Le rapport Dintilhac

Le 29 septembre 2004, le conseil des ministres lance un groupe de travail sur le « droit des victimes de préjudices corporels à une juste indemnisation » afin de procéder à « l'établissement d'une nomenclature des chefs de préjudice corporel cohérente, reposant sur une distinction claire entre les préjudices économiques et non économiques, notamment en ce qui concerne l'incapacité permanente partielle (IPP) ». L'idée principale de cette commission est d'évaluer poste par poste le préjudice subi et non pas d'allouer une indemnité globale.

La nomenclature Dintilhac, conclusion de ce groupe de travail distingue :

- Les préjudices temporaires et les préjudices permanents
- Les préjudices patrimoniaux (caractère pécuniaire) et les préjudices extra patrimoniaux.
- Les préjudices de la victime directe et les préjudices des victimes indirectes de personnes décédées

<sup>4</sup> Loi du 5 juillet 1985 « Badinter » présente en annexe 1

## Préjudice de la victime direct :

	Préjudices patrimoniaux		Préjudices extra patrimoniaux	
Temporaires (Avant consolidation)	Dépenses de Santé Actuelles	DSA	Déficit Fonctionnel Temporaire	DFT
	Frais Divers	FD	Souffrances Endurées	SE
	Pertes de Gains Professionnels Actuels	PGPA	Préjudice Esthétique Temporaire	PET
Permanents (Après consolidation)	Dépenses de Santé Futures	DSF	Déficit Fonctionnel Permanent	DFP
	Frais de Logement Adapté	FLA	Préjudice d'Agrément	PA
	Frais de Véhicule Adapté	FVA	Préjudice Esthétique Permanent	PEP
	Assistance Tierce-Personne	ATP	Préjudice Sexuel	PS
	Pertes de Gains Professionnels Futurs	PGPF	Préjudices d'Etablissement	PEP
	Incidence Professionnelle Préjudice Scolaire universitaire	IP PSU	Préjudices Permanents Exceptionnels	PPE
Evolutifs (Hors consolidation)			Préjudices pour pathologies évolutives	PEV

## Préjudice de la victime indirect :

	Préjudices patrimoniaux		Préjudices extra patrimoniaux	
Cas de décès de la victime direct	Frais d'Obsèques	FO	Préjudice d'Accompagnement	PAC
	Perte de Revenus des proches	PR	Préjudice d'Affection	PAF
	Frais Divers des proches	FD		
Cas de survie de la victime direct	Perte de Revenus des proches	PR	Préjudice d'Affection	PAF
	Frais Divers des proches	FD	Préjudices extra patrimoniaux Exceptionnels	PEX

Tableau 5 : Synthèse de la nomenclature Dintilhac des postes de préjudices

Depuis 2006, les acteurs de l'indemnisation du dommage corporel ont intégré cette nomenclature<sup>5</sup>. Bien que purement indicative et non limitative, son application par les assureurs et les cours d'appel est vivement recommandé pour plus de transparence et plus d'équité entre des victimes qui étaient jusque-là indemnisés de façon hétérogène. Les magistrats restent néanmoins libres d'appliquer leur pouvoir souverain pour alimenter les postes de préjudices.

	Blessés avec AIPP	Blessés selon le taux d'AIPP		
		1 à 5 %	6 à 49 %	50 % et plus
<b>Frais de santé</b>	<b>22,2 %</b>	<b>20,3 %</b>	<b>26,0 %</b>	<b>18,2 %</b>
Dépenses santé actuelles	19,4 %	20,1 %	24,9 %	12,4 %
Dépenses santé futures	2,9 %	0,2 %	1,0 %	5,8 %
<b>Préjudices professionnels (actuels + futurs)</b>	<b>19,7 %</b>	<b>14,7 %</b>	<b>24,2 %</b>	<b>15,5 %</b>
Pertes de gains professionnels actuels	7,1 %	13,5 %	10,2 %	1,8 %
Pertes de gains professionnels futurs	8,6 %	0,4 %	7,9 %	11,6 %
Incidence professionnelle	3,8 %	0,7 %	5,8 %	2,1 %
Préjudice scolaire & universitaire	0,2 %	0,1 %	0,3 %	0,1 %
<b>Déficit fonctionnel permanent</b>	<b>20,1 %</b>	<b>26,3 %</b>	<b>21,2 %</b>	<b>17,2 %</b>
<b>Tierce personne</b>	<b>13,1 %</b>	<b>0,3 %</b>	<b>3,5 %</b>	<b>28,1 %</b>
<b>Préjudices personnels</b>	<b>10,8 %</b>	<b>25,3 %</b>	<b>13,2 %</b>	<b>4,0 %</b>
Souffrances endurées	7,4 %	22,3 %	8,5 %	2,2 %
Préjudice esthétique temporaire	0,3 %	0,1 %	0,4 %	0,2 %
Préjudice esthétique permanent	1,7 %	2,4 %	2,4 %	0,7 %
Préjudice d'agrément	1,4 %	0,5 %	2,0 %	1,0 %
<b>Autres</b>	<b>14,1 %</b>	<b>13,1 %</b>	<b>12,0 %</b>	<b>16,9 %</b>
Déficit fonctionnel temporaire	2,8 %	6,6 %	3,5 %	1,0 %
Dont gêne temporaire résiduelle (GTR)	0,1 %	0,7 %	0,1 %	0,0 %
Dont gêne temporaire partielle (GTP)	0,9 %	0,5 %	1,2 %	0,6 %
Dont gêne temporaire totale (GTT)	1,8 %	5,4 %	2,2 %	0,4 %
Frais divers	4,9 %	4,7 %	4,3 %	5,6 %
Aménagement logement & véhicule	1,6 %	0,0 %	0,5 %	3,2 %
Préjudice sexuel	0,7 %	0,0 %	0,4 %	1,2 %
Autres indemnités	4,2 %	1,7 %	3,3 %	5,8 %
<b>Ensemble</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

Tableau 6 : poids des différents préjudices indemnisés des blessés avec AIPP selon la gravité en 2017

<sup>5</sup> Description de certains postes de la nomenclature en annexe 3.

Le poids des différents postes de préjudices dans l'indemnisation à la victime est fonction de la gravité du dommage comme l'illustre l'étude FFA sur le marché de l'assurance automobile en 2018. Il paraît logique qu'une victime lourdement atteinte (dans le coma par exemple) nécessite un besoin en aide humaine plus important qu'une victime amputée d'une main.

Afin de garantir à la victime ses besoins dans le temps, l'indemnisation au titre de l'assistance par tierce personne et l'indemnisation au titre des dépenses de santé futures sont le plus souvent liquidés sous forme de rente.

## Chapitre 3 : Les rentes

### Section II.3.1 Qu'est-ce qu'une rente

Une rente est le versement régulier (annuel, trimestriel, mensuel) pendant une durée donnée (temporaire, viagère) d'un arrérage (somme d'argent prédéfinie), à un crédirentier (bénéficiaire de la rente). On parle d'annuité en cas de versement annuel de l'arrérage.

Dans la quasi-totalité des cas, la rente est conditionnée par la survie de la victime.

La capitalisation<sup>6</sup> d'une rente correspond à la somme nécessaire à une date donnée pour qu'après placement de cette somme à un taux d'intérêt fixé, comme par exemple le Taux Moyen des Emprunts d'Etat (TME), on soit en mesure de payer les arrérages de la rente.

Une table de mortalité permet de donner à chaque âge, pour les hommes et les femmes, les probabilités de décès ou de survie et l'espérance de vie moyenne attendue. Ainsi, si une victime décède avant d'avoir atteint son espérance de vie moyenne, on parle de décès anticipé. Dans le cas contraire on parle de mortalité tardive.

Pour un assureur, la vie d'une rente est composée de trois étapes.

- Avant son attribution par jugement ou transaction. La rente est alors incertaine puisqu'elle dépend de la façon dont la victime va être indemnisée de son préjudice. On évalue alors une rente potentielle.
- Au moment de son attribution. On calcul un capital constitutif de rente (CCR).
- Après l'attribution. La rente est provisionnée par l'assureur dans son bilan pour servir les arrérages restants à payer en tenant compte des intérêts financiers et de l'espérance de vie du crédirentier.

Le CCR correspond à la capitalisation des arrérages futurs à la date d'attribution de la rente (et uniquement à cette date) en tenant compte de ses caractéristiques (à terme échu, à échoir, annuelle, trimestrielle, ...), de l'âge de la victime, de l'arrérage, d'une table de mortalité et d'un taux de capitalisation. Nous aborderons plus tard l'utilité du CCR.

Le mode de calcul de la provision mathématique est identique à celui du CCR mais la différence vient du fait qu'elle est recalculée à chaque fin d'arrêté comptable. Lors de ce calcul est prise en compte la survie observée du crédirentier, ainsi que l'environnement légal sur le taux de capitalisation et la table de mortalité à utiliser.

### Section II.3.2 L'indexation des rentes

Lors de son attribution, il peut être établi que la rente doit pouvoir conserver son pouvoir d'achat dans le temps. De ce fait, la rente est dite indexée et l'arrérage indexé est revalorisé à chaque échéance annuelle en fonction des variations constatées de l'indice de référence choisi lors de l'attribution.

Exemple sur une rente indexée dont l'arrérage initial est de 1 000€.

A la fin de l'année, l'indice passe de 100 à 104. Le pourcentage d'indexation vaut :  $104/100 = 4\%$ .

L'arrérage indexé est égal à  $1\ 000 \times (1 + 4\%) = 1\ 040\text{€}$ .

L'indexation de la rente, qui est la différence entre l'arrérage initial et l'arrérage indexé, s'élève à 40€.

<sup>6</sup> En ce qui concerne les rentes, l'usage est de parler de capitalisation au lieu d'actualisation.

Concernant l'automobile, l'article 1er de la loi de 1974 prévoit que « *sont majorées de plein droit, selon les coefficients de revalorisation prévus à l'article L. 455 du code de la sécurité sociale, les rentes allouées soit conventionnellement, soit judiciairement, en réparation du préjudice causé, du fait d'un accident de la circulation, à la victime ou, en cas de décès, aux personnes qui étaient à sa charge.* »

L'article L. 434-17 du code de la sécurité sociale fixe les coefficients de revalorisation pour les rentes allouées en réparation d'accidents de la circulation à ceux appliqués aux pensions de vieillesse de l'article L. 161-23-1 du code précité et sont indexées sur l'indice des prix à la consommation.

L'article L.161-23-1 du code précité stipule que « *le coefficient annuel de revalorisation des pensions de vieillesse servies par le régime général et les régimes alignés sur lui est fixé, au 1er avril de chaque année, conformément à l'évolution prévisionnelle en moyenne annuelle des prix à la consommation hors tabac prévue, pour l'année considérée, par une commission dont la composition et les modalités d'organisation sont fixées par décret* ».

### Section II.3.3 Le décret du 20 juin 2013 ou le désengagement du FGAO

La structure de la réglementation française en assurance est étudiée pour que les sinistres jugés « importants » soient indemnisés, mais il peut arriver que des sinistres échappent à ce système notamment lorsque les assurances obligatoires ne sont pas souscrites.

Des fonds de garantie existent pour protéger les victimes. Ces fonds sont référencés dans le livre 4 du code des assurances (Organisations et régimes particuliers d'assurance). Celui qui nous intéresse est le fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages (FGAO). Financé en partie par les contributions des assureurs et des assurés, il intervient dans les accidents automobiles lorsque le responsable (ou le propriétaire de l'animal responsable) est inconnu, illégalement assuré, ou insolvable.

Aux termes de la loi de sécurité financière de 2003, la charge financière de l'indexation des rentes a été transférée au FGAO, venant ainsi compléter ses nombreuses missions. En 2012, malgré un taux de contribution des assurés fixé à 1,2 % depuis 2010, le FGAO présente un cinquième exercice déficitaire consécutif (env.100 millions d'euros). C'est dans le but d'assainir une situation financière qui se dégrade d'année en année que le décret du 20 juin 2013 paraît. En transférant la charge de l'indexation au secteur privé, l'état entend redonner les moyens au FGAO d'assurer ses missions premières.

### Section II.3.4 La révision des rentes

Durant l'exécution de la rente, il est courant que la victime ou sa famille demande une révision de celle-ci pour tenir compte :

- D'une aggravation de l'état de santé de la victime (il n'y a pas de révision à la baisse en cas d'amélioration de l'état de santé de la victime)
- D'une modification situationnelle.

L'article 2226 du code civil<sup>7</sup> ouvre la possibilité à la victime de solliciter une indemnisation complémentaire dans les 10 ans à compter de la consolidation.

En cas de réouverture, il faut noter que la nouvelle indemnisation ne doit pas revenir sur des préjudices déjà indemnisés, fût-ce de manière imparfaite ou sous évalués. Comme la prescription, l'autorité de la chose jugée constitue une limite à l'indemnisation de l'aggravation.

Si un complément de rente est décidé (par juge/transaction) alors on parlera d'arrérage révisé. Cet arrérage est lui-même potentiellement soumis à indexation. On parlera alors d'arrérage révisé indexé.

Considérons une victime dont les parents se chargent de lui apporter l'aide nécessaire en matière de soins. L'arrérage initial a été fixé à 1 000€ en 2014 mais il a été envisagé lors de la demande d'indemnisation que la

---

<sup>7</sup> Article 2226 du code civil présent en annexe 1.

rente indexée soit révisée si les parents ne sont plus aptes à assurer les soins. 10 ans plus tard, le père décède du fait de son âge et la mère ne peut pas assumer la charge sans une tierce personne. L'arrérage initial est réévalué à 2 000€. Quelle est la situation 10 ans après révision si l'on considère que l'inflation est systématiquement de 2% par an ? Quel est l'impact de la réforme du FGAO ?

	Attribution initial	10 ans plus tard, veille de révision	A la révision	10 ans après révision
Arrérage perçu par la victime	rente initiale 1 000€	rente initiale indexé $1\,000 \times (1+2\%)^{10} = 1\,219\text{€}$	rente initiale indexé 1 219€	rente initiale indexé $1\,219 \times (1+2\%)^{10} = 1\,486\text{€}$
			rente complémentaire $2\,000 - 1\,219\text{€} = 781\text{€}$	rente complémentaire indexé $781 \times (1+2\%)^{10} = 952\text{€}$
Arrérage versé par l'assureur	rente initiale 1 000€	rente initiale 1 000€	rente initiale 1 000€	rente initiale 1 000€
			rente complémentaire $2\,000 - 1\,219\text{€} = 781\text{€}$	rente complémentaire 781€
Indexation prise en charge par l'assureur avec la réforme du FGAO		indexation rente initiale 219€	indexation rente initiale 219€	indexation rente initiale 486€
			indexation rente complémentaire 0€	indexation rente complémentaire 171€

Tableau 7 : Exemple d'impact de la revalorisation pour le FGAO

Les hypothèses que nous avons faites nous ont conduits, au bout de 20 ans de rente, à une indexation équivalente à  $\frac{1}{4}$  de la rente initiale.

On comprend mieux l'impact du décret du 20 juin 2013 sur le bilan d'un assureur.

### Section II.3.5 Le provisionnement des rentes

Concernant le provisionnement des rentes, l'article A331-10<sup>8</sup> abrogé du code des assurances spécifiait qu'elles devaient :

- Être provisionnées sur la table de mortalité TD88-90
- Selon un taux d'actualisation qui ne peut pas excéder 60% du taux moyen au cours des vingt-quatre derniers mois des emprunts de l'état Français (TME), sans pouvoir dépasser 3,5%.
- Pour les rentes allouées en réparation du préjudice causé, du fait d'un accident de la circulation survenu à compter du 1er janvier 2013, revalorisées au taux d'inflation de 2,25%.

S'agissant de l'âge du rentier, sa date de naissance est reportée au 31 décembre le plus proche.

Depuis la réglementation a évolué et l'article R343-7 précise que les provisions des rentes sont évaluées selon les prescriptions comptables de l'Autorité des normes comptables (ANC).

Désormais l'article 143-2 du règlement ANC n°2018-08 du 11 décembre 2018 fixe :

- L'utilisation de la table de mortalité INSEE TD88/90
- Un taux d'actualisation qui ne peut excéder 60 % du taux moyen au cours des vingt-quatre derniers mois des emprunts de l'Etat français majoré de 10 points de base, sans pouvoir dépasser 3,5 %
- Dans le cas des rentes allouées au titre des accidents survenus à compter du 1er janvier 2013 et dont le montant est revalorisé en application de la loi n° 51-695 du 24 mai 1951 ou de la loi n° 74- 1118 du 27 décembre 1974, un taux d'inflation égal à 2,0 %.

<sup>8</sup> Article A.331-10 présent en annexe 2.

## **Partie III : La réassurance**

### Chapitre 1 : L'intérêt de la réassurance

Une compagnie d'assurance est évaluée en fonction de son chiffre d'affaires et de ses résultats. Or tout le problème réside dans le fait qu'elle vend des primes avant d'acheter des sinistres (inversion du cycle de production). De ce fait elle est confrontée à la survenance de sinistres susceptibles d'entraîner des pertes qui lui seront insupportables. Afin de se protéger, cette dernière peut recourir à une opération de réassurance.

Une opération de réassurance est un contrat par lequel un réassureur (le « cessionnaire ») s'engage auprès d'un assureur professionnel (la « cédante ») à prendre en charge moyennant rémunération « prime de réassurance » tout ou partie des sommes dues aux assurés en raison de sinistres.

En faisant appel à un réassureur, la compagnie d'assurance peut ainsi :

- ✓ Augmenter ses possibilités de souscription
- ✓ Alléger sa trésorerie
- ✓ Protéger son bilan

Deux natures de réassurance s'offrent à l'assureur et dépendent de la manière dont celui-ci souhaite réassurer ses risques :

- **PROPORTIONNELLE** : Le réassureur prend en charge une proportion d'un risque moyennant une proportion identique de la prime payée par l'assuré, et paie dans les mêmes proportions en cas de réalisation d'un sinistre.
- **NON PROPORTIONNELLE** : Le réassureur prend l'engagement de payer à l'assureur certains montants à condition qu'un événement défini (sinistre individuel ou somme de sinistres) se réalise. En contrepartie, le réassureur perçoit une prime pour compenser le risque qu'il prend.

### Chapitre 2 : Traités non-proportionnels et principales clauses

#### Section III.2.1 Les traités non-proportionnels

Avec l'article R.211-7 du code des assurances, nous avons noté qu'en responsabilité civile automobile, l'assurance des dommages corporels devait être souscrite sans limitation de somme.

Pour protéger sa branche responsabilité civile automobile d'une charge sinistre pouvant se révéler colossale, il paraît nécessaire qu'un assureur ait recours à la réassurance.

Sur le marché, cette protection est vendue via un traité non proportionnel en excédent de sinistre (noté XS). Les « XS Aggregate » et « stop-loss » font partie des traités non proportionnels et nous allons également étudier leurs caractéristiques.

#### L'excédent de sinistre (XS) :

L'assureur définit le montant maximal de sinistres qu'il est prêt à assumer : c'est la priorité (franchise) du traité. Au-delà, le réassureur prend en charge, en général dans la limite d'un plafond. L'écart entre la priorité et le plafond est la portée et correspond à l'engagement maximal du réassureur (plafond = priorité + portée). Cette partie réassurée s'appelle également la tranche. Un traité XS peut être composé de plusieurs tranches et chacune d'entre elle aura sa propre cotation (nous aborderons ce point dans le chapitre 3).

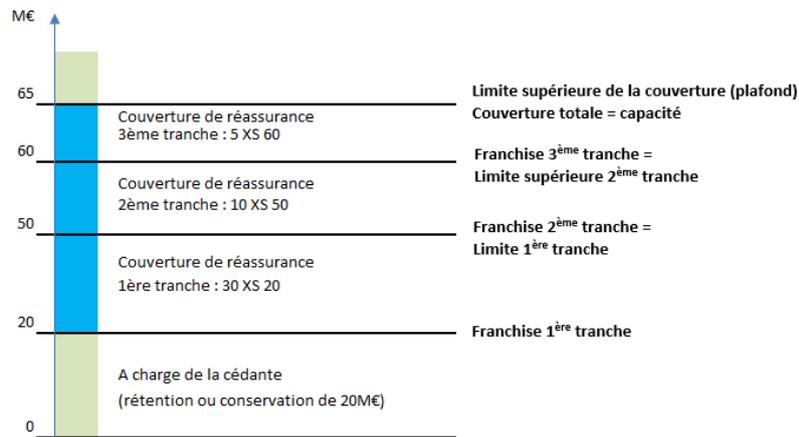


Figure 6 : Structure d'un traité en excédent de sinistre

Avec la notion de priorité, on comprend que tous les « petits » sinistres seront conservés par la cédante. Seuls les sinistres importants seront réassurés. A noter qu'il existe l'XS par risque (qui joue risque par risque) et/ou l'XS par évènement (qui regroupe plusieurs polices sinistrées du fait d'une même cause). A titre d'illustration, le premier est utilisé pour se couvrir contre le risque incendie, le deuxième contre les évènements naturels tels que les inondations et les tempêtes.

Prenons à titre d'exemple une couverture incendie en 3M€ XS 1M€. La portée est de 2M€ et correspond à l'engagement maximal du réassureur par risque. Trois sinistres sont survenus dans l'année pour des montants de 750K€, 2M€ et 4M€.

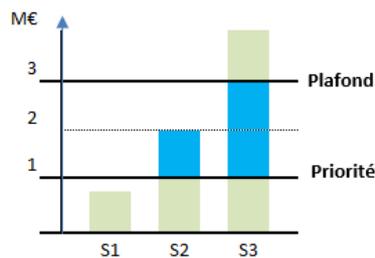


Figure 7 : Fonctionnement d'un traité en excédent de sinistres

- Le montant du 1<sup>er</sup> sinistre est inférieur à la priorité. Il n'entre pas dans le cadre du traité. La cédante assume l'intégralité du sinistre.
- Le montant du 2<sup>ème</sup> sinistre est supérieur à la priorité sans dépasser pas le plafond. La cédante conserve 1M€. Le réassureur couvre 1M€.
- Le montant du 3<sup>ème</sup> sinistre dépasse le plafond. L'engagement du réassureur correspond à la portée (2M€). L'assureur prend en charge le montant en deçà de la priorité et au-delà du plafond (2M€).

Sans couverture, la cédante aurait dû assumer une charge de 6,75M€.

Avec la mise en place de la couverture, la cédante conserve 3,75M€ et cède 3M€.

#### Le stop-loss :

Contrairement à l'XS qui protège contre les montants des sinistres, le stop-loss protège contre les mauvais résultats et ce quel que soit la distribution des montants des sinistres. Priorité, portée et plafond sont des pourcentages de la prime perçue.

Autrement dit, dès que la charge sinistre de l'assureur dépasse un pourcentage des primes, l'excédent de coût est couvert par le réassureur, à concurrence d'une portée défini dans le traité.

La mise en place de ce traité est simple et permet de se couvrir efficacement contre une hausse de fréquence.

Il est souvent utilisé par les assureurs pour se prémunir contre la grêle dont la fréquence varie fortement d'une année sur l'autre.

Exemple sur un traité stop-loss de 100% XS 90% contre la grêle. Cela signifie que le traité fonctionnera dès lors que le rapport sinistre à prime dépassera 90.

L'assureur a reçu 80M€ de primes sur la garantie grêle mais sa charge sinistre au titre de la grêle s'élève à 100M€ ( $S/P_{\text{Grêle}} = 125$ ). La rétention est de  $80M€ \times 90\% = 72M€$  et la portée est de  $80M€ \times 100\% = 80M€$ . La cession est donc de 28M€ et le  $S/P_{\text{Grêle}}$  vaut 90.

#### L'excédent de sinistre Aggregate (XS Aggregate) :

Un XS Aggregate fonctionne de la même manière qu'un stop-loss à la différence que portée, priorité et plafond sont exprimés en montant.

Reprenons notre couverture incendie de 3M€ XS 1M€.

Supposons désormais que l'assureur (de petite taille) ne puisse assumer une charge globale de plus de 3M€.

Celui-ci décide alors de souscrire un XS Aggregate ILL XS 3M€ afin de se prémunir contre le risque de faillite.

Nous avons vu qu'après application du traité sur nos trois sinistres, la charge conservée était de 3,75M€.

Avec l'XS Aggregate souscrit, l'engagement de l'assureur ne dépassera pas 3M€. Les 0,75M€ seront couverts par le traité.

### Section III.2.2 Les principales clauses

Il est courant que les traités contiennent un nombre plus ou moins important de clauses. Celles-ci ont pour objectif de préciser l'engagement du réassureur et le calcul de la prime de réassurance. Leurs applications peuvent donc fortement changer le coût de l'opération de réassurance. Ici, nous nous intéresserons uniquement aux clauses les plus courantes ou qui sont susceptibles d'intervenir dans un traité en excédent de sinistre en responsabilité civile automobile.

#### Les clauses « Aggregate »

Les clauses « Aggregate » ont pour effet de limiter l'engagement du réassureur, et donc de diminuer le coût de la réassurance. Cette limitation peut se faire via un « Aggregate déductible » et/ou via un « Aggregate limit ».

- L'Aggregate déductible (AAD) se comporte comme une franchise annuelle appliquée à la somme des montants dus par le réassureur avant l'application de cette clause.
- L'Aggregate limit (AAL) se comporte comme un plafond annuel appliqué à la somme des montants dus par le réassureur, c'est-à-dire que le réassureur limite la couverture offerte à un certain montant cumulé de sinistres.

Ces deux limites peuvent être exprimées en montant ou en pourcentage de l'assiette de prime.

Supposons qu'un assureur décide de se couvrir via un traité 30M€ XS 5M€, mais qu'afin de diminuer le prix du traité (et parce qu'il peut le faire) il demande un AAD de 15M€ et/ou un AAL de 70M€.

Sur la série de sinistre suivante, le transfert de charge vers le réassureur se répartirait, en fonction des clauses aggregate retenus, de la façon suivante :

N° sinistre	Montant du sinistre	Rétention cédante sur l'XS	AAD	Charge XS avec AAD	Conservation cédante	AAL	Charge XS avec AAL	Conservation cédante	Charge XS avec AAD et AAL	Conservation cédante
S1	16 000 000 €	5 000 000 €	11 000 000 €	- €	16 000 000 €	- €	11 000 000 €	5 000 000 €	- €	16 000 000 €
S2	26 000 000 €	5 000 000 €	4 000 000 €	17 000 000 €	9 000 000 €	- €	21 000 000 €	5 000 000 €	17 000 000 €	9 000 000 €
S3	38 000 000 €	8 000 000 €	- €	30 000 000 €	8 000 000 €	- €	30 000 000 €	8 000 000 €	30 000 000 €	8 000 000 €
S4	4 000 000 €	4 000 000 €	- €	- €	4 000 000 €	- €	- €	4 000 000 €	- €	4 000 000 €
S5	50 000 000 €	20 000 000 €	- €	30 000 000 €	20 000 000 €	22 000 000 €	8 000 000 €	42 000 000 €	23 000 000 €	27 000 000 €
Total	134 000 000 €	42 000 000 €	15 000 000 €	77 000 000 €	57 000 000 €	22 000 000 €	70 000 000 €	64 000 000 €	70 000 000 €	64 000 000 €

Tableau 8 : Exemple d'application d'une clause aggregate

L'intervention et la fin de couverture du réassureur est plus ou moins tardive en fonction de la clause retenue.

### La clause de reconstitution de garantie

Dans le cadre d'un traité en XS, le réassureur peut ne pas s'engager à couvrir tous les sinistres amenés à faire jouer la protection, mais limiter sa couverture à un nombre ou un montant maximum de sinistres. Cependant, en cas de fréquence catastrophique ou de quelques sinistres importants, la cédante peut être en défaut de couverture.

Afin de se protéger contre ce cas de figure, la cédante peut souscrire une clause de reconstitution de garanties, engageant ainsi le réassureur à rétablir la couverture en échange d'une prime de reconstitution.

Si dans un XS par événement le réassureur accorde deux reconstitutions de garantie, cela signifie qu'il s'engage à payer au maximum trois fois la portée dans la période de référence pour ce traité.

Les reconstitutions peuvent être prépayés ou payantes, illimités ou limités.

Dans le cas de reconstitutions payantes, la prime de reconstitution peut être calculée au prorata temporis (selon la période de couverture restante), prorata capita (selon le montant à reconstituer), ou les deux.

En RC automobile, le nombre de reconstitution est illimité et prépayé. On ne s'intéressera donc pas à cette clause mais nous allons néanmoins l'illustrer afin de comprendre son fonctionnement.

Prenons un traité 4M€ XS 1M€ avec deux reconstitutions prépayées.

Le réassureur peut être amené à payer trois fois le montant de la garantie du traité (la garantie de base à 4M€ et deux fois la reconstitution à 4M€ également), soit 12M€.

N° sinistre	Montant du sinistre	Charge XS	Montant	Montant	Montant	Montant	Montant	Montant	Garantie du traité après reconstitution
			consommé de la 1ère reconstitution	restant de la 1ère reconstitution	consommé de la 2ème reconstitution	restant de la 2ème reconstitution	consommé de la garantie de base	restant de la garantie de base	
				4 000 000 €		4 000 000 €		4 000 000 €	12 000 000 €
S1	4 000 000 €	3 000 000 €	3 000 000 €	1 000 000 €	- €	4 000 000 €	- €	4 000 000 €	9 000 000 €
S2	5 000 000 €	4 000 000 €	1 000 000 €	- €	3 000 000 €	1 000 000 €	- €	4 000 000 €	5 000 000 €
S3	3 000 000 €	2 000 000 €	- €	- €	1 000 000 €	- €	1 000 000 €	3 000 000 €	3 000 000 €
Total	12 000 000 €	9 000 000 €	4 000 000 €		4 000 000 €		1 000 000 €		3 000 000 €

Tableau 9 : Exemple d'application d'une clause de reconstitution

En cas de sinistre supplémentaire dont le montant dépasserait la priorité, le réassureur interviendrait au maximum sur 3M€ même si la portée du traité est de 4M€.

### La clause d'indexation

L'engagement du réassureur est défini par la priorité et la portée. Dans un traité pluriannuel, l'évolution monétaire peut faire perdre aux bornes leurs significations initiales et changer la répartition des sinistres entre l'assureur et le réassureur. Le taux de prime perçu par le réassureur ne suffisant plus à couvrir ses engagements.

Afin de conserver les conditions à la souscription d'un exercice de survenance à l'autre, on indexe la priorité et la portée sur un indice de référence que l'on aura choisi et sensé être représentatif de l'évolution des coûts dans la branche considérée. L'indice INSEE sera souvent employé pour un traité de responsabilité civile.

### La clause de stabilisation

Si pour certaines branches le règlement des sinistres se fait rapidement ; il y en a d'autres, comme la responsabilité civile, pour qui le règlement d'un sinistre peut s'étaler sur plusieurs années.

Durant cette période de temps, l'évolution économique peut être considérablement, et si les bornes du traité sont figées, c'est le réassureur qui supporte l'intégralité de l'inflation dès lors que la priorité est dépassée.

Le but cette clause est donc de répartir entre l'assureur et le réassureur, la charge supplémentaire générée lors du développement du sinistre par l'inflation, et ce dans les mêmes proportions qu'il y aurait eu sans l'inflation.

La proportion du sinistre prise en charge reste la même quelle que soit la date et la durée du règlement.

Il existe plusieurs modes de calcul de la stabilisation (seuil atteint, seuil déduit ou « Severe Inflation Clause » (SIC)) mais le seuil atteint de 10% est celui que l'on retrouve le plus souvent sur le marché Français. Ce seuil de 10% correspond à la variation minimale nécessaire, d'un indice de référence préalablement choisi, pour enclencher la stabilisation des paiements.

Plaçons-nous dans le cadre d'un traité 10 000 XS 5 000€ de 2010, muni d'une clause de stabilisation avec marge de 10%. Un sinistre de survenance 2010 donne lieu à des règlements échelonnés dans le temps. Etudions l'application et l'impact de la clause sur le résultat du réassureur.

Années	Montants des paiements	Indice	Variation de l'indice	Montants stabilisés
2010	1 000 €	100	-	1 000 €
2011	2 000 €	105	5,0%	2 000 €
2012	2 500 €	112	12,0%	2 232 €
2013	1 100 €	109	9,0%	1 100 €
2014	4 000 €	130	30,0%	3 077 €
2015	2 000 €	115	15,0%	1 739 €
Total	12 600 €			11 148 €

Tableau 10 : Exemple d'application d'une clause de stabilisation

Remarque : La variation de l'indice est inférieure à 10% en 2011 et 2013. D'après les termes du traité, ces montants ne sont pas à stabiliser.

Sans application de la clause, la charge pour le réassureur est de 7 600€.

Avec application de la clause. La charge stabilisée permet le calcul d'une priorité et portée stabilisées.

$\text{Priorité}_{\text{stabilisée}} = 5000 \times \frac{12600}{11148} = 5651$  ;  $\text{Portée}_{\text{stabilisée}} = 10000 \times \frac{12600}{11148} = 11302$ . La charge est de 6 949€.

### La clause de rente

Cette clause concerne toutes les rentes (par transaction et par jugement) et fixe les modalités de leur prise en charge par la réassurance. Une rente pouvant être versée pendant une longue période, les assureurs peuvent avoir des besoins différents. De ce fait il existe deux catégories de clause de rente.

- La clause de rachat

On considère la rente à sa date d'attribution par le biais du Capital Constitutif de la Rente. Le CCR est ajouté aux autres paiements en capital et le réassureur se libère de son engagement en payant la part du sinistre lui incombant. Il est donc indispensable de bien préciser dans le traité les éléments nécessaires au calcul du CCR (Taux de capitalisation, table de mortalité), mais également sur les possibilités (et la durée) de réouverture en cas d'aggravation situationnelle et/ou médicale.

	Avantages	Inconvénients
<b>Pour l'assureur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de crédit limité</li> <li>• Bénéficiaire exclusif des décès anticipés</li> <li>• Frais de gestion du traité réduit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assume seul les mortalités tardives</li> </ul>
<b>Pour le réassureur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duration faible du traité</li> <li>• Non impacté par les mortalités tardives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne profite pas du « bénéfice » des décès anticipés</li> </ul>

Tableau 11 : Avantages et inconvénients de la clause de rente par rachat

La clause de rente par rachat intéresse les assureurs ayant un portefeuille de rentes conséquent ou des facilités dans la gestion des provisions mathématiques.

- La clause de suivi additionnel

Dans cette clause on considère la rente dans la durée. Le réassureur intervient dès que la somme des paiements effectués par la cédante atteint la priorité stabilisée du traité. Cette intervention reste limitée par la portée qui est aussi stabilisée. L'objectif est donc de suivre la rente de sa date d'attribution à sa clôture (ou limite de garantie).

	Avantages	Inconvénients
<b>Pour l'assureur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partage des mortalités tardives</li> <li>• Large couverture</li> <li>• Rétention connue à l'avance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de crédit important</li> <li>• Assume seul la charge sinistre pendant plusieurs années</li> </ul>
<b>Pour le réassureur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bénéficie également des décès anticipés</li> <li>• Intervention tardive</li> <li>• Fractionnement des paiements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duration importante du traité</li> <li>• Supporte seul le risque de dérive des sinistres au-delà de la priorité</li> </ul>

Tableau 12 : Avantages et inconvénients de la clause de rente en suivi additionnel

La clause de rente en suivi additionnel intéresse les assureurs souhaitant une protection à long terme et/ou peu habitués à la gestion des rentes.

L'objectif de l'exemple ci-dessous est de montrer qu'un programme de réassurance peut vite devenir complexe dès lors qu'on décide d'appliquer plusieurs clauses.

Au regard de son portefeuille, un assureur décide de couvrir sa branche RC auto pour l'année 2010 via un traité en excédent de sinistre 140 K€ XS 50 K€ comprenant : un AAD de 10 K€, un AAL de 150 K€ une clause de stabilisation seuil atteint de 10%.

L'assureur décide également de souscrire un traité excédent de sinistre aggregate ILL XS 400 K€ sur la conservation de chaque année de survenance.

Déterminons la charge finale transférée au réassureur et celle conservée par l'assureur sur la base des sinistres suivants sachant que la gestion nous informe qu'une personne a été blessé pour le quatrième sinistre et qu'elle a été indemnisée sous forme d'une rente annuelle temporaire de 6 ans.

Les arrérages sont d'après le traité, considérés comme des paiements échelonnés

Numéro de sinistre	Paiements de 2010	Paiements de 2011	Paiements de 2012	Paiements de 2013	Paiements de 2014	Paiements de 2015	Paiements de 2016	Charge totale
S1	51 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	51 000 €
S2	55 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	55 000 €
S3	60 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	60 000 €
S4	32 000 €	15 000 €	17 500 €	19 850 €	20 350 €	22 800 €	26 400 €	153 900 €
S5	30 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	30 000 €
S6	120 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	120 000 €
S7	5 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	5 000 €
S8	80 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	80 000 €
S9	50 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	50 000 €
S10	77 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	77 000 €
Total								681 900 €

Indice :	100	108	112	116	118	120	124
En variation :	-	8%	12%	16%	18%	20%	24%

1<sup>ère</sup> étape : Stabilisation des paiements à l'aide de la variation de l'indice :

Numéro de sinistre	Paiements stabilisés de 2010	Paiements stabilisés de 2011	Paiements stabilisés de 2012	Paiements stabilisés de 2013	Paiements stabilisés de 2014	Paiements stabilisés de 2015	Paiements stabilisés de 2016	Charge totale stabilisée
S1	51 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	51 000 €
S2	55 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	55 000 €
S3	60 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	60 000 €
S4	32 000 €	15 000 €	15 625 €	17 112 €	17 246 €	19 000 €	21 290 €	137 273 €
S5	30 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	30 000 €
S6	120 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	120 000 €
S7	5 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	5 000 €
S8	80 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	80 000 €
S9	50 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	50 000 €
S10	77 000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	77 000 €
Total								665 273 €

2<sup>ème</sup> étape : Stabilisation des bornes du traité :

Priorité stabilisée : 51 250 € ; portée stabilisée : 143 499 €

3<sup>ème</sup> étape : Application du traité sur les bornes indexées en tenant compte de l'AAD (10 000 €) et de l'AAL (210 000 €)

Numéro de sinistre	Charge totale	Rétention cédante sur l'XS	AAD	Charge XS avec AAD	Charge XS avec AAD et AAL	Conservation cédante
S1	51 000 €	51 000 €	- €	- €	- €	51 000 €
S2	55 000 €	51 250 €	3 750 €	- €	- €	55 000 €
S3	60 000 €	51 250 €	6 250 €	2 501 €	2 501 €	57 499 €
S4	153 900 €	51 250 €	- €	102 650 €	102 650 €	51 250 €
S5	30 000 €	30 000 €	- €	- €	- €	30 000 €
S6	120 000 €	51 250 €	- €	68 750 €	68 750 €	51 250 €
S7	5 000 €	5 000 €	- €	- €	- €	5 000 €
S8	80 000 €	51 250 €	- €	28 750 €	28 750 €	51 250 €
S9	50 000 €	50 000 €	- €	- €	- €	50 000 €
S10	77 000 €	51 250 €	- €	25 750 €	7 348 €	69 652 €
Total	681 900 €		10 000 €		210 000 €	471 900 €

4<sup>ème</sup> étape : Application de l'XS aggregate

Sur la charge de 681 900€, l'assureur transfère 210 000€ au titre de l'XS et 71 900€ au titre de l'XS aggregate.

La charge du réassureur est de 281 900€

La charge de l'assureur est de 400 000€

## Chapitre 3 : Tarification des traités XS

### Section III.3.1 La prime de réassurance en non-proportionnel

Comme nous l'avons indiqué en début de partie, la contrepartie du transfert de risque est le paiement d'une prime de réassurance.

En non-proportionnel cette prime peut être forfaitaire ou calculée sur une assiette de prime définie dans le contrat sur laquelle s'appliquera un taux (fixe ou variable).

Derrière l'aspect mathématique il ne faut pas oublier que la prime de réassurance est le reflet de multiples critères comme l'environnement socio-économique, la politique de souscription de la cédante, les profils de risques et les garanties accordées par le traité.

L'assiette de prime n'est pas obligatoirement une prime d'assurance. Elle peut être de nature différente comme le chiffre d'affaire, l'ensemble des capitaux assurés couverts par le contrat, les primes émises dans la branche. Dans certains documents elle est peut-être désignée sous les notations anglaises GNPI (Gross Net Premium Income) ou EPI (Earned Premium Income).

L'assiette étant incertaine en début d'exercice, il en va de même pour la prime de réassurance. Pour pallier ce problème, il est souvent prévu le versement d'une prime provisionnelle. Celle-ci peut être minimum (prime provisionnelle minimum - PMD) et correspond à une valeur se situant entre 80% et 90% de la prime totale escomptée par le réassureur. La prime est ajustée lorsque l'assiette finale est connue. Dans le cas où la prime est minimum, la prime finale touchée par le réassureur ne pourra être inférieure à cette première.

Une fois l'assiette définie, il faut déterminer le taux qui sera appliqué.

Pour ce faire il existe trois méthodes de cotation.

- La cotation sur expérience, basée sur la sinistralité historique de la cédante.
- La cotation probabiliste, basée sur des modélisations et simulations
- La cotation sur exposition, basée sur le profil de portefeuille auquel on applique des courbes de destruction.

### Section III.3.2 Cotation sur expérience

Cette méthode de cotation, aussi appelé *Burning Cost* (BC) se base sur la sinistralité et les primes historiques du portefeuille.

En réalité, on se contente des sinistres ayant dépassé un certain seuil, le plus souvent la moitié de la franchise de la première tranche du traité que l'on étudie. De même, du fait des impacts des évolutions historiques, la sinistralité retenue dépasse rarement une période de dix ans.

Les informations historiques du portefeuille ne sont pas exploitables car sinistres et primes proviennent d'années différentes. Pour pouvoir les comparer, il faut indexer les montants et ainsi faire « comme si » ils étaient en valeur actuelle. C'est la méthode « as-if ».

Une fois indexé, on cherche à estimer via une approche par la méthode des moments, le rapport entre la sinistralité à charge du traité et le volume de prime.

Le *Burning Cost* est une moyenne de ratios de S/P où la charge est celle du réassureur et les primes celles perçues par la cédante.

Supposons un traité incendie 500K€ XS 150K€, nous pouvons déterminer à partir des données historiques de la cédante, le taux de *Burning Cost* applicable.

Année	N°sinistre	Montant du sinistre	Indice	Montant actualisé du sinistre	A charge de l'XS	Primes brutes cédante	Primes brutes actualisées	$\frac{\text{Charge}_{XS}}{\text{Prime}_{annuelle}}$
2010	0001	195 000 €		234 000 €	84 000 €			
	0002	140 000 €		168 000 €	18 000 €			
	SS total	335 000 €	100	402 000 €	102 000 €	9 200 000 €	11 040 000 €	0,92%
2011	0003	160 000 €		188 235 €	38 235 €			
	SS total	160 000 €	102	188 235 €	38 235 €	9 308 000 €	10 950 588 €	0,35%
2012	0004	250 000 €		285 714 €	135 714 €			
	SS total	250 000 €	105	285 714 €	135 714 €	9 522 000 €	10 882 286 €	1,25%
2013	SS total	- €	110	- €	- €	9 796 000 €	10 686 545 €	0,00%
2014	0005	540 000 €		573 451 €	423 451 €			
	0006	225 000 €		238 938 €	88 938 €			
	0007	350 000 €		371 681 €	221 681 €			
	SS total	1 115 000 €	113	1 184 071 €	734 071 €	9 721 000 €	10 323 186 €	7,11%
2015	0008	70 000 €		71 795 €	- €			
	0009	180 000 €		184 615 €	34 615 €			
	SS total	250 000 €	117	256 410 €	34 615 €	10 248 000 €	10 510 769 €	0,33%
2016	0010	430 000 €		430 000 €	280 000 €			
	0011	270 000 €		270 000 €	120 000 €			
	0012	160 000 €		160 000 €	10 000 €			
	SS total	860 000 €	120	860 000 €	410 000 €	10 960 000 €	10 960 000 €	3,74%
<b>Taux Burning Cost :</b>								<b>1,96%</b>

Tableau 13 : Exemple de calcul d'un Burning Cost

A l'aide des notations ci-dessous :

$X_i^j$ , le montant « as-if » brut de réassurance de l' $i$ -ème sinistre de l'année  $j$ .

$N_j$ , le nombre de sinistre de l'année  $j$  et  $A_j$ , l'assiette de prime de l'année  $j$ .

$S$  le nombre d'année de l'historique

$C_{\text{asif}}^j = \sum_{i=1}^{N_j} [\text{Min}(\max(X_i^j - p; 0); P)]$ , est le montant à charge de l'XS pour l'année  $j$ .

L'expression mathématique du calcul du *Burning Cost* est :  $BC_{\text{pur}} = \frac{\sum_{j=1}^S C_{\text{asif}}^j}{\sum_{j=1}^S A_j}$

Si pour l'année  $N+1$ , l'assiette est évaluée à  $A_{\text{éval}}$  alors la prime pure est égale à  $A_{\text{éval}} \times BC_{\text{pur}}$ .

### Section III.3.3 Cotation probabiliste

L'objectif de la cotation probabiliste est de modéliser au travers de lois mathématiques une charge sinistre potentielle. Pour ce faire on modélise d'une part la fréquence des sinistres historiques, et d'autre part le coût qui leurs sont associés. Si l'assureur cherche à modéliser l'ensemble de la charge, le réassureur, lui, ne s'intéressera qu'à la charge lui incombant.

Avec les notations ci-dessous, il est possible d'exprimer l'espérance et la variance de la charge sinistre.

$N$ , la variable aléatoire du nombre de sinistres dans l'année

$X$ , la variable aléatoire réelle représentant le montant d'un sinistre individuel au premier euro. Cette variable est supposée indépendante de  $N$ .

$Y$ , la variable aléatoire réelle représentant le montant à charge du réassureur

$S_N$ , la variable aléatoire réelle représentant le montant total à charge du réassureur ;  $S_N = \sum_{i=1}^N Y_i$

L'espérance et la variance de la charge sinistre du réassureur s'exprime sous la forme :

$$E(S_N) = E(N) \times E(Y)$$

$$\text{Var}(S_N) = E(N) \times \text{Var}(Y) + (E(Y))^2 \times \text{Var}(N)$$

Démonstration des formules espérance et variance de la charge sinistre :

$Y$ , la variable aléatoire réelle représentant le montant à charge du réassureur

$S_N$ , la variable aléatoire réelle représentant le montant total à charge du réassureur ;  $S_N = \sum_{i=1}^N Y_i$

Ces variables sont supposées indépendantes.

Démontrons que l'espérance et la variance de la charge sinistre du réassureur peut s'écrire :

$$E(S_N) = E(N) \times E(Y) \text{ et } \text{Var}(S_N) = E(N) \times \text{Var}(Y) + E(Y)^2 \times \text{Var}(N)$$

- Pour l'espérance :

$$E(S_N) = E[E(S_N/N)] = \sum_{n=0}^{\infty} P(N=n) \times E(S_N/N=n)$$

$$\text{Or } E(S_N/N=n) = E(\sum_{i=1}^n Y_i) = n E(Y)$$

$$\text{D'où : } E(S_N) = \sum_{n=0}^{\infty} P(N=n) \times n E(Y) = E(N) \times E(Y)$$

- Pour la variance :

$$\begin{aligned} E(S_N^2) &= E[(\sum_{i=1}^N Y_i) \times (\sum_{j=1}^N Y_j)] = E[(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Y_i Y_j)] \\ &= E[(\sum_{i=1}^N Y_i^2 + \sum_{i \neq j}^N Y_i Y_j)] = E[\sum_{i=1}^N Y_i^2] + E[\sum_{i \neq j}^N Y_i Y_j] \end{aligned}$$

$$\text{Or } E[\sum_{i=1}^N Y_i^2] = E(N) \times E(Y^2)$$

$$\text{Et } E[\sum_{i \neq j}^N Y_i Y_j] = E(N^2 - N) \times E(Y)^2 = [E(N^2) - E(N)] \times E(Y)^2$$

$$\begin{aligned} \text{D'où : } \text{Var}(S_N) &= E(S_N^2) - E(S_N)^2 \\ &= E(N) \times E(Y^2) + [E(N^2) - E(N)^2] \times E(Y)^2 - E(N)^2 \times E(Y)^2 \end{aligned}$$

$$\text{Var}(S_N) = E(N) \times [E(Y^2) - E(Y)^2] + E(N^2) \times E(Y)^2 - E(N)^2 \times E(Y)^2$$

$$\text{Var}(S_N) = E(N) \times \text{Var}(Y) + E(Y)^2 \times \text{Var}(N)$$

Dans le cas d'un traité  $P$  XS  $p$  le montant à charge du réassureur pour un sinistre peut s'écrire :

$$Y = P \cdot 1_{\{X \geq P+p\}} + (X - p) \cdot 1_{\{p \leq X < P+p\}}$$

L'espérance de la charge sinistre du réassureur s'écrit alors :

$$E(S_N) = E(N) \times [P \times \text{Proba}(X \geq P + p) - p \times \text{Proba}(p \leq X < P + p) + E(X \cdot 1_{\{p \leq X < P+p\}})]$$

En fonction de ce que l'on cherche à modéliser (fréquence, sévérité), les lois utilisées diffèrent.

- *Modélisation de la fréquence*

De par sa simplicité, la loi de Poisson est généralement utilisée pour modéliser un nombre d'occurrence d'un événement par intervalle de temps. Cependant la loi Binomiale Négative est une alternative crédible comptabilisant le nombre d'échecs 'x' avant le k<sup>ième</sup> succès.

Loi & paramètres	Loi de probabilité	Espérance	Variance
Poisson : $\lambda; (\lambda > 0)$	$P(X = k) = e^{-\lambda} \times \frac{\lambda^k}{k!}$	$\lambda$	$\lambda$
Binomial négative : $k = 1, 2, 3, \dots$ $p \in [0, 1]$	$P(X = x) = C_{x+k-1}^{k-1} p^k (1-p)^x$	$k(1-p)/p$	$k(1-p)/p^2$

Tableau 14 : Descriptif des lois de fréquence usuelles

- *Modélisation de la sévérité individuelle*

Plusieurs lois sont utilisables mais elles dépendent avant tout de l'objet sur lequel porte notre attention. En réassurance, on s'intéresse souvent aux montants dépassant un certain seuil, voir mêmes aux valeurs extrêmes. Dans ce dernier cas on utilisera de préférence des lois ayant une queue de distribution épaisse. Les principales lois utilisées pour modéliser la sévérité sont les lois Pareto, Log Normale, Gamma, Exponentielle et Weibull.

Loi & paramètres	Densité	Espérance	Variance
Pareto : $\alpha; (\alpha > 0)$	$1 - (\frac{x_0}{x})^\alpha$ si $x \geq x_0$ , 0 sinon	Pour $\alpha > 1$ ; $\frac{\alpha x_0}{\alpha - 1}$	Pour $\alpha > 2$ ; $\frac{\alpha x_0^2}{(\alpha - 1)^2 (\alpha - 2)}$
Log Normale : $(\mu, \sigma)$ avec $\sigma > 0$	$\frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2}$	$e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$	$e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$
Gamma : $(k, c)$ avec $k > 0, c > 0$	$\frac{c^k}{\Gamma(k)} e^{-cx} x^{k-1}$ avec $\Gamma(k) = \int_0^\infty e^{-t} t^{k-1} dt$	$k/c$	$k/c^2$
Exponentielle : $c; (c > 0)$	$c \cdot e^{-cx}$	$1/c$	$1/c^2$

Tableau 15 : Descriptif des lois de sévérité usuelles.

Que ce soit pour modéliser la fréquence ou la sévérité, ces lois sont définies par des paramètres qui sont estimés en maximisant la vraisemblance.

Pour ce faire on utilise la fonction de vraisemblance qui est une fonction de probabilités conditionnelles. En supposant les  $x_i$  indépendants et identiquement distribués selon une loi statistique, la vraisemblance permet d'exprimer les  $x_i$  en fonction de la densité de la loi et de ses paramètres supposés connus.

$$L(x_1, \dots, x_n/\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i, \theta) \text{ où } \theta \text{ désigne le vecteur des paramètres.}$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance permet d'évaluer les paramètres d'une loi en maximisant sa vraisemblance par rapport à un échantillon donné.

Concrètement, il s'agit de calculer la dérivée de la Log-vraisemblance en fonction de chacun des paramètres. Le maximum étant atteint lorsque la dérivée s'annule, il nous suffit de réécrire l'équation en fonction des paramètres.

Ci-dessous, un exemple d'estimation de paramètre par la méthode du maximum de vraisemblance :

Soit  $X \sim \text{Exp}(c)$  ;  $f(x_i) = ce^{-cx_i}$

Déterminons le paramètre  $c$  en maximisant la vraisemblance.

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n ce^{-cx_i} = c^n e^{-c \sum_{i=1}^n x_i}$$

Les valeurs  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  sont celles observées et  $c$  est inconnu.

Si l'on souhaite maximiser la ressemblance alors :  $\max_c [c^n e^{-c \sum_{i=1}^n x_i}] = \max_c [n \ln c - c \sum_{i=1}^n x_i]$

Le maximum est obtenu lorsque la dérivée par rapport au paramètre est nulle.

$$\frac{d \ln c}{dc} = \frac{n}{c} - \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance du paramètre  $c$  est :  $\frac{n}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{1}{\bar{x}}$

Une fois les paramètres définis, le calcul de la prime pure de réassurance à la consommation moyenne de la tranche de l'XS après application de la structure de réassurance sur les charges sinistres modélisées.

### Section III.3.4 Cotation sur exposition

Les tarifications sur expérience et probabiliste se basent toutes les deux sur la sinistralité historique.

Une autre approche, la tarification par exposition, préfère s'appuyer sur le profil du portefeuille de la cédante. A partir d'un indicateur comme les sommes assurées il est possible d'établir des courbes d'exposition :  $F(x) =$  Probabilité pour qu'un sinistre coûte moins que  $x\%$  de la somme assurée.

Comme pour les autres méthodes vues précédemment, le réassureur ne s'intéresse uniquement qu'à la sinistralité au-dessus de la priorité. C'est pourquoi il utilise le ratio  $\frac{\text{Priorité}}{\text{Somme assurée}}$  qui correspond à la limite de sinistralité n'impactant pas le traité.

La prime pure est par la suite obtenue en multipliant l'assiette de prime par  $F\left(\frac{\text{Priorité}}{\text{Somme assurée}}\right)$

La cotation sur exposition consiste à définir des taux de destruction sur des types de risques et les sommes assurées associées.

Numéro du risque	Montant du sinistre	Somme assurée exposée	Taux de destruction
1	$X_1$	$SA_1$	$X_1/SA_1$
...	...	...	...
i	$X_i$	$SA_i$	$X_i/SA_i$
...	...	...	...
N	$X_n$	$SA_n$	$X_n/SA_n$

Une fois les taux de destructions déterminés, il reste à construire la fonction de répartition empirique associée.

Taux de destruction $x\%$	Nombre de police avec $X/SA_i \leq x\%$	Sinistres avec $X/SA_i \leq x\%$ $[A_x]$	Sinistres avec $X/SA_i > x\%$	Premiers $x\%$ des sinistres vérifiant $X/SA_i > x\%$ $[B_x]$	Coût total des premiers $x\%$ $[A_x + B_x]$	Fonction de répartition
0%	0	0		0	0	0%
...	...	...	...	...	...	...
$\alpha\%$	$\sum_i 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} \leq \alpha\%\right\}}$	$\sum_i X_i \cdot 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} \leq \alpha\%\right\}}$	$\sum_i X_i \cdot 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} > \alpha\%\right\}}$	$\alpha\% \cdot \sum_i SA_i \cdot 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} > \alpha\%\right\}}$	$A_x + B_x$	$\frac{A_x + B_x}{\sum_i X_i}$
...	...	...	...	...	...	...
100%	N	$\sum_i X_i$	0	0	$\sum_i X_i$	100%

Tableau 16 : Construction de la courbe d'exposition

La probabilité pour qu'un sinistre coûte moins que  $x\%$  de la somme assurée peut se réécrire :

$$F(x) = \frac{\sum_i X_i \cdot 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} \leq x\%\right\}} + x\% \sum_i SA_i \cdot 1_{\left\{\frac{X_i}{SA_i} > x\%\right\}}}{\sum_i X_i}$$

Soit graphiquement :

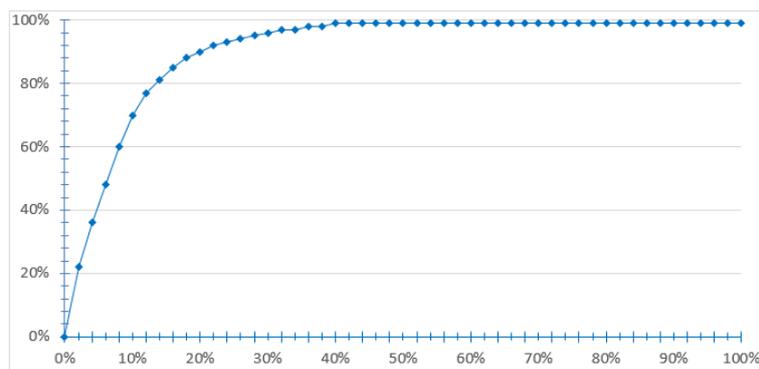


Figure 8 : Tracer d'une courbe de fonction de répartition empirique du taux de destruction

Dans le cas d'un traité III XS 10M€ et une somme assurée de 50M€.

Un sinistre fait intervenir le traité si et seulement si celui-ci atteint un taux de destruction de  $10/50 = 20\%$ . En utilisant le graphique ci-dessus, pour un taux de destruction de 20%, c'est 90% des sinistres qui restent à charge de la cédante. Par conséquent, la cédante conserve également 90% des primes. Le réassureur aura quant à lui 10% des primes.

Nous pouvons remarquer que cette courbe fonctionne pour un traité en illimité.

Si ce n'était pas le cas ou que si l'on souhaitait tarifer différentes tranches par exposition alors il nous faudrait procéder par soustraction.

$$Cotation_{Portée*Priorité}^{Expo} = Cotation_{ill XS Priorité}^{Expo} - Cotation_{ill XS Priorité+Portée}^{Expo}$$

Les différentes méthodes que nous avons étudiées sont résumées en annexe 11.

### Section III.3.5 Passage de la prime pure à la prime commerciale

Nos différentes méthodes de tarification ont conduit à l'établissement d'une prime pure de réassurance. Cette prime correspond au montant moyen qu'une cédante transfère au réassureur.

Cependant, concrètement, les échanges entre assureur et réassureur ne se font pas autour d'une prime pure mais autour d'une prime commerciale.

L'objectif de la prime commerciale est de prendre en compte, par sécurité, des écarts de sinistralité possible avec la moyenne, des frais de fonctionnement et de la marge du réassureur, ainsi que des éventuels frais de courtage.

La première étape consiste donc à appliquer un chargement de sécurité sur la prime pure. Celui-ci diffère en fonction de la branche, du traité, et de la cédante. Les frais de fonctionnement et la marge du réassureur sont souvent intégrés à cette étape par majoration du taux.

$$Prime_{Chargée} = Prime_{Pure} \times (1 + Taux_{Chargement\ de\ sécurité})$$

Les frais de courtage sont ensuite calculés par application d'un taux de courtage sur la prime commerciale.

$$Prime_{Chargée} = Prime_{Commerciale} \times (1 - Taux_{Courtage})$$

Autrement dit :

$$Prime_{Commerciale} = \frac{Prime_{Pure} \times (1 + Taux_{Chargement\ de\ sécurité})}{1 - Taux_{Courtage}}$$

Au final, nous obtenons le taux commercial en rapportant la prime commerciale sur l'assiette de prime du traité.

$$Taux_{Commerciale} = \frac{Prime_{Commerciale}}{Assiette}$$

Ci-dessous quelques définitions qui apparaissent régulièrement dans la littérature :

- Le rate on line (ROL), qui est le rapport entre la prime commerciale et la portée de la couverture. Il s'agit du coût d'un euro d'XS.
- Le Pay Back qui correspond au rapport entre la portée de la couverture et la prime commerciale. Il s'agit du nombre d'années d'encaissement de primes nécessaire pour couvrir la couverture.

## **Partie IV : Cotation de la couverture actuelle hors revalorisation**

### Chapitre 1 : Quelques éléments essentiels

#### Section IV.1.1 La couverture de réassurance actuelle

Le traité actuel en RC Automobile comporte trois tranches en illimitées dont les priorités sont fixées à 1M€ pour La Sauvegarde, 4M€ pour BPCE et 12M€ pour GMF – MAAF – MMA. Chaque priorité est établie en fonction des caractéristiques de la société.

Le coût de la couverture actuelle repose à la fois sur la sinistralité des cédantes et sur le jeu des négociations. Afin de supprimer ce biais et d'obtenir une cohérence entre cotation et sinistralité, il est nécessaire d'appliquer cette couverture sur nos données.

#### Section IV.1.2 Le périmètre des données

De par sa nature, la direction réassurance possède une structure chargée de la donnée. Cette structure s'adresse aux différentes directions (technique, indemnisation, comptable, ...) pour récupérer les portefeuilles, les primes et les sinistres sur de multiples périmètres. Ces données sont utilisées en interne mais aussi en externe en fonction des problématiques (FFA<sup>9</sup>, AAM<sup>10</sup>,...).

Notre travail consiste à récupérer et à regrouper l'ensemble des fichiers annuels sources pour toutes les sociétés concernées (MMA, MAAF, GMF, BPCE, SVG) et de satisfaire pour chacune d'entre elles les critères suivants :

- des historiques de primes, sinistres et portefeuilles identiques.
- un historique d'au minimum 10 ans et d'au maximum de 15 ans pour fiabiliser l'étude.

En responsabilité civile automobile (sinistres à développement long), le manque d'historique joue sur la robustesse, et l'excédent d'historique vient fausser les conclusions du fait de données venant d'une « autre époque » (gestion sinistre différente).

Le plus pratique pour synthétiser l'ensemble des fichiers à disposition est de créer un fichier Excel par société, dans lequel on trouvera un onglet contenant l'historique des portefeuilles et des primes « responsabilités civiles » associées ; et un onglet contenant l'historique des sinistres (numéro de sinistre, date de survenance, et pour chaque année depuis l'ouverture du sinistre : les montants des règlements annuel, le montant de la provision restante associé et le montant de la revalorisation).

Seuls les sinistres ayant dépassés un certain montant au cours de leur déroulement entrent dans le cadre de l'étude. Ce montant minimum est différent pour chaque société car il dépend de la priorité de la couverture qui est mis en place. Il est coutumier d'établir ce minimum à au moins la moitié de la priorité.

Une fois à notre disposition, les données doivent être mises en forme et nettoyer (choix des variables à retenir, uniformisation des formats des variables entre fichiers, suppression des sinistres antérieurs à l'historique portefeuille/prime possible, gestion des homonymes et des séparateurs : «.», « - » et « »).

L'objectif de cette mise en forme est de rendre possible l'utilisation de commandes Excel permettant l'obtention d'une synthèse propre de toutes les informations, et de commandes facilitant le contrôle de la cohérence des données.

<sup>9</sup> FFA : fédération Française de l'assurance

<sup>10</sup> AAM : Association des Assureurs Mutualistes

Les traitements ont été plus difficiles sur Covéa Fleet du fait de l'emploi de nom générique de dossier comme « Ambulance », et sur GMF/SVG du fait du changement de système informatique sinistre (ne pas confondre numéro de sinistre et numéro de déclaration).

Le contrôle des données consiste à vérifier que les informations d'un sinistre sont présentes de sa survenance à la date de la dernière vision possible (à savoir 2017). Dans le cas contraire il est possible de compléter les quelques manques en tenant compte de sa situation financière antérieure et postérieure et de son état de gestion (en cours, terminé). On vérifie également la cohérence dans la liquidation du sinistre, comme une erreur dans la saisie d'un montant ou la présence d'une provision sur un sinistre clos.

Voici les périmètres retenus par sociétés :

<b>GMF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portefeuilles et primes : réels de 2001 à 2016, 2017 révisés, 2018 estimés</li> <li>Sinistres de 2001 à 2017 provisionnés à 2,43%</li> <li>Sinistres ayant dépassés une évaluation de 6 M€ au cours de la gestion</li> </ul>
<b>MAAF</b> (NEXX, NOVEA, MAAF PRI, MAAF PRO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portefeuilles et primes : réels de 2002 à 2016, 2017 révisés, 2018 estimés</li> <li>Sinistres de 2002 à 2017 provisionnés à 2,43%</li> <li>Sinistres ayant dépassés une évaluation de 6 M€ au cours de la gestion 2000 à 2016, 2017 révisé, 2018 estimé</li> </ul>
<b>MMA</b> (Covéa Fleet, MMA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portefeuilles et primes : réels de 2007 à 2016, 2017 révisés, 2018 estimés</li> <li>Sinistres de 2007 à 2017 provisionnés à 2,43%</li> <li>Sinistres ayant dépassés une évaluation de 6 M€ au cours de la gestion</li> </ul>
<b>BPCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portefeuilles et primes : réels de 2001 à 2016, 2017 révisés, 2018 estimés</li> <li>Sinistres de 2001 à 2017 provisionnés à 2,43%</li> <li>Sinistres ayant dépassés une évaluation de 1 M€ au cours de la gestion</li> </ul>
<b>SVG</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portefeuilles et primes : réels de 2001 à 2016, 2017 révisés, 2018 estimés</li> <li>Sinistres de 2001 à 2017 provisionnés à 2,43%</li> <li>Sinistres ayant dépassés une évaluation de 1 M€ au cours de la gestion</li> </ul>

Tableau 17 : périmètre retenu par société

Si sur les données contrats les informations nous ont été fourni sur le même modèle pour toutes les marques, il en va autrement pour la partie sinistre. Cette dernière nous intéresse davantage et voici les deux formalismes rencontrés :

- Sous forme de liste

EXERCICE	numero sinistre	Société	Nature	Etat	date_obs	Réglé	Suspens	Evaluation
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2002			
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2003	27 403	4 570 000	4 597 403
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2004	49 117	4 550 000	4 599 117
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2005	149 117	5 535 660	5 684 777
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2006	433 289	2 500 000	2 933 289
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2007	433 289	2 500 000	2 933 289
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2008	905 641	1 200 000	2 105 641
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2009	1 825 839	180 000	2 005 839
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2010	2 293 498	100 000	2 393 498
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2011	2 297 086	100 000	2 397 086
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2012	2 417 878	500 000	2 917 878
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2013	2 419 403	500 000	2 919 403
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2014	2 686 590	10 000	2 696 590
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2015	2 686 590	-	2 686 590
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2016	2 686 590	-	2 686 590
2002	1W.02.101200	GMF ASSURANCES	R.C. Auto.	CLOS	2017	2 686 590	-	2 686 590

Tableau 18 : Formalisme des sinistres sous forme de liste

- Sous forme de triangle

NV_Num	Année de survenance	Branche	Sous Branche	Société	Réglés 15 (2007)	Suspens 15 (2007)	Réglés 16 (2008)	Suspens 19 (2008)	Réglés 17 (2009)	Suspens 17 (2009)	Réglés 18 (2010)	Suspens 18 (2010)	Réglés 26 (2017) 2,43%	suspens 26 (2017) 2,43%
7596300510	2007	RC	Auto	MMA	2 000	8 437 749	14 070	3 307 052	26 538	3 294 584	28 516	3 292 606	318 371	5 013 921
7729493787	2007	RC	Auto	MMA	0	0	50 748	7 907 001	433 385	7 524 364	885 785	7 071 964	2 644 022	4 648 950
9492037971	2009	RC	Auto	Covéa Fleet	0	0	0	0	15 000	8 252 259	244 042	6 865 727	2 818 929	0
10723500467	2010	RC	Auto	MMA	0	0	0	0	0	0	11 763	11 007 522	512 205	11 017 097

Tableau 19 : Formalisme des sinistres sous forme de triangle

Les deux méthodes ont des avantages et des inconvénients mais dans un cas comme dans l'autre il a fallu reconstituer l'historique et donc s'assurer de la traçabilité des données et de leurs exhaustivités.

Parmi ces sinistres certains ont une indemnisation sous forme de rente. Dans ce cas l'information était portée par deux colonnes supplémentaires indiquant la provision et la charge revalorisées du sinistre pour la dernière année de développement.

Maintenant que nos données sont regroupées, vérifiées et mise en forme ; nous pouvons procéder à la tarification d'une couverture de réassurance avec l'outil interne.

### Section IV.1.3 L'outil interne de tarification

« Long Tail » est un outil Excel de tarification pour des traités de réassurance en excédent de sinistre. Il prend en charge les sinistres à développement long et permet de gérer une liquidation par année de survenance (RC Auto, RC Générale, RC Professionnel) ou par année de souscription (RC Décennale).

Sa fonction première est la tarification mais il permet aussi d'analyser les données du portefeuille (l'évolution de la fréquence, de la sinistralité ou encore de l'évaluation des sinistres).

Dans la pratique, les onglets d'analyse sont très utiles pour la tarification car ils donnent une vision de l'évolution du risque que l'on souhaite couvrir tant au niveau de la fréquence que de la sévérité. Les tendances issues de ces onglets d'analyse permettent de justifier ou remettre en question les cotations obtenues. Concrètement, on écrase les valeurs proposées par l'outil en veillant au respect du code couleur :

Les inputs
Les cellules de calculs qui ne peuvent être modifiées
Les cellules de calculs que l'utilisateur peut modifier

Ce code couleur est très important car il garantit une homogénéité dans l'outil et facilite la prise en main. Par la suite, les graphiques et tableaux insérés dans ce mémoire et provenant de l'outil respecteront ce code.

## Chapitre 2 : Manipulation des données avant la cotation

Je propose de suivre les différentes étapes en prenant des exemples tirés des cotations des diverses sociétés. On ne s'attardera pas sur les modes de calcul puisque des exemples ont été traités dans les parties précédentes. En revanche, on prendra plus le temps d'exposer notre réflexion.

### Section IV.2.1 Indexation des primes et des sinistres

L'indexation des primes et des sinistres entre dans le cadre de la mise en « as-if ». L'objectif est de pouvoir mutualiser toutes les données en faisant « comme si » elles étaient dans les mêmes conditions économique que celles de l'année de renouvellement. Un euro aujourd'hui n'a pas le même sens qu'un euro il y a dix ans.

Comme nous l'avons fait remarquer, l'inflation des sinistres corporels est importante ces dernières années ; à l'inverse des sinistres attritionnels. Les variations des primes qui sont établies pour répondre à l'ensemble des sinistres, subissent donc une inflation plus faible.

Une autre raison justifiant une inflation plus faible sur les primes que sur les sinistres est la guerre que se livre les assureurs. Même s'il est possible d'avancer des arguments comme la qualité de la gestion sinistre et de la disponibilité des agences commerciales, les Français restent sensibles au prix (surtout lorsqu'ils n'ont pas de sinistres).

Les assiettes de primes peuvent être indexées de plusieurs façons (la cotisation moyenne par risque, le nombre de risque, un indice d'inflation...). Attention néanmoins aux choix stratégiques de l'entreprise (mesures tarifaires) qui expliquent des sauts de cotisation moyenne sur certaines années sans que l'on constate pour autant un saut dans la volumétrie du portefeuille, ni dans l'évolution d'un indice externe à la société. Le plus judicieux est donc d'indexer par la cotisation moyenne par risque.

Les sinistres sont quant à eux être indexés par un indice d'inflation économique (comme le GIM<sup>11</sup> en RC automobile) auquel on ajoutera un indice d'inflation sociale.

Comme l'illustre le tableau ci-dessous, dans la pratique l'inflation sociale se déduit de la différence entre une inflation globale observée et celle du GIM. Nous avons tenté de mettre en place un indicateur non issu d'une soustraction, mais trouver un indicateur fiable et pérenne n'est pas évident. L'expérience n'a pas été concluante en prenant une inflation sociale égale à l'évolution du coût de l'assistance tierce personne, ni en prenant une inflation en lien avec l'évolution des salaires.

Avec la méthode actuelle, la valeur de l'inflation globale est sujette à controverse. En cas d'absence d'évolution notable on garde la valeur de l'année précédente. Ce qui est le cas ces dernières années. Cette stabilité au global se reflète de toute façon dans l'évolution de l'indice du GIM.

	Inflation Globale		GIM		Inflation Sociale	
1996	100,00		100,00		100,00	
2014	235,54	3,0%	145,18	1,0%	163,83	1,97%
2015	242,60	3,0%	146,39	0,8%	167,38	2,17%
2016	242,60	3,0%	146,25	0,7%	167,54	2,26%
2017	249,88	3,0%	147,47	0,7%	171,17	2,26%

Tableau 20 : Extrait de l'inflation sociale pour le groupe COVEA

Pour le calcul du taux d'inflation future, on peut choisir une valeur qui anticipe un changement de taux ou prendre la moyenne observée ces dernières années.

Ce sont ces sinistres actualisés qui vont alimenter notre triangle de liquidation. D'où l'importance de retenir des hypothèses d'indexation qui correspondent à l'objectif fixé. Ici on ne souhaite pas tester un choc de taux, aussi allons-nous prendre la moyenne des dernières années.

Concernant le traité en lui-même il y a la possibilité d'inclure une clause d'indexation pour le partage de l'inflation entre la cédante et le réassureur. Comme pour l'indexation des sinistres on peut choisir un taux d'inflation qui anticipe un choc ou prendre une estimation sur la base des observations des dernières années.

## Section IV.2.2 Liquidation des sinistres et estimation des ultimes

La méthode Chain-Ladder est une méthode déterministe qui permet d'estimer, dans notre cas, le coût total de nos sinistres à un horizon déterminé. Cette méthode est couramment utilisée du fait de sa robustesse et de sa simplicité.

Concrètement, la méthode repose sur l'enseignement du passé. Toute chose égale par ailleurs, il n'y a aucune raison pour que la façon de gérer les sinistres soit différente d'une année sur l'autre. Et donc aucune raison pour que le développement des sinistres ne soit pas similaire pour toutes les survenances.

En posant I le nombre d'année d'historique à notre disposition et J le nombre d'année de développement avec  $I < J$  Notre triangle de montant cumulé observé  $C_{i,j}$  est de la forme :

<sup>11</sup> GIM : Groupement des Industries Métallurgiques

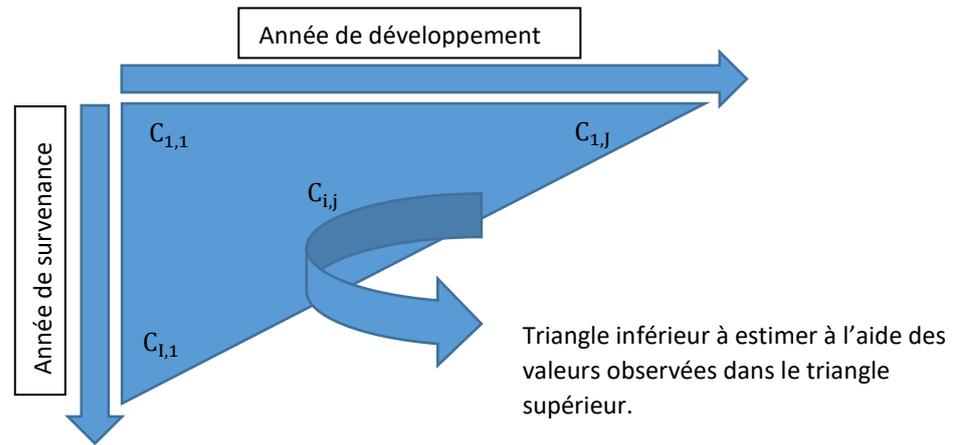


Figure 9 : Schématisation du fonctionnement Chain Ladder

Sous les hypothèses :

- D'indépendance des années de survenance.
- De l'existence d'un coefficient  $f_{i,j}$  indépendant de l'année de survenance, tel que :

$$\forall i \in [1, I], \forall j \in [1, J-1] \quad f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} ; \text{ Que l'on peut donc réécrire } C_{i,j+1} = f_j C_{i,j}$$

Alors il est possible de compléter la partie inférieure du triangle à l'aide de l'estimateur du coefficient de passage (ou facteur de développement) suivant :

$$\hat{f}_j = \frac{\sum_{i=1}^{I-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{I-j-1} C_{i,j}}, \text{ avec } 1 \leq j \leq J-1$$

L'inconvénient de la méthode Chain-Ladder réside dans l'absence de mesure de la qualité de l'ultime obtenu. Si l'on souhaite obtenir ce renseignement via un intervalle de confiance, il faut se tourner vers sa version stochastique et le modèle de Mack.

La méthode de Mack repose sur les hypothèses du Chain-Ladder :

- L'indépendance des années de survenance
- $E(C_{i,j+1} / C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = f_j C_{i,j}$

Ainsi que sur l'hypothèse supplémentaire :

- $Var(C_{i,j+1} / C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = C_{i,j} \sigma_j^2$

Avec les deux premières hypothèses, les  $\hat{f}_j$  sont identiques au modèle Chain Ladder et sont des estimateurs non corrélés et sans biais des  $f_j$ .

Démonstration :

Soit  $D$ , l'ensemble engendré par les  $(C_{i,j})_{i+j \leq J+1}$  du triangle supérieur.

$$E\left(\hat{f}_j / D\right) = E\left(\frac{\sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j}} / D\right) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j}} \sum_{i=1}^{I-j} E(C_{i,j+1} / D) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j}} \sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j} f_j = f_j$$

Pour chaque année il est possible de déterminer l'incertitude autour de la valeur  $C_{i,J}$ .

L'erreur quadratique moyenne s'écrit :

$$e_{C_{i,J}/D}\left(\hat{C}_{i,J}\right) = E\left[\left(\hat{C}_{i,J} - C_{i,J}\right)^2 / D\right] = \text{Var}(C_{i,J} / D) + \left(\hat{C}_{i,J} - E(C_{i,J} / D)\right)^2$$

Thomas Mack propose un estimateur de cette erreur quadratique :

$$\hat{e}_{C_{i,J}/D}\left(\hat{C}_{i,J}\right) = \hat{C}_{i,J}^2 \sum_{j=J+1-i}^{J-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \left( \frac{1}{\hat{C}_{i,J}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{I-j} C_{k,J}} \right)$$

Avec  $\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{J-j-1} + \sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j} \left( \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j \right)^2$ ,  $1 \leq j \leq J-2$  qui est un estimateur sans biais de  $\sigma_j^2$ .

Démonstration :

$$E\left(\hat{\sigma}_j^2 / D_j\right) = \frac{1}{I-j-1} \sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j} E\left[\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j\right)^2 / D_j\right]$$

Or,

$$\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j\right)^2 = \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - f_j + f_j - \hat{f}_j\right)^2 = \underbrace{\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - f_j\right)^2}_{(i)} + 2 \underbrace{\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - f_j\right)(f_j - \hat{f}_j)}_{(ii)} + \underbrace{(f_j - \hat{f}_j)^2}_{(iii)}$$

On calcule ensuite l'espérance de chacune des trois parties.

$$E[(i)] = E\left[\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - f_j\right)^2 / D_j\right] = E\left[\left(\hat{f}_{i,j} - E\left(\hat{f}_{i,j} / D_j\right)\right)^2 / D_j\right] = \text{Var}\left(\hat{f}_{i,j}\right) = \frac{\sigma_j^2}{C_{i,j}}$$

$$E[(iii)] = E\left[\left(f_j - \hat{f}_j\right)^2 / D_j\right] = \text{Var}\left(\hat{f}_j / D_j\right) = \frac{\sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}}$$

$$E[(ii)] = -2 E \left[ \left( \hat{f}_{i,j} - E \left( \hat{f}_{i,j} / D_j \right) \right) \left( \hat{f}_j - E \left( \hat{f}_j / D_j \right) \right) / D_j \right] = -2 \text{cov} \left( \hat{f}_{i,j}, \hat{f}_j / D_j \right)$$

Sachant que  $\hat{f}_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$  et  $\hat{f}_j = \frac{\sum C_{k,j+1}}{\sum C_{k,j}}$  alors :

$$E[(ii)] = -2 \frac{1}{C_{i,j} \sum_k C_{k,j}} \sum_k \text{cov} \left( C_{i,j+1}, C_{k,j+1} / D_j \right) = -2 \frac{1}{C_{i,j} \sum_k C_{k,j}} \text{cov} \left( C_{i,j+1}, C_{i,j+1} / D_j \right)$$

$$\text{Soit } E[(ii)] = -2 \frac{1}{C_{i,j} \sum_k C_{k,j}} \text{Var} \left( C_{i,j+1} / D_j \right) = -2 \frac{1}{C_{i,j} \sum_k C_{k,j}} C_{i,j} \sigma_j^2 = -\frac{2 \sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}}$$

Ce qui donne :

$$E[(i)] + E[(ii)] + E[(iii)] = \frac{\sigma_j^2}{C_{i,j}} - \frac{2 \sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}} + \frac{\sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}} = \frac{\sigma_j^2}{C_{i,j}} - \frac{\sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}}$$

En additionnant l'ensemble des résultats :

$$E \left( \hat{\sigma}_j^2 / D_j \right) = \frac{1}{I-j-1} \sum_{i=1}^{I-j} \left( \sigma_j^2 - \frac{C_{i,j} \sigma_j^2}{\sum_k C_{k,j}} \right) = \frac{1}{I-j-1} \left( (I-j) \sigma_j^2 - \frac{\sum C_{i,j} \sigma_j^2}{\sum C_{k,j}} \right)$$

$$\text{Soit } E \left( \hat{\sigma}_j^2 / D_j \right) = \frac{1}{I-j-1} \left( (I-j) \sigma_j^2 - \sigma_j^2 \right) = \sigma_j^2$$

Notre objectif n'étant pas de connaître l'erreur sur une survenance précise mais sur l'ensemble de notre historique, il faut plutôt reprendre l'écriture suivante :

$$\hat{e}_{C/D} \left( \hat{C} \right) = \sum_{i=2}^I \left[ \hat{e}_{C_{i,j}/D} \left( \hat{C}_{i,j} \right) + \hat{C}_{i,j} \left( \sum_{k=i+1}^I \hat{C}_{k,j} \right) \sum_{j=n-i+1}^{J-1} \frac{2 \hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2 \sum_{l=1}^{I-j} C_{l,j}} \right]$$

On constate que l'erreur globale n'est pas la somme des erreurs de chaque survenance. Ceci s'explique par la corrélation existante entre nos erreurs par survenance.

En effet ces dernières dépendent systématiquement des estimateurs  $\hat{f}_j$  et  $\hat{\sigma}_j$ .

Maintenant que nous disposons de l'erreur globale, il est possible de déterminer l'intervalle de confiance à 95% de notre charge sinistre à l'ultime. Pour ce faire il reste à déterminer l'espérance et la variance de la distribution de la charge en fonction d'une loi, comme par exemple la loi Log Normale  $(\mu, \sigma)$ .

L'intervalle est le suivant :  $[e^{\mu-1,96\sigma}; e^{\mu+1,96\sigma}]$

Avec  $e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} = \hat{C}$  et  $e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1) = \hat{e}_{C/D}(\hat{C})$  il est possible de réécrire l'intervalle.

Pour revenir à notre sujet, il existe plusieurs méthodes déterministes et stochastiques pour déterminer les ultimes et nous encourageons le lecteur intéressé à se diriger vers d'autres mémoires<sup>12</sup>

Dans la pratique, la méthode Chain-Ladder a des limites puisqu'elle repose sur le principe du « toute chose égale par ailleurs » qui est difficile à respecter comme l'illustre le sujet de ce mémoire. Ici nous avons une évolution réglementaire mais cela aurait pu être une évolution de l'entreprise (informatique, politique de gestion).

Voici deux exemples tirés de mon expérience venant illustrer mes propos :

- La mise en place du nouveau système informatique sinistre GMF en novembre 2014 a provoqué dans un premier temps une hausse des délais de gestion des sinistres (les gestionnaires devant s'appropriier le logiciel) et dans un second temps une baisse des taux de clôture (le système ne remontant pas toutes les informations du sinistre en cas de réouverture, les gestionnaires ont préférés ne pas systématiquement clôturer). Ces éléments ont impacté les triangles de liquidations de la direction technique. Il a fallu tenir compte de cette particularité dans le choix du coefficient de passage.
- Afin d'améliorer la joignabilité téléphonique des centres de gestion MRH à partir de mi-2019, il a fallu diminuer le temps consacré à la gestion. En fonction de certains critères, désormais le gestionnaire n'attend plus les pièces justificatifs (facture) et règle directement 100% du devis (au lieu d'un pourcentage). Lorsque le sociétaire réalisait lui-même les travaux, la facture était souvent non transmise. Cette nouvelle règle de gestion entraîne une forte augmentation des règlements et forte baisse des provisions. Les triangles de la ligne d'activité « dommage aux biens » de la direction de l'actuariat prudentiel sont impactés. Les coefficients du Chain-Ladder sur le triangle de règlements ne sont plus exploitables et seul les coefficients Chain-Ladder de la projection en charge ont un sens.

Une autre limite réside dans le fait de devoir travailler sur une matrice carrée. En prenant les survenances des dix dernières années, on se limite également à dix années de développement. Et par conséquent, à devoir considérer que la charge des sinistres ne change plus au bout de n années.

Si cela est vrai sur les sinistres attritionnels avec un n raisonnable. Cela n'est pas le cas sur du corporel. C'est pourquoi au sein de la direction financière, la projection de la RC automobile se réalise sur la RC Corporel auto puis sur la RC matériel auto.

On pourrait éventuellement insérer un facteur de queue en dernière année mais il est difficile de prolonger la suite des «  $\hat{f}_j$  » du fait de l'espérance de vie des victimes.

La volumétrie du nombre de victimes par survenance devenant faible, la robustesse du coefficient de passage ultime peut légitimement être mise en doute.

Le dernier point à soulever concerne la charge des graves qui peut aléatoirement augmenter et baisser au fil des années de développement en fonction d'un décès prématuré ou d'une réévaluation de la rente par le juge. Quel est le poids de cet évènement dans le calcul d'un coefficient de développement.

Pour commencer nous allons nous intéresser à deux triangles.

- Un triangle contenant le nombre de sinistre déclaré par année de survenance en fonction de l'année de développement. Ce triangle permet d'avoir une première vision des sinistres tardifs et du nombre d'année nécessaire pour connaître tous nos sinistres.

<sup>12</sup> Voir le mémoire 2017 de LE TUAN portant sur les méthodes de provisionnement en assurance non-vie

- Un triangle contenant les montants cumulés (en année renouvellement) associés aux sinistres du triangle précédent.

Avant de procéder à la liquidation des sinistres, nous avons la possibilité d'exclure certains sinistres atypiques et donc de supprimer leur influence dans la liquidation.

L'évaluation d'un sinistre peut fortement évoluer au début de sa survenance. Pour un gestionnaire sinistre cela n'a pas d'importance. En revanche pour l'actuaire cela va avoir un impact en majorant ou minorant la valeur du facteur de liquidation. Pour cette raison nous allons fixer un seuil minimal à atteindre. Ce seuil sera établi de façon à ce qu'il permette de contourner les forfaits d'ouverture.

Nous allons donc établir deux autres triangles.

- Un triangle contenant le nombre de sinistres supérieur à ce seuil par année de survenance et année de développement.
- Un triangle contenant les facteurs de développement par année de survenance. Ces facteurs sont calculés en prenant sur deux années de développement les sinistres supérieurs au seuil.

Pour estimer les valeurs du triangle inférieur, on précise dans l'outil les facteurs de développement que nous souhaitons appliqués en appuyant notre décision :

- Sur les divers facteurs proposés (Chain Ladder, moyenne, moyenne sans les valeurs extrêmes, moyenne sans diagonale, exclusion d'année de survenance atypique...).
- Sur l'observation des facteurs pour chaque croisement année de survenance / année de développement. En bleu ciel les valeurs particulièrement basses et en violet les valeurs particulièrement hautes.

		Année de déclaration	Y1 / Y0	Y2 / Y1	Y3 / Y2	Y4 / Y3	Y5 / Y4
Yes		2002	0,64	0,96	1,15	0,92	1,09
Yes		2003	0,88	0,96	1,03	1,04	1,06
No		2004	0,62	0,65	1,02	0,94	0,55
Yes		2005	1,01	1,05	1,01	0,97	1,05
Yes		2006	0,90	0,88	0,98	0,98	0,83
Yes		2007	0,94	0,93	0,94	0,96	1,01
Yes		2008	0,98	0,98	1,05	1,15	0,91
Yes		2009	0,65	0,90	0,90	0,99	0,81
Yes		2010	1,30	0,77	0,99	1,06	1,00
Yes		2011	0,77	0,79	1,01	1,00	0,93
Yes		2012	0,78	0,76	1,00	0,83	0,88
Yes		2013	1,03	1,01	1,00	0,87	
Yes		2014	1,42	1,00	0,74		
No		2015	0,00	0,00			
Yes		2016	0,79				
Yes		2017					

Choose # LDF year	15,00					
Chain Ladder	0,87	0,88	0,97	0,97	0,90	
moyenne	0,93	0,92	0,98	0,98	0,96	
Moyenne-min-max	0,91	0,92	0,99	0,98	0,96	
Moyenne-diag	0,94	1,00	1,01	0,99	0,97	
Retenu	<b>0,90</b>	<b>0,92</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	
Cumulé retenu	<b>0,69</b>	<b>0,77</b>	<b>0,83</b>	<b>0,86</b>	<b>0,88</b>	

Tableau 21 : Extrait des facteurs de développement pour BPCE

Dans le tableau ci-dessus, l'année de survenance 2004 n'a pas été retenue car trois des cinq facteurs sont bien moins élevés que ceux des autres années. A contrario, 2012 a été conservé malgré la présence de quatre valeurs en bleu ciel. Ceci s'explique par des facteurs d'un niveau plus proche des autres et par leur appartenance à une survenance plus récente. Devant la forte volatilité observée, il est difficile d'établir le coefficient de première année.

D'un point de vue mathématique, le fait de conserver ou d'exclure certaines années n'est rien d'autre qu'une pondération brutale des années de survenance. Au lieu de créer un indicateur oui/non pour l'utilisation d'une survenance, nous aurions pu renseigner des poids.

Dans notre cas le facteur de développement s'écrit :

$$\hat{f}_j = \frac{\sum_{i=1}^{I-j-1} I_{(i)} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{I-j-1} I_{(i)} C_{i,j}}, \text{ avec } 1 \leq j \leq J - 1$$

Et  $I_{(i)}$  la fonction indicatrice qui vaut 0 pour les années (i) à exclure.

Une fois décidé sur les facteurs de développement, l'outil calcul automatiquement les montants ultimes des sinistres en euros de l'année de renouvellement.

Pour achever cette section il nous reste à aborder les hypothèses de validation de l'utilisation du Chain Ladder. L'outil interne ne donne aucun renseignement sur cette validation, c'est pourquoi nous avons construit un fichier Excel annexe.

Dans un premier temps l'ensemble des coefficients de développement sont pris en compte. Cependant certains coefficients sont atypiques et seront supprimés de l'outil interne. Nous avons donc décidé de répercuter cette sélection dans notre fichier en le rendant dynamique. La non sélection de coefficients de développements a un impact sur la linéarité des  $(C_{i,j}, C_{i,j+1})$ .

Sans suppression nous obtenons le résultat suivant :

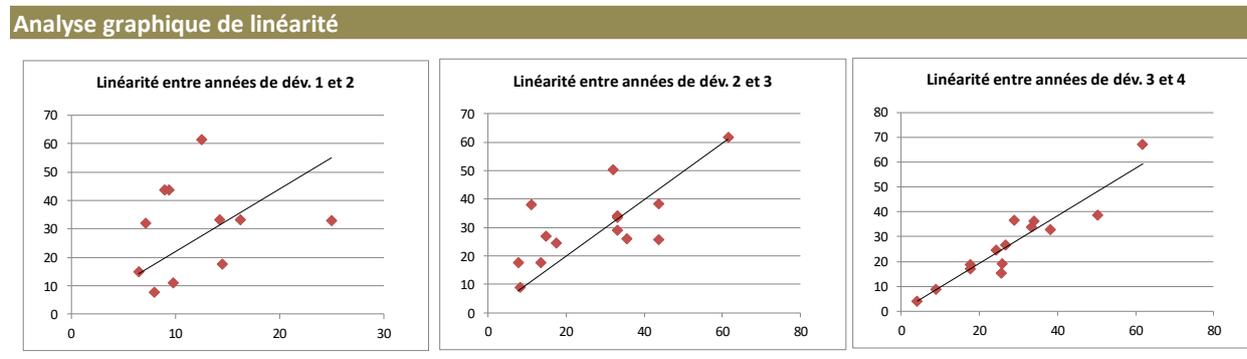


Tableau 22 : Analyse graphique de linéarité

S'agissant de sinistres corporels, il est assez logique d'observer une faible linéarité sur les premières années. Ceci est dû à la réévaluation des dossiers et/ou de l'évolution de la santé de la victime.

Malgré la suppression des coefficients atypiques, le résultat ne s'améliore que légèrement.

Le test statistique de régression linéaire vient confirmer cette difficulté.

Le coefficient  $R^2$  de la régression devant au minimum être supérieur à 0,95.

	Couples	Nb de coefficients sélectionnés	Pente de la régression linéaire passant par l'origine	Coefficient R <sup>2</sup> de la régression linéaire passant par l'origine
1	(Ci1,Ci2)	11	2,208	-0,302
2	(Ci2,Ci3)	14	0,995	0,234
3	(Ci3,Ci4)	14	0,958	0,878
4	(Ci4,Ci5)	13	0,891	0,965
5	(Ci5,Ci6)	12	0,989	0,926
6	(Ci6,Ci7)	11	0,997	0,936
7	(Ci7,Ci8)	10	0,896	0,958
8	(Ci8,Ci9)	9	1,002	0,984
9	(Ci9,Ci10)	8	1,100	0,948
10	(Ci10,Ci11)	7	0,932	0,862
11	(Ci11,Ci12)	6	1,012	0,974
12	(Ci12,Ci13)	5	0,983	0,933
13	(Ci13,Ci14)	4	0,995	1,000
14	(Ci14,Ci15)	3	1,006	0,992

Tableau 23 : Régression linéaire sur les coefficients de développement

Dans un second temps, nous devons valider statistiquement l'indépendance des survenances en étudiant les diagonales. Ici la valeur de Z doit être dans l'intervalle de confiance pour ne pas rejeter l'hypothèse d'indépendance.

Z	E(Z)	Var(Z)	Niveau de confiance	Intervalle de confiance		Hypothèse
44	44,41	10,95	5,0%	37,92	50,90	<b>Acceptée</b>

Tableau 24 : Validation de l'hypothèse d'indépendance

Dans le cadre d'une validation du modèle de Mack, nous devrions étudier la non corrélation des résidus.

$$\left( C_{i,j}, \frac{C_{i,j+1} - \hat{f}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}} \right)$$

Année de survenance	Délai de développement					
	1	2	3	4	5	6
2001			0,067	0,203	-0,159	0,224
2002	-0,169	-0,210	0,684	0,016	0,809	-0,298
2003	-0,407	-0,244	0,372	0,751	-0,223	1,185
2004	-0,870	1,131	0,513	0,203	-0,944	-1,185
2005	-1,180	-0,522	1,790	-2,134	-2,269	1,451
2006	-0,996	0,386	0,278	0,225	-0,125	0,652

Tableau 25 : Résidus de pearson centrés

Graphiquement on devrait observer un nuage des résidus aléatoirement distribués dans le plan, donc noter une absence de tendance.

### Section IV.2.3 Cadence de règlement et développement future des sinistres

L'objectif de la cadence est de connaître la façon dont nous nous rendons à l'ultime. C'est-à-dire connaître l'échelonnement de nos paiements. Le principe appliqué reprend celui de la liquidation des sinistres, puisque nous allons fixer un seuil pour contourner l'impact des petits sinistres. Ce seuil peut être différent du précédent mais en pratique il est souvent identique. Également similaire, la possibilité d'exclure certaines années de survenance. Ainsi que la création de deux triangles :

- Un triangle contenant les montants cumulés des paiements par année de survenance (et toujours exprimé en euros de l'année de renouvellement).
- Un triangle présentant les cadences de règlement par année de survenance.

Tout comme pour la liquidation, l'outil propose des valeurs de cadence de règlement des sinistres (moyenne, moyenne sans diagonale, ...). Cependant nous n'en tiendrons pas compte.

En effet, pour poursuivre dans le processus de tarification, l'outil impose que l'ensemble des sinistres soient réglés (donc terminés) à la dernière vision. En réalité ce n'est évidemment pas le cas mais nous allons considérer que tous nos sinistres sont clos au bout de  $n$  années, avec  $n$  égal à la taille de l'historique constitué pour la société.

Dans ce cas, que faut-il prendre comme cadence de règlement puisqu'on ne peut pas tenir compte de celle observée ?

On sollicite alors l'expérience de l'équipe réassurance, qui, pour chacune des sociétés COVEA, a pu établir une cadence moyenne sur  $x$  années ( $x$  fixé) en fonction de leur profil de gestion sinistre. A nous de reprendre ces hypothèses et de les adapter à notre taille  $n$  d'historique.

Ces cadences sont utilisées depuis un certain temps. Il pourrait être intéressant de les comparer avec celles que l'on obtiendrait en prenant l'ensemble des sinistres en RC grave clos dans les  $x$  années suivant leur survenance. Malheureusement en fonction du seuil de charge retenu pour la définition d'un périmètre RC grave, le résultat peut fortement fluctuer.

D'un autre côté, est-il nécessaire de remettre en question ces cadences en réalisant un travail long et fastidieux, en sachant qu'AON utilise certainement une méthode plus macroscopique dans le cadre du traité ?

Notre objectif n'est pas d'aboutir à la tarification la plus juste, mais à la plus voisine possible. On ne souhaite pas prouver qu'il faille ou non sortir du traité. Celui-ci est une mutualisation des risques, il est donc possible que GMF paye trop et SVG pas assez.

Sur la base de ces cadences, l'outil calcule les produits financiers générés et applique la clause de stabilité par sinistre. Avant d'entamer le processus de tarification, il nous reste une dernière étape.

#### Section IV.2.4 Le changement du taux de provisionnement

Nous avons calculé le montant ultime de chaque sinistre sur la base d'une évaluation en 2017 au taux de 2,43%. Tenu de provisionner à 1,5% d'après les conditions fixées par le traité, les provisions de tous les sinistres doivent être redressées et par conséquent les ultimes aussi. Malheureusement l'outil n'apporte pas de lui-même de correctif.

Comme nous disposons pour l'exercice 2017 du coût total hors revalorisation de tous les sinistres avec les deux taux ; nous pouvons établir, pour chaque sinistre toujours en cours et dont le coût total est différent entre les deux taux, le facteur multiplicateur lui permettant de passer du montant à 2,43 % au montant à 1,5 %.

Lorsque l'on regarde les données transmises par les équipes sinistres, on constate que les provisions revalorisées ne sont pas recalculées de manière exactes mais sont des approximations au K€.

En triant les sinistres par coût croissant, nous observons que les facteurs associés le sont globalement tout autant. Il est même possible d'établir un facteur multiplicateur moyen par tranche de coût. Dès lors, si on multiplie le montant ultime du sinistre par le facteur moyen de sa tranche, on obtient une approximation grossière de l'ultime théorique provisionné au taux de 1,5 % en 2017. Cette approximation est la solution que nous retenons par l'équipe de la réassurance.

Comme la gestion sinistre est différente d'une société à l'autre, nous devons créer une matrice de passage pour chacune des sociétés du groupe.

Ainsi pour la GMF :

- Pour les sinistres inférieurs à 4 M€, le facteur multiplicateur est en moyenne de 1,08.
  - Pour les sinistres entre 4 M€ et 8 M€, le facteur multiplicateur est en moyenne de 1,11.
  - Pour les sinistres supérieurs à 8 M€, le facteur multiplicateur est en moyenne de 1,15.
- Les valeurs 0,86 et 0,71 sont jugées atypiques et sont exclues du calcul de la moyenne de la tranche.

Numero sinistre	Survenance	exercice d'arreté	Total sinistre à 2,43 Hors revalo	Total sinistre à 1,5 Hors revalo	facteur multiplicateur (total 1,5%/ total 2,43%)
1	2013	2017	2 525 808 €	2 535 948 €	1,00
2	2014	2017	2 944 047 €	3 252 551 €	1,10
3	2005	2017	3 460 179 €	3 890 179 €	1,12
4	2013	2017	3 524 426 €	3 824 426 €	1,09
5	2009	2017	4 832 079 €	5 505 382 €	1,14
6	2015	2017	4 843 424 €	5 652 245 €	1,17
7	2013	2017	5 009 621 €	5 619 643 €	1,12
8	2016	2017	5 556 848 €	5 756 315 €	1,04
9	2001	2017	5 738 966 €	6 653 966 €	1,16
10	2015	2017	5 835 429 €	6 482 603 €	1,11
11	2016	2017	6 244 565 €	7 242 345 €	1,16
12	2014	2017	6 295 684 €	6 797 070 €	1,08
13	2008	2017	6 576 603 €	7 103 039 €	1,08
14	2009	2017	6 749 523 €	7 148 962 €	1,06
15	2015	2017	7 819 931 €	8 684 625 €	1,11
16	2002	2017	7 933 190 €	9 172 190 €	1,16
17	2012	2017	7 967 023 €	8 872 955 €	1,11
18	2005	2017	8 013 864 €	8 043 864 €	1,00
19	2014	2017	8 536 052 €	9 970 965 €	1,17
20	2015	2017	8 854 793 €	10 128 407 €	1,14
21	2016	2017	8 989 790 €	10 273 162 €	1,14
22	2013	2017	9 121 031 €	10 434 645 €	1,14
23	2015	2017	9 367 660 €	10 791 816 €	1,15
24	2009	2017	10 248 481 €	11 808 388 €	1,15
25	2002	2017	10 590 388 €	11 910 388 €	1,12
26	2010	2017	11 125 426 €	9 622 426 €	0,86
27	2016	2017	11 549 029 €	13 247 254 €	1,15
28	2007	2017	11 696 297 €	13 350 364 €	1,14
29	2013	2017	11 718 398 €	13 275 223 €	1,13
30	2003	2017	11 799 132 €	15 882 797 €	1,35
31	2009	2017	14 221 047 €	10 084 737 €	0,71

Tableau 26 : Matrice de passage GMF d'un provisionnement de 2,43% à 1,5%

Ci-dessous un exemple sur une base de quatre sinistres, avec les ultimes calculés par l'outil (en rouge dans le premier tableau), et les ultimes redressés (en rouge dans le second tableau).

Number	Year	2018 value				Ultimate value		
		Open Amount	Cumulated Paid	Last reserves	Incurred	Open Amount	Incurred	Ultimate Loss
1	2003	7 803 912 €	3 519 562 €	- €	3 519 562 €	7 803 912 €	4 347 642 €	4 347 642 €
2	2002	9 984 031 €	2 955 920 €	9 654 097 €	12 610 017 €	9 984 031 €	18 590 166 €	17 220 115 €
3	2002	7 738 142 €	7 544 488 €	1 382 996 €	8 927 484 €	7 738 142 €	11 968 182 €	10 609 742 €
4	2002	6 467 365 €	3 514 973 €	1 932 887 €	5 447 860 €	6 467 365 €	6 475 623 €	6 207 640 €

Matrice de passage	
Valeurs du sinistre	Facteur multiplicatif
Inférieur à 4 M€	1,08
4 M€ - 8 M€	1,11
Supérieur à 8M€	1,15

Le sinistre n°1 n'a plus de provision en 2018, on ne change donc pas l'ultime calculé par l'outil.

Le sinistre n°2 possède une provision. Son ultime va être multiplié par 1,15 qui est le facteur multiplicateur correspondant au sinistre de plus de 8 M€.

Number	Year	2018 value				Ultimate value		
		Open Amount	Cumulated Paid	Last reserves	Incurred	Open Amount	Incurred	Ultimate Loss
1	2003	7 803 912 €	3 519 562 €	- €	3 519 562 €	7 803 912 €	4 347 642 €	4 347 642 €
2	2002	9 984 031 €	2 955 920 €	9 654 097 €	12 610 017 €	9 984 031 €	18 590 166 €	19 803 133 €
3	2002	7 738 142 €	7 544 488 €	1 382 996 €	8 927 484 €	7 738 142 €	11 968 182 €	12 201 204 €
4	2002	6 467 365 €	3 514 973 €	1 932 887 €	5 447 860 €	6 467 365 €	6 475 623 €	6 890 480 €

Tableau 27 : Exemple d'utilisation de la matrice de passage

Remarque :

Si cela avait été possible il aurait été plus propre de réaliser ce travail sur les provisions uniquement. En effet, un sinistre d'un montant important avec peu de provision (du fait du sinistre en lui-même, ou du délai écoulé depuis consolidation) est associé à un facteur plus élevé qu'il ne le devrait.

Dans notre exemple les sinistres 2 et 3 sont tous deux supérieurs à 8M€ et donc associés au même multiplicateur. Cependant l'ordre de grandeur de leur provision est totalement différent. En pratique l'impact d'un changement de taux de provisionnement ne devrait pas être identique pour ces deux sinistres.

Maintenant que nous disposons des données nécessaires, nous pouvons établir une tarification sur expérience et une tarification probabiliste, et comparer les résultats obtenus.

## Chapitre 3 : Les résultats des cotations

### Section IV.3.1 La méthode « Burning Cost »

La méthode « Burning Cost » est adaptée aux tranches dites travaillantes, c'est-à-dire des tranches touchées très fréquemment. Dans ce cas priorité et portée sont forcément paramétrées et testées pour différentes valeurs. Comme nous désirons tarifier à l'identique du traité en vigueur, nous nous bornerons à une seule tranche, même si dans la pratique nous avons également étudiés les conséquences des priorités inférieures et supérieures.

Un autre élément à prendre en compte est la possibilité d'obtenir un résultat « Burning Cost » calculable avec ou sans la dernière année de survenance (la diagonale du triangle). Cette possibilité est nécessaire du fait qu'en réassurance les données (sinistres et primes) de la dernière année sont généralement incomplètes.

Les besoins de données de la dernière année se font dans le cadre des renouvellements annuels des traités. De ce fait ils interviennent avant la fin de ladite année. Les données sont extraites en fin de trimestre (à fin juin ou à fin septembre). Si une estimation des primes est possible, l'estimation des sinistres ne l'est pas (à la fois sur la survenance de nouveau sinistre, que sur le déroulé des sinistres déjà déclarés).

Après quelques tests nous avons décidé de réaliser, pour toutes les sociétés du groupe, l'ensemble de nos « Burning Cost »<sup>13</sup> sans la diagonale. Ci-dessous un exemple de détermination du taux BC pour la sauvegarde.

Layer 2 : Burning Cost Evolution 9999999 XS 1000000										
	by EPI actu	Yes	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Ultimate BC without diagonal
	Update by EPI actu	Actual BC	Incurred BC	Non readjusted Ultimate BC with diagonal	IBNR With Diagonal	Ultimate BC with diagonal	Non readjusted Ultimate BC without diagonal	IBNR Without Diagonal	Ultimate BC without diagonal	Selected
2000	29 045 269	0,99%	10,26%	11,04%	0,00%	11,04%	11,04%	0,00%	11,04%	9,73%
2001	28 292 622	7,38%	18,45%	18,92%	0,00%	18,92%	18,92%	0,00%	18,92%	9,73%
2002	28 574 539	34,37%	79,94%	80,12%	0,00%	80,12%	80,12%	0,00%	80,12%	9,73%
2003	29 790 103	11,19%	24,61%	24,61%	0,00%	24,61%	24,61%	0,00%	24,61%	9,73%
2004	31 220 393	0,35%	3,56%	3,30%	0,00%	3,30%	3,30%	0,00%	3,30%	9,73%
2005	29 004 251	5,81%	13,38%	12,97%	0,00%	12,97%	2,59%	0,00%	2,59%	9,73%
2006	29 619 000	2,87%	9,94%	9,65%	0,00%	9,65%	9,65%	0,00%	9,65%	9,73%
2007	31 607 133	1,70%	3,79%	3,79%	0,00%	3,79%	3,79%	0,00%	3,79%	9,73%
2008	32 829 078	9,40%	17,44%	16,11%	0,00%	16,11%	16,11%	0,00%	16,11%	9,73%
2009	34 410 678	60,03%	78,19%	79,22%	0,00%	79,22%	77,81%	0,00%	77,81%	9,73%
2010	36 484 103	0,18%	2,00%	0,98%	0,00%	0,98%	0,98%	0,00%	0,98%	9,73%
2011	38 043 306	29,82%	33,95%	33,50%	0,00%	33,50%	33,50%	1,49%	34,99%	9,73%
2012	39 727 646	6,48%	8,37%	5,30%	1,38%	6,68%	5,30%	2,83%	8,13%	9,73%
2013	42 329 357	6,57%	8,16%	4,15%	2,63%	6,78%	2,41%	4,04%	6,45%	9,73%
2014	43 487 886	3,46%	4,59%	2,38%	4,33%	6,71%	2,38%	6,25%	8,62%	9,73%
2015	43 992 993	38,17%	40,09%	31,37%	6,41%	37,78%	0,00%	8,26%	8,26%	9,73%
2016	43 577 735	32,08%	33,42%	25,11%	9,74%	34,85%	0,00%	16,13%	16,13%	9,73%
2017	43 152 450	0,24%	0,32%	0,00%	19,02%	19,02%	0,00%	0,00%	0,00%	9,73%
	<b>Weighted BC</b>	<b>9,79%</b>	<b>14,68%</b>	<b>12,23%</b>		<b>14,39%</b>	<b>6,42%</b>		<b>9,73%</b>	

Tableau 28 : Détermination du "Burning Cost" pour La Sauvegarde

<sup>13</sup> Par la suite la notation BC sera utilisée pour désigner « Burning Cost »

Pour estimer le BC moyen nous avons optés pour une approche en taux BC annuel. C'est-à-dire que l'ensemble des valeurs sont exprimées en pourcentage. Nous aurions pu prendre une approche en montant mais celle-ci est moins lisible, surtout lorsqu'on compare des sociétés entre elles.

Apportons quelques précisions sur certaines colonnes présentes dans le tableau.

- « Update by EPI actu » correspond au montant des primes actualisées par le coût moyen par police.
- « Non readjusted Ultimate BC without diagonal » correspond au taux BC des sinistres déjà déclarés sans tenir compte de la diagonale.
- « IBNR<sup>14</sup> Without Diagonal » correspondu taux BC des sinistres survenus mais non déclarés.
- « Ultimate BC without diagonal » correspond à la somme des deux colonnes précédentes.
- La dernière colonne correspond au choix retenu. A savoir la moyenne pondérée des BC ultimes sans la diagonale par les primes actualisées.

Concernant les sinistres survenus mais non déclarés, ceux-ci ont été extrapolés par l'observation du passé.

Layer 2 : Number of Claims 9999999 XS 1000000 without diagonal																	
	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
2000	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	4,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	0,0	2,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	0,0	1,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	0,0	0,0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	1,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	3	17	4	4	2	2	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Average	0,2	1,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Weight by exposure	5,067E-09	3,100E-08	7,929E-09	8,677E-09	4,777E-09	5,278E-09	5,867E-09	0,000E+00	7,408E-09	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	8,643E-09	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Total - diag	3	17	4	4	2	2	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Average - diag	0,2	1,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Weight by exposure	5,470E-09	3,370E-08	8,677E-09	9,555E-09	5,278E-09	5,867E-09	6,570E-09	0,000E+00	8,433E-09	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	1,164E-08	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
NB weighted selected	5,067E-09	3,100E-08	7,929E-09	8,677E-09	4,777E-09	5,278E-09	5,867E-09										

Tableau 29 : Cadence de déclaration des sinistres entrant dans le cadre du traité de La Sauvegarde

Dans le cas de la sauvegarde, nous avons considéré qu'au bout de 6 ans l'ensemble des sinistres d'une année d'exercice était connu. Nous avons donc supprimé l'ensemble des poids pour les années Y7 à Y16 (ligne bleue).

Ces poids prennent en compte les sinistres de la diagonale et sont établis comme étant le rapport entre le nombre de sinistres déclarés pour  $Y_i$  sur toutes les survenances par la somme des primes actualisées de ces survenances.

Le triangle inférieur est obtenu par multiplication du poids moyen de l'année  $Y_i$  par le montant des primes actualisées de l'année de survenance correspondante. C'est pourquoi pour  $Y_i$  avec  $i=6$ , nous observons les valeurs 0,2 et 0,3 sur des survenances différentes.

Si certaines années de survenance semblent atypiques, il est possible de supprimer leur influence dans le calcul des poids.

Pour revenir au tableau 25. Les années 2002, 2009 et 2017 sont clairement atypiques et n'ont pas été retenus dans le calcul du « Burning Cost » moyen. Après réflexion l'année 2011 a également été rejetée.

Au final, la pondération des « Burning Cost » annuels par les primes actualisées nous donne un taux de 9,73%.

<sup>14</sup> IBNR est l'abréviation de « Incurred But Not Reported »

### Section IV.3.2 La méthode probabiliste

La méthode probabiliste, contrairement à la méthode « Burning Cost », est adaptée dans la tarification de tranches non travaillantes. L'application de cette méthode permettra de nuancer les résultats précédemment obtenus.

Elle se décompose en deux étapes indépendantes l'une de l'autre. La première consiste à ajuster la fréquence du sinistre et la seconde à ajuster la sévérité du sinistre. La combinaison des deux indiquant le taux de primes à fournir pour couvrir le risque.

#### Ajustement de la fréquence :

Pour cette partie, on essaie d'estimer la distribution de la fréquence en excédent du seuil.

Comme pour la méthode « Burning Cost » on peut considérer l'historique avec ou sans la dernière diagonale. Les tardifs (qui peuvent avoir un poids important sur le nombre ultime des sinistres), seront eux aussi traités de la même façon. Pour des raisons de cohérence l'actualisation des primes sera également au coût moyen par police.

		Without 2017					
		Threshold Extrap Freq	900 000 by EPI actu				
	Year	Known claims	Update EPI	Extrap by EPI actu	Update by EPI actu	% known claims after extrap	Selected
No	2000	4	29 045 269	4,0	5,96	100,00%	1,90
No	2001	4	28 292 622	4,0	6,12	100,00%	1,9
No	2002	7	28 574 539	7,0	10,61	100,00%	1,9
Yes	2003	2	29 790 103	2,0	2,91	100,00%	1,9
Yes	2004	2	31 220 393	2,0	2,77	100,00%	1,9
Yes	2005	2	29 004 251	2,0	2,99	96,30%	1,9
No	2006	4	29 619 000	4,0	5,85	94,50%	1,9
Yes	2007	1	31 607 133	1,0	1,37	92,74%	1,9
No	2008	5	32 829 078	5,0	6,59	92,74%	1,9
No	2009	6	34 410 678	6,0	7,55	92,74%	1,9
Yes	2010	3	36 484 103	3,0	3,56	87,78%	1,9
Yes	2011	2	38 043 306	2,0	2,28	87,78%	1,9
Yes	2012	1	39 727 646	1,0	1,09	82,62%	1,9
No	2013	3	42 329 357	3,3	3,38	76,66%	1,9
Yes	2014	1	43 487 886	1,9	1,87	68,91%	1,9
Yes	2015	0	43 992 993	1,3	1,30	55,57%	1,9
Yes	2016	0	43 577 735	2,8	2,80	42,66%	1,9
	<b>Total</b>	<b>14,0</b>		<b>19,0</b>	<b>22,9</b>	<b>% Number of policies</b>	<b>0,0000%</b>
	<b>Average</b>	<b>1,40</b>		<b>1,90</b>	<b>2,29</b>		
	<b>Average - Min - Max</b>	<b>1,38</b>		<b>1,88</b>	<b>2,29</b>		

Tableau 30 : Ajustement de la fréquence de La Sauvegarde

Ainsi pour Sauvegarde, on considère que la fréquence des sinistres supérieurs au seuil de 0,9 M€ est de 1,9%.

#### Ajustement de la sévérité :

La première action consiste à fixer un seuil à partir duquel on souhaite modéliser la sinistralité. Ce seuil permet de tronquer la loi de probabilité pour garantir un meilleur ajustement des sinistres de montants importants.

En fonction du seuil et de bornes inférieure et supérieure de montant de sinistres, l'outil fournit les paramètres qui minimisent l'écart quadratique moyen pour les distributions de probabilité de Pareto, Pareto généralisé (GPD) et Log Normale.

L'utilisateur est libre de tester différents seuils pour une loi, puis d'entrer les valeurs qu'il souhaite garder.

La loi Log Normale est celle qui ajuste le mieux la distribution des sinistres MAAF mais aussi celles des autres sociétés de COVEA.

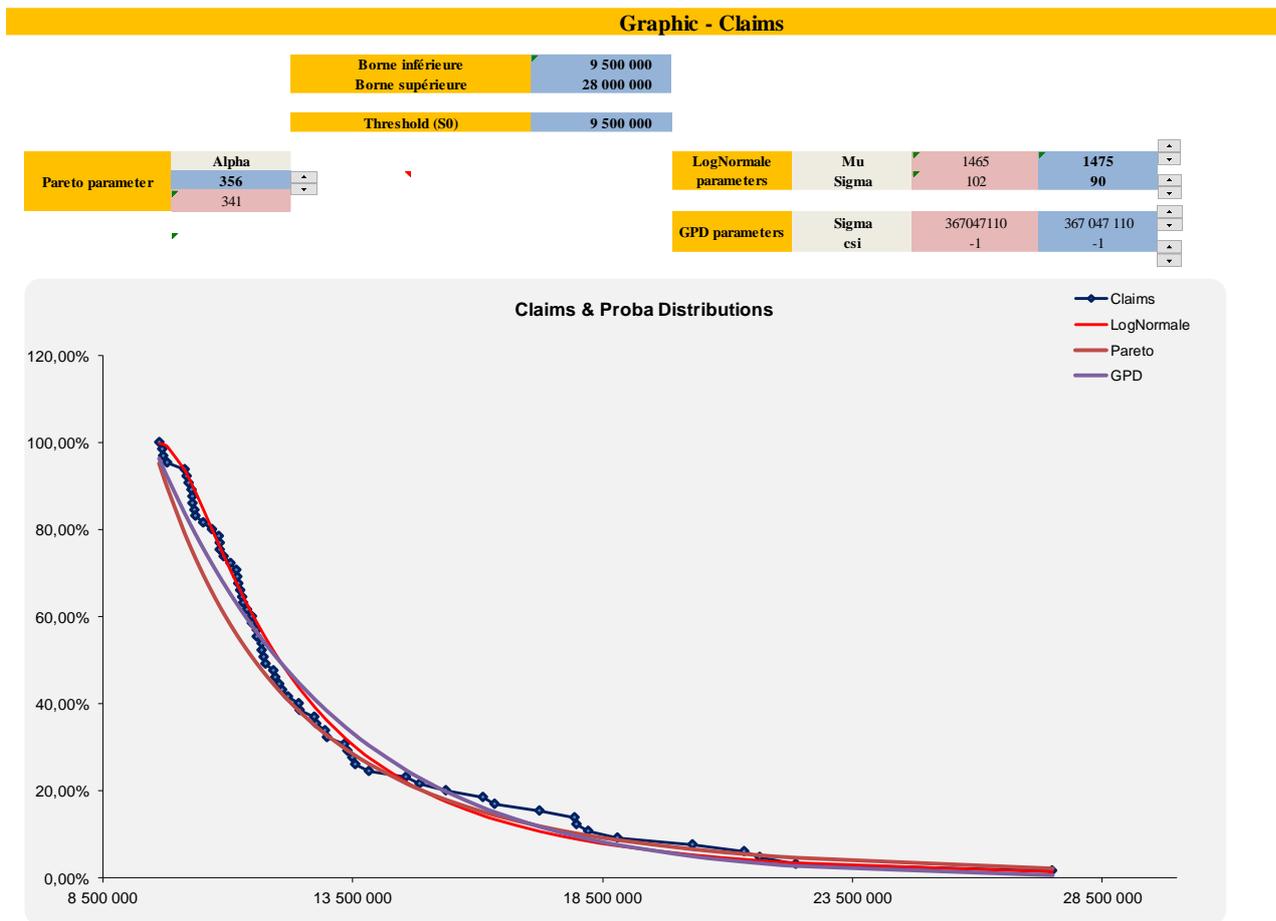


Figure 10 : Ajustement de la sévérité des sinistres MAAF

Ainsi pour MAAF, la borne supérieure sera le montant ultime du sinistre le plus couteux additionné d’une marge de sécurité. La borne inférieure sera sous la valeur d’entrée dans le traité (donc inférieure à 12M€), mais pas trop basse pour ne pas donner trop de poids aux « petits sinistres ».

Le seuil sera quant à lui une valeur entre la borne inférieure et la valeur d’entrée dans le traité.

Dans le tableau ci-dessous nous essayons de déterminer un seuil entre 9M€ et 12M€, qui permet l’observation de suffisamment de sinistre, tout en conservant un Chi2 validant l’ajustement par la loi Log Normale.

L’idée n’est pas de reprendre une valeur du tableau mais de se donner un intervalle de seuil. Ici entre 9 et 10M€.

On peut ensuite affiner en faisant passer la borne supérieure de 12M€ à 10M€.

<b>from</b>	9 000 000
<b>to</b>	12 000 000

S0	μ	σ	Chi2	Nb Obs.	S0	μ	σ	Chi2	Nb Obs.
9 000 000	14,649	1,089	3,526	73	10 571 429	14,430	1,134	1,626	52
9 142 857	14,612	1,148	1,815	71	10 714 286	14,336	1,231	2,302	51
9 285 714	14,644	1,095	1,326	68	10 857 143	14,358	1,223	2,748	48
9 428 571	14,647	1,049	1,808	66	11 000 000	14,264	1,306	3,644	47
9 571 429	14,583	1,115	2,300	65	11 142 857	14,106	1,507	3,218	46
9 714 286	14,504	1,432	4,555	63	11 285 714	14,162	1,556	3,705	42
9 857 143	14,594	1,000	1,620	61	11 428 571	14,242	1,453	3,993	39
10 000 000	14,472	1,127	1,806	61	11 571 429	14,150	1,664	8,625	37
10 142 857	14,348	1,309	2,955	60	11 714 286	14,489	1,338	3,718	32
10 285 714	14,280	1,568	4,711	57	11 857 143	14,431	1,424	3,004	31
10 428 571	14,495	1,093	1,962	53	12 000 000	14,465	1,481	3,357	29

Tableau 31 : Détermination d'un seuil dans l'ajustement de la sévérité MAAF

Graphiquement nous avons constaté que la loi Log Normale ajustait bien la distribution des coûts des sinistres MAAF. Il nous faut cependant valider ce choix par un test d'ajustement pour loi continue comme le test de Kolmogorov Smirnov. Celui-ci fonctionne bien à partir de grand échantillon mais ce n'est pas notre cas ici.

#### Rappel sur le test Kolmogorov Smirnov :

Ce test repose sur l'idée que les fonctions de répartitions empirique ( $F_n$ ) et théorique ( $F$ ) d'une v.a.r  $X$  sont voisines, et donc que la première peut se substituer à la deuxième.

Une fois émise l'hypothèse de la loi sous-jacente à la fonction de répartition  $F$ , il faut comparer avec la fonction de répartition empirique.

En ordonnant par ordre croissant les différentes observations, la fonction de répartition empirique est définie

comme :  $F_n(x) = \frac{i}{n}$  pour  $i \in [1, n]$

Le test consiste à chercher la plus grande différence entre les deux courbes. Soit  $D_n = \sup |F(x) - F_n(x)|$

La table du test de Kolmogorov Smirnov donne les valeurs de  $d_n$  telles que  $P = P(D_n < d_n)$

TABLE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV  
 $D_n = \sup |F_n^*(x) - F(x)|$   
 VALEURS DE  $d_n$  TELLES QUE  $P = P(D_n < d_n)$

$n$	$P = .80$	$P = .90$	$P = .95$	$P = .98$	$P = .99$
1	.90000	.95000	.97500	.99000	.99500
2	.68377	.77639	.84189	.90000	.92929
3	.56481	.63604	.70760	.78456	.82900
4	.49265	.56522	.62394	.68887	.73424
5	.44698	.50945	.56328	.62718	.66853
6	.41037	.46799	.51926	.57741	.61661
7	.38148	.43607	.48342	.53844	.57581
8	.35831	.40962	.45427	.50654	.54179
9	.33910	.38746	.43001	.47960	.51332
10	.32260	.36866	.40925	.45662	.48893

Dans le cas où  $n=5$ , l'hypothèse d'ajustement pour la loi continue avec une erreur de 5% donne une valeur de 0,56328.

Si la valeur de  $D_5$  est inférieure alors l'hypothèse n'est pas rejetée.

Tableau 32 : Extrait de la table du test de Kolmogorov Smirnov

Afin de valider notre choix nous avons optés pour l'application de la méthode du Chi2.

Ce test s'applique généralement sur des variables discrètes mais peut également être utilisé sur des variables continues du moment que les valeurs sont regroupées en classe de taille suffisante. La création de classe est libre mais provoque une perte d'information (qui n'existe pas avec Kolmogorov Smirnov).

#### Rappel sur le test du Chi2 :

Tout comme précédemment, il faut faire l'hypothèse d'une loi théorique  $H$  et la tester.

Ensuite nous répartissons les données en  $k$  classes distinctes en s'assurant que chaque classe possède un effectif minimal de 5.

On notera  $R_i$  l'effectif observé dans la classe  $i$  et  $T_i$  son effectif théorique résultant de l'application de  $H$ .

Ensuite nous calculons  $D = \sum_{i=1}^k \frac{(R_i - T_i)^2}{T_i}$  avec  $D$  la variable de décision tel que  $D \approx \chi^2$  ddl  $(k - 1 - r)$ .

Dans l'hypothèse où l'ensemble des paramètres de  $H$  son connu, alors  $r=0$ .

Dans le cas contraire  $r$  correspond au nombre de paramètre que nous avons dû estimer.

Après avoir défini un niveau de rejet (comme par exemple 5%), il reste à comparer la valeur de  $D$  avec la valeur contenue dans le tableau des Fractiles de loi du Chi2<sup>15</sup>. Si  $D$  lui est inférieur alors l'hypothèse d'ajustement par la loi  $H$  n'est pas rejetée.

#### Application :

On classe tout d'abord par ordre décroissant les montants de nos sinistres observés et on leur attribue la probabilité d'atteindre ce rang. Il y a ainsi deux chances sur soixante-cinq d'atteindre à minima le rang deux (soit une probabilité de 3,1%).

A l'aide des paramètres estimés de la loi Log Normale et des probabilités associées, nous pouvons calculer le montant issu de l'application de cette loi.

Rang	Montant ordonné	Montant LogN	Proba
1	27 504 277	28 000 000	1,5%
2	22 376 880	24 398 949	3,1%
3	21 646 945	21 991 180	4,6%
4	21 330 887	20 427 070	6,2%
5	20 305 558	19 291 855	7,7%
64	9 686 958	9 828 829	98,5%
65	9 630 203	9 500 000	100,0%

Tableau 33 : Classement par ordre croissant des sinistres MAAF

Nous choisissons ensuite de créer six classes à partir du seuil de 9,5M€ jusqu'à la borne maximale du traité. Comme celui-ci est illimité, la borne max est renseignée à 999Md€. En pratique peu importe la valeur car nous avons fixé un seuil maximal de montant de sinistre à 28M€.

<b>S0</b>	9 500 000	
<b>Mu</b>	14,65	
<b>Sigma</b>	1,02	
<b>Chi2</b>	2,33	

Layers		Distribution	
Band Min		Band Max	
9 500 000	<----->	10 925 000	Observed
10 925 000	<----->	12 563 750	Calculated
12 563 750	<----->	14 448 313	18
14 448 313	<----->	16 615 559	23
16 615 559	<----->	19 107 893	9
19 107 893	<----->	999 999 999 999	5
			20,8
			18,9
			10,6
			6,0
			3,5
			5,3

Tableau 34 : Détermination des classes pour validation du test d'ajustement

Concrètement, nous multiplions les bornes par un facteur de 1,15.

A l'exception de la dernière classe, celles-ci sont de tailles équivalentes. Ce facteur de 1,15 est aussi arbitraire que le nombre de classe, et doit répondre à deux contraintes qui sont :

- L'obtention d'une volumétrie de sinistres observés suffisante pour toutes les classes.
- La création de bornes adaptées au traité de la société. Sachant que celui-ci est un ILL XS 12 pour la MAAF, il ne faut pas que toutes mes classes se retrouvent sous les 12M€.

Maintenant que nous disposons des effectifs observés et calculés, il est possible de déterminer la valeur du Chi2 (celui-ci est de 2,33).

Sachant que nous avons estimé les deux paramètres de la loi Log Normale, nous devons baisser le degré de liberté (DDL) du Chi2 à  $DDL = k-1-r = 6-1-2 = 3$ .

Le tableau des Fractiles de la loi du Chi2 à 3 DDL permet d'obtenir un seuil à 5% d'erreur de 7,815.

Comme la valeur de 2,33 n'appartient pas à l'intervalle  $[7,815; +\infty[$ , on accepte l'ajustement par Log Normale.

<sup>15</sup> En annexe 12 le tableau des Fractiles de la loi du Chi2

### Section IV.3.3 Résultats et commentaires

En regroupant les différentes tarifications (traité actuel, « Burning Cost », Probabiliste) et en tenant compte des frais de gestion, de courtage et d'un chargement de sécurité, nous obtenons les primes de réassurance à payer en pourcentage des primes acquises.

Afin de rendre confidentiel les résultats, ceux-ci ont été transformés par facteur multiplicatif :

Société	Tarification ARCAM	Méthode Burning Cost	Méthode probabiliste
GMF	1,1	0,9	1,5
MMA	1,1	0,8	1,4
MAAF	1,1	1,4	1,7
BPCE	6,8	9,9	16,2
SVG	15,5	17,7	24,7

Tableau 35 : Résultat des différentes tarifications

La tarification par la méthode BC donne des résultats proches de la tarification en vigueur. Les sociétés les plus importantes sont à priori sur tarifées par rapport aux « petites » sociétés mais cela s'explique par le côté mutualiste du traité.

La présence de quelques sinistres atypiques (à montant particulièrement élevé) sur une volumétrie assez faible vient grossir la queue de distribution de la sévérité des sinistres. C'est pourquoi la méthode probabiliste sur-tarifie le traité.

Sur la base de ces travaux nous pouvons entamer la prise en compte de la revalorisation.

## Partie V : Prise en compte de la revalorisation

### Chapitre 1 : Les rapports de l'Assemblée Nationale

Suite à des recherches sur internet nous avons pu découvrir, avant même sa mise en application, deux estimations de l'impact du transfert automatique de la revalorisation des rentes vers les assureurs.

La première vient d'une parution de chez Milliman « La réforme du FGAO, quels impacts pour l'assurance automobile ? ». Dans cet article, il est cité le rapport 465 de l'Assemblée Nationale, novembre 2012, par M. Christian ECKERT. Celui-ci précise que le gouvernement a quantifié l'impact autour de + 4 % de la prime « responsabilité civile ».

La deuxième est issue du rapport 213 de l'Assemblée Nationale, décembre 2012, par M. François Marc. Dans ce rapport l'impact estimé est de + 5,1 % de la prime « responsabilité civile ».

Ces estimations reposent sur des hypothèses non publiées et qui peuvent portées sur l'âge de la victime, le taux de révision de l'arrérage de la rente, le montant de l'arrérage fixé le jour de l'attribution, l'utilisation de la table de mortalité TD 88-90, ou juste sur une manipulation des rentes en cours. Le fait que ces deux estimations (séparées d'un mois) ont déjà un écart de + 1,1 % illustre complètement la difficulté de chiffrer cet impact.

Avant d'aller plus loin dans ce mémoire, il est intéressant de comparer ce que l'on observe avec nos données et les chiffres avancés par le gouvernement. Pour se faire nous allons récupérer les montants indexés des revalorisations et des cotisations sur les années 2013 à 2016.

Société	Nombre de sinistres revalorisés	Montant des revalorisations indexées	Montant des cotisations indexées	Montant de la charge sinistre à l'ultime	Rapport annuel moyen revalorisations sur cotisations
GMF	16	38 592 848 €	1 696 236 986 €	126 606 357 €	2,3%
MAAF	63	172 390 260 €	2 135 583 479 €	587 365 036 €	8,1%
MMA	15	47 208 252 €	2 413 680 708 €	150 152 308 €	2,0%
BPCE	15	18 167 807 €	245 657 568 €	80 950 100 €	7,4%
SVG	9	10 741 988 €	174 780 784 €	49 320 949 €	6,1%
<b>COVEA</b>	<b>118</b>	<b>285 654 970 €</b>	<b>6 635 819 820 €</b>	<b>987 882 485 €</b>	<b>4,3%</b>

Tableau 36 : Impact de la revalorisation en pourcentage de la prime responsabilité civile

L'impact moyen au niveau COVEA est de + 4,3 %, c'est-à-dire au niveau des estimations du gouvernement. Cette stabilité résulte néanmoins d'une mutualisation des impacts très volatils par marques.

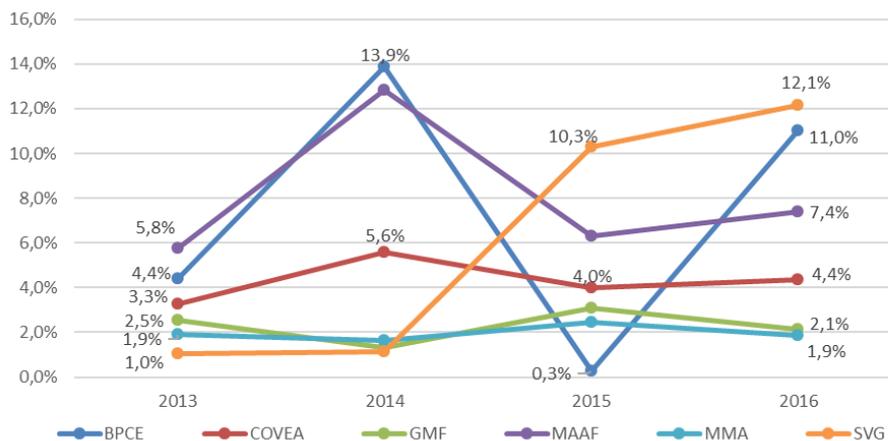


Figure 11 : Rapport revalorisations sur cotisations par année de survenance

GMF et MMA sont stables sur la période. MAAF est atypique sur 2014.  
Aucune conclusion possible pour BPCE et SVG.

Nous pouvons émettre diverses hypothèses :

- L'impact semble diminuer avec l'augmentation du volume des primes RC.
- La variation de l'impact annuel est relativement faible sur les grosses sociétés.

En langage commun, cela se traduit par le fait que les petites sociétés doivent rapidement se munir d'une couverture de réassurance pour protéger leurs résultats.

Les sociétés plus importantes sont plus robustes (avantage d'une mutualisation plus importante). Ils ont la possibilité d'attendre quelques années et de tirer profit des premiers retours d'expériences des réassureurs.

Remarque :

Les gestionnaires corporels sont les mêmes en GMF et en SVG et l'impact moyen sur SVG est multiplié par 2,7. Ce multiplicateur est donc décorrélé de la qualité de gestion et reflète uniquement les tailles et les différences de portefeuille (fonctionnaires versus non fonctionnaires) ainsi que l'aléa sinistre.

Il pourrait être intéressant pour la GMF de suivre l'évolution de ce coefficient car les variations de portefeuille étant faibles d'une année à l'autre, celui-ci ne représentera finalement que la qualité des assurés et l'aléa.

Ainsi si ce multiplicateur augmente constamment, l'aléa sinistre ne peut être tenu pour unique responsable et une rectification de la politique de souscription devrait être menée.

D'un point de vue pratique, il faudrait que, à critères tarifaires équivalents, la prime RC SVG soit 2,7 fois supérieur à celle de la prime GMF. Cependant comme la prime RC représente la plus grosse partie de la prime automobile, il est difficile de demander à un sociétaire de payer quasiment le triple de son voisin fonctionnaire.

## Chapitre 2 : Une première couverture possible de la revalorisation

### Section V.2.1 Une fausse bonne idée – la méthode directe

Pour quantifier la revalorisation, notre première idée consiste à récupérer le surplus de charge engendrée par l'application du décret et de cadencer ces montants par les coefficients obtenus dans la partie précédente.

Par cette méthode on obtient ainsi un ultime de revalorisation. Et comme on souhaite une prise en charge de la revalorisation, il nous suffit par la suite de créer un traité en XS dont les bornes peuvent être différentes pour chacune des sociétés (ou par groupe homogène de société).

Cette méthode a en outre l'avantage de réutiliser les calculs effectués lors du chapitre précédent.

Mais après lecture des résultats obtenus et après réflexion, l'idée n'est pas pertinente pour plusieurs raisons :

- Le faible nombre de sinistres revalorisés sur la période traitée (quatre ans), crée une forte volatilité.
- Le cadencement utilisé est celui des sinistres ayant dépassés une certaine charge. Il assimile à la fois du matériel et du corporel, tous les types d'indemnisations, et toutes les typologies de sinistres. Comme la revalorisation concerne les rentes, le fait de reprendre une cadence plus « globale » est au final une hérésie.  
De la même façon, quantifier le nombre de sinistres tardifs revalorisés est impossible. Appliquer la proportion de tardifs issu de la vision tous sinistres double le taux Burning Cost pour un même XS donné.
- Tous les ans il faudrait séparer la revalorisation du reste de la charge sinistre. Cela impliquerait des tâches supplémentaires non-informatisées pour les gestionnaires.
- La dernière raison concerne l'appétence des réassureurs pour couvrir uniquement de la revalorisation. Comment établir le partage du sort ?

## Section V.2.2 Une méthode plus judicieuse – la méthode par différence

Pour contourner ces problématiques, nous pouvons récupérer la dernière diagonale de charge comprenant la revalorisation. Le poids de la revalorisation par rapport à la charge totale est suffisamment faible pour que l'utilisation du cadencement, de la projection, et de la proportion de tardifs vu précédemment soit valable.

Pour ce qui est du coût de la revalorisation, il faut appliquer les conditions du traité en place, et soustraire du résultat obtenu le résultat hors revalorisation.

Schématiquement :

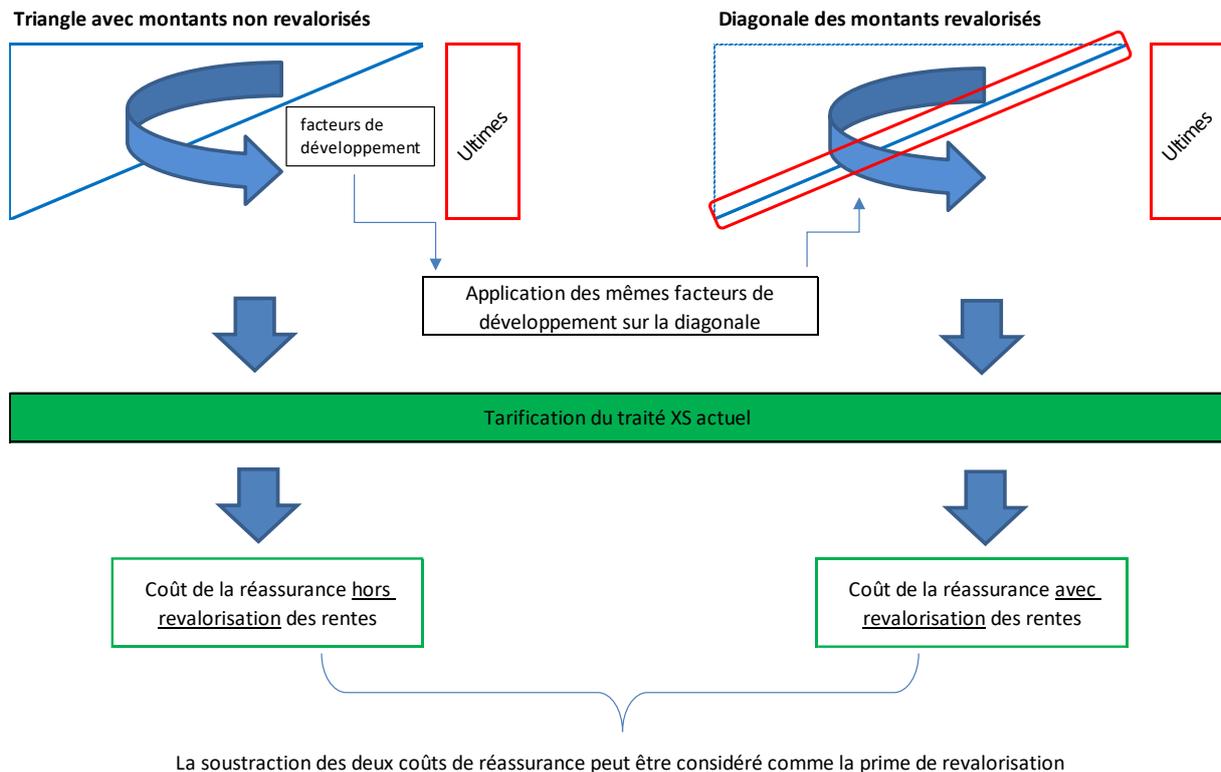


Figure 12 : Schéma de la méthode par différence

Attention, du fait de la revalorisation, un sinistre peut évoluer de quatre façons différentes :

Présence de revalorisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pour les sinistres précédemment au-dessus de la priorité du traité, c'est l'ensemble de la revalorisation qui est cédé au réassureur.</li> <li>▪ Pour certains sinistres le montant de la revalorisation permet d'atteindre la priorité, mais une partie seulement de la revalorisation est prise en compte par le traité. L'autre partie reste à la charge de l'assureur.</li> <li>▪ Pour les sinistres dont le montant de la revalorisation ne permet toujours pas d'atteindre la priorité, c'est l'intégralité de la revalorisation qui reste à la charge de l'assureur.</li> </ul>
Absence de revalorisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aucun impact</li> </ul>

Tableau 37 : les différentes possibilités d'intégration du montant de la revalorisation dans le traité

Sur notre jeu de données, la répartition avec présence de revalorisation est la suivante :

	XS 4M€	XS 1M€	XS 12M€		
	BPCE	SVG	MAAF	MMA	GMF
Cas 1 : % de sinistres avec revalorisation <b>intégralement</b> prise en compte dans le traité.	40%	89%	10%	7%	6%
Cas 2 : % de sinistres avec revalorisation <b>partiellement</b> prise en compte dans le traité.	13%	0%	29%	40%	31%
Cas 3 : % de sinistres avec revalorisation <b>entièrement à la charge de l'assureur.</b>	47%	11%	62%	53%	63%
<hr/>					
% de revalorisation prise en charge par le traité (cas 1 + cas 2)	83%	100%	42%	42%	38%

Tableau 38 : Répartition par société et par cas de figure, de la prise en charge de la revalorisation

Sur SVG, la quasi-totalité de la revalorisation est prise en charge par le traité élargi.

Les 11% du cas 3 ne représentent qu'un seul sinistre d'un montant proche de 500 000 €.

Sur BPCE dont la priorité est plus élevée que SVG, près de la moitié des sinistres avec revalorisation n'entre pas dans le traité. Cependant, en termes de charge, c'est 83% de la revalorisation qui est capté.

Avec une priorité nettement plus élevée, MAAF, MMA et GMF, ont des profils similaires.

Environ 40% de la charge liée à la revalorisation est couverte par le traité.

En termes de volumétrie, la répartition entre les différents cas de figure est similaire.

L'analyse des résultats de la tarification par différence doit tenir compte des constatations précédentes.

En théorie, du fait d'une prise en charge totale, on pourrait supposer un impact plus fort sur SVG que sur les autres sociétés. De la même façon, on peut supposer un impact similaire pour les trois sociétés GMF, MAAF et MMA.

		Hausse du Taux	Evolution du taux	En €
BPCE	XS 4M€			
	Burning Cost	+2,33%	+31%	2 515 908 €
	LogNormale	+4,30%	+29%	4 638 810 €
SVG	XS 1M€			
	Burning Cost	+3,18%	+27%	1 790 090 €
	LogNormale	+9,16%	+45%	5 152 811 €
MAAF	XS 12M€			
	Burning Cost	+0,41%	+36%	2 909 052 €
	LogNormale	+0,78%	+60%	5 586 811 €
MMA	XS 12M€			
	Burning Cost	+0,23%	+39%	1 648 934 €
	LogNormale	+0,34%	+31%	2 480 173 €
GMF	XS 12M€			
	Burning Cost	+0,30%	+42%	1 750 397 €
	LogNormale	+0,41%	+36%	2 388 158 €

Tableau 39 : Résultat de la méthode par différence

### Résultats :

Afin de rendre confidentiel les résultats, ceux-ci ont été transformés par un facteur multiplicatif.

Le coût BC de la revalorisation pour SVG est approximativement de 1,8M€. La priorité étant basse, la revalorisation est noyée dans l'ensemble de la charge cédée, c'est pourquoi l'évolution du taux BC est le plus faible de tous (+27%). Finalement notre première idée était fausse.

Avec une priorité également basse par rapport aux trois sociétés principales, BPCE détient la deuxième plus faible hausse du taux BC (+31%). Le coût de la revalorisation est de 2,5M€ auxquelles s'ajoutent les 17% de charges de revalorisation exclus du traité.

Pour GMF MMA et MAAF, le taux BC évolue en moyenne de +39%. L'impact est plus fort car l'ajout d'une revalorisation, même partielle, augmente significativement le montant de la charge cédée. De plus, avec une priorité de 12M€, seuls les sinistres coûteux intègrent le traité. Or ces sinistres sont coûteux parce qu'ils sont d'une typologie spécifique qui justifie une forte part d'indemnisation sous forme de rentes.

Du fait d'un nombre plus conséquent de sinistres, MAAF a un surcoût de 1M€.

### Conclusion :

Cette méthode répond à la question : Toutes choses égales par ailleurs, combien me coûterait l'élargissement du traité actuel à la prise en charge de la revalorisation ?

Toutes les bases étant déjà là, l'accord de toutes les parties (membres et réassureur) suffirait en théorie pour une application immédiate.

Si pour les priorités basses une grande partie de la revalorisation est intégrée dans ce fictif traité élargi, ce n'est pas le cas pour les priorités hautes.

L'utilisation de la méthode par différence permet de gommer l'impact mais un reste à charge trop important n'est pas de nature à stabiliser les résultats dans le temps. Avec des juges de plus en plus ouverts à l'indemnisation des victimes sous formes de rentes, la multiplication de « petits » sinistres (sous la priorité) avec rente peut vite rendre cette méthode inadéquate. L'unique levier pour l'assureur étant par la suite de baisser le niveau de la priorité.

Même si cette méthode a des avantages certains et permet d'obtenir une solution et des premiers indicateurs, il faut challenger ces résultats en se tournant vers les propositions des réassureurs.

## Chapitre 3 : Les couvertures proposées par le marché

De multiples solutions sont proposées par les réassureurs, nous allons développer uniquement celles qui nous ont paru les plus pertinentes de par nos données disponibles et de par la structure même de Covéa.

### Section V.3.1 La réassurance mutuelle non vie / vie :

Cette première solution est envisageable du fait de l'existence d'activité vie au sein de Covéa, et consiste à transférer la charge de la revalorisation des rentes vers ces entités vie. Du fait que celle-ci bénéficient d'une corrélation négative entre risques de mortalité et risques de longévité, le transfert diminue le montant de fonds propres à immobiliser.

Dans les lignes qui suivent, l'objectif n'est pas de présenter Solvabilité 2 mais de procéder à quelques rappels.

Définition du SCR : Article L352-1

« Les entreprises d'assurance et de réassurance détiennent des fonds propres éligibles couvrant le capital de solvabilité requis (SCR). Le capital de solvabilité requis est calculé soit à l'aide de la formule standard, soit à l'aide d'un modèle interne intégral ou partiel approuvé par l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution. »

Covéa a choisi l'utilisation la formule standard.

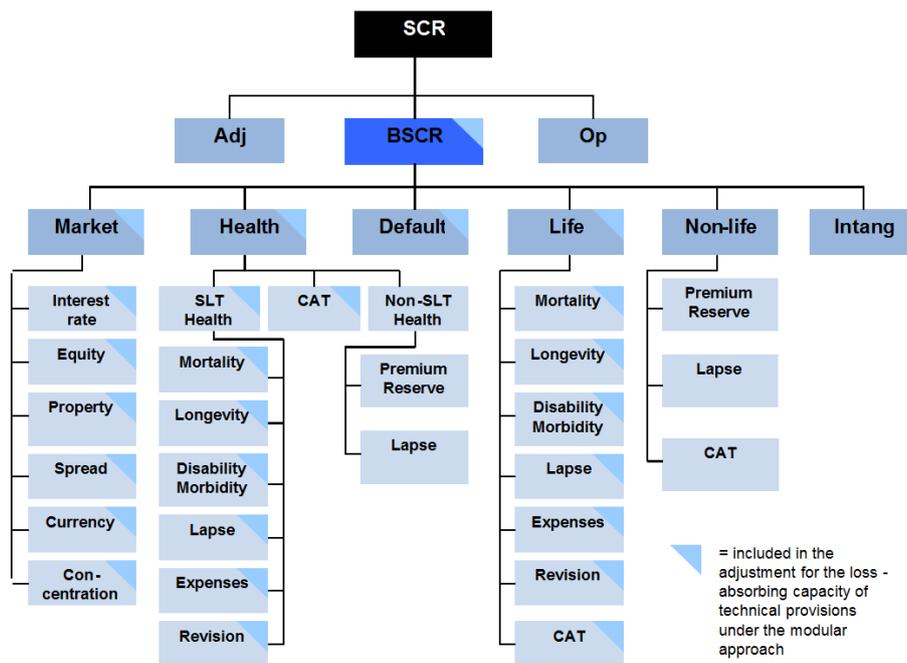


Figure 13 : Structure de la formule standard

Le SCR du module vie est calculé à partir de l'ensemble des sous-modules le composant.

$$SCR_{vie} = \sqrt{\sum_{i,j} CorrNL_{(i,j)} * SCR_i * SCR_j}$$

- La somme couvre toutes les combinaisons possibles  $(i, j)$
- $SCR_i$  représente l'exigence de capital pour le sous module  $i$ .
- $CorrNL_{(i,j)}$  représente le coefficient de corrélation entre les modules  $i$  et  $j$ .

A titre illustratif, voici un exemple :

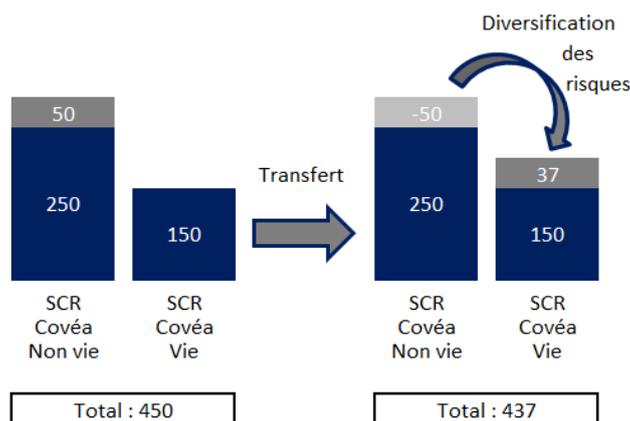


Figure 14 : Exemple du fonctionnement de la réassurance mutuelle

En supposant que le montant de SCR lié à la revalorisation des rentes soit de 50 pour Covéa non vie.

Le transfert de la revalorisation vers Covéa vie avec la présence d'une corrélation négative de -25% entre les risques longévité et mortalité, engendre pour cette dernière une immobilisation de capital de 37.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisable du fait de l'existence de Covéa vie.</li> <li>• Diversification des risques pour Covéa vie.</li> <li>• Diminution des fonds propres à immobiliser au niveau du groupe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Justification du niveau de la corrélation auprès de l'ACPR</li> <li>• SCR de contrepartie à prendre en compte</li> </ul>

Tableau 40 : Avantages et inconvénients de la solution de réassurance mutuelle non vie / vie

Cette solution est intéressante dans le contexte Solvabilité 2 mais elle dépend du portefeuille Covéa vie et de la corrélation entre les risques de longévité et de mortalité. Dans le cadre de ce mémoire cette solution purement interne au groupe ne sera pas retenue.

### Section V.3.2 Un XS en suivi avec revalorisation

Cette méthode est celle que nous avons appliquée dans la partie hors revalorisation puis dans la tarification par différence. Ici on s'affranchi surtout du niveau de la priorité du traité en vigueur.

La couverture en excédent de 12M€ de GMF, MMA et MAAF a pour objectif de protéger contre la survenance de grands sinistres. Nous avons vu que cette priorité était trop élevée pour protéger efficacement de la revalorisation. Cette méthode proposera donc des priorités nettement plus basses.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfert de la revalorisation pour les sinistres dépassant la priorité</li> <li>• Solution la plus couvrante (en fonction du niveau de la priorité)</li> <li>• Simplicité de fonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certains sinistres revalorisés n'atteignent pas la priorité</li> <li>• Gestion dossier/dossier</li> <li>• Risque de contrepartie</li> <li>• L'efficacité de la couverture est fonction du niveau de la priorité</li> </ul>

Tableau 41 : Avantages et inconvénients de l'XS en suivi avec revalorisation

Il existe aussi les solutions XS en rachat et XS en rachat différé mais nous trouvons ces possibilités moins pertinentes. La première de par son inadéquation Actif/Passif et l'hypothèse forte entre le taux d'actualisation à la date d'attribution de la rente et le taux de rachat contractuel. La deuxième de par sa notion de différé car pour les victimes les plus jeunes, et donc les sinistres les plus coûteux, la période de différé peut s'avérer trop courte.

Sachant que dans le traité les sinistres sont suivis dans le temps il serait également dommage de se priver de l'utilisation de ces informations disponibles.

### Section V.3.3 Une couverture XS aggregate revalorisation

Avec cette solution le réassureur prend en charge le cumul des montants toutes sociétés, liés à la revalorisation réelle (rentes servies uniquement et non rentes potentielles) après une priorité annuelle et jusqu'à un montant annuel déterminé.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfert efficace de la revalorisation</li> <li>• Couverture complémentaire à celle actuelle</li> <li>• Limite l'impact négatif en cas de non anticipation d'une condamnation par rente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion dossier/dossier</li> <li>• Calibrage de la couverture</li> </ul>

Tableau 42 : Avantages et inconvénients d'une couverture XS aggregate revalorisation

Dans son application, cette solution peut ressembler à une couverture financière puisqu'elle consiste à établir une perte acceptable. Calibrer cette couverture est pour le moment difficile. Pour rappel, lors de la section V.1.2, nous avons tenté d'utiliser directement les montants de revalorisation et nous nous étions heurtés à un problème de volumétrie suffisante.

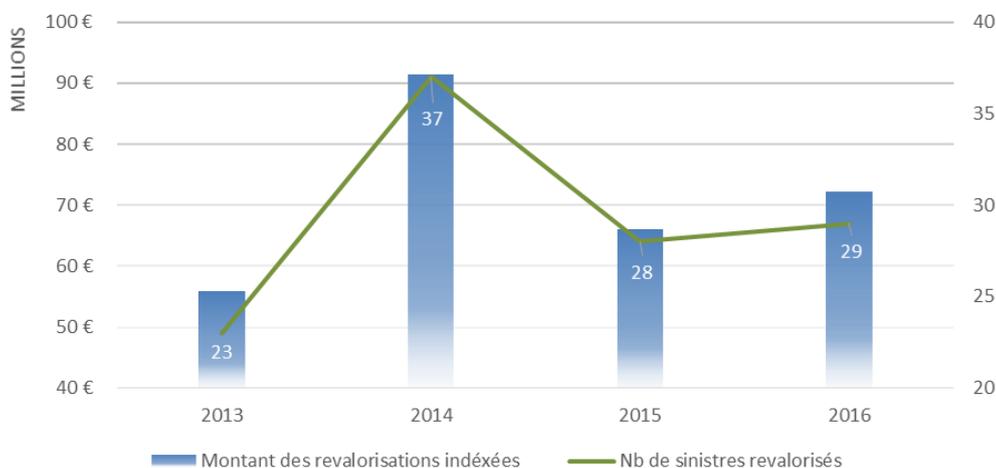


Figure 15 : Représentation de la couverture XS aggregate sur la période 2013-2016

Remarque : L'année de survenance 2017 est trop récente pour être prise en compte. Un historique plus conséquent permettrait de mieux fixer la priorité. Sur les données disponibles, une priorité de 70M€ semble suffisant.

## Chapitre 4 : Notre proposition de couverture et son coût

### Section V.4.1 Notre cahier des charges

Pour construire notre solution, nous avons établi le cahier des charges suivant :

- Notre solution doit être élaborée à partir de l'existant et ne pas occasionner de charges supplémentaires aux gestionnaires. Elle respecte le fonctionnement de nos différentes marques et reprend uniquement ce qui est déjà à notre disposition.
- Notre solution doit susciter l'intérêt des réassureurs en étant applicable, innovante, chiffrable donc comparable.
- Notre solution doit prendre en considération toutes les remarques et conclusions faites dans les différents chapitres.

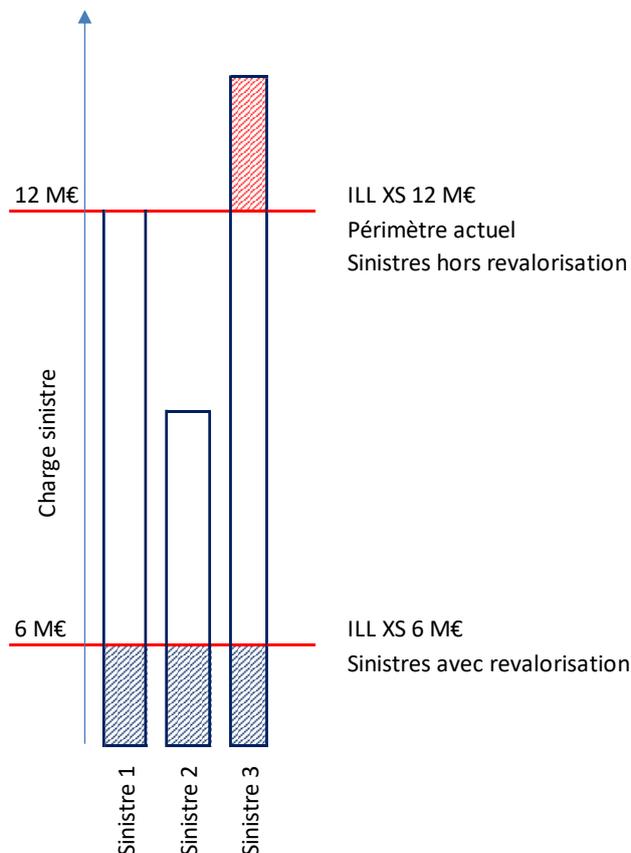
Concernant ce dernier point, nous avons remarqué que l'extension du traité est inadaptée pour GMF, MAAF et MMA. La charge supplémentaire liée à la revalorisation étant peu captée. Notre solution se concentre donc sur ces trois sociétés. SVG et BPCE sont hors périmètre mais pourrait éventuellement être intégrés si besoin.

### Section V.4.2 La méthodologie

Notre proposition de couverture est un XS aggregate revalorisation sur différentiel d'XS.

Pour synthétiser, la méthode pour aboutir au résultat final se déroule en deux temps et s'inspire de celle par différentiation vu au chapitre 2 de cette même partie :

- La mise en place de deux tarifications en XS avec priorité et périmètres différents.
- La réalisation d'un XS aggregate sur le différentiel des XS.



Première étape :

Réalisation d'une couverture ILL XS 12 M€ sur l'ensemble des sinistres sans tenir compte de la revalorisation. C'est la tarification avec le traité en vigueur.

Réalisation d'une couverture ILL XS 6 M€ sur l'ensemble des sinistres en tenant compte de la revalorisation.

Sachant que la part de revalorisation captée par un traité en XS augmente avec la baisse de la priorité, nous avons opté pour le plus petit seuil possible.

Celui-ci correspond donc au montant d'évaluation minimum que doit dépasser au moins une fois le sinistre au cours de sa gestion pour alimenter notre base de données (soit 6 M€).

Figure 16 : Mise en place de deux couvertures

Seconde étape :

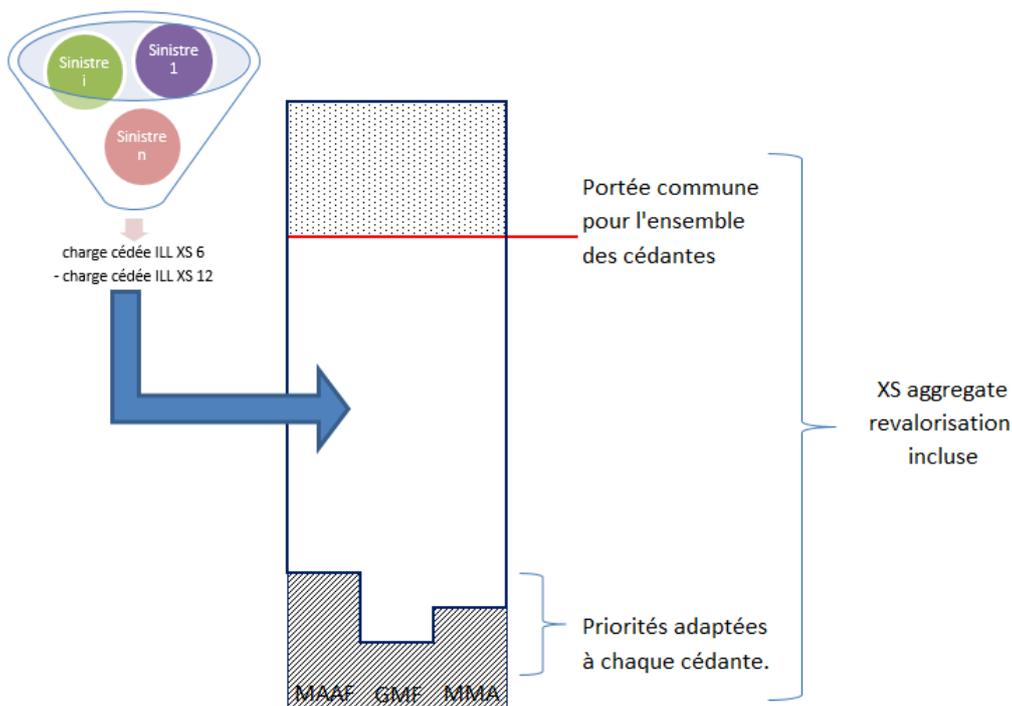


Figure 17 : Mise en place d'un aggregate sur le différentiel des XS

Pour chaque sinistre nous calculons la différence de charge cédée entre les deux XS. Ces différences vont alimenter notre XS aggregate en sachant qu'en réalité une partie seulement concerne de la revalorisation.

L'idée n'est pas de se protéger complètement de la revalorisation mais plutôt d'en capter la majeure partie et de se prémunir d'une dérive éventuelle de la rétention automobile.

Il nous reste à déterminer le niveau de priorité acceptable pour chacune des trois sociétés, ainsi que la portée de l'XS aggregate. Une fois ces paramètres calibrés, nous pourrons procéder à la cotation de cette couverture et comparer le résultat obtenu avec celui du traité étendu à la revalorisation.

### Section V.4.3 Réemploi de nos travaux

La mise en place de cette solution nécessite la manipulation des fichiers précédents comme l'illustre le schéma ci-dessous. Cette démarche doit être faite trois fois (une par marque).

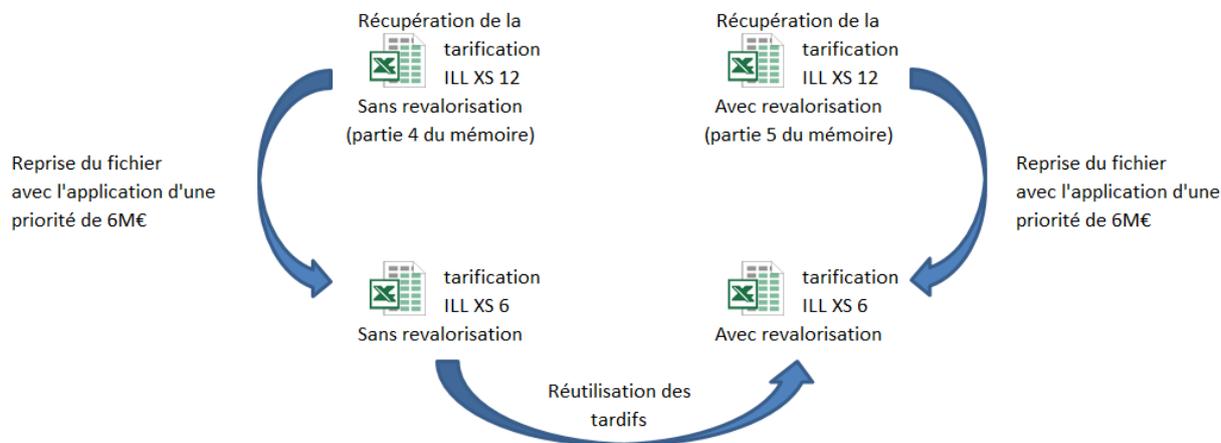


Figure 18 : Schéma de construction de l'ILL XS 6 M€ avec revalorisation

En abaissant la priorité, on augmente possiblement le nombre de sinistres tardifs entrants dans le traité.

Si l'utilisateur fait l'hypothèse que l'impact de ces sinistres supplémentaires est négligeable, alors la création de l'XS 6 M€ sans revalorisation n'est pas nécessaire. On peut s'arrêter en cours de tarification et reprendre directement, sinistre par sinistre déjà enregistré, la charge cédée de l'XS 12M€ sans revalorisation et de l'XS 6 M€ avec revalorisation. Ce n'est pas l'hypothèse que nous avons choisi au vu des premiers résultats.

#### Section V.4.4 Le paramétrage de l'XS aggregate

Les différentiels de charge pour les trois sociétés vont permettre de régler les priorités.

Les différentiels ci-dessous reflètent uniquement les tendances.

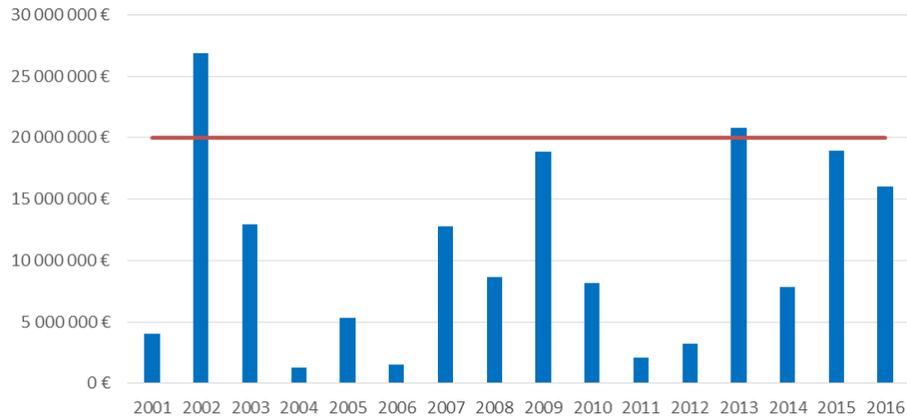


Figure 19 : Différentiel de charge GMF

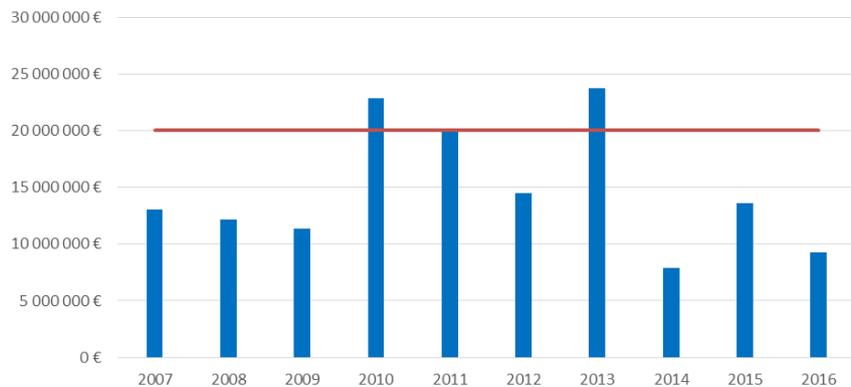


Figure 20 : Différentiel de charge MMA

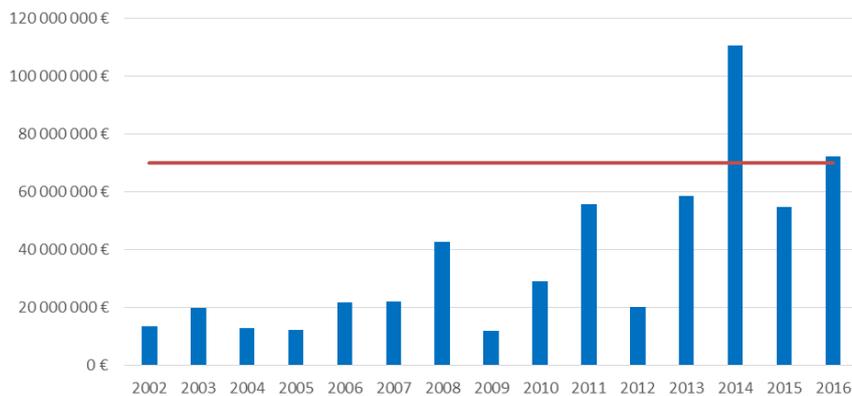


Figure 21 : Différentiel de charge MAAF

MMA est légèrement atypique, mais pour GMF et MAAF on constate que les pics sont plus nombreux / plus hauts sur les dernières survénances. Notamment sur la période 2013 – 2016.

Une priorité de 20 M€ semble adéquate pour GMF et MMA, et de 70 M€ pour la MAAF.



Figure 22 : Cumul des charges cédées en fonction des priorités

Le graphique commence en 2007 du fait de l'historique de cotisation MMA.

En 2002, nous aurions vu apparaître une charge GMF de 7 M€ (voir figure 17).

Avec ces paramètres, le traité est activé par quatre fois sur une décennie et dans le cas présent permet de récupérer 37,8 M€.

En termes de plafond, nous proposons un montant supérieur à la charge maximale cédée, soit 50 M€.

#### Section V.4.5 La cotation de cette solution

La cotation de la solution est faite en vision Burning Cost et en vision probabiliste.

Le taux technique Burning Cost est en lecture direct (une fois les primes rapatriées) et vaut 0,32%, soit 6,5M€.

En tenant compte des frais de gestion, de courtage et un chargement de sécurité le taux passe à 0,4%, soit 8,1M€.

Afin de rendre confidentiel les résultats, ceux-ci ont été transformés par facteur multiplicatif.

Le coût de cette réassurance ne peut être divisé en trois parts égales et doit prendre en compte les niveaux de primes de chacune des marques. Cela donne le tableau de comparaison suivant :

	Méthode Burning Cost		
	XS traité élargi	VS XS aggregate	Evolution
MAAF	2 909 052 €	2 885 576 €	-0,8% - 23 476 €
MMA	1 648 934 €	2 937 645 €	78,2% 1 288 711 €
GMF	1 750 397 €	2 278 689 €	30,2% 528 292 €
	6 308 383 €	8 101 910 €	28,4% 1 793 527 €

La MAAF profite de la mutualisation de la charge cédée. Cette solution aurait le même coût qu'un traité élargit à la revalorisation.

MMA est la grande perdante avec une hausse de +1,3 M€ (+ 78%).

La hausse GMF est de +0,5 M€ (+ 30%).

Tableau 43 : Comparaison XS actuel élargi versus XS aggregate, vision Burning Cost

La tarification probabiliste n'est pas directement applicable via notre outil. Celui-ci est conçu pour la tarification en excédent de sinistres avec des niveaux de priorités différents mais valable pour l'ensemble des données entrantes. Autrement dit, il est impossible de fixer des priorités en fonction de la marque d'origine de la donnée.

Pour répondre à notre besoin, nous allons détourner son fonctionnement en injectant directement les montants cédés chaque année comme des montants de sinistres. En théorie il suffit dès lors de procéder à une tarification sans priorité.

Malheureusement des contrôles de cohérence sont réalisés, et notamment la vérification que le seuil fixé lors de l'ajustement par une loi soit bien inférieur à la priorité. Pour contourner ce problème, nous avons créé une priorité fictive égale au seuil plus un euro. Une fois le résultat de la tarification connu, il nous faudra rajouter le montant de la priorité pour obtenir le tarif exact.

Si l'on reprend la figure 20, nous injectons les quatre sinistres fictifs suivants :

Rang	Montant ordonné	Proba
1	40 422 807	25,0%
2	4 481 389	50,0%
3	2 865 638	75,0%
4	2 076 299	100,0%

Tableau 44 : Tableau des sinistres fictifs pour la cotation probabiliste

Sinistre 1 : 2 865 638 € (charge cédée de l'année 2010)

Sinistre 2 : 4 481 389 € (charge cédée de l'année 2013)

Sinistre 3 : 40 422 807 € (charge cédée de l'année 2014)

Sinistre 4 : 2 076 299 € (charge cédée de l'année 2016)

Pour ajuster au mieux notre jeu de données, il nous faut définir un seuil minimal et une charge maximale. Cette dernière sera égale au plafond de 50 M€ défini dans la section précédente.

Le seuil minimal est calibré en fonction des montants de sinistres. Le seuil de 2M€ permet d'obtenir de bon résultat

Avec ces paramètres, la loi Log Normale est de nouveau celle qui s'adapte le mieux.

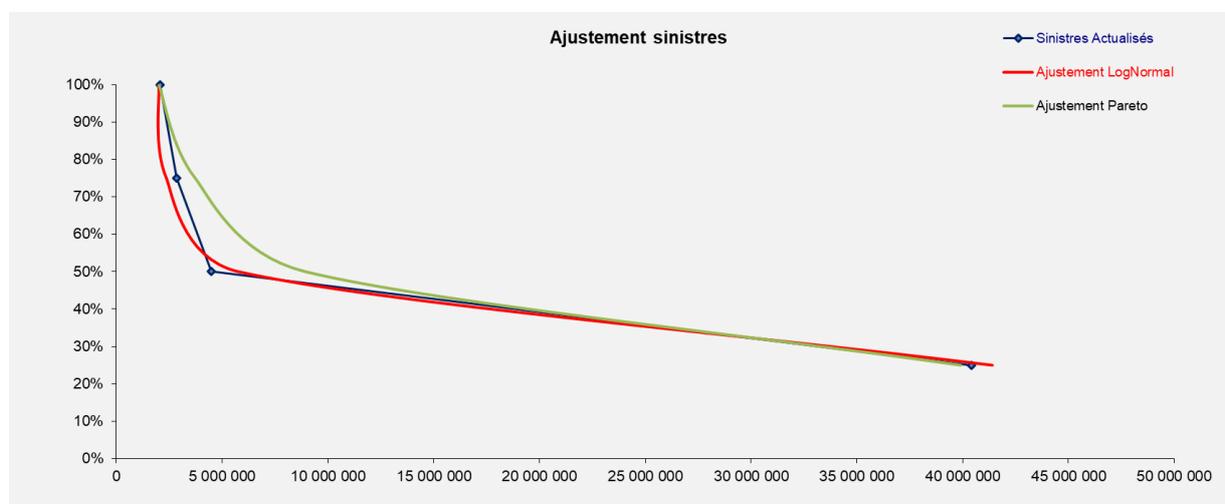


Figure 23 : Ajustement de la charge cédée par différentes lois

De par la faible volumétrie, l'hypothèse d'ajustement par loi log Normale ne peut être validée. Si elle l'était, le taux serait alors de 0,37%, soit 7,5 M€.

En tenant compte des frais de gestion, de courtage et un chargement de sécurité le taux passerait à 0,47%, soit 9,5M€.

Le coût pour chaque marque serait alors le suivant :

Méthode Probabiliste			
	XS traité élargi	VS XS aggregate	Evolution
<b>MAAF</b>	5 586 811 €	3 394 013 €	-39,2% - 2 192 798 €
<b>MMA</b>	2 480 173 €	3 455 257 €	39,3% 975 084 €
<b>GMF</b>	2 388 158 €	2 680 193 €	12,2% 292 036 €
	<b>10 455 142 €</b>	<b>9 529 464 €</b>	<b>-8,9% - 925 678 €</b>

Avec cette méthode, la MAAF profite toujours de la mutualisation de la charge cédée.

Le coût pour MMA est en hausse de + 1 M€ (+ 39%).

La hausse GMF est de + 0,3 M€ (+ 12%).

Tableau 45 : Comparaison XS actuel élargi versus XS aggregate, vision probabiliste

Bien que nous ayons fait le travail, les résultats de cette méthode sont à titre indicatif. Seuls les résultats de la méthode Burning Cost seront étudiés.

Pour résumer :

	Traité élargi			XS aggregate sur différentiel d'XS		
	MAAF	MMA	GMF	MAAF	MMA	GMF
	XS 12M€			XS 70 M€	XS 20M€	
<b>Burning Cost</b>	<b>6 308 383 €</b>			<b>8 101 910 €</b>		
Log Normale	10 455 142 €			9 529 464 €		

Tableau 46 : Comparaison de l'existant avec l'XS aggregate sur différentiel

Conclusion :

Notre solution est légèrement plus couteuse que celle d'un traité actuel élargit à la revalorisation, mais ses avantages le justifient.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour les sinistres franchissant les 12M€ du fait de la revalorisation, elle capte la partie de revalorisation présente sous la priorité.</li> <li>Elle capte également la revalorisation des sinistres médians (entre 6 et 12 M€).</li> <li>La rétention sera au maximum au niveau de la priorité (sécurisant).</li> <li>Toutes les dérives (des coûts, des rentes, de la sur-sinistralité) entrent dans l'XS aggregate.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'une priorité</li> <li>Charge de travail supplémentaire (2XS à faire sur les trois sociétés avant de réaliser l'XS aggregate).</li> </ul>

Tableau 47 : Avantages et inconvénients de notre méthode par rapport à un élargissement du traité

## Conclusion générale

Avec le décret du 20 juin 2013, l'état transfère la charge liée à la revalorisation des rentes pour les accidents de la circulation, du Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages (FGAO) vers les entreprises d'assurances.

Si le but de cette réforme était de nature à assainir la situation financière du FGAO, elle est de facto une source de dégradation de l'équilibre financier des assureurs. Tenu de provisionner, gérer et financer le risque d'inflation, le groupe Covéa s'est interrogé sur la manière dont il pourrait recourir à la réassurance pour transférer le risque lié à la revalorisation des rentes en RC auto.

Les diverses lectures sur les accidents corporels et notamment les études FFA, ont montré que dans la recherche perpétuelle de la meilleure protection possible des droits de la victime, le coût moyen de l'indemnisation était en constante augmentation. Si à priori une couverture n'était pas encore une priorité, cela pourrait le devenir à une échéance plus ou moins proche.

Pour répondre à cette question, la première étape fut de récupérer l'ensemble des données primes et sinistres des différentes marques du groupe Covéa et de s'assurer de leur qualité. C'est à dire leur pertinence (les variables répondent-elles à notre besoin), leur exhaustivité (les variables sont-elles complètes et traçables dans le temps), et leur exactitude (est-ce qu'elles représentent bien la même chose entre deux dates, est-ce qu'elles sont cohérentes). Le contrôle de la qualité des données et des résultats est un fil rouge du mémoire.

Avant d'entrer dans le cœur du mémoire, il a fallu apprendre à manipuler l'outil interne de cotation. Cet outil est conçu pour toutes les branches (courtes et longues) mais présente quelques lacunes pour l'étude de sujet de niche comme les rentes automobile.

En revanche nous avons pu améliorer l'outil en développant un contrôle automatique des hypothèses de Chain-Ladder dont le résultat évolue en fonction de la non sélection des coefficients de développement.

Suite à des recherches sur internet nous avons pu découvrir, avant même sa mise en application, deux estimations de l'impact du transfert automatique de la revalorisation des rentes vers les assureurs. Au regard du positionnement de Covéa sur le marché automobile Français, il nous a paru pertinent de nous comparer en exprimant la revalorisation des rentes en pourcentage de l'assiette de prime.

Comme nous ne disposons pas des données suffisantes pour réaliser une tarification de la sinistralité totale (y compris revalorisation). Nous avons choisi d'appliquer la couverture de réassurance actuelle à la sinistralité RC automobile de Covéa sans tenir compte de la revalorisation, et d'utiliser les tendances observées pour modéliser la sinistralité avec revalorisation.

En faisant cela, nous supposons qu'il n'y a pas de déformation de la sinistralité par ajout de la revalorisation.

Nous avons ensuite appliqué la couverture actuelle élargie à la prise en compte de la revalorisation sur l'ensemble des données modélisées, et nous nous sommes aperçus que l'efficacité du transfert du risque était fortement et inversement dépendant du niveau de priorité choisi.

Notre solution devait donc concilier deux aspects à priori contradictoires :

- Une baisse des priorités
- Se prémunir uniquement de l'impact des sinistres importants (politique souhaitée)

Ainsi que les aspects suivants :

- Susciter l'intérêt des réassureurs
- Être élaboré à partir des données à notre disposition.

Même si elle s'avère chronophage dans sa cotation, la mise en place d'un Excédent de sinistre aggregate sur la somme de tous les sinistres toutes sociétés, au-delà de rétentions fonction de l'appétence au risque de chacune des marques, nous paraît la solution la plus pertinente.

Les revalorisations des rentes intègrent la couverture mais pour une prime pure relativement élevée au vu des montants récupérables et de la solidité financière du groupe. De plus, bien qu'intéressante, il n'est pas certain que les réassureurs du marché concrétisent l'application de cette couverture.

Sachant cela, sommes-nous obligés de réassurer l'ensemble des postes de préjudices ? Ne pourrait-on pas segmenter les éléments constitutifs de la rente et transférer les risques volatils comme celui de la tierce personne ? L'assureur conserverait les postes plus stables comme celui des dépenses de santé futures et des pertes de gains professionnelles.

Actuellement il existe une base de données destinée aux statisticiens, qui détaille les sinistres au niveau des postes de préjudices. Malheureusement celle-ci est alimentée par les gestionnaires via un logiciel déconnecté des différents systèmes informatiques. Sa mise à jour est annuelle et remplace la version précédente.

Une telle base pourrait servir à la mise en place d'une couverture basée sur les postes de préjudices.

## **Annexes**

### Annexe 1 : Décrets, lois et article du code civil

#### **Décret n° 2013-526 du 20 juin 2013 fixant le taux de la contribution des assurés au Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages au titre de l'article L. 421-6-1 du code des assurances**

Publics concernés : les assurés ayant souscrit des contrats d'assurance de responsabilité civile automobile.

Objet : fixation du taux de la contribution au Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages (FGAO).

Entrée en vigueur : le présent décret entre en vigueur le 1er juillet 2013. La contribution s'applique aux primes des contrats conclus ou renouvelés à compter de cette date.

Notice : l'article 78 de la loi n° 2012-1510 du 29 décembre 2012 de finances rectificative pour 2012, codifié au IV de l'article L. 421-1 et à l'article L. 421-6-1 du code des assurances, a pour objet :

- D'une part, de transférer du Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages (FGAO) vers les assureurs la charge de la revalorisation des rentes en matière corporelle, s'agissant des accidents de la circulation survenus à compter du 1er janvier 2013 ;
- D'autre part, de créer une contribution à la charge des assurés afin de pérenniser le financement du FGAO qui est destiné à la revalorisation des rentes constituées ou en cours de constitution avant le 1er janvier 2013 au titre des accidents survenus avant cette date.

Cette contribution est assise sur toutes les primes ou cotisations nettes qu'ils versent aux entreprises d'assurance pour l'assurance des risques de responsabilité civile résultant d'accidents causés par les véhicules terrestres à moteur et les remorques ou semi-remorques des véhicules. Son montant est plafonné dans la limite de 1 % de ces primes ou cotisations.

Le présent décret fixe, en application de l'article L. 421-6-1 du code des assurances, le taux de la contribution à 0,8 %.

Le Premier ministre, sur le rapport du ministre de l'économie et des finances, vu le code des assurances, notamment ses articles L. 421-1 et L. 421-6-1 ; vu l'avis du Comité consultatif de la législation et de la réglementation financières en date du 24 avril 2013, décrète :

##### Article 1 :

Le taux de la contribution au Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages, prévu à l'article L. 421-6-1 du code des assurances, est fixé à 0,8 %.

##### Article 2 :

Les dispositions du présent décret s'appliquent aux primes des contrats conclus ou renouvelés à compter du 1er juillet 2013.

#### **Décret n°86-973 du 8 août 1986 fixant les modalités de conversion en capital d'une rente consécutive à un accident**

##### Article 1 :

Lors de la conversion totale ou partielle d'une rente, le capital alloué au créancier est calculé par application au montant annuel atteint par l'arrérage, à la date d'application de la décision du juge, du taux de capitalisation de 6,5 p. 100 et de la table de mortalité MKH.

Si le créancier est du sexe masculin, la table de référence est la table P.M. annexée au présent décret ;

Si le créancier est du sexe féminin, la table de référence est la table P.F. annexée au présent décret (1).

Le calcul peut être également effectué sur le montant des arrérages annuels à partir des tables de conversion annexées au présent décret.

(1) Annexe non reproduite, voir JORF du 22 août 1986.

#### **Loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et à l'accélération des procédures d'indemnisation**

##### 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.

**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 subies, 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 subies.

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 12 :**

L'assureur qui garantit la responsabilité civile du fait d'un véhicule terrestre à moteur est tenu de présenter dans un délai maximum de huit mois à compter de l'accident une offre d'indemnité à la victime qui a subi une atteinte à sa personne. En cas de décès de la victime, l'offre est faite à ses héritiers et, s'il y a lieu, à son conjoint.

Une offre doit aussi être faite aux autres victimes dans un délai de huit mois à compter de leur demande d'indemnisation.

L'offre comprend 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.

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

Les dispositions qui précèdent ne sont pas applicables aux victimes à qui l'accident n'a occasionné que des dommages aux biens.

**Article 2226 du code civil :**

L'action en responsabilité née à raison d'un événement ayant entraîné un dommage corporel, engagée par la victime directe ou indirecte des préjudices qui en résultent, se prescrit par dix ans à compter de la date de la consolidation du dommage initial ou aggravé.

Toutefois, en cas de préjudice causé par des tortures ou des actes de barbarie, ou par des violences ou des agressions sexuelles commises contre un mineur, l'action en responsabilité civile est prescrite par vingt ans.

## Annexe 2 : Code des assurances

**Article L.322-1-3 :**

Lorsque la société de groupe d'assurance a avec une entreprise des relations financières fortes et durables qui ne résultent pas de participations au sens du 10° de l'article L. 310-3, ces relations sont définies par une convention d'affiliation.

Un organisme ne peut s'affilier à une société de groupe d'assurance définie à l'article L. 322-1-2, à une union mutualiste de groupe définie à l'article L. 111-4-2 du code de la mutualité ou à une société de groupe assurantiel de protection sociale définie à l'article L. 931-2-2 du code de la sécurité sociale que si ses statuts en prévoient expressément la possibilité et qu'il n'est pas déjà affilié à une société de groupe d'assurance, à une union mutualiste de groupe ou à une société de groupe assurantiel de protection sociale.

La société de groupe d'assurance peut décider de fonctionner sans capital social à la double condition de compter au moins deux entreprises affiliées et d'exercer effectivement une influence dominante au moyen d'une coordination centralisée sur les décisions, y compris financières, des entreprises affiliées. Si elle remplit ces conditions, la société de groupe d'assurance peut être dénommée " société de groupe d'assurance mutuelle ".

Les entreprises affiliées à une société de groupe d'assurance mutuelle ne peuvent être que :

- des mutuelles ou unions relevant du livre II du code de la mutualité ;
- des institutions de prévoyances ou unions relevant du titre 3 du livre 9 du code de la sécurité sociale ;
- des sociétés d'assurance mutuelle relevant du code des assurances ou des entreprises d'assurance ou de réassurance à forme mutuelle ou coopérative ou à gestion paritaire ayant leur siège social dans un autre Etat membre de l'Union européenne ou partie à l'accord sur l'Espace économique européen ;
- des sociétés de groupe d'assurance mutuelle définies au présent article, des unions mutualistes de groupe définies à l'article L. 111-4-2 du code de la mutualité ou des sociétés de groupe assurantiel de protection sociale définies à l'article L. 931-2-2 du code de la sécurité sociale ;
- des fonds de retraite professionnelle supplémentaire lorsqu'ils sont constitués sous forme de sociétés d'assurance mutuelle ;
- des mutuelles ou unions de retraite professionnelle supplémentaire mentionnées à l'article L. 214-1 du code de la mutualité ;
- des institutions de retraite professionnelle supplémentaire mentionnées à l'article L. 942-1 du code de la sécurité sociale.

Une société de groupe d'assurance mutuelle doit compter parmi ses affiliées, soit une société d'assurance mutuelle, soit une société de groupe d'assurance mutuelle.

Les conditions de fonctionnement des sociétés de groupe d'assurance mutuelle sont fixées par décret en Conseil d'Etat.

**Article R.211-7 :**

L'assurance doit être souscrite sans limitation de somme en ce qui concerne les dommages corporels et pour une somme au moins égale à celle fixée par arrêté du ministre chargé de l'économie, laquelle ne pourra être inférieure à 1 million d'euros, par sinistre et quel que soit le nombre de victimes, en ce qui concerne les dommages aux biens.

**Article L. 421-1 :**

I. - Le fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages indemnise, dans les conditions prévues aux 1 et 2 du présent I, les victimes ou les ayants droit des victimes des dommages nés d'un accident survenu en France dans lequel est impliqué un véhicule au sens de l'article L. 211-1.

1. Le fonds de garantie indemnise les dommages résultant d'atteintes à la personne :

- a) Lorsque le responsable des dommages est inconnu ;
- b) Lorsque le responsable des dommages n'est pas assuré, sauf par l'effet d'une dérogation légale à l'obligation d'assurance ;
- c) Lorsque l'assureur du responsable est totalement ou partiellement insolvable, dans les situations non couvertes par les dispositions de la section 6 du présent chapitre.

2. Le fonds de garantie indemnise les dommages aux biens, dans les conditions et limites fixées par un décret en Conseil d'Etat :

- a) Lorsque le responsable des dommages est inconnu, sous réserve que l'accident ait causé une atteinte à la personne ;
- b) Lorsque le responsable des dommages est identifié mais n'est pas assuré, sauf par l'effet d'une dérogation légale à l'obligation d'assurance ;

c) Lorsque l'assureur du responsable est totalement ou partiellement insolvable, dans les situations non couvertes par les dispositions de la section 6 du présent chapitre.

Dans le cas d'un accident impliquant un véhicule expédié d'un Etat membre de la Communauté européenne vers la France et survenant dans les trente jours suivant l'acceptation de la livraison du véhicule par l'acheteur, le fonds de garantie est tenu d'intervenir au titre du b des 1 et 2, quel que soit l'Etat membre sur le territoire duquel survient l'accident.

Lorsqu'il intervient au titre du c des 1 et 2 pour prendre en charge, pour le compte de l'entreprise en liquidation, le règlement des dommages mentionnés à l'article L. 211-1, le fonds de garantie ne peut exercer aucun recours contre les assurés et souscripteurs de contrats pour le recouvrement des indemnités qu'il a versées.

II. - Le fonds de garantie indemnise également, dans les conditions prévues aux 1 et 2 du présent II, les victimes ou les ayants droit des victimes de dommages nés d'un accident de la circulation causé, dans les lieux ouverts à la circulation publique, par une personne circulant sur le sol ou un animal.

1. Le fonds de garantie indemnise les dommages résultant d'atteintes à la personne :

a) Lorsque la personne responsable du dommage est inconnue ou n'est pas assurée ;

b) Lorsque l'animal responsable du dommage n'a pas de propriétaire ou que son propriétaire est inconnu ou n'est pas assuré.

2. Le fonds de garantie indemnise les dommages aux biens, dans les conditions et limites fixées par décret en Conseil d'Etat :

a) Lorsque la personne responsable du dommage est identifiée mais n'est pas assurée ;

b) Lorsque la personne responsable du dommage est inconnue, sous réserve que l'accident ait causé une atteinte à la personne ;

c) Lorsque le propriétaire de l'animal responsable du dommage n'est pas assuré.

III. - Lorsque le fonds de garantie intervient au titre des I et II, les indemnités doivent résulter soit d'une décision juridictionnelle exécutoire, soit d'une transaction ayant reçu l'assentiment du fonds de garantie. Lorsque le fonds de garantie intervient au titre des I et II, il paie les indemnités allouées aux victimes ou à leurs ayants droit qui ne peuvent être prises en charge à aucun autre titre lorsque l'accident ouvre droit à réparation. Les versements effectués au profit des victimes ou de leurs ayants droit et qui ne peuvent pas donner lieu à une action récursoire contre le responsable des dommages ne sont pas considérés comme une indemnisation à un autre titre.

IV. - Le fonds de garantie est également chargé de gérer et de financer, pour les rentes allouées au titre des accidents survenus avant le 1er janvier 2013, les majorations de rentes prévues à l'article 1er de la loi n° 74-1118 du 27 décembre 1974 relative à la revalorisation de certaines rentes allouées en réparation du préjudice causé par un véhicule terrestre à moteur et portant diverses dispositions d'ordre civil et à l'article 1er de la loi n° 51-695 du 24 mai 1951 portant majoration de certaines rentes viagères et pensions, au titre des états justificatifs certifiés. Les créances relatives aux majorations de rentes visées au présent alinéa se prescrivent dans un délai de quatre ans à partir du premier jour de l'année suivant celle au cours de laquelle les droits ont été acquis. Le fonds peut contrôler sur pièces et sur place l'exactitude des renseignements fournis par les organismes débirentiers.

La gestion de cette mission par le fonds fait l'objet d'une comptabilité séparée des autres missions, selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'économie.

V. - Le fonds de garantie peut financer, selon des modalités et dans des limites fixées par décret en Conseil d'Etat, des actions visant à réduire le nombre des accidents de la circulation et à prévenir l'absence d'assurance de responsabilité civile automobile.

VI. - Le fonds de garantie est l'organisme chargé des missions mentionnées aux articles L. 424-1 à L. 424-7.

#### **Article L.421-6-1 :**

Il est instauré une contribution pour le financement de la mission prévue au IV de l'article L. 421-1, à la charge des assurés et affectée au fonds de garantie. Cette contribution est assise sur toutes les primes ou cotisations nettes qu'ils versent aux entreprises d'assurance pour l'assurance des risques de responsabilité civile résultant d'accidents causés par les véhicules terrestres à moteur et des remorques ou semi-remorques des véhicules lorsque le risque est situé sur tout le territoire de la France métropolitaine, des départements d'outre-mer, du Département de Mayotte, de Saint-Barthélemy, de Saint-Martin et de Saint-Pierre-et-Miquelon. Elle est perçue par les entreprises d'assurance suivant les mêmes règles et sous les mêmes garanties et sanctions que la taxe sur les conventions d'assurance. Elle est recouvrée mensuellement par le fonds de garantie. Un décret fixe son

montant dans la limite de 1 % de ces primes ou cotisations. Cette contribution s'applique aux primes émises à compter du 1er juillet 2013.

**Article L.211-1 :**

Toute personne physique ou toute personne morale autre que l'Etat, dont la responsabilité civile peut être engagée en raison de dommages subis par des tiers résultant d'atteintes aux personnes ou aux biens dans la réalisation desquels un véhicule est impliqué, doit, pour faire circuler celui-ci, être couverte par une assurance garantissant cette responsabilité, dans les conditions fixées par décret en Conseil d'Etat. Pour l'application du présent article, on entend par "véhicule" tout véhicule terrestre à moteur, c'est-à-dire tout véhicule automoteur destiné à circuler sur le sol et qui peut être actionné par une force mécanique sans être lié à une voie ferrée, ainsi que toute remorque, même non attelée.

Les contrats d'assurance couvrant la responsabilité mentionnée au premier alinéa du présent article doivent également couvrir la responsabilité civile de toute personne ayant la garde ou la conduite, même non autorisée, du véhicule, à l'exception des professionnels de la réparation, de la vente et du contrôle de l'automobile, ainsi que la responsabilité civile des passagers du véhicule objet de l'assurance. Toutefois, en cas de vol d'un véhicule, ces contrats ne couvrent pas la réparation des dommages subis par les auteurs, coauteurs ou complices du vol.

L'assureur est subrogé dans les droits que possède le créancier de l'indemnité contre la personne responsable de l'accident lorsque la garde ou la conduite du véhicule a été obtenue contre le gré du propriétaire.

Ces contrats doivent être souscrits auprès d'une entreprise d'assurance agréée pour pratiquer les opérations d'assurance contre les accidents résultant de l'emploi de véhicules automobiles.

Les membres de la famille du conducteur ou de l'assuré, ainsi que les élèves d'un établissement d'enseignement de la conduite des véhicules terrestres à moteur agréé, en cours de formation ou d'examen, sont considérés comme des tiers au sens du premier alinéa du présent article.

**Article A.331-10 (version abrogée au 1<sup>er</sup> janvier 2016) :**

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

1° 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° 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° 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 par l'entreprise d'assurance et certifiée par un actuair indépendant de cette entreprise, agréé à cet effet par l'une des associations d'actuaire reconnues par l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution ;

2° Un taux d'actualisation qui ne peut excéder 60 % du taux moyen au cours des vingt-quatre derniers mois des emprunts de l'Etat français, sans pouvoir dépasser 3,5 % ;

3° Dans le cas des rentes allouées au titre des accidents survenus à compter du 1er janvier 2013 et dont le montant est revalorisé en application de la loi n° 51-695 du 24 mai 1951 ou de la loi n° 74-1118 du 27 décembre 1974, un taux d'inflation égal à 2,25 %.

## Annexe 3 : Nomenclature DINTILHAC

**L'assistance par tierce personne (ATP)**

Selon la nomenclature DINTILHAC, les frais de tierce personne peuvent être indemnisés au titre des postes de préjudices frais divers (avant consolidation) et de l'assistance par tierce personne (après consolidation). Ces frais concernent les dépenses liées à l'assistance pour aider la victime à effectuer les acte de la vie quotidienne, préserver sa sécurité, contribuer à restaurer sa dignité et suppléer à sa perte d'autonomie. L'indemnisation dépend du coût horaire (heure active/heure passive), du nombre d'heure allouées, et de la ventilation des besoins : tierce personne de substitution (ex : repas, toilette), tierce personne de stimulation (ex : pour certains traumatisés crâniens), tierce personne de surveillance (pour assurer la sécurité de la victime).

**Le poste « frais divers » (FD)**

Ce poste indemnise la victime de tous les frais exposés avant la consolidation : honoraires du médecin-conseil de la victime, frais de transport, dépenses destinées à compenser des activités non professionnelles particulières qui ne peuvent être assumées par la victime durant la maladie traumatique (garde d'enfants, soins ménagers, assistance temporaire d'une tierce personne, adaptation d'un véhicule ou d'un logement, ..)

**Les dépenses de santé actuelles et futures (DSA, DSF)**

Les postes « dépenses de santé » indemnisent l'ensemble des frais hospitaliers, médicaux, paramédicaux et pharmaceutiques (infirmiers, kinésithérapie, orthoptie, ...), les prothèses, appareillages, ... Ces dépenses peuvent être actuelles (avant consolidation) ou futures (après consolidation). Lorsqu'elles sont futures, il peut s'agir de frais occasionnels ou de frais viagers. Les DSA correspondent majoritairement aux frais d'hospitalisation alors que les DSF indemnisent surtout des frais de placement viager.

**Les « pertes de gains professionnels » actuels et futurs (PGPA, PGPF)**

Ces postes indemnisent la perte ou la diminution de revenus consécutive à l'incapacité provisoire (PGPA), ou permanente (PGPF) de la victime dans sa sphère professionnelle. Cette perte peut venir de la perte de son emploi ou de l'obligation d'exercer un emploi à temps partiel. L'indemnisation dépend de la catégorie socioprofessionnelle.

**L'incidence professionnelle (IP)**

Ce poste complète l'indemnisation des pertes de gains professionnels futurs par l'indemnisation des incidences du préjudice subi par la victime en raison de :

- sa dévalorisation sur le marché du travail
- sa perte de chance professionnelle
- la pénibilité accrue dans l'exercice de son emploi
- sa nécessité d'abandonner la profession qu'elle exerçait avant le dommage au profit d'un autre en raison de son handicap

L'incidence professionnelle indemnise également les frais de reclassement professionnel, formation, changement de poste

Enfin, l'incidence professionnelle cherche à indemniser la perte de retraite, c'est-à-dire l'incidence du déficit de revenus futurs, imputable à l'accident, sur le montant de la pension auquel pourra prétendre la victime au moment de la prise de retraite.

**Les frais de logement et de véhicule adaptés (FLA, FVA)**

Le logement et le véhicule de la victime peuvent être adaptés temporairement (avant consolidation) et/ou de façon permanente (après consolidation) afin de permettre à celle-ci de disposer d'un habitat et d'un moyen de transport en adéquation avec sa maladie traumatique ou son handicap.

Lorsqu'elles sont temporaires, les dépenses liées à cette adaptation sont intégrées dans les frais divers. Ces postes ne concernent que le remboursement des frais d'aménagement du domicile ou du véhicule préexistant ou encore du surcoût lié à l'acquisition d'un domicile ou d'un véhicule mieux adapté.

Les frais de logement adapté intègrent également les frais de déménagement et d'emménagement ainsi que les frais de structure nécessaire pour que la victime puisse disposer d'un autre lieu de vie extérieur à son logement habituel de type foyer ou maison médicalisée.

**Le déficit fonctionnel temporaire/permanent (DFT, DFP)**

Poste de préjudice extrapatrimonial temporaire/permanent qui indemnise l'atteinte à l'intégrité physique et psychique de la victime, médicalement constatée avant/après consolidation, sur la seule sphère « physiologique/fonctionnelle ».

**Les souffrances endurées (SE)**

Indemnisent les souffrances physiques et psychiques ainsi que les troubles associés du jour de l'accident au jour de la consolidation.

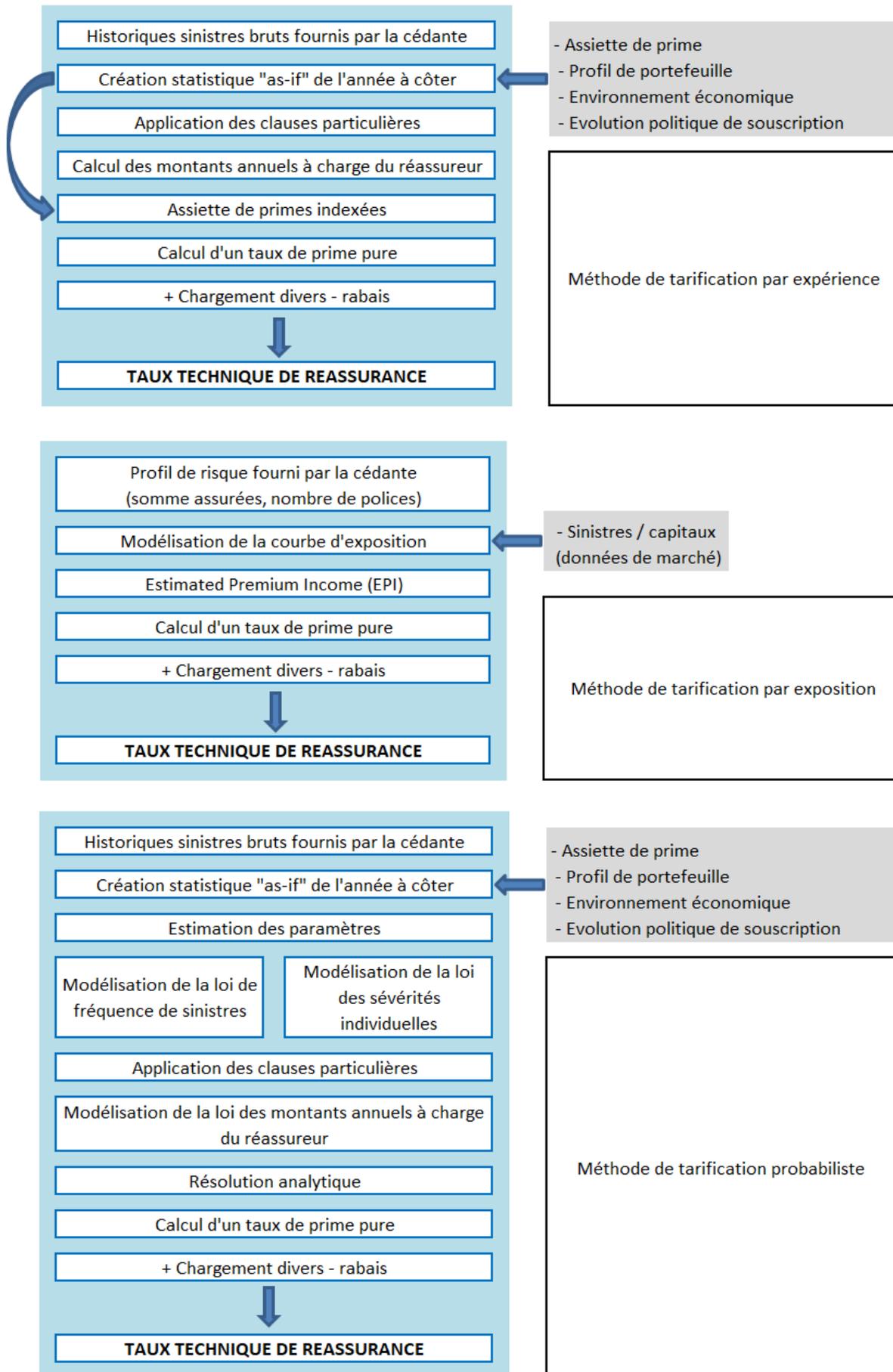
**Le préjudice esthétique temporaire/permanent (PET, PEP)**

Ce préjudice esthétique indemnise l'altération temporaire/permanente de l'apparence physique de la victime.

**Le préjudice d'agrément (PA)**

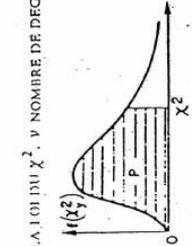
Ce préjudice est lié à l'impossibilité pour la victime de pratiquer régulièrement une activité spécifique sportive ou de loisirs.

## Annexe 4 : Exposition des différentes méthodes de tarification



Annexe 5 : Extrait de la table des Fractiles de la loi du Chi2

$P(\chi^2 > 23,858) \rightarrow$   
 $= 1 - P(\chi^2 \leq 23,858) \rightarrow$  An peut lire la table  
 $= 1 - 0,3 = 0,7$



FRACILES DE LA LOI DU  $\chi^2$  V NOMBRE DE DEGRES DE LIBERTÉ

P	0,00050	0,0010	0,0050	0,010	0,020	0,030	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
1	0,000000393	0,00000157	0,0000982	0,000393	0,00158	0,0042	0,148	0,275	0,455	0,708	1,074	1,642	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879	10,828
2	0,00100	0,00200	0,00506	0,0103	0,0211	0,0446	0,113	0,222	0,386	0,604	0,904	1,378	2,000	2,706	3,578	4,605	5,991	8,034
3	0,00375	0,00750	0,0184	0,0375	0,0750	0,149	0,315	0,530	0,815	1,180	1,710	2,438	3,348	4,454	5,808	7,501	9,590	12,838
4	0,00833	0,01667	0,0414	0,0833	0,1667	0,333	0,667	1,000	1,483	2,180	3,013	4,075	5,401	7,109	9,348	12,101	15,507	20,515
5	0,158	0,316	0,795	1,590	3,180	6,360	12,720	19,080	27,870	39,560	54,560	74,340	100,420	134,280	178,580	235,410	309,640	408,900
6	0,233	0,467	1,168	2,337	4,674	9,348	18,696	28,044	39,560	54,560	74,340	100,420	134,280	178,580	235,410	309,640	408,900	532,340
7	0,289	0,578	1,472	2,944	5,888	11,776	23,552	35,328	48,432	64,576	86,432	114,576	152,768	200,352	263,808	341,472	441,936	577,296
8	0,336	0,672	1,790	3,580	7,160	14,320	28,640	42,960	58,280	77,700	103,600	138,140	183,520	241,360	314,160	405,600	521,280	673,440
9	0,375	0,750	1,944	3,888	7,776	15,552	31,104	46,656	62,912	83,248	109,888	145,344	192,464	252,624	328,160	423,600	541,440	703,680
10	0,417	0,833	2,116	4,232	8,464	16,928	33,856	50,784	68,384	90,816	120,432	159,904	211,872	278,464	363,600	463,200	589,760	763,040
11	0,461	0,922	2,303	4,606	9,212	18,424	36,848	53,776	72,368	95,824	127,744	170,336	225,792	296,384	386,400	493,200	627,760	813,440
12	0,507	1,014	2,506	5,012	10,024	20,048	40,096	57,144	76,864	101,152	133,536	177,504	235,360	309,600	403,200	518,400	657,760	853,440
13	0,555	1,110	2,724	5,448	10,896	21,792	43,584	62,368	83,712	110,176	145,472	194,304	256,384	334,400	432,000	552,800	697,760	905,440
14	0,605	1,210	2,956	5,912	11,824	23,648	47,296	68,144	92,032	121,168	160,288	213,104	280,384	363,200	466,400	592,800	743,760	961,440
15	0,657	1,314	3,202	6,404	12,808	25,616	51,232	73,840	100,704	133,536	176,048	232,176	304,384	393,600	502,400	635,200	794,760	1023,440
16	0,711	1,422	3,472	6,944	13,888	27,776	55,552	80,384	108,608	144,160	190,208	251,104	328,384	423,200	537,600	676,400	843,760	1081,440
17	0,767	1,534	3,766	7,532	15,064	30,128	60,256	86,176	116,304	155,136	206,848	274,176	359,384	458,400	578,400	723,200	899,760	1147,440
18	0,825	1,650	4,084	8,168	16,336	32,672	65,344	92,912	125,824	168,160	223,472	295,104	385,384	490,400	610,400	756,800	945,760	1201,440
19	0,885	1,770	4,426	8,852	17,704	35,408	70,816	101,232	137,168	183,104	244,144	320,384	415,384	524,400	648,400	800,800	1000,760	1261,440
20	0,945	1,900	4,792	9,584	19,168	38,336	76,672	110,000	147,136	197,168	263,408	344,384	445,384	560,400	688,400	844,800	1052,760	1327,440
21	1,005	2,040	5,182	10,364	20,728	41,456	82,912	121,360	162,704	213,136	281,472	364,384	470,384	592,400	728,400	892,800	1104,760	1401,440
22	1,065	2,190	5,596	11,192	22,384	44,768	89,536	132,800	177,136	233,168	304,384	392,384	500,384	624,400	764,800	932,800	1147,760	1467,440
23	1,125	2,340	6,034	12,068	24,136	48,272	96,544	142,880	191,136	253,168	328,384	420,384	532,384	656,400	800,800	972,800	1191,760	1533,440
24	1,185	2,490	6,496	12,992	26,080	52,160	104,320	154,240	205,136	273,168	354,384	450,384	568,384	696,400	844,800	1024,800	1251,760	1601,440
25	1,245	2,640	6,982	13,964	28,128	56,256	112,512	166,400	220,136	293,168	384,384	492,384	612,384	744,400	896,800	1084,800	1327,760	1671,440
26	1,305	2,790	7,494	14,992	30,280	60,560	121,120	179,136	238,136	313,168	404,384	516,384	636,384	772,400	924,800	1112,800	1387,760	1743,440
27	1,365	2,940	8,032	16,068	32,536	65,072	130,144	194,160	258,136	343,168	444,384	564,384	692,384	832,400	992,800	1204,800	1471,760	1819,440
28	1,425	3,090	8,596	17,192	34,384	69,768	139,536	209,136	278,136	363,168	474,384	596,384	728,384	872,400	1032,800	1256,800	1547,760	1901,440
29	1,485	3,240	9,186	18,368	36,736	74,472	149,944	222,160	298,136	393,168	504,384	628,384	764,384	912,400	1096,800	1324,800	1631,760	1987,440
30	1,545	3,390	9,802	19,600	39,200	79,600	160,200	237,136	318,136	413,168	534,384	656,384	796,384	944,400	1136,800	1392,800	1719,760	2073,440

20

**Table des annexes**

ANNEXE 1 : DECRETS, LOIS ET ARTICLE DU CODE CIVIL.....	64
ANNEXE 2 : CODE DES ASSURANCES.....	66
ANNEXE 3 : NOMENCLATURE DINTILHAC.....	69
ANNEXE 4 : EXPOSITION DES DIFFERENTES METHODES DE TARIFICATION.....	71
ANNEXE 5 : EXTRAIT DE LA TABLE DES FRACTILES DE LA LOI DU CHI2.....	72

## **Table des tableaux**

TABLEAU 1 : CHIFFRE D'AFFAIRES 2019 DES ACTIVITES D'ASSURANCE.....	6
TABLEAU 2 : CHIFFRE D'AFFAIRES NON-VIE 2019 DES PRINCIPALES ENTITES EN FRANCE .....	6
TABLEAU 3 : REPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRES PAR MARCHE EN FRANCE EN 2019 ET 2015 .....	6
TABLEAU 4 : SERIE DES ACCIDENTS CORPORELS EN FRANCE (SOURCE : ONISR) .....	8
TABLEAU 5 : SYNTHESE DE LA NOMENCLATURE DINTILHAC DES POSTES DE PREJUDICES.....	11
TABLEAU 6 : POIDS DES DIFFERENTS PREJUDICES INDEMNISES DES BLESSES AVEC AIPP SELON LA GRAVITE EN 2017 .....	11
TABLEAU 7 : EXEMPLE D'IMPACT DE LA REVALORISATION POUR LE FGAO .....	14
TABLEAU 8 : EXEMPLE D'APPLICATION D'UNE CLAUSE AGGREGATE .....	17
TABLEAU 9 : EXEMPLE D'APPLICATION D'UNE CLAUSE DE RECONSTITUTION .....	18
TABLEAU 10 : EXEMPLE D'APPLICATION D'UNE CLAUSE DE STABILISATION.....	19
TABLEAU 11 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA CLAUSE DE RENTE PAR RACHAT .....	19
TABLEAU 12 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA CLAUSE DE RENTE EN SUIVI ADDITIONNEL.....	20
TABLEAU 13 : EXEMPLE DE CALCUL D'UN BURNING COST.....	22
TABLEAU 14 : DESCRIPTIF DES LOIS DE FREQUENCE USUELLES.....	24
TABLEAU 15 : DESCRIPTIF DES LOIS DE SEVERITE USUELLES. ....	24
TABLEAU 16 : CONSTRUCTION DE LA COURBE D'EXPOSITION.....	26
TABLEAU 17 : PERIMETRE RETENU PAR SOCIETE .....	29
TABLEAU 18 : FORMALISME DES SINISTRES SOUS FORME DE LISTE.....	29
TABLEAU 19 : FORMALISME DES SINISTRES SOUS FORME DE TRIANGLE.....	30
TABLEAU 20 : EXTRAIT DE L'INFLATION SOCIALE POUR LE GROUPE COVEA .....	31
TABLEAU 21 : EXTRAIT DES FACTEURS DE DEVELOPPEMENT POUR BPCE.....	36
TABLEAU 22 : ANALYSE GRAPHIQUE DE LINEARITE .....	37
TABLEAU 23 : REGRESSION LINEAIRE SUR LES COEFFICIENTS DE DEVELOPPEMENT .....	38
TABLEAU 24 : VALIDATION DE L'HYPOTHESE D'INDEPENDANCE.....	38
TABLEAU 25 : RESIDUS DE PEARSON CENTRES.....	38
TABLEAU 26 : MATRICE DE PASSAGE GMF D'UN PROVISIONNEMENT DE 2,43% A 1,5%.....	40
TABLEAU 27 : EXEMPLE D'UTILISATION DE LA MATRICE DE PASSAGE .....	40
TABLEAU 28 : DETERMINATION DU "BURNING COST" POUR LA SAUVEGARDE.....	41
TABLEAU 29 : CADENCE DE DECLARATION DES SINISTRES ENTRANT DANS LE CADRE DU TRAITE DE LA SAUVEGARDE.....	42
TABLEAU 30 : AJUSTEMENT DE LA FREQUENCE DE LA SAUVEGARDE .....	43
TABLEAU 31 : DETERMINATION D'UN SEUIL DANS L'AJUSTEMENT DE LA SEVERITE MAAF .....	44
TABLEAU 32 : EXTRAIT DE LA TABLE DU TEST DE KOLMOGOROV SMIRNOV .....	45
TABLEAU 33 : CLASSEMENT PAR ORDRE CROISSANT DES SINISTRES MAAF .....	46
TABLEAU 34 : DETERMINATION DES CLASSES POUR VALIDATION DU TEST D'AJUSTEMENT.....	46
TABLEAU 35 : RESULTAT DES DIFFERENTES TARIFICATIONS.....	47
TABLEAU 36 : IMPACT DE LA REVALORISATION EN POURCENTAGE DE LA PRIME RESPONSABILITE CIVILE .....	48
TABLEAU 37 : LES DIFFERENTES POSSIBILITES D'INTEGRATION DU MONTANT DE LA REVALORISATION DANS LE TRAITE.....	50
TABLEAU 38 : REPARTITION PAR SOCIETE ET PAR CAS DE FIGURE, DE LA PRISE EN CHARGE DE LA REVALORISATION.....	51
TABLEAU 39 : RESULTAT DE LA METHODE PAR DIFFERENCE.....	51
TABLEAU 40 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA SOLUTION DE REASSURANCE MUTUELLE NON VIE / VIE.....	54
TABLEAU 41 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'XS EN SUIVI AVEC REVALORISATION .....	54
TABLEAU 42 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS D'UNE COUVERTURE XS AGGREGATE REVALORISATION .....	55
TABLEAU 43 : COMPARAISON XS ACTUEL ELARGI VERSUS XS AGGREGATE, VISION BURNING COST.....	59
TABLEAU 44 : TABLEAU DES SINISTRES FICTIFS POUR LA COTATION PROBABILISTE .....	60
TABLEAU 45 : COMPARAISON XS ACTUEL ELARGI VERSUS XS AGGREGATE, VISION PROBABILISTE .....	61
TABLEAU 46 : COMPARAISON DE L'EXISTANT AVEC L'XS AGGREGATE SUR DIFFERENTIEL .....	61
TABLEAU 47 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE NOTRE METHODE PAR RAPPORT A UN ELARGISSEMENT DU TRAITE .....	61

**Table des figures**

FIGURE 1 : COMPOSITION DE LA SGAM COVEA.....	6
FIGURE 2 : REPARTITION 2018 DES SINISTRES EN ASSURANCE AUTOMOBILE SELON LES GARANTIES .....	7
FIGURE 3 : INDICE SINISTRALITE AUTOMOBILE EN FRANCE (SOURCE FFA) .....	8
FIGURE 4 : EVOLUTION DU PIB ET DE L'INFLATION PAR RAPPORT AU COUT MOYEN D'UN SINISTRE CORPOREL GRAVE SUPERIEUR A 50% .....	8
FIGURE 5 : CORRESPONDANCE POTENTIELLE ENTRE TAUX D'AIPP ET TYPE DE SEQUELLES.....	10
FIGURE 6 : STRUCTURE D'UN TRAITE EN EXCEDENT DE SINISTRE .....	16
FIGURE 7 : FONCTIONNEMENT D'UN TRAITE EN EXCEDENT DE SINISTRES.....	16
FIGURE 8 : TRACER D'UNE COURBE DE FONCTION DE REPARTITION EMPIRIQUE DU TAUX DE DESTRUCTION .....	26
FIGURE 9 : SCHEMATISATION DU FONCTIONNEMENT CHAIN LADDER .....	32
FIGURE 10 : AJUSTEMENT DE LA SEVERITE DES SINISTRES MAAF.....	44
FIGURE 11 : RAPPORT REVALORISATIONS SUR COTISATIONS PAR ANNEE DE SURVENANCE .....	48
FIGURE 12 : SCHEMA DE LA METHODE PAR DIFFERENCE .....	50
FIGURE 13 : STRUCTURE DE LA FORMULE STANDARD.....	53
FIGURE 14 : EXEMPLE DU FONCTIONNEMENT DE LA REASSURANCE MUTUELLE.....	54
FIGURE 15 : REPRESENTATION DE LA COUVERTURE XS AGGREGATE SUR LA PERIODE 2013-2016.....	55
FIGURE 16 : MISE EN PLACE DE DEUX COUVERTURES.....	56
FIGURE 17 : MISE EN PLACE D'UN AGGREGATE SUR LE DIFFERENTIEL DES XS .....	57
FIGURE 18 : SCHEMA DE CONSTRUCTION DE L'ILL XS 6 M€ AVEC REVALORISATION .....	57
FIGURE 19 : DIFFERENTIEL DE CHARGE GMF .....	58
FIGURE 20 : DIFFERENTIEL DE CHARGE MMA .....	58
FIGURE 21 : DIFFERENTIEL DE CHARGE MAAF.....	58
FIGURE 22 : CUMUL DES CHARGES CEDEES EN FONCTION DES PRIORITES .....	59
FIGURE 23 : AJUSTEMENT DE LA CHARGE CEDEE PAR DIFFERENTES LOIS.....	60

## **Bibliographie**

### PUBLICATIONS :

COVEA [2019] : Rapport financier Covéa

FFA [2019] : Tableau de bord de l'assurance

FFA [2019] : Assurances de biens et de responsabilité : données clés

FFA [2018] : Le marché de l'assurance automobile des particuliers

FFA [2013] : Assurance automobile : les sinistres corporels

FFA [2017] : Assurance automobile : les sinistres corporels

SCOR [2015] : Newsletter technique #28 de SCOR global P&C

CCR [2012] : L'indemnisation des dommages corporels en France

GAZETTE DU PALAIS [2020] : Barème de capitalisation 2020

AON [2017] : Rapport Covéa Analyse automobile

Décret n°2013-526 du 20 juin 2013 fixant le taux de contribution des assurés au Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages au titre de l'article L.421-6-1 du code des assurances.

M. François MARC [2012] : Rapport fait au nom de la commission des finances sur le projet de loi de finances rectificatives, adopté par l'assemblée nationale.

JP Dintilhac [2005], Rapport du groupe de travail chargé d'élaborer une nomenclature des préjudices corporels

### MEMOIRES :

CHRITIEN A. et DE BARROS F. [2011] : Modèle de provisionnement économique automobile incluant l'indemnisation sous forme de rentes

OROZCO S. [2016] : Mise en place d'une couverture en réassurance rétrospective sur les dommages corporels de la branche automobile

PAYRE B. et SAVARRE S. [2012] : Charge ultime nette de réassurance en RC corporelle

NGUYEN-HUU T. [2014] : Barème d'évaluation des sinistres corporels en automobile

BELHOUDJI [2013] : Tarification des traitées en excédant de sinistres de la branche responsabilité civile

### OUVRAGES :

BONTOUX Anne : Les rentes en assurance et en réassurance non vie : ce qu'il faut savoir (Technical Publishing Casualty), SWISS RE

PARTRAT, LECOEUR, NESSI, NISIPASU, REIZ. « Provisionnement technique en Assurance Non-Vie, perspectives actuarielles modernes », Economica