



**Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du
Diplôme d'Actuaire EURIA
et de l'admission à l'Institut des Actuaire**

le 21 Septembre 2021

Par : BATAILLE Iliona

Titre : Modélisation de l'ajustement pour risque sur le portefeuille automobile d'une entreprise d'assurance

Confidentialité : Oui 2 ans

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

Membre présent du jury de l'Institut

des Actuaire :

YOU Alexandre

CORREGE Pierre

Signature :

Entreprise :

Assurances du Crédit Mutuel (ACM)

Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :

ABGRALL Philippe

FAUCHON Anthony

Signature :

Invité :

Signature :

**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 :

Signature du candidat :

L'ensemble des éléments chiffrés présents dans ce mémoire ont été retraités afin de préserver la confidentialité des données financières du Groupe des Assurances du Crédit Mutuel.

Résumé

L'objet d'étude de ce mémoire est le *Risk Adjustment* (RA ou ajustement pour risque). Il apparaît avec la norme IFRS 17 et peut être défini comme une compensation attendue pour faire face à l'incertitude des flux futurs de trésorerie relative aux risques non financiers. Malgré les similitudes avec la marge pour risque établie sous Solvabilité 2, la norme IFRS 17 ne définit pas d'approche pour calculer l'ajustement pour risque mais simplement des règles à respecter. Ce mémoire a donc pour vocation d'étudier les modélisations possibles en essayant de capitaliser sur l'existant afin de mettre en place la plus adaptée pour le portefeuille automobile de l'entreprise (en termes de pertinence économique, de simplicité d'utilisation, de choix du marché et de pilotabilité). Le choix des risques entrant dans le périmètre ainsi que le cheminement pour calculer le RA relatif à chacun d'eux seront explicités avant d'en présenter les résultats.

Mots clefs: AEP, Ajustement pour risque, Assurance non-vie, Assurance Automobile, Best Estimate, Formule Standard, IFRS 17, Mack, quantile, rentes, SCR, Solvabilité 2, VaR

Summary

The subject of study in this thesis is the Risk Adjustment (RA). It appears with IFRS 17 and can be defined as an expected compensation for the uncertainty of future cash flows related to non-financial risks. Despite the similarities with the risk margin established under Solvency 2, IFRS 17 doesn't define an approach for calculating the risk adjustment, but simply sets out rules to be followed. The purpose of this thesis is therefore to study the possible models by trying to capitalize on the existing ones in order to implement the most suitable one for the company's car portfolio (in terms of economic relevance, simplicity of use, market choice and manageability). The choice of risks included in the scope and the process for calculating the RA for each of them will be explained before presenting the results.

Keywords: AEP, Annuities, Best Estimate, Car Insurance, IFRS 17, Mack, Non-life Insurance, quantile, Risk Adjustment, SCR, Solvency 2, Standard Formula, VaR

Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier Anthony Fauchon pour son encadrement empli de bienveillance. Je suis reconnaissante de l'accompagnement assidu à travers les conseils et le temps qu'il m'a accordé durant ces six mois. Sa disponibilité et sa confiance m'ont permis de m'épanouir durablement lors de l'écriture de ce mémoire.

Je souhaite remercier Raphaël Ronse pour m'avoir offert l'opportunité de travailler dans son équipe ainsi que d'avoir pris le temps d'effectuer des relectures. Son expérience et ses remarques ont largement contribué à l'amélioration de ce mémoire.

Dans cette continuité, je souhaite remercier chaque personne avec laquelle j'ai travaillé, de près ou de loin car il m'est impossible de les désigner individuellement. Leurs soutiens et leurs compétences étaient d'un grand support. Chaque personne, à sa façon, a fait de cette expérience l'une des plus enrichissantes tant sur le plan professionnel que personnel.

Je poursuis en adressant un grand remerciement à l'équipe enseignante de l'Euria pour cette année qui, malgré la conjoncture sanitaire, nous a offert une continuité pédagogique de qualité. Je remercie plus particulièrement Laurent Imbert qui m'a permis d'intégrer l'Euria grâce à son implication pour faire évoluer la filière actuariat au sein de l'ESILV.

Je termine en remerciant mes parents sans lesquels vous ne seriez sûrement pas en train de lire ce mémoire. Merci à l'ensemble de ma famille et mon entourage pour leur soutien et leurs encouragements sans faille durant ces années d'étude.

Note de synthèse

Le 1^{er} janvier 2023, la nouvelle norme IFRS 17 entrera en vigueur. Elle sera imposée à toutes les sociétés cotées ou émettant de la dette cotée, proposant des contrats d'assurance ou de réassurance. L'objectif sous-jacent est d'homogénéiser et d'améliorer la transparence des informations financières. De même que Solvabilité 2, celle-ci exige l'évaluation du passif selon différentes composantes telles que : la *Contractual Service Margin* (CSM), le *Best Estimate* (BE) et le *Risk Adjustment* (RA, ou ajustement pour risque).

Ce dernier est l'élément central de l'étude et correspond à la compensation attendue supportant l'incertitude des flux futurs de trésorerie inhérents aux risques non financiers. Cependant, établir le calcul du RA n'est pas une tâche aisée. Effectivement, la norme IFRS 17 n'impose aucune directive calculatoire mais simplement des règles à respecter, telle que l'obligation de publier un niveau de quantile.

La problématique peut ainsi être formulée de la manière suivante : « Comment modéliser l'ajustement pour risque de façon adéquate sur le portefeuille automobile de l'entreprise ? ».

L'objectif défini en interne ne se réduit pas à trouver l'approche calculatoire du RA la plus juste qui soit, il était aussi important de capitaliser sur l'existant (et notamment sur ce qui était produit du côté Solvabilité 2). De cette façon, la montée en compétence des opérationnels et des dirigeants s'en trouverait réduite, tout comme la charge de travail requise lors de périodes de clôture. De plus, cela concorde avec le fait que les compagnies européennes doivent s'assurer que les exigences internationales sont en adéquation avec les dispositions de la directive Solvabilité 2, de sorte que les deux référentiels ne présentent pas d'incohérences entre eux (ce qui créerait un risque d'arbitrage réglementaire).

En 2010, l'IASB propose 3 approches pour calculer le RA. Elles ne seront pas reprises dans l'écriture finale de la norme mais permettent d'offrir des perspectives de calcul :

- L'approche du Coût du Capital à l'image du calcul établi pour la *Risk Margin* sous Solvabilité 2 ;
- L'approche du niveau de confiance basée sur une *Value-at-Risk* (VaR) ;
- L'approche relative à la *Tailed Value-at-Risk* (TVaR).

L'étude n'aspire pas à tester l'ensemble de ces approches puisque cela serait très coûteux sans pour autant être pertinent. En revanche, elle a pour vocation de montrer la démarche permettant d'avoir la méthodologie de calcul du RA la plus adaptée au portefeuille automobile de l'entreprise.

Ainsi, nous avons écarté l'approche du coût du capital de par sa difficulté à obtenir un niveau de quantile. Nous avons également laissé de côté l'approche de la TVaR en raison de la complexité de sa mise en place. C'est donc celle de la VaR qui a été retenue. En effet, pour de nombreux acteurs du marché IARD, elle s'est déclarée comme étant la plus simple et la plus pertinente.

Une fois l'approche principale choisie, une cartographie des risques relative au portefeuille automobile a été délimitée avant d'établir les méthodes donnant lieu à l'obtention des paramètres pour le calcul du RA de chaque risque.

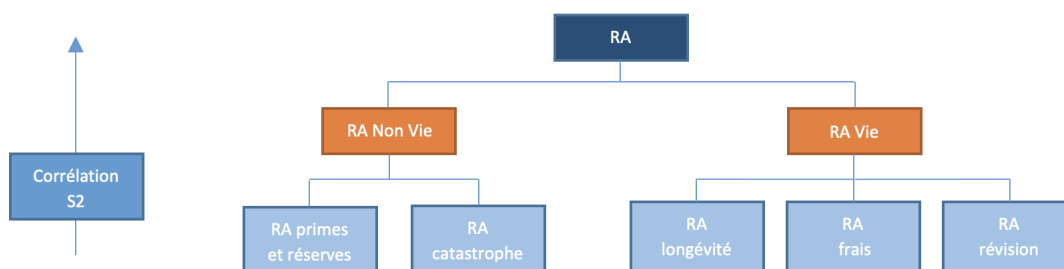


FIGURE 0.1 – Cartographie des risques entrant dans le périmètre

Malgré l'appartenance de l'assurance automobile à l'assurance non-vie, on remarque une branche de risques relatifs à la vie. Effectivement, l'assurance automobile possède une spécificité importante : le fait qu'un sinistre puisse engendrer l'apparition d'une rente pour les dommages corporels.

Dans cette continuité, de nombreuses réflexions ont été menées afin d'offrir la méthode de calcul des paramètres la plus convenable pour chaque risque. Au final, nous avons retenu les choix suivants :

- Le risque de réserves : la méthode de Chain Ladder est utilisée pour calculer l'espérance et celle de Mack donne la volatilité ;
- Le risque de primes : l'espérance et l'écart type sont déterminés à partir de l'historique des ratios Sinistres sur Primes observés (autrement appelés $\frac{S}{P}$) ;

- Le risque catastrophe : les résultats sont obtenus grâce aux courbes AEP (« *Aggregate Exceedance Probability* » ou distribution des pertes totales annuelles) qu'elles soient construites ou basées sur l'historique. Le RA au quantile α est obtenu grâce à cette formule :

$$RA_i^\alpha = AEP_i^\alpha - C_i$$

Avec :

- AEP_i^α : l'AEP relatif au risque i ;
- C_i : la charge moyenne attendue sur le risque i .

- Les risques relatifs à la branche vie (longévité, frais et revalorisation) : pour chacun des risques, une méthode d'abattement du choc de la Formule Standard est effectuée par le biais de la formule suivante :

$$ChocIFRS_i = \sqrt{Duration} \cdot \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} ChocS2_i$$

Avec :

- q_α : le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil α ;
- $q_{99,5\%}$: le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil 99,5% ;
- $ChocIFRS_i$: le choc IFRS 17 pour le risque i ;
- $ChocS2_i$: le choc S2 pour le risque i .

Ces chocs permettent par la suite d'évaluer un BE choqué selon les critères de la norme IFRS 17 et d'obtenir le RA pour le risque i :

$$RA_i = BE_i^{Choc} - BE_i$$

Où :

- BE_i^{Choc} : le BE obtenu après choc pour le risque i ;
- BE_i : le BE central pour le risque i .

Une fois les RA obtenus pour chaque risque, il est nécessaire de capter les bénéfices de diversification entre eux. Pour cela, une autre hypothèse importante a été reprise de Solvabilité 2 : les matrices de corrélations.

A partir de ces éléments, le RA a été calculé à différents niveaux de quantile. Cela a ainsi permis de fournir aux dirigeants, des pistes pour choisir le niveau de quantile adapté. Voici le graphique récapitulant les résultats pour des niveaux de quantiles allant de 60% à 99,5%.

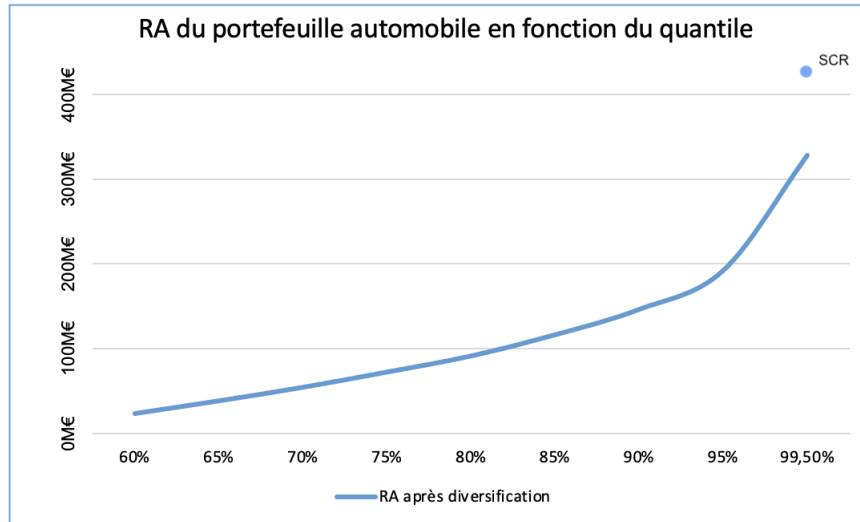


FIGURE 0.2 – RA du portefeuille Automobile en fonction du quantile

Par la suite, il est important de préciser que certaines perspectives, n'ayant pas pu être développées dans l'étude, devront être étudiées avant le 1^{er} janvier 2023 dans le but de respecter chacun des points exigés par la norme. Il est possible de citer entre autre l'obtention du RA cédé mais aussi l'allocation du RA à la maille demandée par la norme.

Enfin, la méthodologie proposée dans cette étude, pour calculer le RA, convient aux besoins de l'entreprise pour le portefeuille automobile mais nécessitera probablement des modifications afin d'être adaptée à l'ensemble des périmètres de l'entreprise.

Synthesis

On January 1, 2023, the new IFRS 17 standard will come into force. It will be imposed on all listed companies or companies issuing listed debt, offering insurance or reinsurance contracts. The underlying objective is to standardize and improve the transparency of financial information. Like Solvency 2, it requires the valuation of liabilities according to different components such as : the Contractual Service Margin (CSM), the Best Estimate (BE) and the Risk Adjustment (RA).

The latter is the central element of the study and corresponds to the expected compensation for the uncertainty of future cash flows inherent in non-financial risks. However, calculating the RA is not an easy task. Indeed, IFRS 17 does not impose any calculation guidelines, but simply rules to be respected, such as the obligation to publish a quantile level.

The problem can thus be formulated as follows : "How can the risk adjustment be adequately modeled for the company's car portfolio ?".

The objective defined by the company was not only to find the most accurate approach to calculating the RA, it was also important to capitalize on what already existed (and in particular on what was produced on Solvency 2). In this way, the increase in competence of operational staff and managers would be reduced, as would the workload required during closing periods. Moreover, this is consistent with the fact that European companies must ensure that the international requirements are in line with the measures of Solvency 2 regulation, so that the two frameworks do not present inconsistencies between them (which would create a risk of regulatory arbitrage).

In 2010, the IASB is proposing three approaches for calculating RA. They will not be included in the final version of the standard, but they offer some perspectives on the calculation :

- The Cost of Capital approach, similar to the calculation established for the Risk Margin under Solvency 2 ;
- The confidence level approach based on a Value-at-Risk (VaR) ;
- The Tailed Value-at-Risk approach (TVaR)

The study does not aspire to test all of these approaches since this would be very costly without being relevant. On the other hand, it aims to show the approach that allows us to have the most suitable RA calculation methodology for the company's car portfolio.

Thus, we have discarded the cost of capital approach because of its difficulty to obtain a quantile level. We also left out the TVaR approach because of the complexity of its implementation. The VaR approach was therefore chosen. Indeed, as for many P&C companies, it was the simplest and most relevant.

Once the main approach had been chosen, a risk map for the car portfolio was drawn up before establishing the methods used to obtain the parameters for calculating the RA of each risk.

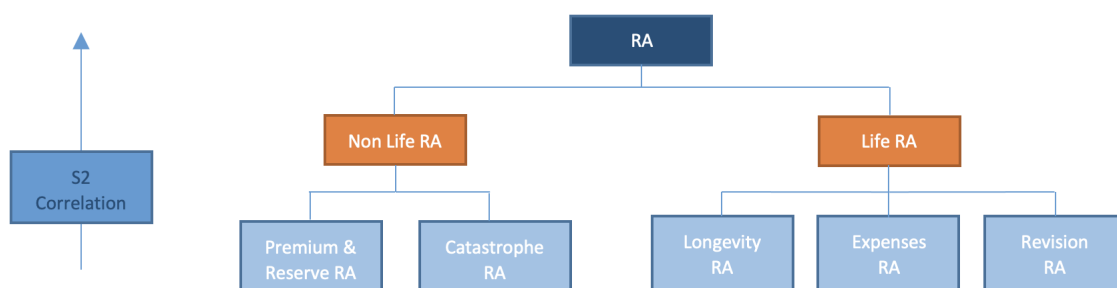


FIGURE 0.3 – Mapping of risks within the scope

Despite the fact that automobile insurance belongs to non-life insurance, there is a branch of risks related to life. Indeed, automobile insurance has an important specificity : the fact that a claim can generate an annuity for bodily injury.

In this context, a great deal of thought has been given to the most suitable method of calculating the parameters for each risk. In the end, we have retained the following choices :

- Reserve risk : the Chain Ladder method is used to calculate the expectation and the Mack method gives the volatility ;
- Premium risk : the expectation and the standard deviation are determined from the history of the observed loss ratios (otherwise known as $\frac{S}{P}$) ;
- Catastrophe risk : Results are obtained from AEP curves (Aggregate Exceedance Probability) whether they are constructed or based on historical data. The RA at the α quantile is obtained using this formula :

$$RA_i^\alpha = AEP_i^\alpha - C_i$$

With :

- AEP_i^{alpha} : the AEP relative to risk i ;
- C_i : the average expected load on risk i .

— The risks relating to the life branch (longevity, expenses and revaluation) : for each of the risks, a method of abatement of the shock of the Standard Formula is carried out through the following formula :

$$ChocIFRS_i = \sqrt{Duration} \cdot \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} ChocS2_i$$

With :

- q_{alpha} : the quantile of a normal distribution centered reduced at the threshold α ;
- $q_{99,5\%}$: the quantile of a normal distribution centered reduced at the threshold 99,5% ;
- $Choc IFRS_i$: the IFRS 17 shock for risk i ;
- $Choc S2_i$: the S2 shock for risk i .

These shocks are then used to evaluate a shocked BE according to the criteria of IFRS 17 and to obtain the RA for risk i :

$$RA_i = BE_i^{shock} - BE_i$$

Where :

- BE_i^{Shock} : the BE obtained after shock for risk i ;
- BE_i : the central BE for risk i .

Once the RA's have been obtained for each risk, it is necessary to capture the diversification benefits between them. To do this, another important hypothesis has been taken from Solvency 2 : the correlation matrices.

From these elements, the RA has been calculated at different quantile levels. This allowed us to provide management with guidelines for choosing the appropriate quantile level. Here is the graph summarizing the results for quantile levels ranging from 60 to 99.5%.

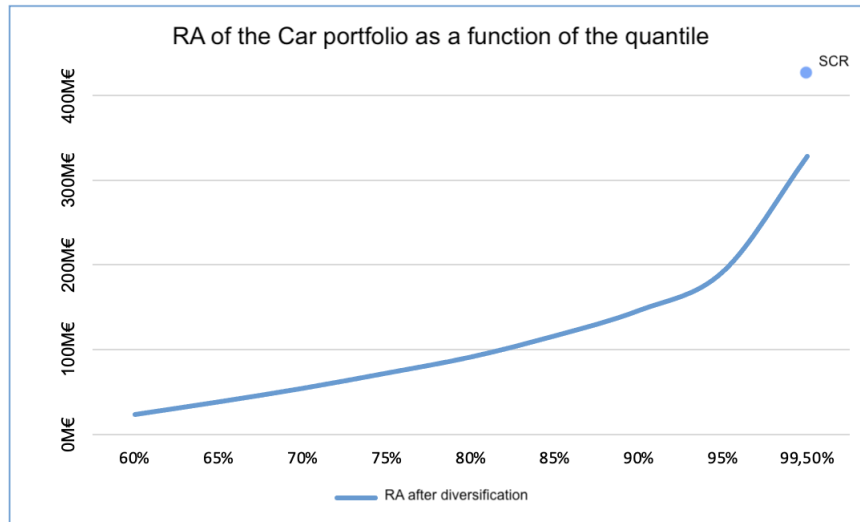


FIGURE 0.4 – RA of the Car portfolio as a function of the quantile

It is important to specify that certain perspectives, which could not be developed in the study, will have to be studied before January 1, 2023 in order to respect each of the points required by the standard. We can mention, among other things, the obtaining of the assigned RA but also the allocation of the RA to the mesh requested by the standard.

Finally, the methodology proposed here for calculating the RA is appropriate for the company's needs for the automotive portfolio, but will probably require modifications to be adapted to all the company's perimeters.

Table des matières

Introduction	1
1 Le contexte	3
1.1 L'assurance automobile	3
1.1.1 Les risques et les garanties	3
1.1.2 La vie d'un contrat	5
1.1.3 La vie d'un sinistre	6
1.1.4 Les provisions	7
1.1.5 La réassurance	9
1.2 La norme IFRS 17	10
1.2.1 L'IASB	10
1.2.2 La naissance d'IFRS 17	11
1.2.3 Le champ d'application	12
1.2.4 La granularité de calcul	12
1.2.5 La frontière des contrats	13
1.2.6 Le bilan	14
1.2.7 La modélisation des contrats	16
1.3 La norme Solvabilité 2	19
1.3.1 Les piliers	20
1.3.2 Le bilan	21
1.3.3 Les provisions techniques	21
1.3.4 Le SCR	24
1.3.5 Le comparatif entre la norme IFRS 17 et la norme Solvabilité 2	28
2 Les orientations de l'ajustement pour risque	29
2.1 Les pré-requis sur l'ajustement pour risque	29
2.1.1 Les détails de la norme sur le RA	29
2.1.2 Les enjeux autour du RA	31
2.1.3 Des pistes évoquées en interne et sur le marché	32
2.2 Les liens avec Solvabilité 2	33
2.2.1 Le comparatif entre RA et RM	34
2.2.2 L'approche du Coût du Capital	35
2.3 Les approches quantiles	36

2.3.1	Notions relatives à la mesure de risque	36
2.3.2	L'approche de la VaR	37
2.3.3	L'approche de la TVaR	38
2.4	Le choix de l'approche	40
2.5	La cartographie des risques	40
3	La modélisation du portefeuille automobile	45
3.1	La présentation du portefeuille	45
3.2	L'hypothèse sur les lois de distribution	47
3.3	Le risque de réserves	48
3.3.1	Le choix de la méthodologie	49
3.3.2	La méthode de Chain Ladder	52
3.3.3	La méthode de Mack	53
3.3.4	Les volatiliés obtenues pour le risque de réserves	56
3.4	Le risque de primes	57
3.4.1	La méthode des ratios « Sinistres sur Primes »	57
3.4.2	Les volatiliés obtenues pour le risque de primes	57
3.5	La corrélation du risque de primes et réserves	59
3.5.1	L'introduction des frais	60
3.5.2	Les résultats du RA pour le risque de primes et réserves	60
3.6	Le risque de catastrophe non-vie	61
3.6.1	Les différentes méthodes	62
3.6.2	La méthode AEP	63
3.6.3	Les résultats pour le RA CAT non-vie	65
3.7	Les rentes automobiles	65
3.7.1	Le calcul d'une PM de rente automobile	66
3.7.2	Les risques relatifs à la vie sur les rentes automobile	68
3.7.3	Les résultats pour le RA sur la branche vie	70
3.8	La corrélation	71
	Conclusion	73
	A IFRS 17 - Insurance Contracts : Appendix A	75
	B Solvabilité 2 - Règlement délégué : calcul du risque catastrophe en non-vie	77
	C Solvabilité 2 - Règlement délégué : les lignes d'activités (appelées aussi « Line of Business - LoB »)	81
	D Solvabilité 2 : Les facteurs de crédibilité pour la méthode USP	85
	E Les matrices de corrélation utilisées pour l'étude	87
	Bibliographie	90

Introduction

Les banques et les assurances ont pour point commun d'appartenir à des milieux très réglementés. En effet, les normes auxquelles elles sont soumises peuvent être de type prudentielle ou comptable. La première catégorie exige une certaine robustesse en termes de solvabilité ainsi qu'une capacité des entreprises à tenir leurs engagements vis-à-vis de leurs assurés. Au niveau européen, on parle dans ce cas de Solvabilité 2. La seconde catégorie régit la détermination du résultat et du bilan des entreprises. Cette catégorie se divise en deux parties : les normes locales telles que le « *French GAAP* » mais aussi les normes internationales comme les normes IFRS (soit *International Financial Reporting Standards*).

Plus spécifiquement, en 2017 une nouvelle norme a été publiée par l'IASB afin de remplacer la norme IFRS 4 : IFRS 17 qui sera effective le 1^{er} janvier 2023 après deux reports successifs. Cette réglementation comptable est spécifique aux contrats d'assurance et de réassurance pour les sociétés cotées ou émettant de la dette cotée. Cette norme introduit de nouveaux concepts comme l'ajustement pour risque, élément principal de l'étude avec cette problématique centrale : « Comment modéliser l'ajustement pour risque de façon adéquate sur le portefeuille automobile de l'entreprise ? ».

Le Groupe des Assurances du Crédit Mutuel (GACM) est apparu en 1971 et possède les différents agréments relatifs à l'assurance automobile depuis le 22 octobre 1993. Aujourd'hui, l'entreprise fait partie des plus importantes du marché français de l'assurance automobile avec environ 3,2 millions de contrats automobiles souscrits en 2020, ce qui représente 55% du chiffre d'affaire de l'assurance non-vie de l'entreprise. Ces chiffres rendent compte de l'importance de ce périmètre pour la compagnie.

L'objectif de ce mémoire est donc d'expliquer la mise en place du processus de calcul de l'ajustement pour risque du portefeuille automobile de l'entreprise. Les premières réflexions ont été construites en amont grâce à de nombreuses recherches et à l'étude de textes. Par la suite, la modélisation de l'ajustement pour risque, la plus justifiable et adaptée aux attentes et volontés de l'entreprise, sera mise en place.

Dans la première partie, l'objectif sera de décrire le cadre théorique nécessaire à la compréhension du mémoire. Il s'agira de détailler le contexte réglementaire auquel sont

confrontées les compagnies d'assurance ainsi que le cadre général dans lequel s'inscrit le mémoire. En effet, l'étude se fera sur l'ensemble du portefeuille automobile de l'entreprise.

Puis, dans une seconde partie, les différentes orientations possibles pour modéliser l'ajustement pour risque seront présentées après avoir dressé les prérequis et les principes le concernant. Il est important de préciser que trois approches sont souvent mises en lumière : le coût du capital, la Value at Risk (VaR) et la Tail Value at Risk (TVaR).

La dernière partie sera consacrée à la modélisation retenue ainsi que ses justifications et les étapes de sa mise en place. Pour compléter cette partie, l'obtention des résultats et leurs analyses seront développées.

Chapitre 1

Le contexte

Les compagnies d'assurance, tout comme les banques, sont assujetties au respect de nombreuses normes. Parmi elles, on trouve Solvabilité 2, mise en place depuis le 1^{er} janvier 2016 et plus récemment IFRS 17 qui sera effective à partir du 1^{er} janvier 2023, après deux reports successifs. La présentation de ces dernières est indispensable. En effet, IFRS 17 est la norme à l'origine de l'ajustement pour risque. De plus, Solvabilité 2 a demandé beaucoup de temps et de moyens pour être implémentée dans les entreprises. Il est donc important de comprendre ses mécanismes pour capitaliser sur l'existant, afin d'étoffer le sujet principal de ce mémoire. Ce premier chapitre permettra donc d'en exposer les différentes caractéristiques après une brève présentation des spécificités de l'assurance non-vie et plus précisément de l'assurance automobile, périmètre dans lequel s'inscrit l'étude.

1.1 L'assurance automobile

Cette partie cherche à obtenir une vision globale du fonctionnement de l'assurance automobile pour :

- Appréhender ce milieu dans son ensemble et pour comprendre les interactions avec les parties suivantes ;
- Connaître les contraintes légales liées à cette activité ;
- Comprendre les enjeux et les marges de manoeuvres des assureurs.

1.1.1 Les risques et les garanties

L'assurance automobile est relative à tous les véhicules terrestres motorisés et se compose de contrats d'une durée de un an (renouvelable). Elle est constituée de deux catégories de risques : le risque matériel et le risque corporel. La première est liée aux véhicules mais aussi au matériel environnant le lieu du sinistre et peut être caractérisée

par des dommages causés sur celui-ci lors d'un accident de la route mais aussi d'un incendie ou d'un vol. De son côté, la seconde se rattache aux personnes physiques : c'est-à-dire les dommages corporels causés par l'accident que ce soit aux individus à l'intérieur du véhicule ou à l'extérieur de celui-ci. Lors d'un accident de la route, il est important pour l'assureur de savoir si le conducteur est désigné comme « responsable » ou « non-responsable » afin d'estimer les coûts à prévoir.

L'assurance automobile peut proposer de nombreuses garanties de type :

- Obligatoire : Responsabilité civile, aussi appelée « assurance au tiers ». Celle-ci couvre les dommages causés à un tiers que ce soit un piéton ou un passager mais aussi à un autre véhicule ;
- Facultatifs :
 - Dommages corporels conducteur : elle couvre l'ensemble des dommages que le conducteur soit responsable ou non ;
 - Dommages collision : cette dernière permet un remboursement des dommages causés sur le véhicule en cas d'accrochage avec un autre véhicule, un piéton ou un animal seulement dans le cas où l'objet de la collision peut être clairement identifié ;
 - Incendie et vol : la valeur du véhicule remboursé dépend de ce qui est indiqué dans le contrat (vétusté estimée avant le dégât ou valeur conventionnelle indiquée dans le contrat) ;
 - Bris de glace : elle couvre le changement du pare-brise (voire des vitres latérales, arrières, de toit ou même les miroirs de phares et rétroviseurs si la garantie est étendue) en cas de dommage.
- Supplémentaires liées aux garanties dommages :
 - Tempête, Grêle et Neige (TGN) : elle couvre les dégâts relatifs à l'effet du vent, de la grêle et de la neige ;
 - Catastrophes naturelles ou technologiques : elle permet de rembourser les dégâts liés à une catastrophe naturelle (tremblement de terre, avalanche, raz de marée, cyclone, inondation...) ou technologique (stockage souterrain de produits dangereux, transport de matières dangereuses...). Pour valider l'état de catastrophe, un arrêté interministériel doit être publié au Journal officiel ;
 - Attentat et acte de terrorisme : elle couvre les dégâts causés par un attentat ou un acte terroriste sur le territoire national.

— Supplémentaires de services :

- Protection juridique : elle permet à l'assuré d'être représenté et défendu par la compagnie d'assurance. Elle prend en charge les honoraires, les frais d'expertise et de procédure dans la limite des conditions fixées par le contrat (dépassement d'honoraires, délais de carence...);
- Assistance dépannage : le plus souvent ce service est disponible 24h/24 et propose le remorquage du véhicule, l'hébergement du conducteur, le paiement du transport de l'assuré à son domicile ou même une voiture de remplacement durant les réparations (elle comprend souvent une franchise kilométrique).

— Complémentaires :

- Panne mécanique : elle couvre les frais de réparation associés à la panne du véhicule ;
- Contenu du véhicule : elle rembourse la valeur d'un bien dégradé ou volé à l'intérieur du véhicule ;
- Prêt de véhicule ou prêt de volant : elle permet de couvrir un tiers si l'assuré lui prête son véhicule.

L'ensemble des garanties citées ci-dessus peuvent posséder des franchises. De plus, il existe des contrats appelés « tous risques » composés de l'ensemble des garanties de la catégorie facultative ainsi que la protection juridique et l'assistance dépannage.

Le fait d'offrir de nombreuses garanties n'est pas sans conséquence pour l'assureur. En effet, cela complexifie sa tarification, la gestion de ses primes, de ses provisions et de ses sinistres.

1.1.2 La vie d'un contrat

L'assureur base son activité sur le fait de prendre des risques en ayant un cycle de production inversé. En effet, il collecte d'abord des primes puis paye les sinistres (s'ils surviennent). Il y a donc différentes étapes qui rentrent en compte :

- Délimiter les contours et les modalités du contrat d'assurance ;
- Déterminer la prime pour chaque profil assuré (dont une partie de celle-ci servira à payer les sinistres et les différents frais générés par l'activité assurantielle) ;
- Commercialiser le produit d'assurance ;
- Gérer les sinistres survenus et évaluer leur coût ;
- Régler les sinistres survenus ou les provisionner en attendant de les régler.

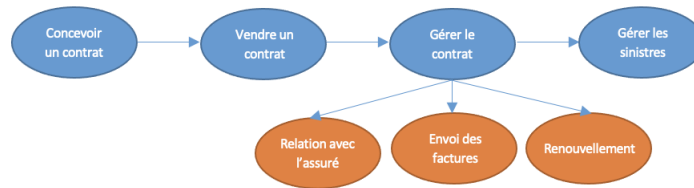


FIGURE 1.1 – Cycle de vie d'un produit d'assurance

En assurance non-vie, c'est le principe de primes par répartitions qui est le plus souvent mis en place, ce qui la place en totale opposition à l'assurance vie qui de son côté possède une gestion par capitalisation. C'est le système même de la mutualisation des risques, les primes sont collectées au global et servent à payer les sinistres du portefeuille sans distinction.

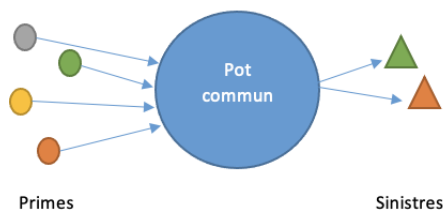


FIGURE 1.2 – Schéma de la mutualisation

Le plus souvent, ces primes sont annuelles et reconductibles tant que l'assuré ne fait pas appel à ses droits relatifs à la loi Hamon (aussi appelée Loi Consommation). Cette dernière est entrée en vigueur le 15 janvier 2015 et rappelle à l'assuré qu'il a la possibilité de résilier à tout moment son contrat d'assurance automobile lorsque celui-ci date de plus d'un an. En contrepartie, l'assuré doit respecter un préavis d'un mois, période de démarche de résiliation auprès de l'assureur avant la date d'échéance. De plus, l'assureur a aussi la possibilité de mettre fin au contrat qui l'engage envers l'assuré avec cette fois un préavis de deux mois avant échéance.

Ces lois viennent impacter la manière dont l'assureur va gérer et calculer ses provisions et ses sinistres.

1.1.3 La vie d'un sinistre

La difficulté du provisionnement en assurance non-vie provient de la complexité de la gestion des sinistres. Les sinistres survenus au cours de la période couverte par le contrat peuvent se décomposer ainsi :

- Sinistres survenus avant la date d'inventaire et connus à la date de calcul ;
- Sinistres survenus avant la date d'inventaire et non connus à la date de calcul : sinistres tardifs ;
- Sinistres survenus après la date d'inventaire : sinistres à venir.

Par conséquent, la date d'inventaire peut ne pas coïncider avec la date de fin de la garantie et la vie d'un sinistre peut couvrir plusieurs exercices comptables. Il y a alors lieu de constituer une provision relative à la période de garantie sur les exercices ultérieurs : la PPNA dont la définition sera faite ultérieurement. L'ensemble des notions du cycle de vie d'un sinistre peut être explicité par ce schéma :

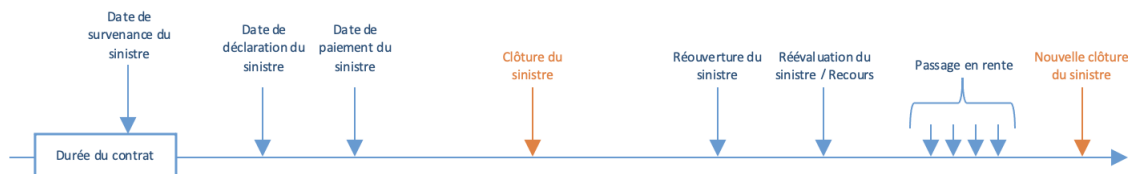


FIGURE 1.3 – Cycle de la vie d'un sinistre automobile

En assurance automobile, il est moins probable d'avoir de nombreuses années entre la date de survenance et de déclaration d'un sinistre qu'entre la date de déclaration du sinistre et le moment où le sinistre est entièrement remboursé. En effet, il est possible d'avoir des procès sur plusieurs années pour déterminer la responsabilité des personnes impliquées qui peuvent amener à des réouvertures de sinistres, des réévaluations et des recours. De plus, les sinistres de la branche automobile, bien qu'étant rattachés à de l'assurance non-vie, peuvent aussi donner lieu à des rentes pour des dommages corporels. La nomenclature Dintillac ou nomenclature des postes de préjudices a été établie pour « le droit des victimes de préjudices corporels à une juste indemnisation ». Autrement dit, elle peut être définie comme un référentiel listant et évaluant l'ensemble des préjudices des victimes d'accidents de la route.

Ces précisions sont importantes car elles vont orienter les méthodes de provisionnement du *Best Estimate* et les méthodes de calcul de l'ajustement pour risque.

1.1.4 Les provisions

L'étape primordiale entre la récupération de la prime et le paiement d'une prestation est le provisionnement, car son objectif est de permettre le règlement des engagements envers les assurés ou les bénéficiaires des contrats. En effet, l'importance des provisions en assurance provient de l'inversion du cycle de production mais aussi de plusieurs décalages entre :

- La date de souscription et la date de survenance du sinistre ;
- La date de survenance et la date de déclaration du sinistre ;
- La date de déclaration et la/les date(s) de règlement du sinistre.

De nombreuses provisions existent et diffèrent selon les normes (en définition et en méthode de calcul). Celles relatives à IFRS 17 et Solvabilité 2 seront détaillées dans une partie dédiée, mais les normes locales françaises avaient mis en place plusieurs provisions. Parmi celles-ci on peut citer (définition Code des Assurances) :

- La provision mathématique (PM) : elle est définie comme la « valeur actuelle des engagements de l'entreprise en ce qui concerne les rentes et accessoires de rentes mis à sa charge » ;
- La provision pour risques en cours (PREC) : elle sert « à couvrir, pour l'ensemble des contrats en cours, la charge des sinistres et des frais afférents aux contrats, (...), pour la part de ce coût qui n'est pas couverte par la provision pour primes non acquises » ;
- La provision pour primes non acquises (PPNA) : cette dernière a pour objectif de « constater, pour l'ensemble des contrats en cours, la part des primes émises et des primes restant à émettre, se rapportant à la période comprise entre la date de l'inventaire et la date de la prochaine échéance de prime, ou à défaut, du terme du contrat » ;
- La provision pour sinistres à payer (PSAP) : elle représente la « valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes (frais d'expertise, frais judiciaires...), nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mise à la charge de l'entreprise. »

Cette dernière peut être décomposée en deux parties :

- Provisions dossier à dossier : estimées les sinistres déclarés au cas par cas par les gestionnaires de sinistres, spécialisés en fonction de la branche d'activité. Ils déterminent un montant par leur expertise ou par le biais d'un forfait d'ouverture.
- Les provisions IBNR (« *Incurred But Not Reported* ») qui sont composées des :
 - Provisions IBNeR (« *Incurred But Not enough Reported* ») : constituées au titre des sinistres survenus et déclarés mais dont le montant n'est pas encore bien déterminé car il peut encore sensiblement varier.
 - Provisions IBNyR (« *Incurred But Not yet Reported* ») : constituées au titre des sinistres survenus mais non encore déclarés, du fait d'un retard de déclaration de la part de l'assuré.

Cette provision n'est traditionnellement pas évaluée dossier à dossier mais par Groupe de Risques Homogènes (GRH). C'est-à-dire par ensemble de sinistres ayant des caractéristiques de risques semblables.

La PPNA de son côté s'articule autour de deux notions :

- Les primes émises : correspondent aux engagements de l'assuré envers l'assureur pour toute la période de couverture du contrat.
- Les primes acquises : correspondent aux engagements de l'assuré envers l'assureur pour l'exercice en cours

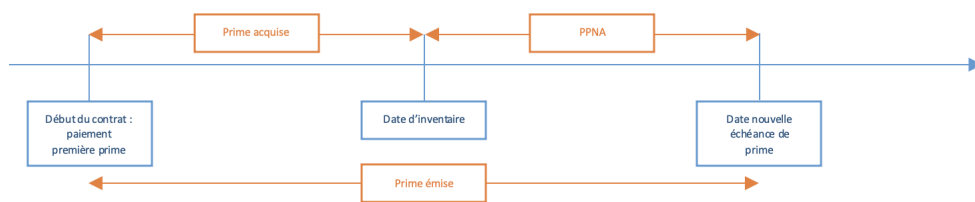


FIGURE 1.4 – Schéma de la PPNA

Dans l'étude, les provisions possèdent certaines modalités de calcul. En effet, elles sont calculées par année de survenance, l'évaluation des sinistres connus se fait dossier à dossier sachant que le coût d'un dossier comprend toutes les charges externes individualisables (comme le coût de gestion du sinistre) et elles sont augmentées d'une estimation du coût des sinistres survenus mais non déclarés (IBNR).

1.1.5 La réassurance

Les assureurs peuvent faire appel à la réassurance dans différents cas :

- Réduire son exposition au risque ;
- Aider à la croissance du portefeuille grâce à l'augmentation des capacités de souscription ;
- Aider au développement de nouveaux produits (par exemple si l'assureur veut proposer de nouveaux produits automobile) ;
- Alléger la trésorerie ;
- Rendre plus homogène les risques souscrits...

De plus, un contrat d'assurance comporte obligatoirement l'extension de garantie relative à la catastrophe naturelle. Cette dernière est définie par le Code des assurances

comme :

- Des conséquences dommageables imputables à l'action de l'agent naturel ;
- Le constat que les « mesures habituelles à prendre pour prévenir les dommages » n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises ;
- Un risque exceptionnel et non assurable au titre des garanties contractuelles.

L'obligation d'offrir cette garantie aux assurés augmente le besoin des assureurs à se réassurer afin de garder des tarifs attractifs sur un marché extrêmement concurrentiel tout en se protégeant de ce risque.

L'importance de la réassurance dans notre étude relève du fait que sous IFRS 17, le bilan doit clairement spécifier les bénéfices de la réassurance.

1.2 La norme IFRS 17

1.2.1 L'IASB

En 1973, l'institut des comptables de 9 pays crée l'IASC (*International Accounting Standards Committee*) afin de constituer des normes internationales sur les informations financières pour la production des états financiers annuels nommées IAS (*International Accounting Standards*). En 2001, elle devient l'IASB (*International Accounting Standards Board*) et construit des normes désormais appelées IFRS. Ces normes sont appliquées dans plus de 150 pays :



FIGURE 1.5 – Pays ayant adopté les normes IFRS

Certains pays comme les Etats-Unis, l'Inde ou encore le Japon appliquent leur propre référentiel comptable et permettent l'usage des IFRS de façon volontaire et limitée pour les émetteurs nationaux et/ou étrangers. De même, la Chine possède son propre référentiel qui tend à ressembler de plus en plus aux normes IFRS.

1.2.2 La naissance d'IFRS 17

Tout d'abord, IFRS 17 s'inscrit comme une nouvelle réglementation comptable. En effet, le 18 mai 2017 l'IASB publie cette norme qui remplacera IFRS 4 et qui ne concernera que les émetteurs de contrat d'assurance et de réassurance cotés ou émettant de la dette cotée. La mise en œuvre de celle-ci était initialement prévue pour janvier 2021 et après plusieurs reports, sera effective le 1^{er} janvier 2023. C'est un défi mondial majeur pour l'assurance parce qu'elle permettra de montrer la capacité des entreprises à adopter une communication transparente qui offrira la possibilité de les comparer mutuellement. En effet, elle fournit des solutions dans le but de répondre à certaines problématiques actuelles telles que :

- L'existence de traitements comptables variés selon le type de contrat et les normes locales. Aujourd'hui la comptabilisation et l'évaluation sont devenues homogènes, ce qui permet d'avoir une comparabilité des comptes ;
- Les estimations étaient basées sur des hypothèses figées à l'origine (pas d'évolution des hypothèses avec le temps malgré l'évolution des marchés) et sont maintenant actualisées pour refléter les informations actuelles du marché ;
- Les taux d'actualisation basés sur des estimations ne reflétaient pas les risques économiques. Désormais, le taux d'actualisation doit refléter les caractéristiques des flux de trésorerie du contrat ;
- L'évaluation des contrats prend dorénavant en compte la valeur temps de l'argent pour palier à l'absence d'actualisation de certaines provisions ;
- Le manque d'information sur la prise en compte des options et garanties est corrigée par une nouvelle évaluation qui prend en considération l'ensemble des résultats possibles.

Il est important de préciser que cette norme ne s'applique qu'aux sociétés cotées ou celles qui ont recours à la dette publique sur un marché réglementé. Certaines définitions apparues dans IFRS 4 sont conservées pour la mise en place d'IFRS 17 et de l'ajustement pour risque :

- Le risque financier : « Risque d'une variation future possible d'un ou de plusieurs éléments suivants : taux d'intérêt spécifié, prix d'un instrument financier, prix d'une marchandise, taux de change, indice de prix ou de taux, notation de crédit ou indice de crédit ou autre variable, à condition que dans le cas d'une variable non financière, la variable ne soit pas spécifique à une des parties au contrat. » ;

- Le risque d'assurance : « Risque, autre que le risque financier, transféré du titulaire d'un contrat à l'émetteur. »

1.2.3 Le champ d'application

IFRS 17 a le champ d'application suivant ¹ :

- Le contrat d'assurance est défini par la norme comme « un contrat selon lequel une partie (l'assureur) prend en charge un risque d'assurance significatif d'une autre partie (l'assuré) en convenant d'indemniser le titulaire de la police si un événement futur incertain spécifié (l'événement assuré) affecte de façon défavorable le titulaire de la police » ;
- Le contrat de réassurance se caractérise comme « un contrat d'assurance émis par une entité (le réassureur) afin d'indemniser une autre entité pour les créances résultant d'un ou de plusieurs contrats d'assurance émis par cette autre entité » ;
- Le contrat d'investissement avec participation discrétionnaire a la spécificité de donner aux assurés le « droit contractuel de recevoir, en tant que supplément aux prestations garanties, des prestations complémentaires :
 - Qui devraient probablement représenter une quote-part importante du total des avantages contractuels ;
 - Dont le montant ou l'échéance est contractuellement à la discrétion de l'émetteur ;
 - Qui sont contractuellement fondées sur : la performance d'un ensemble défini de contrats ou d'un type de contrat spécifié, les rendements de placements réalisés et/ou latents d'un portefeuille d'actifs spécifiés détenus par l'émetteur ou le résultat de la société, d'un fonds ou d'une autre entité qui émet le contrat. »

Il est important de noter que les contrats automobile, objet de l'étude, intègre la première catégorie.

1.2.4 La granularité de calcul

Sur ce point, les instructions établies par IFRS 17 sont bien plus développées que celles d'IFRS 4. En effet, le but étant d'affiner la maille de calcul pour ne pas permettre aux assureurs de compenser la perte sur certains contrats par des bénéfices sur les autres. Il est donc maintenant nécessaire de répertorier les contrats par risque et par profitabilité grâce à une répartition appelée GoC (« *Group of Contracts* ») qui séparent les contrats en trois niveaux d'agrégation :

1. Définitions relatives à l'« *Appendix A of IFRS 17 - Insurance Contracts* »

- Le premier niveau sépare les contrats en portefeuilles qui comprennent des contrats soumis à des risques similaires et gérés de la même manière ;
- Le second niveau répartit les contrats d'un portefeuille en différents groupes selon leur rentabilité estimée au moment de leur arrivée :
 - Contrats onéreux ;
 - Contrats susceptibles de devenir onéreux ;
 - Contrats rentables.
- Ce dernier niveau sépare les contrats par année d'émission avec au maximum un an d'intervalle entre eux.

Les groupes sont établis à la date de comptabilisation initiale et ne peuvent plus faire l'objet de modification.

1.2.5 La frontière des contrats

En ce qui concerne la frontière des contrats, les flux de trésorerie entrent dans le cadre d'un contrat d'assurance s'ils découlent de droits et obligations substantiels existant au cours de la période de reporting durant laquelle l'entité peut obliger le preneur d'assurance à payer les primes ou dans laquelle l'entité a une obligation substantielle de fournir au preneur d'assurance des prestations de service. Cette dernière prend fin lorsque :

- L'entité a la capacité pratique de réévaluer les risques du preneur d'assurance particulier et, par conséquent, peut fixer un prix ou un niveau de prestations qui reflète pleinement ces risques ;
- Les deux critères suivants sont satisfaits :
 1. L'entité a la capacité pratique de réévaluer les risques du portefeuille de contrats d'assurance qui contient le contrat et, en conséquence, peut fixer un prix ou un niveau de prestations qui reflète pleinement le risque de ce portefeuille ;
 2. La tarification des primes de couverture jusqu'à la date de réévaluation des risques ne tient pas compte des risques relatifs aux périodes postérieures à la date de réévaluation.

Une entité ne doit pas comptabiliser en tant que passif ou en tant qu'actif un montant relatif aux primes attendues ou aux sinistres attendus en dehors du cadre du contrat d'assurance. Ces montants se rapportent à des contrats d'assurance futurs.

1.2.6 Le bilan

La norme IFRS 17 oblige la mise en place d'un bilan d'une nouvelle forme. En effet, le passif est composé de différents éléments comme les capitaux propres et les provisions techniques. Cette dernière composante est elle-même composée de :

- La *Contractual Service Margin* (CSM) ou marge de service contractuelle ;
- Le *Best Estimate* (BE) ou meilleure estimation des provisions ;
- Le *Risk Adjustment* (RA) ou ajustement pour risque.

Avec ces composantes, le bilan peut être représenté de cette façon :

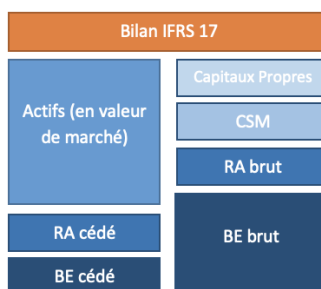


FIGURE 1.6 – Bilan IFRS 17

Il est important de préciser que pour l'actif du bilan, c'est la norme IFRS 9 qui évalue et classe les actifs financiers. IFRS 17 ne concerne que le passif et le distingue en deux parties :

- LRC (*Liabilities for Remaining Coverage*) : qui représente le passif relatif à la période de couverture restante. Cette partie est composée de la CSM, d'une partie de l'ajustement pour risque et d'une partie du BE ;
- LIC (*Liabilities for Incurred Claims*) : qui représente le passif relatif aux sinistres survenus. Cette seconde partie est de son côté constituée de l'autre partie du BE et de l'ajustement pour risque.

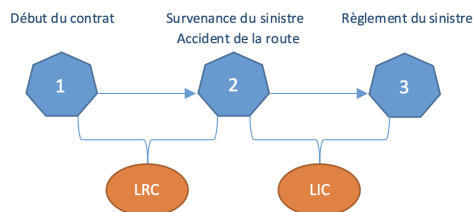


FIGURE 1.7 – Représentation de la LRC et LIC

Le *Best Estimate*

Le BE représente l'estimation des flux de trésorerie futurs liés aux engagements, dans la limite de la frontière des contrats et pondérés par leur probabilité d'occurrence.

En effet, une entité doit inclure dans l'évaluation d'un groupe de contrats d'assurance tous les flux de trésorerie futurs dans le cadre de chaque contrat du groupe. Elle peut estimer les flux de trésorerie futurs à un niveau d'agrégation plus élevé, puis affecter les flux de trésorerie d'exécution qui en résultent à des groupes de contrats individuels. Les estimations des flux de trésorerie futurs doivent :

- Incorporer de manière impartiale, toutes les informations raisonnables et justifiables disponibles sans coût ou effort excessif concernant le montant, le calendrier et l'incertitude de ces flux de trésorerie futurs. Pour ce faire, une entité doit estimer la valeur attendue (la moyenne pondérée par les probabilités) de l'ensemble des résultats possibles ;
- Refléter le point de vue de l'entité, à condition que les estimations de toute variable de marché pertinente soient cohérentes avec les prix de marché observables pour ces variables ;
- Être à jour en reflétant les conditions existantes à la date d'évaluation, y compris les hypothèses à cette date sur l'avenir ;
- Être explicite en estimant l'ajustement pour risque non financier séparément des autres estimations.

Une entité doit ajuster les estimations des flux de trésorerie futurs pour refléter la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés à ces flux de trésorerie, dans la mesure où les risques financiers ne sont pas inclus dans les estimations des flux de trésorerie. Les taux d'actualisation appliqués aux estimations des flux de trésorerie futurs doivent :

- Refléter la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance ;
- Être cohérents avec les prix observables du marché (le cas échéant) des instruments financiers dont les flux de trésorerie sont conformes à ceux des contrats d'assurance, en termes, par exemple, de calendrier, de devise et de liquidité ;
- Exclure l'effet des facteurs qui influencent ces prix de marché observables mais n'affectent pas les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance.

La *Contractual Service Margin*

La CSM est définie comme les profits liés aux services futurs. Elle est dotée lors de la souscription des contrats ou de la reconnaissance des engagements. Elle est faite de sorte à ce que la comptabilisation des nouveaux engagements soit neutre en termes de

résultats. L'allocation de la CSM en résultat doit être :

- Réalisée au niveau du contrat ou d'un groupe de contrats homogènes sur la période de couverture ;
- Basée sur le passage du temps ;
- L'expression de la taille et de la durée attendues des contrats du groupe ;
- Appliquée sur la base de la CSM en fin de période, c'est-à-dire après l'ensemble des ajustements qui peuvent affecter la CSM durant la période.

Le *Risk adjustment*

Une entité doit ajuster l'estimation de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs pour refléter la compensation que l'entité exige pour supporter l'incertitude sur le montant et l'échéance des flux de trésorerie qui découlent du risque non financier. C'est cette compensation qui est appelée ajustement pour risque et qui est l'objet central de notre étude. Le texte final de la norme ne formalise aucune approche à suivre pour le calculer. Par conséquent, les compagnies d'assurance ont la possibilité de développer la méthode qui leur semble la plus adaptée. Cependant, certaines règles doivent être respectées comme la publication d'un quantile que l'entreprise détermine, le fait de ne pas prendre en compte le risque opérationnel ou encore de prendre un horizon à l'ultime. L'ensemble de ces caractéristiques sera davantage détaillé dans une partie ultérieure dédiée.

1.2.7 La modélisation des contrats

L'une des incohérences d'IFRS 4 était la différence de comptabilisation entre l'actif et le passif. Le premier en valeur de marché et le second en valeur historique. C'est ce que la norme IFRS 17 souhaite améliorer en proposant différentes façons de valoriser les contrats d'assurance que les entreprises devront implémenter en fonction des caractéristiques des contrats. Elles sont au nombre de trois :

- Le modèle « *Building Block Approach* » ou BBA mais aussi appelé le Modèle général ;
- Le modèle « *Variable Fee Approach* » ou VFA ;
- Le modèle « *Premium Allocation Approach* » ou PAA.

Le choix du modèle dépend du type de contrats :

- Avec participation aux bénéfices, qui se définit comme un contrat ayant des flux variant en fonction des éléments sous-jacents :

- Directes² ;
- Indirectes.

— Sans participation aux bénéfices, où les flux du contrat ne varient pas avec les éléments sous-jacents :

- Avec une couverture d'un an ou moins ;
- Avec une couverture de plus d'un an

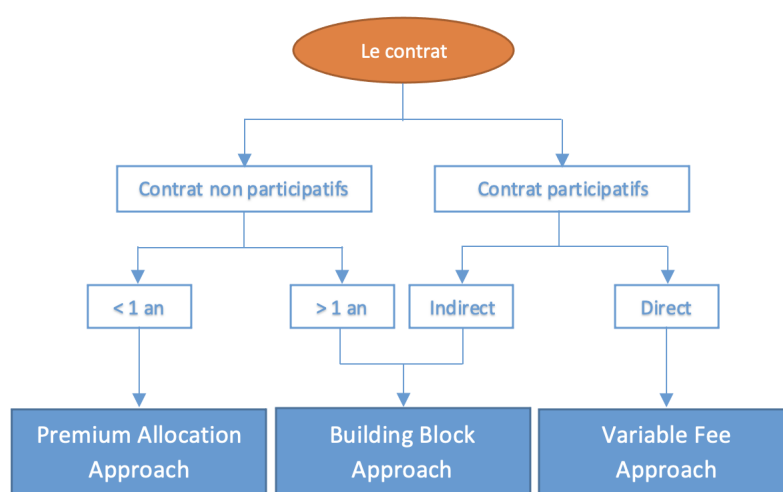


FIGURE 1.8 – Schéma du choix de modélisation des contrats

Il est important de préciser que seul le passif au titre de la couverture restante (LRC) est concerné par cette possibilité de choix de modèle. En effet, le passif au titre des sinistres survenus (LIC) est évalué en suivant les principes du modèle général distinctement du modèle utilisé pour évaluer le LRC.

Modèle BBA

Ce modèle peut aussi être appelé le modèle général car il représente le modèle appliqué par défaut aux contrats d'assurance si les autres ne le sont pas. Il s'applique le plus souvent aux contrats participatifs indirects et aux contrats non participatifs, c'est-à-dire par exemple, les contrats emprunteurs, de prévoyance ou IARD lorsque le modèle PAA n'est pas utilisé. Comme son nom peut l'indiquer, ce modèle établit une modélisation par blocs avec les 3 blocs composant le passif, détaillé plus haut (la CSM, le BE et le RA). Il permet d'évaluer les engagements de l'assurance sur la durée totale des contrats

2. Voir Annexe 1 qui relate la définition de l' « *Appendix A of IFRS 17 - Insurance Contracts* »

en adaptant les hypothèses financières en fonction de l'évolution du marché (*market consistency*).

Modèle VFA

Ce modèle peut être vu comme une variante du modèle général. Il est appliqué aux contrats avec participation directe aux bénéficiaires. La variation, comparativement au modèle BBA, apparaît au niveau de la CSM. En effet, elle neutralise :

- L'impact relatif aux changements des hypothèses financières ;
- La variation de la juste valeur des éléments sous-jacents qui revient à l'entité.

Modèle PAA

Cette méthode représente une simplification du modèle général. Il est adapté pour les contrats ayant une couverture inférieure ou égale à un an, ou s'il est prouvé que les résultats avec cette approche ne diffèrent pas de ceux obtenus avec le modèle général. Or, il a été vu dans la partie sur l'assurance automobile que sa durée maximale est d'un an, renouvelable. Par conséquent, ce modèle est le plus adapté au périmètre de ce mémoire. Il possède un mécanisme ressemblant à celui du modèle comptable en normes françaises. Par simplification, cette méthode fait donc disparaître la notion de CSM.

Le LRC peut être calculé comme illustré ci-après :



FIGURE 1.9 – Fonctionnement du modèle PAA

Les étapes en bleues représentent celles obligatoires alors que celles en orange indiquent les options offertes par la norme. Les primes reçues après la date de reconnaissance initiale sont ajoutées au montant de LRC d'ouverture³ et les primes à considérer sont les primes encaissées brutes de commissions, nettes de taxes. Celles encaissées à la date de reconnaissance initiale sont directement comptabilisées en LRC⁴.

Lorsque la couverture des contrats est inférieure à 1 an, les flux de trésorerie liés aux frais d'acquisition peuvent être directement comptabilisés en charges sur la période sur laquelle ils sont encourus. Dans ce cas, les flux relatifs aux frais d'acquisition ne transitent pas par le LRC⁵.

3. Voir paragraphe 55.b de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

4. Voir paragraphe 55.a de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

5. Voir paragraphe 59 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

De plus, il n'est pas nécessaire d'ajuster le LRC pour la valeur temps de l'argent et l'effet du risque financier lorsque le décalage entre la couverture fournie et la prime qui s'y rattache n'excède pas 1 an⁶.

De son côté, le produit d'assurance pour une période comptable donnée doit coïncider avec le montant des encaissements de primes attendus affectés à la période. L'affectation des primes attendues aux différentes périodes de couverture peut se faire en fonction de l'écoulement du temps à moins que le rythme attendu de dégagement du risque diffère considérablement du rythme d'écoulement du temps, auquel cas l'affectation se fait en fonction des charges d'assurance attendues⁷.

Lorsqu'aucun composant investissement (tels que définis dans la norme⁸) n'est identifié, aucun ajustement du LRC n'est nécessaire.

Enfin, lorsqu'un groupe de contrats d'assurance est déficitaire, une compagnie doit calculer la valeur actuelle des flux de trésorerie du groupe de contrats relatifs à la couverture restante conformément au modèle général. Si la valeur actuelle des flux futurs est supérieure au LRC calculé sous PAA, le groupe de contrats est considéré comme déficitaire et l'entité doit comptabiliser une perte en résultat net et majorer le passif au titre de la couverture restante⁹.

L'ensemble des notions présentées ci-dessus, et plus particulièrement l'ajustement pour risque, possèdent un lien étroit avec celles de Solvabilité 2. Pour mettre en place cette dernière, les compagnies d'assurance ont eu besoin de temps et de moyens, c'est pourquoi ils souhaitent capitaliser sur les travaux Solvabilité 2 pour mettre en oeuvre IFRS 17 et la modélisation de l'ajustement pour risque. C'est aussi pour cela qu'il est indispensable d'introduire les éléments composants Solvabilité 2 et d'en étudier leurs liens avec IFRS 17.

1.3 La norme Solvabilité 2

En assurance, les compagnies sont exposées à de nombreux risques. C'est dans cette optique que la Directive Solvabilité 2, mise en place en 2016, a conduit à des réformes obligeant les institutions à établir un système de gestion des risques efficace permettant de quantifier leur exposition aux risques. Ce système doit répondre à des exigences quantitatives, de gouvernance et de reporting (trois piliers). Cette directive a eu des conséquences organisationnelles et stratégiques sur les assureurs et a pour objectif de concevoir un nouveau système de contrôle prudentiel applicable dans toute l'Europe. Pilotée par la Commission Européenne, elle a pour objectif de renforcer l'intégration

6. Voir paragraphe 56 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

7. Voir paragraphe B126 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

8. Voir définition de l' « *Appendix A of IFRS 17 - Insurance Contracts* »

9. Voir paragraphe 57 et 58 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

du marché européen de l'assurance, la compétitivité des assureurs/réassureurs européens au niveau international et de promouvoir une meilleure réglementation. Le but est de construire un système harmonisé, prenant en compte tous les risques encourus par les assureurs et les réassureurs.

1.3.1 Les piliers

La directive Solvabilité 2 repose sur trois piliers fondamentaux avec des objectifs distincts :

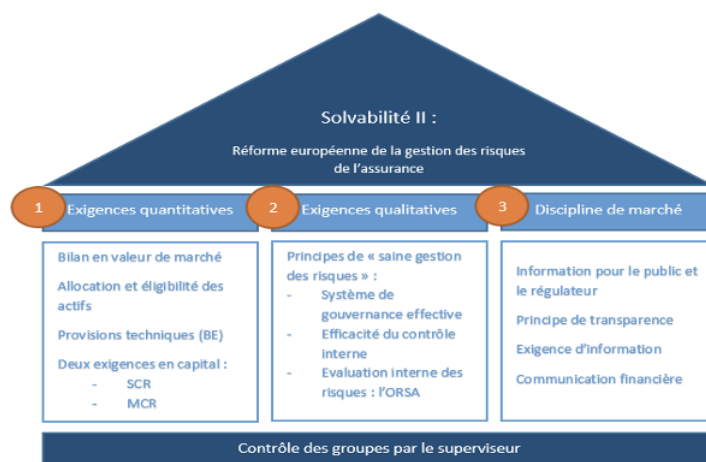


FIGURE 1.10 – Schéma des 3 piliers de Solvabilité 2

Le premier pilier a pour objectif les normes quantitatives de calcul des provisions techniques et des fonds propres. L'évaluation des actifs et des passifs d'assurance doit se faire suivant le principe de « juste valeur », principe qui garantit une vision fidèle de la richesse. La directive introduit de manière quantitative des règles prudentielles pour le calcul des provisions techniques. Elles doivent être calculées :

- En valeur de marché ;
- Comme la somme d'un « *Best Estimate* » et d'une marge de risque (ou *Risk Margin*) complémentaire ;
- De manière harmonisée entre les états membres de l'UE.

Au niveau des fonds propres, nous y trouvons deux nouveaux seuils réglementaires : le Capital de Solvabilité Requis (SCR ou *Solvency Capital Requirement*) et le Minimum de Capital Requis (MCR ou *Minimum Capital Requirement*). Le SCR représente le besoin en fonds propres à horizon 1 an que doit avoir l'entreprise pour subvenir à un choc qui pourrait avoir lieu à une probabilité de 0,05% soit tous les deux cents ans (on parle aussi de VaR à 99,5%). Pour ce faire, les compagnies peuvent utiliser une Formule

Standard, mettre en place un modèle interne ou interne partiel. Le MCR est le montant de fonds propres éligibles en dessous duquel la compagnie d'assurance ou de réassurance est considérée comme incapable de respecter ses engagements, ce qui conduirait, en France, à l'intervention automatique de l'ACPR qui peut lui retirer l'agrément. Le pilier I s'attache donc à établir des outils mesurant la suffisance des fonds propres et à formuler des principes de calculs qui puissent être adaptés aux différentes compagnies européennes.

1.3.2 Le bilan

Solvabilité 2 présente un bilan dont les éléments qui le composent sont les suivants :

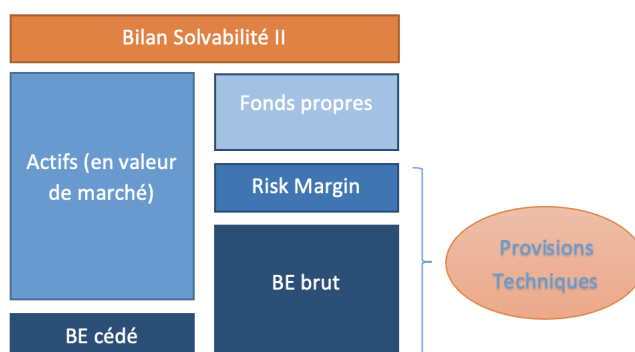


FIGURE 1.11 – Bilan Solvabilité 2 simplifié

1.3.3 Les provisions techniques

Elles doivent être calculées par les compagnies d'assurance et de réassurance et être suffisantes pour pouvoir régler leurs engagements vis-à-vis des assurés ou bénéficiaires de contrats. Puisqu'il n'existe pas de marché des passifs comme c'est le cas pour les actifs, l'évaluation de chacun d'eux va différer. Pour évaluer les passifs, d'autres méthodes ont été définies en fonction de la nature du passif. La directive Solvabilité 2 estime donc la valeur des provisions techniques comme étant la somme du *Best Estimate* (BE) et de la *Risk Margin* (RM).

Le *Best Estimate*

Le BE correspond à la valeur actuelle probable des engagements de l'assureur. Cette dernière est calculée telle que définie sous Solvabilité 2, en faisant la somme actualisée et probabilisée des prestations et frais futurs adossés aux engagements de l'assureur jusqu'à leur extinction.

Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles ainsi que sur des hypothèses réalistes et il fait appel à des méthodes actuarielles

et statistiques adéquates, applicables et pertinentes. Le BE se calcule comme suit :

$$BE(t) = \sum_i VAP(t, FluxSortants_i) - \sum_i VAP(t, FluxEntrants_i)$$

Les flux entrants sont composés des éléments suivants (listes non exhaustives) :

- Les primes ;
- Les remboursements de commissions ;
- Les recours.

Les flux sortants sont constitués des éléments suivants :

- Les remboursements des primes ;
- Les paiements des sinistres ;
- Les coûts permettant de payer les sinistres ;
- Les commissions variables à payer ;
- Les commissions émises (incluses dans la prime émise) ;
- Les coûts de gestion ;
- Les coûts d'acquisition ;
- La taxe sur le résultat ;
- Autres coûts (télémarketing. . .).

Le BE, tel qu'il doit être publié dans les fichiers de reporting, est composé d'une partie « Prime » correspondant à la valeur actuelle des engagements qui couvrent des sinistres non survenus à la date d'évaluation pour lesquels la compagnie est engagée et d'une partie « Sinistres » correspondant à la valeur actuelle des coûts futurs des sinistres survenus, qu'ils soient connus ou non, à la charge de l'assureur.

La *Risk Margin*

Appelée aussi Marge de Risque, cette dernière s'interprète comme le montant de provisions complémentaires au BE calculé de façon à ce que le montant total de provisions inscrit au bilan corresponde à celui qu'exigerait une entité de référence pour honorer les engagements à la charge de l'assureur :

$$RM = CoC. \sum_{i \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Où :

- CoC : taux du coût du capital fixé à 6% ;
- $SCR(t)$: SCR de l'entreprise pour l'année t ;
- r_{t+1} : taux d'intérêt sans risque de base pour l'échéance $t + 1$ années.

Le régulateur autorise quatre méthodes pour la calculer :

- Utilisation de la formule de base : il faut projeter totalement l'ensemble des capitaux de solvabilité requis futurs sans simplification jusqu'à la fin des engagements de l'assureur. Cette projection rend la méthode très compliquée à utiliser ;
- Simplification du SCR global pour chaque année : cela consiste en l'utilisation d'une approche basée sur l'hypothèse que le SCR est proportionnel au BE soit :

$$SCR(t) = \frac{SCR(0)}{BE(0)} \cdot BE(t)$$

Nous obtenons la formule finale suivante :

$$RM = CoC \cdot \sum_{t \geq 0} \frac{\frac{SCR(0)}{BE(0)} \cdot BE(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

- Estimation par l'utilisation de la duration :

$$RM = \frac{CoC}{1 + r_1} \cdot Dur_{mod}(0) \cdot SCR(0)$$

Où :

- $Dur_{mod}(0)$: qui représente la duration modifiée des engagements nets de réassurance de l'entreprise en $t = 0$ (exprimée en années).
 - Nous pouvons définir la duration comme étant la durée moyenne pondérée de tous les flux de trésorerie.
- Estimation du pourcentage de la meilleure estimation : cette approche consiste à approximer la RM en la calculant comme un pourcentage du BE net de réassurance :

$$RM = \alpha_{lob} \cdot BE(0)$$

Avec :

- α_{lob} qui représente le pourcentage fixe pour la ligne d'activité.

1.3.4 Le SCR

Le SCR constitue le capital cible qui doit être capable d'absorber le choc provoqué par un risque majeur. Il est basé sur une mesure de la VaR au niveau de confiance de 99,5% pour une variation sur un an des fonds propres. Il couvre les principaux risques auxquels un assureur fait face et prend en compte dans son calcul les différentes techniques d'atténuation du risque (réassurance et titrisation).

Les différents modèles

Les organismes d'assurance ont le choix entre différentes méthodes pour calculer le SCR :

- La Formule Standard : cette approche est relativement simple car elle ne demande que l'application des consignes de la Directive. Elle a pour principe de convenir à toutes les compagnies et de prendre en compte les risques significatifs et quantifiables. Elle étudie risque par risque (risque de souscription, de marché, de contrepartie. . .) le besoin en capital à l'aide de chocs prédéfinis. Une agrégation de ces derniers, par une matrice de corrélation (elle aussi fournie par la Directive), est ensuite nécessaire pour déterminer le SCR total de la compagnie ;
- La Formule Standard associée aux USP (*Undertaking Specific Parameter*) : Il y a possibilité d'avoir recours aux USP, c'est à dire ajuster les paramètres de certains risques afin qu'ils correspondent mieux à l'entreprise tout en utilisant la Formule Standard pour les autres paramètres restant ;
- Le modèle interne partiel : cette approche résulte d'une combinaison entre le modèle interne et la Formule Standard (utilisation d'une méthode pour certains risques et de la seconde pour d'autres). Elle permet aux organismes qui jugent la Formule Standard comme non adaptée à leur situation pour certains modules de risques, de pouvoir les accommoder.
- Le modèle interne : l'organisme d'assurance ou de réassurance a la possibilité, s'il le désire de mettre en place un modèle interne du calcul du SCR. Cette approche est plus complexe et coûteuse que la Formule Standard, mais elle permet à la compagnie d'avoir une maîtrise des risques adaptée à son activité réelle. Elle permet aussi de diminuer (c'est d'ailleurs souvent pour cet objectif qu'elle est mise en place) les besoins en fonds propres en reflétant les risques du portefeuille de manière plus appropriée. Les opinions des experts, les données historiques et l'expérience de l'entreprise sont indispensables pour construire un tel modèle.

Concernant cette étude, seule l'utilisation de la Formule Standard est intéressante pour capitaliser sur l'existant. En effet, c'est la méthode utilisée au sein de l'entreprise.

La cartographie et le calcul du SCR

Son calcul est basé sur une décomposition en modules de risques, voici celle proposée par l'EIOPA :

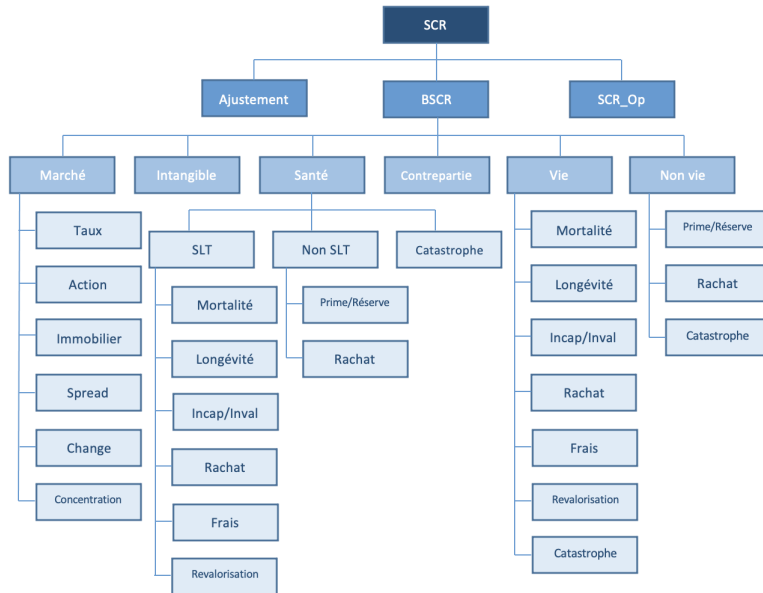


FIGURE 1.12 – Cartographie des risques compris dans le SCR en Formule Standard

La Formule Standard repose sur la relation mathématique suivante :

$$SCR = BSCR + SCR_{op} - Adj$$

Où :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j}$$

- $BSCR$: le capital de solvabilité requis de base ;
- SCR_{op} : le capital requis pour le risque opérationnel ;
- Adj : l'ajustement lié à la capacité d'absorption des risques par des futures PB et des taxes différées ;
- $Corr_{i,j}$: représente la matrice de corrélation.
- SCR_i : le capital requis pour le risque i ;
- SCR_j : le capital requis pour le risque j ;

Chaque risque possède son propre scénario de choc ce qui implique que le SCR est calculé indépendamment pour chaque risque. Le calibrage et l'application de chaque choc, pour l'application de la Formule Standard, sont donnés par l'EIOPA. Les SCR obtenus pour chaque risque sont ensuite agrégés pour le module à l'aide d'une matrice de corrélation. Après avoir obtenu le SCR pour chaque module, une nouvelle matrice de corrélation est utilisée afin d'obtenir le BSCR. Enfin, le SCR global peut être obtenu en sommant le BSCR avec le risque opérationnel moins l'ajustement pour la capacité d'absorption des risques des futures participations aux bénéficiaires et des impôts différés.

Pour ce qui est de l'assurance automobile, seuls les risques du module non-vie sont concernés, à savoir :

- Le risque de résiliation ;
- Le risque de catastrophe ;
- Le risque de primes et réserves.

Le risque de résiliation

Le capital requis pour le sous-module de risque relatif au risque de résiliation est obtenu en déterminant la différence des valeurs avant et après le choc. En effet, le capital économique correspond à une variation entre les fonds propres relatifs au scénario central et les fonds propres associés au scénario choqué.

Le risque catastrophe

De son côté, le risque catastrophe possède 4 sous-modules qui possèdent des modalités de calcul bien particulières¹⁰ et qui s'agrègent avec la formule suivante pour obtenir le capital requis du module :

$$SCR_{CAT} = \sqrt{(SCR_{catnat} + SCR_{dommnpp})^2 + SCR_{cathum}^2 + SCR_{cather}^2}$$

- SCR_{catnat} : le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe naturelle ;
- $SCR_{dommnpp}$: le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe en réassurance dommages non proportionnelle ;
- SCR_{cathum} : le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe d'origine humaine ;
- SCR_{cather} : le capital requis pour le sous-module des autres risques de catastrophe en non-vie.

10. Voir Annexe 2 pour avoir le détail du règlement délégué

Le risque de primes et réserves

Le risque de primes et réserves se calcule différemment des autres modules en utilisant la formule :

$$SCR_{p,r} = 3 \cdot \sigma_{p,r} \cdot V_{p,r}$$

- $\sigma_{p,r}$: l'écart-type (mesurant la volatilité) du risque de primes et réserves en non-vie ;
- $V_{p,r}$: le volume pour le risque de primes et réserves en non-vie.

L'écart-type se calcule grâce à :

$$\sigma_{p,r} = \frac{1}{V_{p,r}} \cdot \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{LoB_i,LoB_j} \cdot \sigma_{LoB_i} \cdot V_{LoB_i} \cdot \sigma_{LoB_j} \cdot V_{LoB_j}}$$

- $Corr_{LoB_j,LoB_i}$: le coefficient de corrélation pour le risque de primes et réserves en non-vie de la LoB i et j ;
- V_{LoB_i} et V_{LoB_j} : les volumes pour le risque de primes et réserves de la LoB i et j ;
- σ_{LoB_i} et σ_{LoB_j} : les écarts types du risque de primes et réserves de la LoB i et j .

Puis, le calcul de l'écart type pour chaque LoB est fait comme suit :

$$\sigma_{LoB_i} = \frac{\sqrt{\sigma_{p,LoB_i}^2 \cdot V_{p,LoB_i}^2 + \sigma_{p,LoB_i} \cdot V_{p,LoB_i} \cdot \sigma_{r,LoB_i} \cdot V_{r,LoB_i} + \sigma_{r,LoB_i}^2 \cdot V_{r,LoB_i}^2}}{V_{p,LoB_i} + V_{r,LoB_i}}$$

- σ_{p,LoB_i} : l'écart-type pour le risque de primes de la LoB i ;
- σ_{r,LoB_i} : l'écart-type pour le risque de réserves de la LoB i ;
- V_{p,LoB_i} : le volume pour le risque de primes de la LoB i ;
- V_{r,LoB_i} : le volume pour le risque de réserves de la LoB i .

La composante de volume est calculée grâce aux formules suivantes :

$$V_{p,r} = \sum_i V_{LoB_i}$$

Où V_{LoB_i} représente le volume de la LoB concernée qui est calculée par :

$$V_{LoB_i} = (V_{p,LoB_i} + V_{r,LoB_i}) \cdot (0,75 + 0,25 \cdot DIV_{LoB_i})$$

- DIV_{LoB_i} : le facteur de diversification géographique de la LoB i .

1.3.5 Le comparatif entre la norme IFRS 17 et la norme Solvabilité 2

En développant l'ensemble des notions importantes pour l'étude, de nombreuses similitudes entre les deux normes ont pu être observées mais elles possèdent aussi plusieurs divergences :

	IFRS 17	S2
Étendue	International	Europe
Périmètre	Contrats d'assurance et d'investissement avec PB discrétionnaire	Tous les contrats d'assurance et d'investissement
Granularité	Portefeuille x Profitabilité x Cohorte	Entité x Ligne d'activité (LoB)
Profits futurs	CSM qui possède une partie dédiée au bilan	VIF S2 directement intégré dans les fonds propres
Mesure de risque	Ajustement pour risque	Marge de risque
Frais	Frais directement attribuables aux contrats	Introduction de tous les frais
Courbe de taux	A déterminer par la compagnie	EIOPA
Reporting	États financiers	QRT et rapports narratifs (SFCR)

FIGURE 1.13 – Tableau comparatif de Solvabilité 2 et IFRS 17

Étant donné le temps et les moyens qui ont été utilisés pour mettre en place Solvabilité 2, il peut être d'autant plus intéressant d'utiliser les travaux pour la mise en place d'IFRS 17 et de l'ajustement pour risque.

Chapitre 2

Les orientations de l'ajustement pour risque

Après avoir établi une première définition de l'ajustement pour risque ainsi que l'environnement dans lequel il se développe, cette partie s'emploie à étudier l'ajustement pour risque de façon plus approfondie en y développant les contours réglementaires, les réflexions du marché ainsi que les enjeux qui gravitent autour du sujet.

2.1 Les pré-requis sur l'ajustement pour risque

2.1.1 Les détails de la norme sur le RA

D'après le paragraphe 37 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* », « une entité doit ajuster l'estimation de la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs pour refléter la compensation dont celle-ci a besoin pour supporter l'incertitude quant au montant et à l'échéancier des flux de trésorerie générés par les risques non financiers. »

Partant de ce postulat, l'objectif de l'ajustement pour risque est donc de mesurer l'effet de l'incertitude sur les flux de trésorerie découlant des contrats d'assurance, autre que l'incertitude découlant du risque financier. Il ne doit pas refléter les risques qui ne découlent pas des contrats d'assurance, tel que le risque opérationnel qui est spécifié dans le paragraphe B89 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* ».

Étant donné que l'ajustement pour risque reflète la rémunération dont l'entité aurait besoin pour supporter le risque non financier découlant du montant et de l'échéancier incertains des flux de trésorerie, celui-ci reflète également :

- Les bénéfices de diversification que l'entité inclut lors de la détermination de la rémunération dont elle a besoin pour supporter ce risque ;
- Des résultats à la fois favorables et défavorables reflétant le degré d'aversion au risque de l'entité.

L'ajustement pour risque doit être inclus de manière explicite c'est-à-dire calculé de façon distincte des autres postes du bilan. En effet, l'entité ne doit pas inclure implicitement l'ajustement pour risque lors de la détermination des estimations des flux de trésorerie futurs (à savoir lors de la détermination du BE), ce qui facilite l'intelligibilité des résultats et fait disparaître le risque de double comptabilisation.

IFRS 17 ne précise pas la ou les techniques d'estimation utilisées pour déterminer l'ajustement pour risque. Toutefois, pour refléter la rémunération nécessaire à l'entité pour supporter le risque non financier, le RA doit avoir les caractéristiques suivantes que l'on peut retrouver dans le paragraphe B91 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* » :

1. Les risques de faible fréquence et de gravité élevée entraîneront des ajustements pour risque plus élevés que les risques de fréquence élevée et de faible gravité ;
2. Pour des risques similaires, les contrats d'une durée plus longue entraîneront des ajustements pour risque plus élevés que les contrats d'une durée plus courte ;
3. Les risques avec une distribution de probabilité à queue épaisse entraîneront des ajustements pour risque plus élevés que les risques avec une distribution à queue plus plate ;
4. Moins on en sait sur l'estimation actuelle et sa tendance (le BE), plus l'ajustement pour risque sera élevé ;
5. L'acquisition progressive d'informations permettant de réduire l'incertitude sur les montants et dates de versement des flux futurs permet de faire décroître le RA (et inversement).

Cela peut être simplifié sous cette forme¹ :

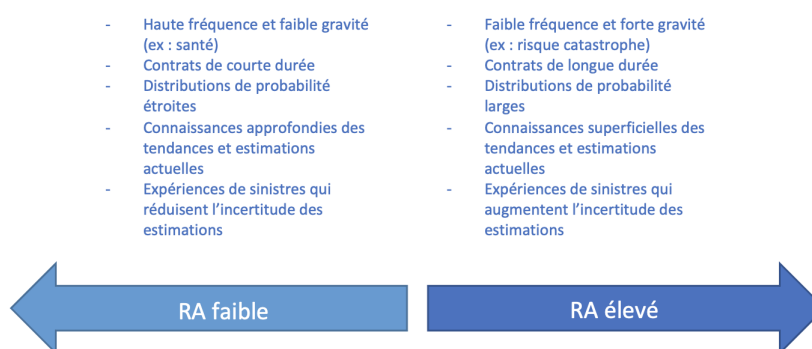


FIGURE 2.1 – Echelle relative au RA

1. Voir « *KPMG - IFRS 17 Insurance Contracts - First Impressions* »

De plus, le paragraphe B92 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* » précise aussi qu'une entité doit retenir une technique d'estimation appropriée pour l'ajustement pour risque. L'entité doit également examiner si la technique fournit des informations concises afin que les utilisateurs des états financiers puissent comparer la performance de l'entité à celle d'autres entités. La norme impose à une entité qui utilise une technique autre que celle du niveau de confiance pour déterminer l'ajustement pour risque, d'indiquer la technique utilisée et le niveau de confiance correspondant aux résultats de cette technique.

Enfin, la norme impose d'autres modalités qui influent sur les informations publiées par l'entité :

- La séparation des provisions relatives aux contrats d'assurance émis et des provisions relatives aux contrats de réassurance détenus² ;
- Des résultats alloués au niveau GoC³.

Plusieurs enjeux et problématiques s'en dégagent et obligent à se demander quelle approche offre la plus grande pertinence économique et la plus grande capacité de pilotage du résultat tout en exploitant les calculs déjà établis afin d'éviter de démultiplier les travaux de production qui seront à faire annuellement entre IFRS 17 et Solvabilité 2.

2.1.2 Les enjeux autour du RA

Le RA intervient à différents niveaux :

- Le RA oblige à comprendre les spécificités des contrats pour donner de meilleures indications sur les risques non financiers auxquels l'entité est confrontée ;
- Le RA rentre dans la détermination de la rentabilité d'un contrat ;
- Le RA constitue un élément structurant dans le pilotage du résultat compte tenu de son importance dans l'évaluation des profits futurs ;
- Le RA donne une idée de l'appétence au risque de l'entité ;
- Le RA est relatif aux incertitudes sur les risques d'assurance donc il doit refléter les bénéfices de diversification associés ;
- La volonté de demander aux entreprises de publier un RA cédé permet d'obtenir des informations sur la réassurance.

Afin de mieux comprendre ces enjeux, certains points doivent être développés.

2. Voir paragraphe 82 de la norme « *IFRS 17 - Insurance Contracts* »

3. Définition paragraphe « 1.2.4 Niveau d'agrégation »

De cette façon, on peut définir l'appétence au risque comme le niveau de risque, relatif aux contrats d'assurance proposés, accepté par la compagnie d'assurance. Celle-ci est déterminée par le conseil d'administration de l'entreprise et se doit d'être un juste milieu permettant d'avoir un niveau de profit acceptable et un niveau de risque raisonnable (bien souvent, plus le risque est élevé, plus les profits sont importants). De fait, l'ajustement pour risque est inversement proportionnel à l'appétence au risque de l'assureur. En effet, lorsque ce dernier augmente, le RA diminue et inversement.

En ce qui concerne la diversification, les contrats émis par la compagnie ne couvrent pas tous les mêmes risques. Ainsi, certains risques peuvent se compenser entre eux et de cette façon, l'application d'un choc sur un portefeuille de contrats peut mener à une augmentation des flux entrants pour un certain type de contrats et provoquer une diminution de ces flux pour d'autres contrats. L'intérêt de la diversification apparaît lors de l'agrégation des risques. En effet, la consolidation de l'ajustement pour risque au niveau de l'entité intègre la diversification entre les portefeuilles et groupes de contrats, et donc entre les risques. Cela permet donc d'obtenir une meilleure pertinence économique.

Un dernier enjeu est important pour les compagnies européennes. En effet, elles doivent s'assurer que les exigences internationales sont conformes à celles de la directive Solvabilité 2, afin que les référentiels ne présentent pas entre eux d'incompatibilité pour ne pas créer un risque d'arbitrage réglementaire.

Une fois ces points développés, il est possible de réfléchir aux différentes possibilités envisagées par le marché ainsi que celles correspondant aux besoins de l'entreprise et du portefeuille automobile.

2.1.3 Des pistes évoquées en interne et sur le marché

Les différents enjeux expliqués précédemment engendrent de nombreuses réflexions et débats en interne et sur le marché.

Afin de déployer l'ajustement pour risque de la manière la plus adéquate possible, plusieurs étapes demandent de l'attention :

- La mise en place d'une cartographie des risques auxquels l'entreprise est confrontée, qui entrent dans le calcul de l'ajustement pour risque par définition ;
- La maille de calcul ;
- Le choix de l'approche utilisée. Pour cela, 3 approches ont été évoquées par l'IASB dans l'*Exposure Draft* de 2010 malgré le fait qu'elles n'aient pas été reprises dans l'écriture de la norme en 2017 (comme précisé dans le paragraphe 2.1.1) :
 - L'approche du Coût du Capital ;
 - L'approche du niveau de confiance basée sur une Value-at-Risk ;

- L'approche basée sur la Tailed Value-at-Risk.
- Le niveau d'appétence que l'on veut tester. Pour obtenir le niveau d'appétence, les entreprises peuvent procéder de différentes manières :
- Faire une étude de l'appétence au risque des entreprises du marché ;
 - Etudier sa politique de management du risque ;
 - Examiner la réassurance dont elle dispose ou dont elle aurait besoin.
- En fonction de l'approche utilisée, des calculs préalables à leur mise en place, dont il faudra choisir la méthode, pourraient être nécessaires ;
- L'intégration de la diversification et de l'allocation. Pour pouvoir calculer le RA en intégrant la diversification, il est pertinent d'utiliser des techniques d'agrégation déjà intégrées au sein de l'entreprise. En effet, les matrices de corrélations S2 peuvent être utilisées de telle sorte que la justification soit plus évidente, la mise en place aisée et qu'une cohérence avec les résultats Solvabilité 2 soit conservée. La diversification permet d'avoir un RA global. Néanmoins, la norme attend des résultats alloués au niveau GoC⁴. Or, aucune méthode d'allocation n'est imposée par la norme, seul le RA final du groupe de contrat doit refléter l'incertitude des risques non financiers lui correspondant. Plusieurs méthodes de ventilation peuvent être envisagées :
- une méthode d'allocation proportionnelle ;
 - une méthode marginale ;
 - une méthode d'Euler.
- Le calcul du RA cédé.

Il s'agit donc de faire plusieurs choix de modélisation en ce qui concerne l'ajustement pour risque mais aussi de réfléchir à la manière dont il est possible de recycler les outils.

Après avoir vu l'ensemble des notions gravitant autour du RA, il est possible de rentrer dans les explications des approches proposées ainsi que les explications nécessaires à leur compréhension.

2.2 Les liens avec Solvabilité 2

La norme laisse beaucoup de liberté aux entreprises concernant la modélisation et les approches utilisées. En effet, plusieurs documents rédigés sur le sujet ont laissé entendre

4. Définition paragraphe « 1.2.4 Niveau d'agrégation »

que les entreprises pouvaient être amenées à utiliser des approches différentes en fonction de la branche. Par exemple, les risques relatifs à la vie et à la non-vie ne sont pas les mêmes et leurs RA pourraient être calculés avec différentes approches.

Dans cette étude, voici l'ensemble des critères qui permet de faire un choix sur l'approche à retenir (liste non exhaustive) :

- Pertinence ;
- Simplicité ;
- Benchmark (ce qui est retenu par le marché) ;
- Pilotabilité.

2.2.1 Le comparatif entre RA et RM

Suite aux différents développements faits dans la partie précédente, il est incontestable d'y observer des caractéristiques proches de celles de la marge pour risque en Solvabilité 2, explicitée au paragraphe 1.3.3.

Dans cette continuité, un comparatif entre les 2 éléments peut être établi :

	RA IFRS 17	RM S2
Objectif	Il mesure la compensation attendue par l'assureur pour supporter l'incertitude des flux futurs générés par les risques non financiers	Elle mesure la marge de prudence requise dans l'hypothèse de transfert de portefeuille à une autre entreprise
Méthode de calcul	Aucune méthode prescrite – Nécessité de communiquer sur le quantile correspondant au RA obtenu	La méthode du coût du capital
Calibrage	L'ensemble des paramètres de la méthode retenue peut être calibré	Le taux d'actualisation, le coût du capital et le SCR à utiliser sont prescrits
Frontière des contrats	Flux pris tant que l'entité peut exiger le paiement de la prime ou tant que l'entité est obligée de rendre le service	Flux pris jusqu'à la date de possibilité unilatérale de résiliation par l'assureur
Frais	Frais attribuables	Ensemble des frais récurrents en run-off
Horizon	Vision à l'ultime, doit recouvrir la durée des engagements	Vision à 1 an
Quantile	A déterminer par la compagnie	99,5% en vision 1 an
Granularité	GoC	LoB
Risques à considérer	Risques non financiers associés aux contrats d'assurance (hors risque opérationnel)	Risque de souscription ; Risque de marché résiduel si significatif (hors taux d'intérêt) ; Risque de contrepartie associé aux engagements d'assurance/réassurance ; Risque opérationnel
Réassurance	Calcul d'un RA brut de réassurance et cession séparés	Calcul d'une RM nette de réassurance
Diversification	A déterminer par la compagnie	Formule standard

FIGURE 2.2 – Tableau comparatif du RA et de la RM

Ces nuances entre les 2 notions impliqueront des modifications à faire sur la méthode du coût du capital, dans le cas où il serait décidé de l'utiliser, pour qu'elle respecte les exigences de la norme IFRS 17.

2.2.2 L'approche du Coût du Capital

De façon similaire à la marge pour risque en Solvabilité 2, il est possible d'utiliser l'approche du coût du capital. L'intérêt étant d'utiliser les travaux déjà existants en Solvabilité 2 pour les faire évoluer selon les besoins d'IFRS 17. En reprenant la formule de la marge pour risque détaillée dans la partie 1.3, et en l'assimilant à l'ajustement pour risque sous IFRS 17 on obtient :

$$RA = CoC_{IFRS17} \cdot \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_{IFRS17}(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Avec :

- CoC_{IFRS17} : le taux de coût du capital dans le cadre d'IFRS 17 ;
- $SCR_{IFRS17}(t)$: le montant en capital de solvabilité requis à détenir à la date t pour les risques non financiers ;
- r_t : le taux d'intérêt à la date t .

L'ensemble des composantes de cette formule n'est pas imposé par la norme IFRS 17. Il y a donc une grande liberté sur leurs choix et leurs calculs. La valeur du coût du capital n'a donc pas forcément vocation à rester à 6%. En effet, avec Solvabilité 2, il représente le bénéfice qu'une compagnie d'assurance aurait pu obtenir en investissant le capital de solvabilité requis, immobilisé, sur les marchés financiers.

Cette approche possède certains avantages :

- Le RA aurait une logique correspondante à celle de la RM sous Solvabilité 2. Par conséquent, le temps d'analyse s'en trouverait réduit ;
- L'outil à mettre en place ne devrait pas demander un travail considérable car il se base sur celui de la RM qui est déjà mis en place depuis quelques années ;
- La charge de travail pour chaque clôture paraît moins importante.

Ainsi que de nombreux inconvénients, qui finalement peuvent rajouter une charge de travail conséquente pour la mettre en place :

- La charge de travail au préalable est assez importante pour déterminer les formules à considérer ;
- La détermination d'un coût du capital qui correspond aux exigences IFRS 17 ;

- Le SCR doit être vu à l'ultime pour entrer dans le cadre de la norme, tandis que pour Solvabilité 2 il est calculé à un horizon 1 an ;
- L'approche offre peu d'opportunités de pilotage : plus le BE est élevé, plus le RA le sera alors qu'en théorie cela devrait être l'inverse ;
- La méthodologie à mettre en place pour obtenir un quantile semble lourde et coûteuse (en termes de temps). Or sans cette dernière il est impossible de satisfaire les exigences d'IFRS 17 en termes de publication d'un niveau de confiance.

La mise en place des approches que nous allons expliquer ci-dessous ont l'avantage d'obtenir directement le niveau de confiance.

2.3 Les approches quantiles

Les approches quantiles font intervenir des notions telles que la VaR ou la TVaR qui sont, par définition, des mesures de risque. C'est pourquoi cette dernière notion doit être introduite.

2.3.1 Notions relatives à la mesure de risque

Définition de la mesure de risque

Soit :

- U l'espace des variables aléatoires réelles ;
- \mathfrak{R} l'ensemble des réels.

On appelle mesure de risque une fonction ρ définie sur U , et prenant ses valeurs dans \mathfrak{R} telle que :

$$\rho : U \longrightarrow \mathfrak{R}^+$$

Définition d'une mesure de risque cohérente

Soit :

- X et Y des variables aléatoires ;
- ρ la mesure de risque.

La mesure de risque est dite cohérente si elle est :

1. Homogène positive :

$$\forall \lambda \geq 0 \quad \text{alors} \quad \rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$$

Autrement dit, si le risque double, la mesure du risque doublera elle aussi ;

2. Monotone :

$$\text{Si } X \geq Y \text{ alors } \rho(X) \geq \rho(Y)$$

Autrement dit, plus le risque est grand, plus la mesure du risque est élevée ;

3. Sous-additive :

$$\rho(X + Y) \geq \rho(X) + \rho(Y)$$

Autrement dit, l'agrégation des risques fait diminuer la mesure de risque ;

4. Invariante par translation :

$$\forall d \geq 0, \quad \rho(X + d) = \rho(X) + d$$

Autrement dit, ajouter (ou soustraire) un montant déterministe d à la variable aléatoire X se traduit par une augmentation (réduction) de la mesure de risque par cette même valeur d .

2.3.2 L'approche de la VaR

La Value at Risk (VaR) est l'une des mesures de risque les plus utilisées dans le monde de la finance et de l'assurance. Il est évident de voir le lien avec son utilisation pour le calcul du SCR⁵ en Solvabilité 2. Cette dénomination est assez récente car elle date de la publication du document « *Risk Metrics technical Document* » de 1994 écrit par la banque JP Morgan. L'objectif était d'avoir une mesure de risque simple à mettre en place et facile d'utilisation et d'interprétation. En effet, la VaR correspond à un quantile de la distribution des gains et des pertes projetée sur un horizon donné et donc le montant obtenu représente la perte maximale à un horizon donné et à une probabilité donnée. On appelle Value-at-Risk de niveau $\alpha \in]0, 1[$ le quantile de niveau α :

$$\text{VaR}(X, \alpha) = q_\alpha$$

Où :

$$\mathbb{P}[X \leq q_\alpha] = \alpha$$

Ou :

$$\text{VaR}(X, \alpha) = \inf\{x \in \mathbb{R}, \mathbb{P}[X \leq x] \geq \alpha\} = \inf\{x \in \mathbb{R}, \mathbb{P}[X > x] \leq 1 - \alpha\}$$

On notera que :

$$\text{VaR}(X, \alpha) = F_X^{-1}(\alpha)$$

5. Voir le paragraphe 1.3.4

Pour F_X fonction de répartition de la variable aléatoire X .

La VaR est donc caractérisée par trois paramètres :

1. L'horizon temporel T choisi : plus l'horizon est long plus les pertes peuvent être importantes ;
2. Le niveau de confiance choisi $\alpha \in]0, 1[$: la probabilité que les pertes éventuelles du portefeuille ne dépassent pas la VaR ;
3. La distribution des résultats du portefeuille : beaucoup d'acteurs utilisent des distributions historiques. La difficulté réside dans la taille de l'échantillon historique : s'il est trop petit, les probabilités de pertes élevées sont peu précises et s'il est trop grand, la cohérence temporelle des résultats est perdue.

Cette approche du quantile possède de nombreux avantages :

- Le quantile est choisi au préalable donc le RA sera en adéquation avec le profil de risque de l'entreprise ;
- Avec certaines études qui ont été menées sur le marché, on peut remarquer que beaucoup d'acteurs semblent utiliser cette approche ce qui faciliterait la comparaison entre eux ;
- Le quantile est directement disponible, il n'y a donc pas de travaux supplémentaires pour l'obtenir ;
- L'approche offre plus d'opportunités de pilotage (techniques de calcul préalables, niveau de quantile...).

Et quelques inconvénients :

- Une certaine charge de travail préalable, mais sur des notions relativement connues suite aux travaux relatifs à Solvabilité 2 ;
- La charge de travail que l'application de cette approche va générer à chaque clôture sera sensiblement plus conséquente qu'avec celle engendrée avec l'approche du coût du capital ;
- La VaR n'est pas une mesure de risque cohérente car elle n'est pas sous-additive.

2.3.3 L'approche de la TVaR

La Tail Value-at-Risk est aussi une mesure de risque avec des propriétés différentes de celles de la VaR, mais elle possède le même avantage de pouvoir obtenir facilement le niveau de confiance demandé par la réglementation. Elle correspond à la moyenne

des VaR de niveau supérieur à α . La Tail Value-at-Risk de niveau $\alpha \in (0, 1)$, notée $TVaR(X, \alpha)$ est définie par :

$$TVaR(X, \alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \int_{\alpha}^1 VaR(X, t) dt$$

Elle peut aussi être utilisée sous la forme :

$$TVaR(X, \alpha) = VaR(X, \alpha) + \frac{1}{1 - \alpha} E(X - VaR(X, \alpha))$$

On peut donc voir un lien très important entre la VaR et la TVaR avec des notions semblables. Grâce au second terme, on peut déduire que la TVaR est plus prudente que la VaR. Ce qui peut être schématisé de cette façon :

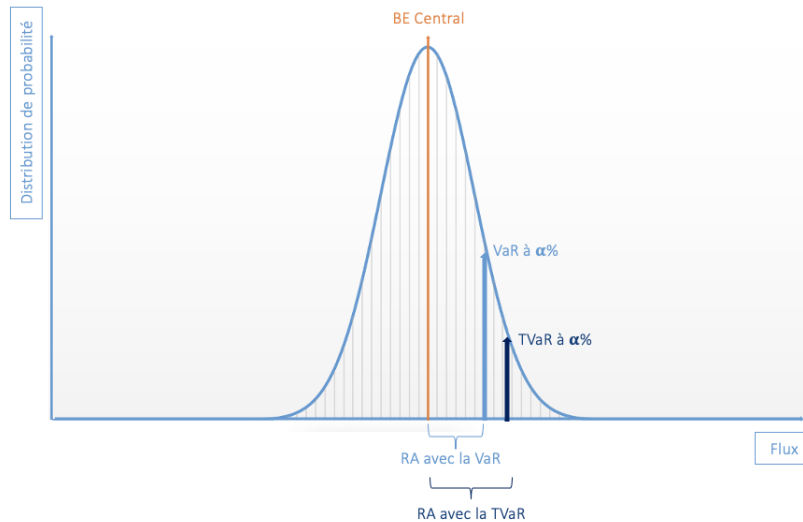


FIGURE 2.3 – Schéma comparatif de la VaR et de la TVaR

Cette approche possède des avantages :

- Cette mesure de risque est cohérente contrairement à la VaR ;
- Le quantile est directement disponible ;
- A l'instar de la VaR, cette approche offre aussi plusieurs opportunités d'arbitrages.

Ainsi que des inconvénients assez lourds :

- La complexité calculatoire : en effet, cette approche repose sur le calcul de la VaR avec des dimensions calculatoires (l'espérance ou l'intégration) supplémentaires et difficiles à mettre en place ;
- Les études de marché indiquent que très peu d'entreprises, voire aucune de celles interrogées, utilisent cette approche. Cela s'explique sûrement par la complexité calculatoire ;
- De la même façon que la VaR, cela nécessiterait une charge de travail plus importante, par rapport à l'approche du coût du capital, à chaque clôture .

2.4 Le choix de l'approche

Ce paragraphe permet de faire un point global sur l'ensemble des réflexions menées tout au long de cette partie et de préciser les premiers choix qui ont été faits avant de développer les autres choix et la modélisation dans les parties suivantes. En effet, il a été décidé de calculer l'ajustement pour risque avec une approche quantile.

De cette façon, il a été convenu d'implémenter le calcul du RA avec l'approche quantile utilisant la VaR pour l'ensemble des risques concernant le périmètre de l'étude.

En effet, l'approche du coût du capital nécessite beaucoup d'étapes pour être adaptée aux besoins d'IFRS 17 qui paraissent plus coûteuses que la mise en place d'une approche quantile. Puis, la TVaR, par sa complexité de calcul, ne sera pas mise en place. La VaR sera donc utilisée car elle représente l'approche la plus utilisée, la plus simple et la plus pertinente pour cette étude.

Avant de pouvoir obtenir le résultat final du RA pour chaque risque avec l'approche quantile, il est nécessaire d'utiliser des méthodes de calculs spécifiques à chacun de ses risques permettant d'appliquer la VaR.

2.5 La cartographie des risques

La norme IFRS 17 est prescriptive et non directive, les entreprises possèdent donc une certaine autonomie sur les risques à prendre en compte dans la modélisation du RA. De plus, par définition de l'ajustement pour risque, la prise en compte des risques inhérents aux contrats d'assurance doit être considérée. Etant donné l'utilisation de la Formule Standard en Solvabilité 2, nous proposons de repartir de la même cartographie des risques et d'étudier ceux entrant dans le périmètre ou non pour notre étude. De cette façon, on conserve une certaine cohérence entre S2 et IFRS 17 tout en ayant la connaissance sur des risques déjà étudiés de façon approfondie depuis plusieurs années.

Voici la cartographie des risques de la Formule Standard, cartographie sur laquelle nous avons mis en évidence les risques que nous avons retenus pour notre évaluation RA :

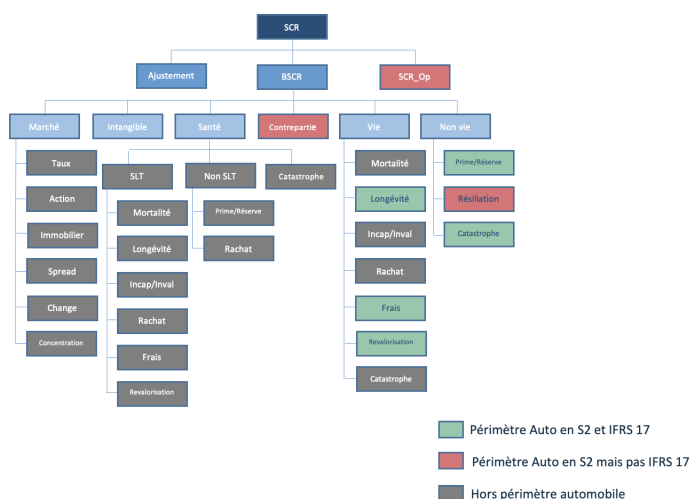


FIGURE 2.4 – Cartographie des risques du SCR pouvant être assimilés au RA

Tout d’abord, il s’agit d’un portefeuille automobile les risques à étudier sont donc ceux relatifs à la branche non-vie :

- Le risque de primes se traduit par le risque que le coût futur des sinistres soit supérieur aux primes acquises perçues ;
- Le risque de réserves est quant à lui un risque relatif à la nature incertaine du passif couvrant les sinistres déjà survenus ;
- Le risque catastrophe se rapporte au risque de perte ou de variation défavorable de la valeur des passifs d’assurance, résultant de l’incertitude liée à la survenance d’événements extrêmes ou exceptionnels.

En ce qui concerne le risque de catastrophe, il en existe plusieurs types pour la branche non-vie selon Solvabilité 2, tels que :

- Le risque de catastrophe naturelle qui comprend :
 - Le risque de tempête ;
 - Le risque de séisme ;
 - Le risque d’inondation ;
 - Le risque de grêle ;

- Le risque d'affaissement de terrain.
- Le risque de catastrophe en réassurance dommage non proportionnelle ;
- Le risque de catastrophe d'origine humaine :
- Le risque d'incendie ;
 - Le risque de responsabilité civile automobile ;
 - Le risque aérien ;
 - Le risque marin ;
 - Le risque de responsabilité civile ;
 - Le risque de crédit et caution ;
- Tous les autres risques catastrophe en non-vie.

Seuls les sous-risques d'inondation et de grêle du risque de catastrophe naturelle et le sous-risque de responsabilité civile automobile relatif au risque de catastrophe d'origine humaine entrent dans le périmètre automobile que l'on peut représenter en reprenant le modèle de la Formule Standard :

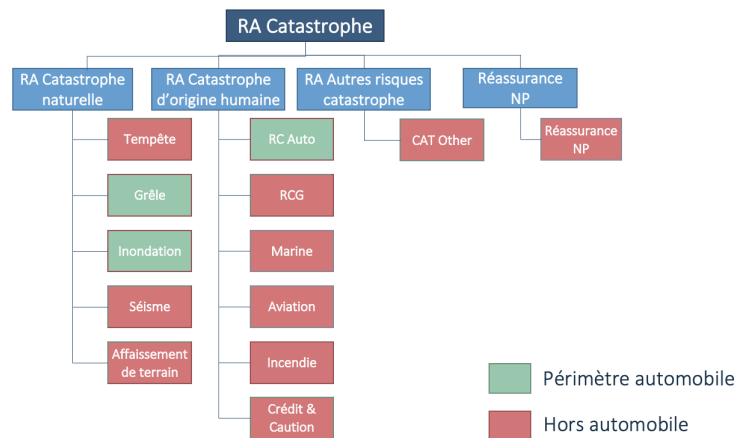


FIGURE 2.5 – Représentation des risques CAT compris dans le périmètre automobile

De son côté, le risque de résiliation qui se définit comme le risque résultant d'une modification de comportement des assurés en matière de résiliation des contrats, sera considéré comme nul dans cette étude. En effet, cela résulte de la comptabilisation en fonction de la frontière des contrats, sous la norme IFRS 17, qui ne permet pas de comptabiliser des pertes dues à une résiliation.

Après avoir détaillé la branche non-vie, les autres éléments de la cartographie peuvent être approfondis.

Comme précisé dans le paragraphe 1.1.3, malgré la présence des contrats automobile dans la branche non-vie, les sinistres les concernant peuvent donner lieu à des rentes pour dommages corporels. Autrement dit, posséder des risques relatifs à la vie :

- Le risque de longévité est quant à lui un risque relatif à l’allongement de l’espérance de vie des individus par rapport aux estimations ;
- Le risque de revalorisation capture le risque de variation défavorable du montant d’une rente, à la suite d’une révision imprévue du processus de réclamation ;
- Le risque de frais apparaît lors d’une augmentation de l’ensemble des frais généraux inhérents aux rentes.

Les autres risques de la branche vie comme la mortalité, le rachat, l’incapacité et le risque catastrophe n’ont pas d’impact sur les rentes relatives à la non-vie. En effet, la mortalité ne représente pas un risque pour l’assureur car il cesserait de payer. Il n’y a pas de rachat possible pour les rentes comme cela est défini les contrats d’assurance vie classiques.

Il est possible d’utiliser la structure de la Formule Standard en la simplifiant pour imaginer les risques retenus dans la modélisation du RA ainsi que les grandes étapes de modélisation :

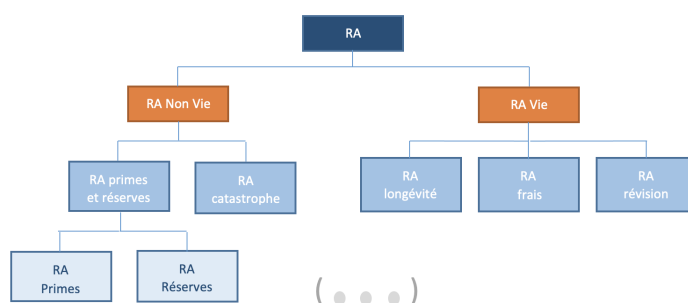


FIGURE 2.6 – Structure de calcul du RA

Cette structure sera utilisée pour l’ensemble des explications à venir.

Une fois la cartographie des risques détaillée, la dernière partie de l’étude sera consacrée à la sélection et la description de ces différentes méthodes de calcul, suivie d’une présentation et d’une étude des résultats finaux obtenus.

Chapitre 3

La modélisation du portefeuille automobile

Après avoir mis en lumière l'ajustement pour risque de façon détaillée, ses approches calculatoires possibles ainsi que les premiers choix adaptés à l'entreprise, la mise en place des méthodes préliminaires pour chaque risque du périmètre d'étude va être détaillée. En effet, il est important de préciser que même si l'approche de la Value-at-Risk est celle mise en place, pour chaque risque il est nécessaire d'implémenter des méthodes préalables qui leurs sont spécifiques.

3.1 La présentation du portefeuille

L'ensemble des données relatives au portefeuille automobile a été mis à disposition pour l'étude. Plus spécifiquement, nous avons à disposition la balance comptable fournie par l'équipe reporting pour la date de clôture du 31 décembre 2020.

De plus, les balances comptables correspondant aux 14 clôtures annuelles précédentes sont mises à disposition, ce qui nous permet d'obtenir un historique de 15 années pour nos études.

A partir de ces balances comptables, nous avons les données suivantes (à une granularité suffisamment fine pour construire les granularités de provisionnement BE) :

- Les Provisions pour Sinistres A Payer (PSAP) ;
- Les recours ;
- Les règlements ;
- Les arrérages de rentes ;
- Les capitaux constitutifs de rentes ;

- Les chargements liés aux prévisions de recours ;
- Les chargements liés aux PSAP ;
- Les prévisions de recours ;
- Les Provisions pour Primes Non Acquises (PPNA) à la clôture ;
- Les PPNA à l'ouverture ;
- Les primes acquises ;
- Les primes émises.

D'autres données sont à notre disposition mais ne proviennent pas des balances comptables :

- Les Provisions Mathématiques (PM) de rentes qui sont obtenues grâce à un outil qui utilise les données du portefeuille de rentiers (l'ensemble des flux détaillés pour chaque rente individuelle ainsi que la provision globale) ;
- Les primes futures qui sont déterminées grâce à la base contrats.

L'ensemble de ces données brutes sont retraitées afin de les obtenir selon le découpage suivant :

- Par année de survenance ;
- Par année de développement ;
- Par Sous-LoB.

En effet, la réglementation Solvabilité 2 impose que les engagements soient affectés à la ligne d'activité (LoB « *Line of Business* »), la plus représentative de la nature des risques sous-jacents. Pour une évaluation plus précise des BE, il a été choisi de segmenter les engagements plus finement en sous-LoB grâce à une table de correspondance. Pour chaque sous-LoB, les données sont utilisées sous forme de :

- Triangles de règlements (avec ou sans recours) : la méthode basée sur les triangles de règlements repose sur l'idée que le rythme des paiements, exprimé en pourcentage de la charge finale des sinistres, est stable d'une année de survenance à l'autre. Dès lors, les règlements historiques suffisent à faire une évaluation des PSAP. L'existence de recours dépend de la branche étudiée.
- Triangles de charges (avec ou sans recours) : la méthode sur les triangles de charges permet de prendre en compte d'importants sinistres déjà provisionnés mais dont l'historique des règlements ne permettrait pas d'anticiper. Cela offre la possibilité de profiter de l'information disponible au niveau des gestionnaires sinistres. De plus, pour les garanties à développement long, l'historique disponible n'est parfois pas

suffisant pour que les exercices les plus anciens soient totalement liquidés. Ainsi, les règlements passés ne tiennent pas compte de la totalité des sinistres. Dans ce cas, il est alors préférable d'utiliser un triangle basé sur les charges afin de ne pas sous-estimer la valeur ultime des sinistres.

Pour les branches où la volumétrie des recours est importante, nous choisissons de les analyser séparément pour ne pas engendrer un biais dans l'estimation des provisions.

Les balances comptables correspondent à celles qui ont été utilisées pour les clôtures en normes françaises. Elles ont donc déjà été réconciliées, ainsi, nous pouvons admettre qu'il n'y a pas de données manquantes puis qu'elles sont fiables et en adéquation avec la réalité (donc de qualité).

Pour conserver une cohérence et faciliter les calculs, il est envisageable de calculer le RA à la maille LoB. En effet, cela permettrait de partir du même niveau d'agrégation que les calculs Solvabilité 2. En revanche, étant donné que nous avons les données par sous-LoB, un travail de concaténation des sous-LoB en LoB a été nécessaire. Pour cela, nous avons sommé les données des triangles de chaque sous-LoB se rattachant à une LoB avant de mettre en place les différents calculs qui seront présentés par la suite.

Les LoB relatives à l'assurance automobile, que nous avons obtenu après concaténation, sont :

- L'assurance de responsabilité civile automobile (LoB 4) ;
- L'autre assurance des véhicules à moteur (LoB 5) ;
- L'assurance maritime aérienne et transport (LoB 6) ;
- L'assurance pertes pécuniaires diverses (LoB 12) ;
- L'assurance de protection juridique (LoB 10) ;
- Les rentes découlant des contrats d'assurance non-vie, liées aux engagements d'assurance autres que ceux relatifs à la santé (LoB 34).

Néanmoins, la norme IFRS 17 nécessite des résultats non pas par LoB mais par GoC. Pour cela une étape d'allocation du RA sera nécessaire.

3.2 L'hypothèse sur les lois de distribution

Pour utiliser la méthode, il a été choisi de faire une hypothèse de loi et de calculer les paramètres de la loi. De cette façon, on envisage l'hypothèse que la distribution suit une loi normale ou log-normale. En plus d'être des lois couramment utilisées pour modéliser la sinistralité, elles sont celles préconisées par l'EIOPA pour calculer le SCR du risque

de primes et réserves¹. En les utilisant, la cohérence avec Solvabilité 2 est une nouvelle fois conservée.

En ce qui concerne la loi normale, les paramètres d'espérance et d'écart-type (ou volatilité) obtenus peuvent être directement utilisés pour obtenir le RA. Or, pour la loi log-normale il est nécessaire de faire une transformation pour avoir les paramètres :

Une variable aléatoire X suit une loi log-normale de paramètres (μ, σ) si la variable aléatoire $Y = \log(X)$ suit une loi normale de paramètres (μ, σ) . On a :

$$E[X] = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$Var[X] = (e^{\sigma^2} - 1) \cdot e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

Ce qui équivaut à :

$$\mu = \ln(E[X]) - \frac{\sigma^2}{2}$$

$$\sigma^2 = \ln\left(1 + \frac{Var[X]}{(E[X])^2}\right)$$

De cette façon, il est possible d'obtenir les paramètres pour évaluer le RA avec log-normale.

Après avoir posé les hypothèses sur la loi, il est possible de passer à l'étude des risques de la branche non-vie².

3.3 Le risque de réserves

Le risque de réserves (aussi appelé risque de provisionnement) concerne le passif des contrats d'assurance couvrant les sinistres déjà survenus. Ce risque est lié à l'incertitude, à la fois sur les montants payés et sur la cadence de liquidation de ces montants. Il couvre deux sources d'incertitude :

1. Voir l'article « *Calibration of the Premium and Reserve Risk Factors in the Standard Formula of Solvency II* »

2. Voir la figure 2.4

- L'erreur d'estimation : l'écart entre les provisions et la valeur de l'estimateur des provisions qui provient de l'incertitude lors de l'estimation des paramètres du modèle ;
- L'erreur de processus : l'écart entre l'estimation du montant des sinistres (c'est-à-dire la provision) et leur montant réel. Elle résulte du fait que la provision est une variable aléatoire.

Les entreprises peuvent utiliser des méthodes statistiques pour évaluer les provisions nécessaires à la couverture de la sinistralité passée. Celles-ci se basent notamment sur des données historiques de la sinistralité, elles seront donc meilleures si :

- Les données du passé sont nombreuses, stables et uniformes ;
- Le futur diffère peu du passé ;
- La branche est peu volatile.

3.3.1 Le choix de la méthodologie

Pour calculer le RA relatif à ce risque, nous faisons le choix d'utiliser une méthode de provisionnement à partir de laquelle il sera possible d'obtenir une espérance et un écart-type, paramètres que l'on utilisera pour l'approche de la VaR. Il existe plusieurs méthodes de provisionnement qui ont fait leurs preuves sur le marché :

- Chain Ladder

Cette méthode déterministe estime les provisions que doivent constituer les entités. Elle est fondée sur le principe que les données historiques permettent de déterminer des facteurs de développement. Ces derniers seront appliqués sur les données dans le but de fournir une estimation des futurs paiements qui représenteront les provisions. Cette méthode considère donc que le futur évoluera comme le passé. Pour être mise en oeuvre, elle implique plusieurs hypothèses devant être respectées.

La méthode de Chain-Ladder est simple, robuste et fréquemment utilisée par les compagnies d'assurance pour estimer l'espérance des réserves qu'ils doivent constituer.

Les avantages d'utiliser la méthode de Chain Ladder afin de provisionner sont :

- L'implémentation est simple à mettre en place ;
- Plusieurs types de données peuvent être utilisés : les règlements, les charges, les recours, le nombre de sinistre... ;

- Cette méthode est très utilisée sur le marché et a fait ses preuves. Cela permet de pouvoir facilement comparer les calculs des entreprises.

Pourtant, cette méthode possède aussi des inconvénients :

- Elle n'est pas adaptée aux triangles ayant peu d'historique ;
- Elle ne fournit pas de volatilité ;
- Cette méthode ne convient pas si la branche est volatile et que les résultats du futur viennent à différer de ceux du passé.

- Mack

La méthode de Mack est un dérivé stochastique de la méthode de Chain Ladder. Elle permet d'obtenir l'erreur de prédiction, à partir de l'erreur d'estimation et de l'erreur de processus, à l'ultime. En effet, les résultats déterministes de la méthode de Chain Ladder ne sont pas suffisants car ils ne possèdent aucune mesure de la qualité de l'estimation.

Cette méthode possède plusieurs avantages :

- L'implémentation est relativement simple à mettre en place car c'est une formule fermée ;
- Plusieurs types de données peuvent être utilisés : les règlements, les charges, les recours, le nombre de sinistres... ;
- Cette méthode donne la volatilité ;
- Cette méthode est non paramétrique, aucune hypothèse sur la loi n'a besoin d'être faite ;
- Cette méthode est aussi très utilisée sur le marché et a fait ses preuves.

Elle possède aussi des inconvénients :

- Non adaptée pour des triangles avec peu d'historique ;
- Elle ne donne pas le BE ;
- Ne convient pas si la branche est volatile et que les résultats du futur viennent à différer de ceux du passé.

- Bootstrap

La méthode du Bootstrap est une version dérivée de la méthode de Chain Ladder et de Mack permettant d'estimer la distribution des provisions mais aussi d'obtenir leur incertitude. Pour ce faire, elle utilise un mécanisme de ré-échantillonnage des données. Néanmoins, elle comporte une autre hypothèse supplémentaire : les résidus doivent être indépendants et identiquement distribués.

Cette méthode possède plusieurs avantages :

- Cette méthode donne la volatilité et le BE ;
- Elle permet d'obtenir une distribution en sortie sans avoir besoin de choisir de loi au préalable ;
- Elle est aussi régulièrement utilisée sur le marché.

Elle possède aussi des inconvénients :

- L'implémentation est relativement plus compliquée à mettre en place que celle de Chain Ladder et Mack ;
- Il s'agit de réaliser un certain nombre de simulations pour qu'il y ait une convergence et donc que les résultats soient exploitables ;
- La méthode dépend des résidus ;
- L'hypothèse relative aux résidus ne peut pas toujours être vérifiée.

L'ensemble des inconvénients semblent trop contraignants alors que d'autres méthodes plus simples et toutes aussi efficaces existent. C'est pourquoi il n'a pas été décidé de l'utiliser.

Cette liste est non exhaustive. Il existe encore de nombreuses autres méthodes de provisionnement qui dérivent ou non de Chain Ladder (Bornhuetter-Ferguson, Munich Chain Ladder, GLM, De Vylder, la méthode London-Chain...). Or, pour nos besoins, la méthode de Chain-Ladder était adaptée de par sa simplicité, son efficacité et sa robustesse.

Cette méthode nous permet d'obtenir le BE (les provisions) représentant l'espérance qui servira à calculer le RA finale avec l'approche de la VaR. La section suivante s'attachera à détailler la méthode de Chain-Ladder : ses hypothèses et sa méthodologie.

En outre, elle ne calcule pas de volatilité, il serait donc nécessaire d'avoir une méthode complémentaire pour calculer ce second paramètre. De cette façon, la méthode de Mack nous est apparue comme la plus adéquate pour estimer la volatilité. En effet, elle découle de Chain Ladder qui sera préalablement développée.

3.3.2 La méthode de Chain Ladder

La méthode de Chain Ladder s'applique sur des triangles de règlements ou de charges cumulés et s'appuie sur les facteurs de développements, supposés constants sur toutes les années d'origine.

Année de survenance	Année de développement								
	0	1	...	j	j+1	...	...	...	n
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,j}$	$C_{0,j+1}$	...	...	...	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,j}$	$C_{1,j+1}$	...	...	...
...	
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,j}$	$C_{i,j+1}$	...	...	...
...	
n-j-1	$C_{n-j-1,0}$	$C_{n-j-1,1}$	...	$C_{n-j-1,j}$	...	...	...	...
n-j	$C_{n-j-1,0}$	$C_{n-j-1,1}$...						
...						
n	$C_{n,0}$								

FIGURE 3.1 – Triangle de liquidation des règlements ou des charges cumulés

Avec :

- j représente l'année de développement ;
- i désigne l'année de survenance ;
- n représente le nombre d'années de développement ;
- $C_{i,j}$ désigne les montants de règlements cumulés ou de charges cumulées.

Cette méthode impose 2 hypothèses à vérifier :

1. Il doit y avoir indépendance des années de survenance. Cette hypothèse corrige les effets singuliers que l'on peut éventuellement trouver dans les triangles de liquidation ;
2. Les facteurs de développement sont stables par année de survenance. C'est-à-dire qu'il existe un paramètre f_j tel que :

$$\forall j \in [0, \dots, n], E[C_{i,j+1} | C_{i,0}, C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,n}] = f_j \cdot C_{i,j}$$

On retrouve les 2 premières hypothèses dans le modèle Mack qui sera détaillé dans le paragraphe suivant. Si ces hypothèses ne sont pas respectées, il est possible de retraiter les données en excluant celles déviant de l'historique lorsque cela est justifiable.

La première étape consiste à obtenir les facteurs de développement grâce à la formule :

$$f_j = \frac{\sum_{k=0}^{n-j-1} C_{k,j+1}}{\sum_{k=0}^{n-j-1} C_{k,j}}$$

Avec :

$$j \in [0, \dots, n-1]$$

Puis, on peut en déduire les montants cumulés par année de survenance, jusqu'à l'ultime, $C_{i,j}$ pour $i + j > n$:

$$C_{i,j+1} = f_j \cdot C_{i,j}$$

Cela revient à remplir le triangle de liquidation inférieur.

Il est aussi possible d'obtenir la provision globale :

$$R = \sum_{i=0}^n C_{i,n} - C_{i,n-i}$$

Avec :

$$C_{i,n} = C_{i,n-i} \cdot \prod_{k=n-i}^{n-1} f_k$$

Une fois que la méthode de Chain Ladder a été développée pour obtenir les provisions, c'est-à-dire l'espérance, il est possible de développer la méthode de Mack qui permettra d'obtenir la volatilité, soit l'écart-type.

3.3.3 La méthode de Mack

Cette méthode a été choisie pour estimer la volatilité des réserves³. En effet, elle permet d'évaluer la variabilité des provisions calculées par le modèle de Chain Ladder.

Cette méthode s'applique aux mêmes triangles que Chain Ladder et possède une hypothèse de plus à vérifier :

1. Il doit y avoir indépendance des années de survenance ;
2. Il existe un paramètre f_j tel que :

$$\forall j \in [0, \dots, n], E[C_{i,j+1} | C_{i,0}, C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,n}] = f_j \cdot C_{i,j}$$

3. Voir l'article de T.Mack dont est tirée la méthode

3. Il existe un paramètre σ_j tel que :

$$\forall j \in [0, \dots, n], V[C_{i,j+1}|C_{i,0}, C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,n}] = \sigma_j^2 \cdot C_{i,j}$$

Avec :

$$f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$$

La première hypothèse d'indépendance est susceptible de ne plus être vérifiée si un changement important, au niveau de la gestion des sinistres ou dans le taux d'inflation qui les impacte, avait lieu. Ces variations pourraient affecter plusieurs années de survenance par effet calendaire. Afin de vérifier que les deux autres hypothèses sont respectées, le plus simple est de faire un contrôle graphique.

On introduit la notion d'erreur de prédiction (*MSEP* signifie « *Mean Square Error of Prediction* »). En reprenant les notations du paragraphe précédent sur la méthode de Chain Ladder, on considère une variable aléatoire R représentant le montant des provisions dont l'estimation est \hat{R} . Il est alors possible de définir l'erreur de prédiction comme :

$$MSEP(\hat{R}) = E[(R - \hat{R})^2]$$

Grâce aux différentes formules qui ont été introduites sous Chain Ladder, on sait que le montant des provisions de l'année de survenance est :

$$R_i = C_{i,n} - C_{i,n-i}$$

Dont on peut déduire l'estimateur :

$$\hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i}$$

Où :

$$\hat{C}_{i,n} = \hat{f}_{n-i} \cdot \hat{f}_{n-i+1} \dots \hat{f}_{n-1} \cdot C_{i,n-i}$$

L'estimateur de $E[C_{i,n}|D] = f_{n-i} \cdot f_{n-i+1} \dots f_{n-1} \cdot C_{i,n-i}$ avec $D = \{C_{i,j}, i + j \leq n\}$.

De cette façon, nous pouvons développer l'erreur de prédiction de $C_{i,n}$ par $\hat{C}_{i,n}$ conditionnellement au triangle supérieur :

$$MSEP(\hat{R}_i) = E[(\hat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2|D]$$

Grâce à la propriété sur l'espérance :

$$E[X - \alpha]^2 = Var(X) + (E[X] - \alpha)^2$$

On en déduit :

$$MSEP(\hat{R}_i) = V[C_{i,n}|D] + (E[C_{i,n}|D] - \hat{C}_{i,n})^2$$

Où 2 notions peuvent être introduites :

- $(E[C_{i,n}|D] - \hat{C}_{i,n})^2$ constitue l'erreur d'estimation, soit la différence entre l'estimation \hat{R} et la valeur du paramètre estimé provenant d'un échantillon donné.
- $V[C_{i,n}|D]$ représente l'erreur de processus c'est-à-dire la variabilité entre la valeur future de R et l'espérance estimée. Cette notion reflète la dimension aléatoire de la mise en place du modèle de Chain Ladder.

En développant ces 2 composantes, sous les 3 hypothèses citées au début de ce paragraphe, on obtient :

$$MSEP(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n} \sum_{j=n-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2 \sum_{k=0}^{n-j} C_{k,j}} + \hat{C}_{i,n} \sum_{j=n-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2 \hat{C}_{i,j}}$$

Puis :

$$MSEP(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \left[\frac{1}{\hat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-j} C_{k,j}} \right]$$

Où :

- \hat{f}_j est l'estimateur du facteur de Chain Ladder f_j :

$$\hat{f}_j = \frac{\sum_{k=0}^{n-j-1} C_{k,j+1}}{\sum_{k=0}^{n-j-1} C_{k,j}}$$

Avec :

$$j \in [0, \dots, n-1]$$

- Pour $0 \leq j \leq n-2$:

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j \right)^2$$

Pour $j = n-1$:

$$\hat{\sigma}_{n-1}^2 = \min\left(\frac{\hat{\sigma}_{n-2}^4}{\hat{\sigma}_{n-3}^2}, \min(\hat{\sigma}_{n-3}^2, \hat{\sigma}_{n-2}^2)\right)$$

L'incertitude des réserves totales s'écrit :

$$MSEP\left(\sum_{i=1}^n \hat{R}_i\right) = \sum_{i=1}^n [MSEP(\hat{R}_i) + 2 \cdot \hat{C}_{i,n} \cdot \sum_{l=i+1}^n \hat{C}_{i,n} \cdot \sum_{j=n-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2 \cdot \sum_{k=0}^{n-j} \hat{C}_{k,j}}]$$

Cette dernière représente la volatilité que l'on va utiliser dans le but d'obtenir le RA, sachant que la moyenne a été obtenue au préalable avec la méthode de Chain Ladder.

3.3.4 Les volatilités obtenues pour le risque de réserves

La mise en place de la méthode de Mack a permis d'obtenir les volatilités pour chaque LoB relatives au périmètre de l'étude, le portefeuille automobile :

LoB	Libellé LoB	Volatilité S2 (3.σ)	Risque de Réserves								
			Volatilité RA								
			60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99,50%
4	RC Auto	27%	2%	2%	3%	4%	5%	6%	8%	10%	17%
5	Domage Auto	24%	2%	2%	3%	5%	6%	8%	10%	13%	22%
6	Marine, aviation, transport	33%	2%	5%	8%	11%	16%	21%	28%	39%	75%
10	PJ	17%	1%	2%	2%	2%	3%	3%	5%	6%	10%
12	Pertes pécuniaires diverses	60%	3%	6%	9%	12%	15%	20%	26%	34%	58%

FIGURE 3.2 – Volatilités obtenues pour le risque de réserves

Ces volatilités peuvent être représentées graphiquement :

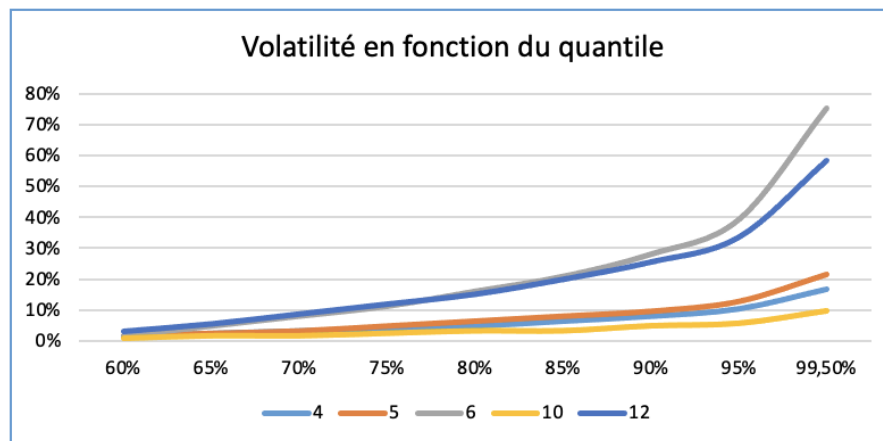


FIGURE 3.3 – Représentation des volatilités obtenues pour le risque de réserves sur les différents LoB

A noter que les numéros de LoB indiqués renvoient à ceux définis dans l'Annexe C et que ces volatilités sont obtenues avec l'hypothèse d'une loi log-normale. En effet, les arrondis des volatilités avec la loi normale et la loi log-normale sont les mêmes, il est donc plus lisible de ne présenter qu'un seul cas.

En parallèle, les σ fournis par Solvabilité 2 pour le risque de réserves de la Formule Standard ont été indiqués pour effectuer une comparaison. Les volatilités calculées pour le RA sont assez basses lorsque l'appétence au risque est élevée. Lorsque le quantile est à 99,5% comme pour le SCR, les volatilités sont relativement proches de celles de la Formule Standard.

La volatilité de la LoB 6, représentant la « marine, l'aviation et le transport », est plus élevée que celle de la Formule Standard. Cela s'explique par des années donnant lieu à des recours de montants plus importants qui impactent le triangle de liquidation. En outre, le BE correspondant à cette LoB possède peu de poids sur le BE total du portefeuille automobile donc cela n'impactera que très peu la valeur du RA.

3.4 Le risque de primes

Le risque de primes (aussi appelé risque de tarification) se définit comme le risque que le montant des sinistres survenus au cours de la période considérée (en général l'année suivante) soit supérieur aux primes acquises perçues sur la même période.

L'incertitude sur les pertes se rapporte à la gravité, la fréquence ou encore la survenance des sinistres au cours de la période à venir. Ce risque inclut à la fois les contrats souscrits au cours de la période et ceux n'ayant pas encore expirés au début de la période et qui sont donc sujets à incertitudes.

3.4.1 La méthode des ratios « Sinistres sur Primes »

Comme choisi au préalable, le calcul du RA se fait via l'utilisation de l'approche de la VaR. Pour cela, il a été choisi d'avoir recours aux paramètres d'espérance et de volatilité sur ce risque comme c'était le cas pour le risque de réserves.

Une méthode relative au ratio « Sinistres sur Primes » va être utilisée. Elle nécessite l'utilisation de l'historique par survenance des primes acquises et de la charge ultime. La première catégorie fait partie des données à disposition et la seconde a été calculée pour les besoins du risque de réserves.

Le ratio que l'on utilise est aussi noté $\frac{S}{P}$. Ce dernier reflète la charge de sinistre rapportée aux primes. Pour cette méthode plusieurs étapes sont à suivre :

1. Calculer le $\frac{S}{P}$ par LoB, pour chaque année de survenance sur les 15 dernières années ;
2. Calculer l'écart-type global des $\frac{S}{P}$ par LoB ;
3. Calculer la moyenne des $\frac{S}{P}$ par LoB ;
4. Obtenir le RA total du risque de primes par LoB.

Cette méthode permet donc d'obtenir les paramètres pour calculer le RA du risque de primes.

3.4.2 Les volatiliés obtenues pour le risque de primes

La mise en place de la méthode des ratios combinés à l'ultime a permis d'obtenir les volatilités pour chaque LoB :

LoB	Libellé LoB	Risque de Primes									
		Volatilité S2 (3.σ)	Volatilité RA								
			60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99,50%
4	RC Auto	30%	2%	2%	4%	5%	6%	8%	10%	14%	23%
5	Domage Auto	24%	1%	2%	2%	4%	5%	6%	7%	10%	16%
6	Marine, aviation, transport	45%	1%	2%	2%	3%	4%	6%	8%	11%	22%
10	PJ	25%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	3%	4%	7%
12	Pertes pécuniaires diverses	39%	2%	5%	8%	12%	16%	21%	28%	39%	75%

FIGURE 3.4 – Volatilités obtenues pour le risque de primes

De la même façon que pour le risque de réserves, les volatilités du risque de primes peuvent être représentées graphiquement :

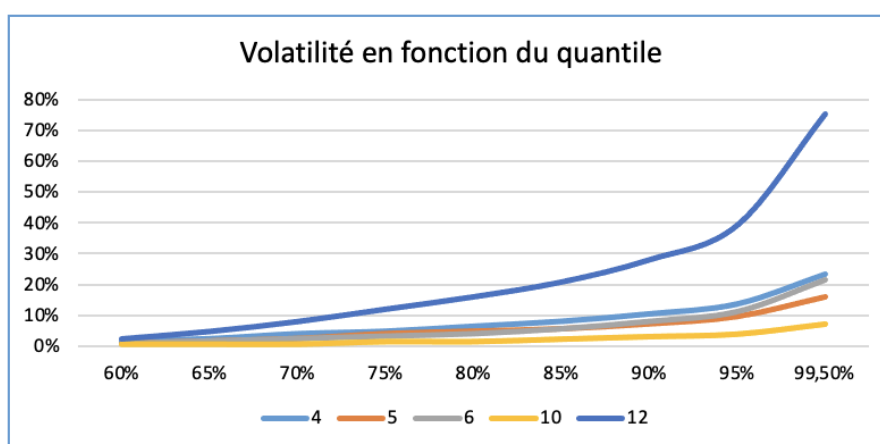


FIGURE 3.5 – Représentation des volatilités obtenues pour le risque de primes sur les différents LoB

A noter que les numéros de LoB indiqués renvoient à ceux définis dans l'Annexe C et que ces volatilités sont une nouvelle fois obtenues avec l'hypothèse d'une loi log-normale.

A l'instar du risques de réserves, les σ fournis par Solvabilité 2 pour le risque de primes de la Formule Standard ont été mis pour effectuer une comparaison. Les volatilités calculées pour le RA sont assez basses lorsque l'appétence au risque est élevée, et inversement. Lorsque le quantile est à 99,5% comme pour le SCR, les volatilités tendent à se rapprocher de celles de la Formule Standard.

Avec un quantile à 99,5%, seule la volatilité de la LoB concernant les « pertes pécuniaires diverses » est bien plus élevée que la volatilité utilisée pour le SCR. Cela s'explique par l'évolution de la sinistralité. En effet, elle a rapidement augmenté sur les premières années d'historique alors que les primes n'ont pas pu être suffisamment

revalorisées pour permettre de compenser. Néanmoins, la sinistralité devient plus constante sur les dernières années de l'historique cet écart tendra donc à diminuer. De plus, comme expliqué avec le risque de réserves, le BE correspondant à cette LoB possède peu de poids sur le BE total du portefeuille automobile cela impactera donc très peu la valeur du RA.

3.5 La corrélation du risque de primes et réserves

Les RA du risque de primes et de réserves ont été calculés distinctement, pourtant il est nécessaire de les corrélés ensemble avant de passer aux autres étapes. Pour cela, il a été décidé d'utiliser les formules proposées dans le règlement délégué de Solvabilité 2. Cela permet de conserver une cohérence avec cette norme en utilisant des données telles que la volatilité qui a été calculée de sorte à respecter la norme IFRS 17. Plusieurs étapes sont nécessaires à la corrélation :

1. Récupérer les volatilités du risque de réserves σ_{r,LoB_i} et du risque de primes σ_{p,LoB_i} pour chaque LoB i ;
2. Récupérer les volumes du risque de réserves qui correspondent aux BE sinistre V_{r,LoB_i} et ceux du risque de primes V_{p,LoB_i} qui se réfèrent à la somme des primes futures et des PPNA pour chaque LoB i ;
3. Appliquer l'ensemble des formules du paragraphe 1.3.4 pour obtenir la volatilité du risque de primes et réserves σ_{LoB_i} et le volume V_{LoB_i} pour chaque LoB i ;
4. On peut enfin obtenir le RA du risque primes et réserves pour chaque LoB i :

$$RA_i = \sigma_{LoB_i} \cdot V_{LoB_i}$$

On peut remarquer une différence entre cette dernière formule et celle utilisée dans le cadre de Solvabilité 2⁴ :

$$SCR_{p,r} = 3 \cdot \sigma_{p,r} \cdot V_{p,r}$$

En effet, le facteur $3 \cdot \sigma$ est une approximation de la loi normale qui permet de capter le quantile à 99,5% nécessaire au calcul du SCR. En revanche, dans notre étude, le quantile est déjà capté au travers de la volatilité calculée au préalable donc l'approximation n'est pas nécessaire.

A la suite de ces étapes, les RA du risque de primes et réserves sont obtenus pour chaque LoB i .

4. Voir le paragraphe 1.3.4

3.5.1 L'introduction des frais

Dans les calculs établis pour le risque de primes et réserves, les données hors frais ont été utilisées par simplification. Néanmoins, la volatilité des frais doit être prise en compte dans le RA. C'est pourquoi il a été décidé de les intégrer aux résultats obtenus dans le paragraphe précédent en raisonnant avec des taux de frais. Ainsi, plusieurs étapes ont été mises en place :

1. Récupérer le BE de frais BE_i^{frais} pour chaque LoB i ;
2. Recupérer le BE total BE_i de chaque LoB i ;
3. En déduire le taux de frais TF_i pour chaque LoB i :

$$TF_i = \frac{BE_i^{frais}}{BE_i}$$

4. L'appliquer au montant de RA hors frais du risque de primes et réserves $RA_i^{hors-frais}$ pour chaque LoB i :

$$RA_i = RA_i^{hors-frais} \cdot (1 + TF_i)$$

Cette méthode permet d'avoir une approximation des RA dans lesquels sont intégrés les frais. En revanche, le fait d'utiliser une approximation peut induire un écart avec le RA réel. Certaines alternatives pourraient être envisagées pour contrer ce problème :

- Faire une étude de la volatilité sur les taux de frais ;
- Faire en sorte d'avoir à disposition les données y compris les frais.

Les résultats après l'application des frais peuvent être exprimés.

3.5.2 Les résultats du RA pour le risque de primes et réserves

Les différentes étapes de calcul précédentes ont permis d'obtenir les RA pour chaque LoB. Par la suite, la matrice de corrélation de Solvabilité 2⁵ a été utilisée afin de continuer dans la même dynamique de cohérence entre les normes. Elle permet de corrélérer les LoB pour obtenir le RA total du risque.

Les résultats obtenus sont les suivants :

5. Voir Annexe E

		Risque de Primes et Réserves									
		SCR	RA								
			60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99,50%
LOI LOG NORMALE	A = Montant sans prise en compte d'une volatilité sur les frais		17M€	28M€	40M€	52M€	66M€	83M€	105M€	138M€	227M€
	Ratio "A / (Volume Réserves+Volume Primes)"		1%	2%	3%	3%	4%	5%	6%	9%	14%
	B = Montant avec prise en compte d'une volatilité sur les frais	361M€	18M€	30M€	42M€	56M€	71M€	90M€	113M€	148M€	243M€
	Ratio "B / (Volume Réserves+Volume Primes)"	23%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	9%	15%
LOI NORMALE	A = Montant sans prise en compte d'une volatilité sur les frais		21M€	31M€	42M€	54M€	68M€	84M€	103M€	133M€	208M€
	Ratio "A / (Volume Réserves+Volume Primes)"		2%	2%	3%	3%	4%	6%	7%	8%	13%
	B = Montant avec prise en compte d'une volatilité sur les frais	361M€	22M€	34M€	46M€	58M€	73M€	90M€	110M€	142M€	222M€
	Ratio "B / (Volume Réserves+Volume Primes)"	23%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	9%	14%

FIGURE 3.6 – Résultats du RA pour le risque de primes et réserves

A noter que les volumes de primes et de réserves indiqués ici renvoient à ceux détaillés dans la partie 3.6.

Il est possible d'observer que les résultats avec la loi normale sont plus élevés que ceux avec la loi log-normale jusqu'au niveau de quantile 90%. Ensuite, l'inverse se produit.

L'entreprise doit choisir l'hypothèse de loi qui correspond à son profil de risque ainsi qu'à sa sinistralité.

3.6 Le risque de catastrophe non-vie

Le risque de catastrophe concerne les pertes dues à des événements extrêmes (intensité forte mais avec une probabilité d'occurrence faible). Il existe plusieurs types de risques catastrophe pour la branche non-vie selon Solvabilité 2.⁶ En revanche, seuls les sous-risques d'inondation et de grêle du risque de catastrophe naturelle et le sous-risque de responsabilité civile automobile relatif au risque de catastrophe d'origine humaine entrent dans le périmètre automobile comme cela a été représenté sur le graphique 2.4.

6. Voir le détail au paragraphe 2.5

Plusieurs approches peuvent être envisagées en fonction du sous-risque considéré.

3.6.1 Les différentes méthodes

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour les différents sous-modules de risques catastrophe :

- L'utilisation des courbes AEP et OEP est assez courante pour modéliser les sous-modules de risque catastrophe :
 - L'AEP signifie « *Aggregate Exceedance Probability* » et se définit comme la distribution des pertes totales annuelles de l'ensemble des événements de la catégorie étudiée (exemple : grêle, tempête...). Elle peut être assimilée à une période de retour (en années) au coût total des événements sur une année. La période de retour caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une intensité donnée.
 - L'OEP, acronyme de « *Occurrence Exceedance Probability* », constitue une distribution des pertes maximales annuelles pour un événement donné. Elle peut aussi être associée à une période de retour (en années) au coût maximal engendrée par un événement sur une année.

Pour obtenir les courbes, il est possible de :

- Les construire grâce à des simulations en utilisant par exemple un outil marché type AIR, EQECAT ou RMS ;
 - Les construire grâce à un historique interne dans le cas où les données sont suffisantes et de bonne qualité.
- Certains sous-modules de risque peuvent être plus compliqués à modéliser en raison du peu de données à disposition. Néanmoins, il sera possible pour ces risques de s'appuyer sur les chocs des sous-modules du SCR calculés avec la Formule Standard afin de les « redimensionner » pour qu'ils correspondent aux exigences de la norme IFRS 17. Pour cela, la formule suivante est utilisée⁷ :

$$Choc \alpha_i = \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} Choc S2_i$$

Avec :

- q_α : le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil α ;
- $q_{99,5\%}$: le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil 99,5% ;

7. Formule relative à l'approche par scénario détaillée dans le paragraphe suivant

- *Choc* α_i : le choc pour le risque i ;
- *Choc* $S2_i$: le choc S2 pour le risque i .

La méthode choisie dépend du risque étudié ainsi que des données nécessaires et à notre disposition pour pouvoir l'évaluer. Sur le périmètre d'étude, seule la méthode AEP sera utilisée qu'elle soit simulateur ou historique car nous avons suffisamment de données (externes ou internes) permettant l'application de cette méthode.

3.6.2 La méthode AEP

Afin de construire des courbes AEP, il faut estimer la répartition des dommages en effectuant un certain nombre d'années de simulation. A chaque année de simulation, un calcul de charge totale est effectué. La perte L est calculée pour chaque contrat c pour le mois i de l'année de simulation n avec la formule :

$$L(c, i, n) = S(p).d(p, r_{i,n})$$

Avec :

- $S(p)$: La valeur assurée du contrat d'assurance, en fonction des caractéristiques de l'automobile et des options de souscription choisies ;
- $d(p, r_{i,n})$: Le taux de dommage de l'automobile en fonction de ses caractéristiques et des caractéristiques du risque étudié.

Les pertes sur chaque contrat sont additionnées afin d'obtenir le montant total $L(i, n)$ associé à un événement :

$$L(i, n) = \sum_c L(c, i, n)$$

Puis, pour avoir le montant des pertes totales $L_{tot}(n)$ de l'année de simulation n , on utilise :

$$L_{tot}(n) = \sum_i L(i, n)$$

La courbe que l'on peut tracer à partir de ces données représente la distribution des pertes totales annuelles calculées au préalable. A partir de cette distribution, on peut obtenir la période de retour qui correspond à l'inverse de la fonction de répartition. Cette dernière est calculée, pour chaque valeur des pertes, avec :

$$F(L_{tot}(n)) = \frac{1}{N} \sum_j \mathbb{I}_{\{L_{tot}(j) \leq L_{tot}(n)\}}$$

La période de retour PR associée est donc égale à :

$$PR(L_{tot}(n)) = \frac{1}{F(L_{tot}(n))}$$

La méthode simulateur

Cette méthode utilise un modèle externe qui représente physiquement le phénomène étudié grâce à un catalogue d'évènements consécutifs. Ce modèle est appliqué à notre portefeuille afin d'obtenir les courbes AEP.

Cette méthode répond aux objectifs de renouvellement des programmes de réassurance. Elle est donc particulièrement adaptée pour mesurer les risques de pointe dont la période de retour est élevée (200 ans par exemple). En revanche, elle ne nécessite pas de travaux de calibrage supplémentaires, les résultats étant directement obtenus.

Cette technique est donc facilement utilisable pour les risques de catastrophe naturelle mais pas forcément pour les risques de catastrophe d'origine humaine. Néanmoins, s'il existe un historique suffisant en interne sur ce risque nous pourrions utiliser la seconde méthode AEP.

La méthode historique

Cette méthode nécessite d'établir un calibrage interne permettant de construire des courbes avec les données historiques entrant dans les caractéristiques relatives à un risque catastrophe pour l'entreprise. Lorsque l'on établit des courbes AEP avec les données historiques, en dehors du fait que les données doivent être suffisantes il est important aussi d'établir ce que l'on appelle une « mise en *As If* ». En effet, il faut redimensionner par rapport au chiffre d'affaires, mais aussi appliquer un indice d'inflation aux valeurs des AEP pour qu'ils soient cohérents à la conjoncture actuelle. Certains paramètres évoluent avec les années, ce qui fait évoluer le coût de la sinistralité.

Cette méthode a l'avantage d'être plus représentative de la sinistralité pour des événements avec des faibles périodes de retour, mais demande des travaux de calibrage importants et n'est pertinente que si la volumétrie des données est pas suffisante. Etant donné l'historique interne, cette méthode sera effectivement utilisée pour la RC automobile

L'obtention du RA

Une fois que les AEP sont obtenues, le RA au quantile α noté RA_{risque}^α est calculé comme étant égal à l'AEP du risque à la période de retour correspondante, corrigée de la charge moyenne attendue :

$$RA_i^\alpha = AEP_i^\alpha - C_i$$

Avec :

- AEP_i^α : l'AEP relatif au risque i ;
- C_i : la charge moyenne attendue sur le risque i .

En effet, la charge moyenne est à retrancher pour ne pas effectuer un double comptage. Les données qui permettent de calculer le BE ne sont pas retraitées afin de supprimer les valeurs extrêmes qui peuvent s'apparenter à un risque catastrophe.

3.6.3 Les résultats pour le RA CAT non-vie

Voici les résultats obtenus après l'application de la méthode AEP sur les risques concernant le périmètre automobile :

	SCR	Risque de CAT Non Vie										
		60%	65%	70%	75%	RA		80%	85%	90%	95%	99,50%
CatNat	70M€	1M€	2M€	3M€	4M€	6M€	9M€	11M€	15M€	41M€		
Cat Man Made	17M€	0M€	0M€	0,06M€	1,0M€	2M€	5M€	6M€	9M€	30M€		
Montant agrégé	73M€	1M€	2M€	3M€	5M€	7M€	10M€	13M€	17M€	50M€		
Montant agrégé/Volume de primes	14%	0,17%	0,30%	0,53%	1%	1%	2%	2%	3%	10%		

FIGURE 3.7 – Résultats du RA pour le risque CAT non-vie

Au niveau de quantile 99,5%, le risque de catastrophe naturelle est en dessous du SCR alors que le risque de catastrophe d'origine humaine est supérieur au SCR. En revanche, le montant agrégé des sous-modules reste bien moins important que le SCR à l'instar des autres risques de la branche non-vie.

3.7 Les rentes automobiles

Comme expliqué en amont, les sinistres de la branche automobile, bien qu'étant rattachés à de l'assurance non-vie, peuvent aussi donner lieu à des rentes pour des dommages corporels⁸. Ainsi, cela donne lieu à des risques relatifs à la vie qu'il faut prendre en compte dans le calcul du RA.

8. Voir paragraphe 1.1.3

3.7.1 Le calcul d'une PM de rente automobile

Lors d'un accident causant des dommages corporels, il est possible que la personne ayant subi les dommages ait besoin d'une rente lui permettant par exemple de payer des soins ou un accompagnement quotidien nécessaire dû à son changement d'état.

De cette façon, nous calculons une Provision Mathématique (PM). Pour la calculer, le portefeuille est supposé en run-off à partir de la date d'évaluation, c'est-à-dire qu'il est considéré comme un groupe fermé (aucun nouveau contrat ne peut être ajouté) et les flux futurs sont projetés jusqu'à extinction du portefeuille.

En supposant que les flux futurs sont versés en milieu d'année, la provision correspond à la somme actualisée de la différence entre les flux sortants et entrants, projetés selon les hypothèses les plus réalistes possibles.

Dans notre cas, nous calculons uniquement une provision pour sinistres. Il n'y a plus de cash-flows entrants, uniquement des cash-flows sortants étant donné que les assurés sont déjà sinistrés.

Pour un assuré i ayant une rente de montant annuel R_i , la provision est égale :

$$PM_i = \sum_{h=1}^{+\infty} \frac{R_i \cdot (1+r_h)^h \cdot (1+Tx_{\text{frais_sinistres}}) \cdot FluxEA_i(h)}{(1+t_{h-0,5})^{h-0,5}}$$

Avec :

- R_i : le montant annuel de l'arrérage de rente pour l'individu i ;
- r : le taux de revalorisation de la rente à la maturité h ;
- $Tx_{\text{frais_sinistres}}$: le taux de frais pour la gestion du sinistre, c'est-à-dire de la rente ;
- $FluxEA_i(h)$: le flux unitaire (à savoir pour 1€ de rente) probabilisé que l'assureur s'attend à régler en maturité h pour l'individu i ;
- $t_{h-0,5}$: le taux d'actualisation à l'année $h - 0,5$.

Nous pouvons poser :

- $FluxEA_{i_{date0}}(h)$: la valeur de l'engagement de l'assureur vue en date 0 ;
- $FluxEA_{i_{date1}}(h)$: la valeur de l'engagement de l'assureur vue en date 1 ;
- $Duree0$: la durée écoulée entre la date 0 et la date de calcul ;

- $Duree1$: la durée entre la date 0 et la date 1 ;
- $date0$: la date du dernier anniversaire de l'assuré. A cette date, l'âge de l'assuré est x ;
- $date1$: la date 0 à laquelle on ajoute 1 an. A cette date, l'âge de l'assuré est $x + 1$.

En date de calcul, l'assuré est âgé de :

$$x + \frac{Duree0}{Duree1}$$

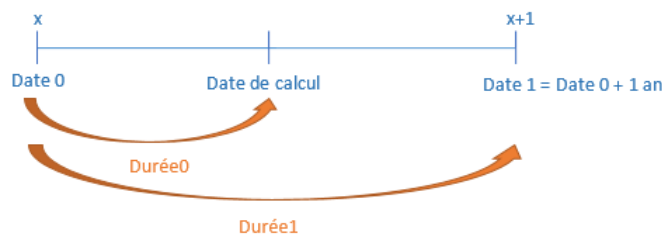


FIGURE 3.8 – Schéma de l'âge de l'assuré à la date de calcul

De cette façon, le flux probabilisé en question se calcule de la sorte :

$$FluxEA_i(h) = (FluxEA_{i_{date0}}(h) + (FluxEA_{i_{date1}}(h) - FluxEA_{i_{date0}}(h)) \cdot \frac{Duree0}{Duree1})$$

Où :

$$FluxEA_{i_{date0}}(h) = Coeff_{fract} \cdot \frac{l_{x+h}}{l_x} + (1 - Coeff_{fract}) \cdot \frac{l_{x+h+1}}{l_x}$$

$$FluxEA_{i_{date1}}(h) = Coeff_{fract} \cdot \frac{l_{x+1+h}}{l_{x+1}} + (1 - Coeff_{fract}) \cdot \frac{l_{x+1+h+1}}{l_{x+1}}$$

Le coefficient de fractionnement de la rente se détermine en fonction du terme (échu ou à échoir) et de la périodicité de versement (annuel, trimestriel...) :

- Termes échus : $Coeff_{fract} = \frac{k+1}{2k}$;

— Termes à échoir : $Coeff_{fract} = \frac{k-1}{2k}$;

Avec $k = 1$ pour annuel, 2 pour semestriel, 4 pour trimestriel et 12 pour mensuel.

Une fois le calcul de la provision détaillé, nous pouvons entrer dans le calcul du RA des risques relatifs aux rentes automobile.

3.7.2 Les risques relatifs à la vie sur les rentes automobile

Pour déterminer la perte associée à un quantile donné, deux sous approches peuvent être envisagées.

La méthode simulateur

L'idée est de projeter les facteurs de risques en simulant plusieurs trajectoires possibles. Il s'agit alors d'établir une diffusion stochastique des risques d'assurance associés à un segment i afin d'obtenir une distribution des flux de trésorerie futurs.

L'engagement de l'assureur est vu alors comme une variable aléatoire \hat{BE}_i où chaque simulation correspond à une réalisation. Le BE central s'obtient alors en prenant la moyenne sur les trajectoires simulées :

$$BE_i = E[\hat{BE}_i]$$

En utilisant la VaR comme mesure de risque, le Risk Adjustment pour un module de risque i peut être obtenu par :

$$RA_i = VaR(\hat{BE}_i) - BE_i$$

Par exemple, pour calculer le RA associé au risque de longévité, l'application d'une approche par quantile pourrait consister à modéliser la distribution des flux de trésorerie par rapport à une dérive de la longévité. Néanmoins, cette solution est complexe et lourde opérationnellement. De plus, elle pourrait engendrer une forte volatilité des résultats. Celle-ci ne sera donc pas envisagée par la suite.

La méthode par scénario

Cette méthode a pour mérite d'utiliser les chocs S2 afin de les adapter aux besoins d'IFRS 17 (en termes d'horizon et d'appétence au risque). Il s'agit d'une méthode

similaire à un calcul de SCR sous Solvabilité 2. Pour un risque i , le calcul du RA est alors équivalent à un calcul de SCR élémentaire. L'idée principale est de commencer par calculer le *Best Estimate* central puis un *Best Estimate* choqué au titre du risque i considéré. Le RA relatif au risque i est obtenu en faisant :

$$RA_i = BE_i^{Choc} - BE_i$$

Où :

- RA_i : le RA obtenu pour le risque i ;
- BE_i^{Choc} : le BE obtenu après choc pour le risque i ;
- BE_i : le BE central pour le risque i .

Dans l'environnement Solvabilité 2, les chocs sont vus à un horizon 1 an avec un seuil 99,5%. Or, pour évaluer le RA, l'horizon doit être étendu à l'ultime et le seuil doit être ajusté.

- L'étape 1 : calibrage du choc à un nouveau niveau de quantile

En supposant que la distribution des pertes et profits associée à la détention sur une période correspond à une distribution normale standard, on peut recalibrer le choc grâce à cette formule :

$$Choc\ IFRS\ 17_i = \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} Choc\ S2_i$$

Avec :

- q_α : le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil α ;
- $q_{99,5\%}$: le quantile d'une loi normale centrée réduite au seuil 99,5% ;
- $Choc\ IFRS\ 17_i$: le choc IFRS 17 pour le risque i ;
- $Choc\ S2_i$: le choc S2 pour le risque i .

- L'étape 2 : calibrage du choc à un horizon ultime

En supposant de nouveau que la distribution des pertes et profits associée à la détention sur une période correspond à une distribution normale standard et que les pertes quotidiennes sont indépendantes et identiquement distribuées, on peut utiliser la formule :

$$VaR(X, \alpha)^n = \sqrt{n} \cdot VaR(X, \alpha)^1$$

On en déduit :

$$Choc\ IFRS\ 17_i^t = \sqrt{t} \cdot \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} ChocS2_i$$

Dans le cas où on suppose que le choc est constant et que l'horizon de détention correspond à la durée, on obtient :

$$Choc\ IFRS\ 17_i = \sqrt{Duration} \cdot \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} ChocS2_i$$

Cette méthode est la plus adaptée à notre cas. En effet, l'outil de calcul du BE des rentes à disposition permet de changer facilement le choc. De cette façon, on suppose que le choc est constant et que l'horizon de détention correspond à la durée afin de pouvoir utiliser cette dernière formule. De plus, en testant la formule composée de \sqrt{t} on se rend compte que le vecteur choc explose avec les années de projection tandis que celui avec la $\sqrt{duration}$ reste constant :

Un vecteur de choc prenant des valeurs si importantes impactera fortement les résultats obtenus pour le BE choqué ce qui n'est pas optimal et pas nécessairement réaliste car nous obtiendrions un RA très élevé pour ces risques.

3.7.3 Les résultats pour le RA sur la branche vie

Les RA des risques relatifs à la branche vie sont donc les suivants :

Il est important de remarquer que le RA pour le quantile à 99,5% dépasse largement le SCR calculé avec ce même quantile. En effet, un biais dans la méthode utilisant $\sqrt{duration}$ a été observé après étude de ces résultats.

Lorsque le quantile est très élevé, on observe dans le tableau précédent que le choc explose. Or, ce dernier impacte les probabilités de survie relatives aux tables de mortalité :

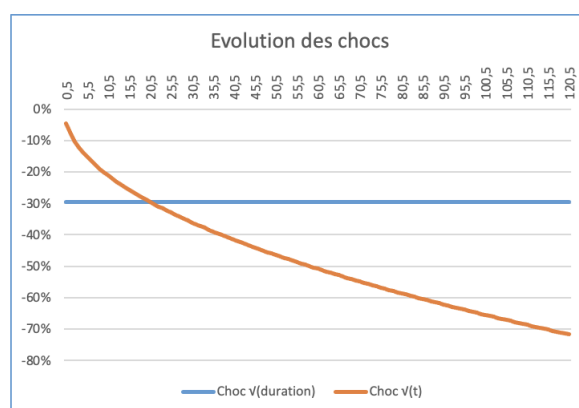


FIGURE 3.9 – Evolution du choc en fonction de la formule

		SCR	RA								
			60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99,50%
Risque de longévité	Choc	-20%	-9%	-13%	-18%	-24%	-29%	-36%	-45%	-58%	-90%
	Montant agrégé	7M€	3M€	5M€	6M€	8M€	10M€	14M€	18M€	25M€	62M€
	Montant agrégé/BE	5%	2%	3%	4%	5%	7%	9%	11%	16%	38%
Risque de frais	Choc	10% puis 1%	4% puis 0%	7% puis 1%	9% puis 1%	12% puis 1%	15% puis 1%	18% puis 2%	22% puis 2%	29% puis 3%	45% puis 5%
	Montant agrégé	1M€	0,3M€	0,5M€	0,7M€	1,2M€	2M€	2M€	2M€	3M€	7M€
	Montant agrégé/BE	1%	0,2%	0,3%	0,5%	0,6%	1%	1%	1%	2%	4%
Risque de révision	Choc	3%	1%	2%	3%	4%	4%	5%	7%	9%	14%
	Montant agrégé	4M€	2M€	2M€	3M€	5M€	6M€	7M€	9M€	11M€	18M€
	Montant agrégé/BE	2%	1%	2%	2%	3%	3%	4%	6%	7%	11%

FIGURE 3.10 – Résultats du RA pour les risques de la branche vie

plus le choc est élevé et moins les probabilités de survie diminuent avec l'âge de l'assuré. De cette façon, les rentes durent beaucoup plus longtemps que la normale et elles diminuent à une vitesse anormalement lente. Le BE choqué croît donc de façon exponentielle. Après plusieurs tests et grâce au tableau ci-dessus, on observe ce biais uniquement lorsque le quantile se rapproche de 100%. Cette méthode reste donc valable si on reste dans le cadre du RA avec un quantile entre 75% et 85% comme le marché le prévoit.

3.8 La corrélation

Afin de corréliser les résultats obtenus pour l'ensemble des risques de chaque branche, l'hypothèse très forte qui nous a semblé la plus évidente, était d'utiliser les matrices corrélation S2. En effet, cela permet de conserver à nouveau la cohérence avec Solvabilité 2 et l'utilisation d'une cartographie des risques similaire, le tout en utilisant des outils de corrélation déjà bien connus. De plus, cette méthode semble être envisagée par plusieurs acteurs du marché. Elle associe donc simplicité ainsi que cohérence entre les normes et les acteurs du marché.

Le graphique 2.6 que nous avons présenté au paragraphe 2.5 est le schéma utilisé pour établir la corrélation.

Plusieurs matrices de corrélation⁹ utilisées pour les 2 niveaux de calcul permettant d'obtenir le RA total du périmètre automobile étudié. Voici les résultats finaux obtenus :

	SCR	RA								
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99,50%
Non Vie	361M€	18M€	30M€	43M€	58M€	74M€	93M€	117M€	153M€	261M€
Primes et réserves NV	336M€	18M€	30M€	42M€	56M€	71M€	90M€	113M€	148M€	243M€
Catastrophe NV	73M€	1M€	2M€	3M€	5M€	7M€	10M€	13M€	17M€	50M€
Vie	10M€	4M€	6M€	8M€	10M€	14M€	18M€	22M€	31M€	70M€
Longévité	7M€	3M€	5M€	6M€	8M€	10M€	14M€	18M€	25M€	62M€
Frais	1M€	0,3M€	0,5M€	0,7M€	1,2M€	2M€	2M€	2M€	3M€	7M€
Révision	4M€	2M€	2M€	3M€	5M€	6M€	7M€	9M€	11M€	18M€
TOTAL	361M€	19M€	31M€	44M€	58M€	74M€	94M€	118M€	156M€	270M€
TOTAL / Volume Réserves et Primes	35%	2%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	10%	17%

FIGURE 3.11 – Résultats du RA global du périmètre auto

Ces résultats peuvent être représentés sous cette forme :

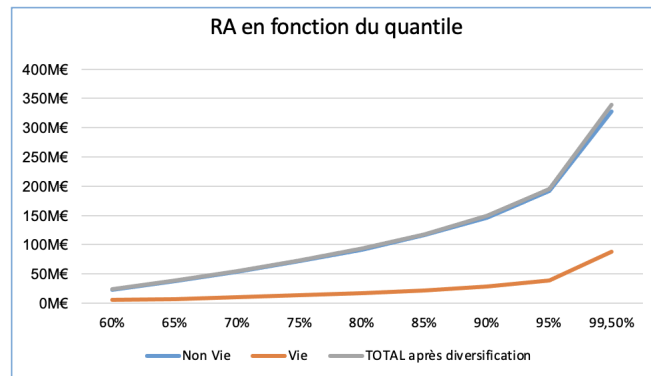


FIGURE 3.12 – Représentation des RA obtenus sur les différents niveaux de quantile

Tout d'abord, on observe que le RA corrélé et calculé au niveau de quantile 99,5% est plus faible que le SCR. On remarque aussi que plus l'appétence au risque diminue, plus le RA augmente. Le RA représente donc un levier de pilotage si on observe l'évolution des valeurs en fonction des quantiles. On peut émettre l'hypothèse que cela sera décuplé à l'échelle de tous les périmètres de l'entreprise et donc le levier de pilotage d'autant plus important.

9. Voir les matrices de corrélation utilisées en Annexe E

Conclusion

L'entrée en vigueur de la norme IFRS 17 d'ici le 1^{er} janvier 2023 bouleverse le monde de l'assurance. En effet, cette norme n'impose aucun calcul et oblige donc les assureurs à repenser leur organisation et leurs processus pour pouvoir respecter les règles imposées. Malgré la liberté que laisse la norme sur l'ensemble des notions à traiter, les entreprises doivent proposer des méthodes cohérentes, pertinentes et justifiables auprès du régulateur.

Le caractère prescriptif de la norme IFRS 17 a soulevé de nombreuses difficultés en ce qui concerne la modélisation du *Risk Adjustment*. En effet, à chaque étape de la mise en place du processus nous pouvions être confrontés à des complications qui engendraient de nouvelles interrogations. Il existait, par exemple, des divergences sur la cartographie des risques à prendre en compte ainsi que sur la maille de calcul à considérer mais aussi des incohérences sur les valeurs obtenues à certaines étapes. L'ensemble de ces complications rajoutait de nouvelles perspectives à proposer ainsi que des hypothèses à envisager qui devaient être validées.

De plus, hormis l'objectif de trouver la meilleure approche calculatoire pour le RA, il était aussi primordial de capitaliser sur l'existant relatif à Solvabilité 2. Cela permettait de réfléchir à long terme dans le but de diminuer les besoins lors des clôtures mais aussi de conserver une cohérence réglementaire entre les différentes normes auxquelles est soumise l'entreprise. En revanche, aucun outil utilisé sous Solvabilité 2 ne pouvait être repris sans modification, nous avons donc procédé à des ajustements d'outils existants pour obtenir des résultats.

Les étapes de modélisation pouvaient être laborieuses mais, l'étude des résultats nous a également réservé des surprises. Des anomalies ont été observées sur certains résultats comme ceux relatifs aux risques sur les rentes. Elles ont dû être approfondies et pourront aussi être revues par la suite afin d'améliorer la modélisation du RA lui correspondant. Dans la même perspective, nous pourrions tester de nouvelles méthodes alternatives aux approximations qui ont été proposées. De même, certaines hypothèses faites dans le cadre de notre étude pourraient être challengées

Malgré l'obtention de résultats, il reste encore des perspectives de calcul à étudier

avant le 1^{er} janvier 2023 en ce qui concerne la publication du RA cédé et de l'allocation du RA à la maille de calcul exigée par la norme IFRS 17. Pour cela, des réflexions commencent à être menées mais de nombreuses méthodes peuvent s'appliquer ce qui complexifie la décision concernant celle à mettre en place. L'ensemble des pistes envisagées pour ces perspectives ne sont pas définitives et il pourrait être intéressant de tester plusieurs méthodes avant de choisir la plus adéquate.

Enfin, l'étude se fait au niveau du portefeuille automobile de l'entreprise mais les calculs du RA doivent être faits sur l'ensemble des périmètres avant la date fatidique. Pourtant, adapter l'ensemble de ses méthodes à un périmètre plus large ne sera pas une tâche aisée, nous pouvons déjà imaginer que des complications seront à gérer.

Annexe A

IFRS 17 - Insurance Contracts : Appendix A

Selon cette annexe, qui définit l'ensemble des termes relatifs à la norme IFRS 17, un contrat d'assurance avec participation directe est un contrat d'assurance pour lequel à l'origine :

- Les clauses contractuelles précisent que le preneur d'assurance participe à une part d'un ensemble de sous-jacents clairement identifié ;
- L'entité s'attend à payer au preneur d'assurance un montant correspondant à une part substantielle des rendements de la juste valeur des éléments sous-jacents ;
- L'entité s'attend à ce qu'une proportion substantielle de toute variation des montants à payer au preneur d'assurance varie avec la variation de la juste valeur des éléments sous-jacents.

De l'autre côté, un contrat d'assurance sans participation directe est un contrat qui ne possède aucune des trois caractéristiques énoncées ci-dessus.

Annexe B

Solvabilité 2 - Règlement délégué : calcul du risque catastrophe en non-vie

On rappelle que le risque catastrophe possède 4 sous-modules qui s'agrègent avec la formule suivante afin de obtenir le capital requis du module :

$$SCR_{CAT} = \sqrt{(SCR_{catnat} + SCR_{dommnpp})^2 + SCR_{cathum}^2 + SCR_{cather}^2}$$

- SCR_{catnat} : le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe naturelle ;
- $SCR_{dommnpp}$: le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe en réassurance dommages non proportionnelle ;
- SCR_{cathum} : le capital requis pour le sous-module de risque de catastrophe d'origine humaine ;
- SCR_{cather} : le capital requis pour le sous-module des autres risques de catastrophe en non-vie.

Calcul pour le sous-module risque de catastrophe naturelle

L'exigence de capital du sous-module de risque de catastrophe naturelle se calcule avec la formule :

$$SCR_{catnat} = \sqrt{\sum_i SCR_i^2}$$

Où :

- SCR_i : le capital requis pour le sous-module i ;
- La somme se compose de l'ensemble des combinaisons possibles des sous-modules qui composent le risque de catastrophe naturelle :
 - Le sous-module risque de tempête ;
 - Le sous-module risque de séisme ;
 - Le sous-module risque d'inondation ;
 - Le sous-module risque de grêle ;
 - Le sous-module risque d'affaissement de terrain.

Calcul pour le sous-module risque de catastrophe en réassurance dommages non proportionnelle

L'exigence de capital pour le risque de catastrophe en réassurance dommages non proportionnelle est égale à la perte de fonds propres de base de l'entreprise d'assurance et de réassurance qui résulterait d'une perte soudaine liée à chaque contrat de réassurance couvrant les engagements de réassurance en rapport avec la ligne d'activité 28¹, autres que les engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance liés aux lignes d'activité 9 et 21. Le montant de la perte soudaine exprimée ci-dessus, sans déduction des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation, se calcule comme suit :

$$SCR_{dommnpp} = 2,5 \cdot (0,5 \cdot DIV_{dommnpp} + 0,5) \cdot P_{dommnpp}$$

Avec :

- $DIV_{dommnpp}$: ce paramètre est calculé grâce à la formule :

$$DIV_{dommnpp} = \frac{\sum_r (V_{p,rg,s} + V_{r,rg,s})^2}{(\sum_r (V_{p,rg,s} + V_{r,rg,s}))^2}$$

Avec :

- $V_{p,rg,s}$: représente la mesure du volume pour le risque de primes du segment s et de la région r ;
- $V_{r,rg,s}$: représente la mesure du volume pour le risque de réserves du segment s et de la région r .

Mais sur la base des primes acquises par l'entreprise d'assurance ou de réassurance pour les engagements de réassurance en rapport avec la LoB 28, autres que les engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance liés aux LoB 9 et 21 ;

1. Voir Annexe C pour avoir le détail de toutes les lignes d'activité citées dans cette annexe

-
- $P_{dommnpp}$: ce paramètre représente une estimation des primes à acquérir par l'entreprise d'assurance ou de réassurance au cours des 12 mois à venir pour chaque contrat couvrant les engagements de réassurance en rapport avec la LoB 28, autres que les engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance liés aux LoB 9 et 21. Aux fins de ce calcul, les primes sont brutes, sans déduction des primes relatives aux contrats de réassurance².

Calcul pour le sous-module risque de catastrophe d'origine humaine

L'exigence de capital du sous-module de risque de catastrophe d'origine humaine se calcule avec la formule :

$$SCR_{cathum} = \sqrt{\sum_i SCR_i^2}$$

Où :

- SCR_i : le capital requis pour le sous-module i ;
- La somme se compose de l'ensemble des combinaisons possibles des sous-modules qui composent le risque de catastrophe d'origine humaine :
 - Le sous-module risque de responsabilité civile automobile ;
 - Le sous-module risque marin ;
 - Le sous-module risque aérien ;
 - Le sous-module risque d'incendie ;
 - Le sous-module risque de responsabilité civile ;
 - Le sous-module de risque de crédit et caution.

Calcul pour le sous-module des autres risques de catastrophe non-vie

L'exigence de capital relative aux autres risques de catastrophe en non-vie est égale à la perte de fonds propres de base de l'entreprise d'assurance ou de réassurance qui résulterait de la perte soudaine d'un montant qui, sans déduction des montants recouvrables au titre de la réassurance et des véhicules de titrisation, se calcule comme suit :

$$SCR_{catother} = \sqrt{(c_1.P_1 + c_2.P_2)^2 + (c_3.P_3)^2 + (c_4.P_4)^2 + (c_5.P_5)^2}$$

Avec :

2. Voir les LoB correspondantes à l'Annexe C

- P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 : les estimations de la prime brute, sans déduction des montants recouvrables au titre de la réassurance, que s'attend à acquérir l'entreprise d'assurance ou de réassurance au cours des 12 mois à venir en lien avec les groupes d'engagements d'assurance et de réassurance 1 à 5 ;
- c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 : les facteurs de risque des groupes d'engagements d'assurance et de réassurance 1 à 5.

Les groupes d'engagements et leurs facteurs de risque associés sont :

1. Les engagements d'assurance et de réassurance figurant aux lignes d'activité 6 et 18, autres que l'assurance et la réassurance maritimes et aériennes, dont le facteur de risque est de 100% ;
2. Les engagements de réassurance figurant à la ligne d'activité 27, autres que la réassurance maritime et aérienne, avec un facteur de risque de 250% ;
3. Les engagements d'assurance et de réassurance figurant aux lignes d'activité 12 et 24, autres que l'assurance et la réassurance « extension de garantie », pour autant que le portefeuille de ces engagements soit très diversifié et que ces engagements ne couvrent pas les coûts liés au rappel des produits. On entend par « extension de garantie », tout engagement d'assurance couvrant les coûts de réparation ou de remplacement en cas de panne d'un bien de consommation utilisé de manière privée par un particulier, et pouvant également fournir une couverture supplémentaire contre des risques tels que les dommages accidentels, la perte ou le vol ainsi qu'une assistance à l'installation, la maintenance et l'utilisation du bien. Il est lié à un facteur de risque de 40% ;
4. Les engagements d'assurance et de réassurance figurant à la ligne d'activité 26, autres que l'assurance et la réassurance responsabilité générale, associé à un facteur de risque de 250% ;
5. Les engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance figurant aux lignes d'activité 9 et 21, rattaché à un facteur de risque de 250%.

Annexe C

Solvabilité 2 - Règlement délégué : les lignes d'activités (appelées aussi « Line of Business - LoB »)

Engagements d'assurance non-vie

1. Assurance des frais médicaux : engagements d'assurance de frais médicaux dans les cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie, autres que les engagements visés à la ligne d'activité 3 ;
2. Assurance de protection du revenu : engagements d'assurance de protection du revenu dans les cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie, autres que les engagements visés à la ligne d'activité 3 ;
3. Assurance d'indemnisation des travailleurs : engagements d'assurance santé relatifs aux accidents du travail et aux maladies professionnelles, dans les cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie ;
4. Assurance de responsabilité civile automobile : engagements d'assurance couvrant toute responsabilité découlant de l'utilisation d'un véhicule à moteur terrestre (y compris la responsabilité du transporteur) ;
5. Autre assurance des véhicules à moteur : engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les véhicules à moteur terrestres (y compris les véhicules ferroviaires) ;
6. Assurance maritime, aérienne et transport : engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les véhicules fluviaux, lacustres ou maritimes et les aéronefs, et tout dommage subi par les marchandises transportées ou les bagages quel que soit le moyen de transport. Engagements d'assurance couvrant tous les passifs découlant de l'utilisation d'aéronefs ou de navires, bateaux ou embarcations naviguant sur la mer, les lacs, rivières ou canaux (y compris la responsabilité du transporteur) ;

7. Assurance incendie et autres dommages aux biens : engagements d'assurance couvrant tout dommage subi par les biens ne relevant ni de la ligne d'activité 5, ni de la ligne d'activité 6, par suite d'un incendie, d'une explosion, des forces de la nature y compris les tempêtes, la grêle ou le gel, d'un accident nucléaire, d'un affaissement de terrain ou d'un autre événement tel que le vol ;
8. Assurance de responsabilité civile générale : engagements d'assurance couvrant tous les domaines, sauf ceux des lignes d'activité 4 et 6 ;
9. Assurance crédit et cautionnement : engagements d'assurance couvrant l'insolvabilité, le crédit à l'exportation, la vente à tempérament, le crédit hypothécaire, le crédit agricole et les sûretés directes et indirectes ;
10. Assurance de protection juridique : engagements d'assurance couvrant les frais juridiques et le coût des actions en justice ;
11. Assurance assistance : engagements d'assurance couvrant l'assistance aux personnes qui rencontrent des difficultés lorsqu'elles sont en voyage, en déplacement ou loin de leur lieu de résidence habituel ;
12. Assurance pertes pécuniaires diverses : engagements d'assurance couvrant le risque d'emploi, l'insuffisance de recettes, les intempéries, la perte de bénéficiaires, la persistance de frais généraux, les frais commerciaux imprévus, la diminution de la valeur vénale, la perte de loyers ou de revenus, les pertes commerciales indirectes autres que celles mentionnées plus haut, les pertes pécuniaires non commerciales, ainsi que tout autre risque d'assurance non-vie qui n'est pas couvert par les lignes d'activité déjà citées.

Engagements de réassurance proportionnelle en non-vie

Les lignes d'activités 13 à 24 comprennent les engagements de réassurance proportionnelle qui portent sur les engagements visés respectivement aux lignes d'activité 1 à 12.

Engagements de réassurance non proportionnelle en non-vie

25. Réassurance santé non proportionnelle : engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance visés aux lignes d'activité 1 à 3 ;
26. Réassurance accidents non proportionnelle : engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance visés aux lignes d'activité 4 et 8 ;
27. Réassurance maritime, aérienne et transport non proportionnelle : engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance visés à la ligne d'activité 6 ;
28. Réassurance dommages non proportionnelle : engagements de réassurance non proportionnelle relatifs aux engagements d'assurance visés aux lignes d'activité 5, 7, 9 et 12.

Engagements d'assurance vie

29. Assurance santé : engagements d'assurance santé dans le cas où l'activité sous-jacente n'est pas exercée sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie, autres que les engagements visés à la ligne d'activité 33 ;
30. Assurance avec participation aux bénéficiaires : engagements d'assurance avec participation aux bénéficiaires autres que les engagements visés aux lignes d'activité 33 et 34 ;
31. Assurance indexée et en unités de compte : engagements d'assurance avec prestations indexées et en unités de compte, autres que les engagements visés aux lignes d'activité 33 et 34 ;
32. Autre assurance vie : engagements d'assurance vie autres que les engagements visés aux lignes d'activité 29, 31, 33 et 34 ;
33. Rentes découlant des contrats d'assurance non-vie et liées aux engagements d'assurance santé ;
34. Rentes découlant des contrats d'assurance non-vie et liées aux engagements d'assurance autres que les engagements d'assurance santé.

Engagements de réassurance vie

35. Réassurance santé : engagements de réassurance relatifs aux engagements visés aux lignes d'activité 29 et 33 ;
36. Réassurance vie : engagements de réassurance relatifs aux engagements visés aux lignes d'activité 30, 32 et 34.

Celles relatives à l'étude sont listées plus haut ¹.

1. Voir Paragraphe 3.2

Annexe D

Solvabilité 2 : Les facteurs de crédibilité pour la méthode USP

Pour les LoB 1, 5 et 6

Durée en années	Facteur de crédibilité c
5	34%
6	43%
7	51%
8	59%
9	67%
10	74%
11	81%
12	87%
13	92%
14	96%
15 et plus	100%

Pour les autres LoB

Durée en années	Facteur de crédibilité c
5	34%
6	51%
7	67%
8	81%
9	92%
10 et plus	100%

Annexe E

Les matrices de corrélation utilisées pour l'étude

La matrice de corrélation pour le risque de primes et le risque de réserves

Les titres des lignes et des colonnes se rapportent aux numéros des LoB mentionnés à l'Annexe C.

	4 et 16	5 et 17	6 et 18	7 et 19	8 et 20	9 et 21	10 et 22	11 et 23	12 et 24	26	27	28
4 et 16	1	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25
5 et 17	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
6 et 18	0,5	0,25	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25
7 et 19	0,25	0,25	0,25	1	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5
8 et 20	0,5	0,25	0,25	0,25	1	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
9 et 21	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
10 et 22	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
11 et 23	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	1	0,5	0,25	0,25	0,5
12 et 24	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,25
26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	1	0,25	0,25
27	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	1	0,25
28	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	1

Les matrices de corrélation pour le RA non-vie et le RA vie

- La matrice de corrélation pour les risques de la branche non-vie

	Primes et réserves	Catastrophe	Résiliation
Primes et réserves	1	0,25	0
Catastrophe	0,25	1	0
Résiliation	0	0	1

- La matrice de corrélation pour les risques de la branche vie

	Mortalité	Longévité	Incap- Inval	Frais	Revalo- risation	Résiliation	Cata- strophe
Mortalité	1	-0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
Longévité	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
Incap- Inval	0,25	0	1	0,5	0	0	0,25
Frais	0,25	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,25
Revalo- risation	0	0,25	0	0,5	1	0	0
Résiliation	0	0,25	0	0,5	0	1	0,25
Cata- strophe	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	1

La matrice de corrélation pour le RA total

	Marché	Contrepartie	Vie	Santé	Non-vie
Marché	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Contrepartie	0,25	1	0,25	0,25	0,5
Vie	0,25	0,25	1	0,25	0
Santé	0,25	0,25	0,25	1	0
Non-vie	0,25	0,5	0	0	1

Bibliographie

- [Artzner *et al.*, 1998] ARTZNER, P., DELBEAN, F., EBER, J. M. et HEATH, D. (1998). Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*.
- [Aucoin, 2019a] AUCOIN, T. (2019a). Ifrs 17 : Exemples illustratifs. *Galéa et Associés*.
- [Aucoin, 2019b] AUCOIN, T. (2019b). Ifrs 17 : Principes et enjeux opérationnels. *Galéa et Associés*.
- [Aucoin, 2019c] AUCOIN, T. (2019c). Nature et calcul de l'ajustement pour risque non financier dans un environnement incertain.
- [Bedi, 2018] BEDI, N. (2018). Modélisation du risque de tempête en France métropolitaine.
- [Charpentier et Denuit, 2004] CHARPENTIER, A. et DENUIT, M. (2004). *Mathématiques de l'assurance non-vie - tome 1*. Economica.
- [Charpentier et Denuit, 2005] CHARPENTIER, A. et DENUIT, M. (2005). *Mathématiques de l'assurance non-vie - tome 2*. Economica.
- [Commission-Européenne, 2015] COMMISSION-EUROPEENNE (2015). Règlement délégué (ue) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014.
- [Detroulleau et Poret, 2017] DETROULLEAU, S. et PORET, P. (2017). Norme ifrs 17 - les défis à relever pour les assureurs d'ici 2021. *Optimind*.
- [Devineau, 2019] DEVINEAU, L. (2019). Cahier spécial ifrs 17 - principes et enjeux opérationnels. *Addactis*.
- [Efron et Verrall, 1993] EFRON, B. et VERRALL, R. (1993). Introduction to the bootstrap.
- [EIOPA, 2010] EIOPA (2010). Solvency ii - calibration paper.
- [El Alami, 2020] EL ALAMI, T. (2020). Risk adjustment : Techniques d'évaluation et adaptation des calculs solvabilité ii.
- [El Warari, 2019] EL WARARI, O. (2019). Ifrs 17 en réassurance : Modélisation de l'ajustement pour risque non financier.
- [England et Facey, 2017] ENGLAND, P. et FACEY, M. (2017). Ifrs 17 risk adjustments and risk margins using cost-of-capital approach : Estimating future capital requirements. *Institute and Faculty of Actuaries*.

- [England et Verrall, 1999] ENGLAND, P. et VERRALL, R. (1999). Analytic and bootstrap estimates of prediction errors in claims reserving.
- [IASB, 2017a] IASB (2017a). IFRS standards - IFRS 17 insurance contracts.
- [IASB, 2017b] IASB (2017b). IFRS standards illustrative examples - IFRS 17 insurance contracts.
- [KPMG, 2017] KPMG (2017). IFRS 17 insurance contracts - first impressions.
- [Lacour, 2018] LACOUR, J. (2018). Problématique de seuils de gravité en provisionnement non-vie.
- [Lemaire, 2014] LEMAIRE, J. (2014). Impacts du provisionnement en norme actuelle et en normes solvabilité II.
- [Lenfant, 2010] LENFANT, M. (2010). Variabilité des provisions et pertinence des données : quelle méthodologie ?
- [Mack, 1993] MACK, T. (1993). Distribution-free calculation of the standard error of chain ladder reserve estimates.
- [Pougeon, 2019] POUGEON, J. (2019). Ajustement pour risque sous IFRS 17 : Impacts des méthodes de calculs sur un portefeuille non-vie.
- [Saadani Hassani, 2019] SAADANI HASSANI, Y. (2019). Modélisation de l'ajustement pour risque sous IFRS 17 pour un assureur.
- [Sow, 2020] SOW, A. (2020). Introduction à IFRS 17. *EURIA*.
- [Velut, 2018] VELUT, M. (2018). Enjeux et modélisation de l'ajustement pour risque sous la norme IFRS 17.
- [Willmann, 2010] WILLMANN, N. (2010). Mesure d'incertitude sur le provisionnement en assurance non-vie.

Table des figures

0.1	Cartographie des risques entrant dans le périmètre	x
0.2	RA du portefeuille Automobile en fonction du quantile	xii
0.3	Mapping of risks within the scope	xiv
0.4	RA of the Car portfolio as a function of the quantile	xvi
1.1	Cycle de vie d'un produit d'assurance	6
1.2	Schéma de la mutualisation	6
1.3	Cycle de la vie d'un sinistre automobile	7
1.4	Schéma de la PPNA	9
1.5	Pays ayant adopté les normes IFRS	10
1.6	Bilan IFRS 17	14
1.7	Représentation de la LRC et LIC	14
1.8	Schéma du choix de modélisation des contrats	17
1.9	Fonctionnement du modèle PAA	18
1.10	Schéma des 3 piliers de Solvabilité 2	20
1.11	Bilan Solvabilité 2 simplifié	21
1.12	Cartographie des risques compris dans le SCR en Formule Standard	25
1.13	Tableau comparatif de Solvabilité 2 et IFRS 17	28
2.1	Echelle relative au RA	30
2.2	Tableau comparatif du RA et de la RM	34
2.3	Schéma comparatif de la Var et de la TVaR	39
2.4	Cartographie des risques du SCR pouvant être assimilés au RA	41
2.5	Représentation des risques CAT compris dans le périmètre automobile	42
2.6	Structure de calcul du RA	43
3.1	Triangle de liquidation des règlements ou des charges cumulés	52
3.2	Volatilités obtenues pour le risque de réserves	56
3.3	Représentation des volatilités obtenues pour le risque de réserves sur les différentes LoB	56
3.4	Volatilités obtenues pour le risque de primes	58
3.5	Représentation des volatilités obtenues pour le risque de primes sur les différentes LoB	58
3.6	Résultats du RA pour le risque de primes et réserves	61

3.7	Résultats du RA pour le risque CAT non-vie	65
3.8	Schéma de l'âge de l'assuré à la date de calcul	67
3.9	Evolution du choc en fonction de la formule	71
3.10	Résultats du RA pour les risques de la branche vie	71
3.11	Résultats du RA global du périmètre auto	72
3.12	Représentation des RA obtenus sur les différents niveaux de quantile	72