



Mémoire présenté le :

pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA
et l'admission à l'Institut des Actuaire

Par : CHEIKH IBRAHIMA SENE

Titre : Adéquation au profil de risque et besoin Global de Solvabilité

Confidentialité : [X] NON [ ] OUI (Durée : [ ] 1 an [ ] 2 ans)

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

Membres présents du jury de l'Institut des Actuaire Signature

Entreprise : GROUPAMA ASSURANCE MUTUELLES

Nom : DIDIER GUILLAUME

Signature :

Membres présents du jury de l'ISFA

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : ALI GOUMAR

Signature :

Invité :

---

Nom :

---

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

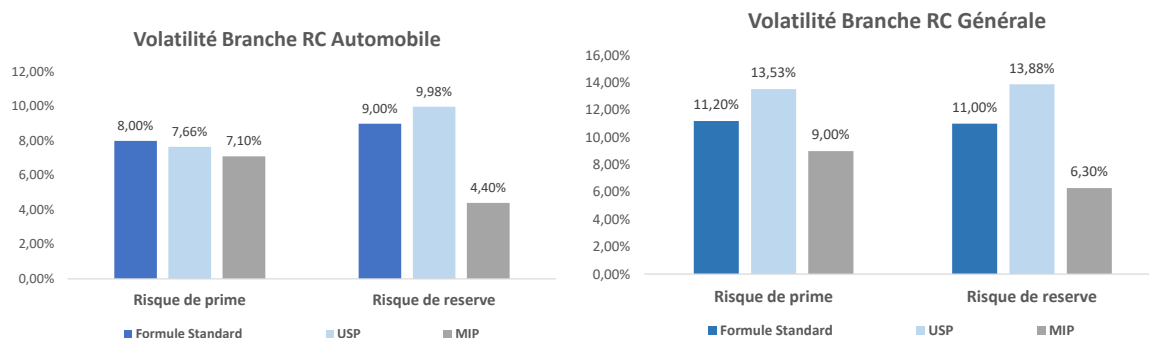
## Synthèse

Dans le cadre de son système de gestion des risques et afin d'avoir une meilleure maîtrise de ses risques, notre entité (compagnie d'assurance non-vie) souhaite mieux expliciter son Besoin Global de Solvabilité (BGS). En effet cela permettra de répondre à une contrainte réglementaire sur la nécessité de définir des limites de tolérances aux risques afin d'être conforme avec l'article 256 du Règlement délégué ainsi qu'aux orientations 17 et 18 de la notice Solvabilité II portant sur la gouvernance. Cette observation va aussi dans le sens de l'article R354-2 I du code des assurances permettant à l'entreprise de mieux « déceler, mesurer, contrôler, gérer et déclarer en permanence ses risques ». Dans ce mémoire nous avons présenté la démarche adoptée pour répondre à cette exigence réglementaire.

Elle consiste tout d'abord à mieux décrire notre profil de risque. Celui-ci est initié à partir d'une cartographie des risques permettant de présenter les risques majeurs de notre entité. La mesure choisie est celle de la formule standard à savoir la  $V@R$  à 99,5% à horizon un an. L'évaluation des exigences réglementaires ainsi choisie permet de montrer la prépondérance du risque de souscription non-vie (67% du SCR total) et précisément de celui du risque de prime et réserve.

De plus selon une vision d'expert ce risque apparaît comme surévalué compte tenu des historiques et des protections de réassurance mise en place. Ainsi cette forte exposition au risque de souscription non-vie nous a conduit à étudier d'autres alternatives telles que les *USP (Undertaking Specific Parameter)* et le modèle interne partiel (*MIP*) pour mieux appréhender notre profil de risques. Notre analyse s'est focalisée sur les deux branches les plus importantes. A savoir la Responsabilité Civile Automobile et la Responsabilité Civile générale (23,7% des volumes bruts des primes et 68,3% des volumes bruts des réserves).

Les résultats obtenus montrent que les volatilités calculées via les *USP* sont relativement proches de celles de la formule standard. Ceci est en partie lié au facteur de crédibilité qu'il faut utiliser entre la volatilité de la formule standard et celle de notre historique (5 années disponibles). Le modèle interne partiel, quant à lui, permet d'obtenir des volatilités plus faibles en adéquation avec celles observées sur notre historique. Surtout sur le risque de réserve où elles peuvent être deux fois moins importantes que celles proposées par la formule standard. Cela provient des effets suivants : le modèle, la longueur d'historique disponible et la prise en compte ad hoc des caractéristiques de la construction décennale.



Cette première étape nécessaire pour l'évaluation de notre BGS démontre que le *MIP* appréhende finement la nature des risques souscrits et ses différentes spécificités notamment sur le métier construction. Il nous permet également de tenir compte de notre structure de réassurance, dispositif d'atténuation important des risques.

Dans la deuxième étape de notre démarche, nous avons défini un cadre de tolérance aux risques à partir des dimensions résultat opérationnel et solvabilité. A chacune de ces dimensions ont été associés des indicateurs permettant de les suivre et voir si les seuils ont été franchis.

Notre entité a aussi fixé deux scénarios adresses de chocs financiers (récession et souverain) et techniques auxquels elle souhaite résister sans franchir un plancher matérialisé par une couverture à 100%. La dimension solvabilité mesurée par le ratio de solvabilité post-stress est l'indicateur central de ce dispositif car il reflète les deux composants à protéger que sont le risque à travers le *SCR* en situation stressée et la valeur avec la prise en compte des fonds propres économiques.

Eléments de couverture BGS (M€)	Situation Initiale	Situation post stress recession	Situation post stress souverain
Eléments éligibles	865,6	680,6	764,2
Exigence en capital	551,5	532,7	541,5
<b>Ratio de couverture du SCR</b>	<b>157%</b>	<b>128%</b>	<b>141%</b>

Sur la base de ces simulations, la situation de solvabilité de notre entité dans le cadre plus contraint demeure satisfaisante à 128%. Le BGS ainsi défini permet à notre entité de disposer d'un coussin d'environ 30 points de solvabilité lui permettant d'absorber les chocs techniques et financiers.

Notre Besoin Global de Solvabilité est fondé sur une évaluation des exigences réglementaires, basée sur le *MIP* et la mise en place d'un cadre de tolérance au risque. Cela permet d'avoir une approche des risques plus fidèle à notre activité et conforme à la réglementation. Ce qui nous permet de répondre à une contrainte réglementaire. Cependant cela ne saurait suffire à avoir une bonne maîtrise de nos risques sans une réelle déclinaison du BGS au niveau opérationnel.

**Mots clés :** Gestion des risques, Solvabilité II, Formule standard, Modèle interne partiel, exigence en capital règlementaire, USP, ORSA, Besoin Global de Solvabilité, Tolérance aux risques

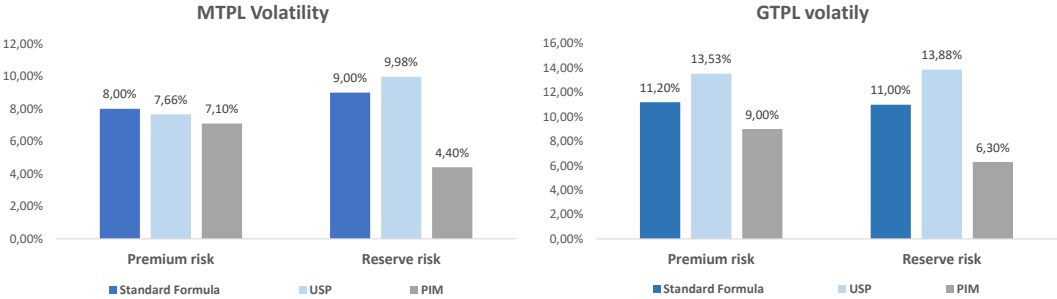
# Summary

As part of its risk management system and in order to have better control of its risks, our entity (non-life insurance company) would like to better explain its Overall Solvency Requirement. Indeed, this will make it possible to respond to a regulatory constraint on the need to define risk tolerance limits in order to comply with Article 256 of the Delegated Regulation as well as with guidelines 17 and 18 of the Solvency II notice on governance. This observation is also in line with Article R354-2 I of the Insurance Code allowing the company to better "detect, measure, control, manage and report its risks". In this thesis, we have presented the approach adopted to meet this regulatory requirement.

First of all it consists of better describing our risk profile. This is initiated from a risk mapping allowing to present the major risks of our entity. The measurement chosen is the one of the standard formula, namely the  $V@R$  at 99.5% with a one year horizon. The assessment of the regulatory requirements thus chosen makes it possible to show the preponderance of the non-life underwriting risk (67% of the SCR) and specifically the premium and reserve risk.

This high exposure of non-life underwriting risk has led us to study other alternatives such as the *USP* (Undertaking Specific Parameter) and the Partial Internal Model (*PIM*) to better understand our risk profile, in particular for the calculation of requirements on the risk of premiums and reserves. Our analysis focused on the two most important lines of business. Namely MTPL (Motor Third Party Liability) and GTPL (General Third Party Liability) (23.7% of gross premiums and 68.3% of gross reserves).

The results obtained show that the volatilities calculated via the *USP* are relatively close to those of the standard formula. This is partly linked to the credibility factor that must be used between the volatility of the Standard Formula and our specific historical data (5 years). The partial internal model, on the other hand, makes it possible to obtain lower volatilities, especially on the reserve risk, where they can be twice less than those proposed by the standard formula. This is due to the following effects: the model, the length of historical data available and the ad hoc consideration of the characteristics of the ten-year liability construction.



This first step, necessary for the evaluation of our Global Solvency Requirement, shows that the partial internal model has a detailed understanding of the nature of the risks underwritten and its various

specificities, particularly in the construction business. It also allows us to take into account our reinsurance structure, an important risk mitigation device.

In the second step of our approach, we defined a risk tolerance framework based on the dimensions of operating income and solvency. Indicators have been associated with to each dimension to monitor and control them.

Our entity has also set two adverse financial scenarios (recession and sovereign) and technical shocks which it wants to withstand without crossing a 100% floor. The solvency dimension measured by the post-stress solvency ratio is the central indicator of this system because it reflects the two components to be protected, which are the risk through the SCR in a stressed situation and the value with the inclusion of equity capital.

Global Solvency Requirement	Initial situation	Post recession stress situation	Post souverain stress situation
Eligible own funds	865,6	680,6	764,2
Capital requirement	551,5	532,7	541,5
<b>Ratio of eligible own funds to SCR</b>	<b>157%</b>	<b>128%</b>	<b>141%</b>

Based on these simulations, the solvency situation of our entity within the more constrained framework remains satisfactory at 128%. Thus, the defined Global Solvency Requirement allows our entity to have a cushion of around 30 points of solvency allowing it to absorb technical and financial shocks.

Our Global Solvency Requirement is based on an assessment of regulatory requirements, calculated from the PIM and the establishment of a risk tolerance framework. It allows us to have a suitable risk approach and compliant with regulations. However, this would not be enough to have good control of our risks without a real application of the Global Solvency Requirement at the operational level.

**Key words :** Risk management, Solvency II, Standard Formula, Partial internal model, capital requirement, USP, ORSA, Global Solvency Requirement, Risk appetite



<b>Synthèse .....</b>	<b>2</b>
<b>Summary.....</b>	<b>4</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>10</b>
<b>I. Cadre et contexte réglementaire .....</b>	<b>11</b>
1. Solvabilité II.....	11
2. ORSA : Evaluation interne des risques.....	12
3. Problématique .....	13
<b>II. Profil de risque .....</b>	<b>14</b>
1. Périmètre de l'étude.....	14
1.1. Description de l'entreprise.....	14
1.2. Engagement.....	15
2. Mesure de risque.....	16
2.1. Rappels et définitions.....	16
2.2. Principales mesures de risques .....	17
2.3. Choix de la mesure de risque .....	18
2.4. Avantages et limites de cette approche.....	18
3. Formule standard .....	19
3.1. Présentation générale .....	19
3.2. Focus sur le risque de souscription non-vie .....	20
3.3. Risque de primes et de réserves .....	21
3.4. Application.....	21
3.4.1. Evaluation du <i>Best-estimate</i> .....	22
3.4.2. Primes et Réserves.....	23
3.4.3. Rachat non-vie .....	23
3.4.4. Catastrophe non-vie.....	24
3.4.5. Autres modules et ajustements.....	25
3.4.6. Exigence en capital global .....	26
3.5. Eléments éligibles.....	26
3.5.1. Focus sur la marge pour risque.....	27
3.6. Synthèse règlementaire .....	28
4. Cartographie des risques .....	29
<b>III. Mesure de l'écart de profil de risque .....</b>	<b>31</b>
1. Profil de risque.....	31
2. Undertaking Specific Parameter (USP) .....	32



2.1.	Conditions d'applications .....	33
2.2.	Méthode de calcul .....	33
2.2.1.	Facteur de crédibilité .....	34
2.2.2.	Risque de réserve .....	34
2.2.3.	Risque de prime .....	36
2.3.	Application.....	36
2.3.1.	Responsabilité Civile Automobile.....	36
2.3.2.	Responsabilité Civile Générale.....	37
2.4.	Synthèse, limites et enjeux.....	39
3.	Modèle Interne Partiel (MIP).....	40
3.1.	Risque de réserve .....	41
3.1.1.	Claims Development result .....	42
3.1.2.	Modèle de Merz et Wüthrich.....	42
3.1.3.	Méthode du Bootstrap à un an.....	48
3.1.4.	Focus sur le risque construction .....	51
3.1.5.	Application .....	52
3.2.	Risque de prime.....	56
3.2.1.	Principe de calcul du SCR de prime.....	57
3.2.2.	Principe de calibrage.....	58
3.2.3.	Application .....	69
3.3.	Principe d'agrégation des SCR MIP.....	72
3.4.	Intégration des SCR dans la formule standard.....	73
3.4.1.	Désagrégation du SCR MIP.....	73
3.5.	Application.....	74
4.	Synthèse de l'utilisation du MIP sur le profil de risque .....	75
4.1.	Impact sur les exigences en capital .....	75
4.2.	Comparaison MIP vs FS .....	77
4.3.	Impact sur la marge pour risque (RM) .....	77
4.4.	Ratio de couverture.....	78
<b>IV.</b>	<b>Tolérance aux risques .....</b>	<b>78</b>
1.	Rappel et définition .....	79
2.	Benchmark marché français .....	80
3.	Cadre de tolérance aux risques générale .....	81
3.1.	Résultat opérationnel assurance.....	82

3.1.1.	Macro indicateur ratio combiné .....	82
3.1.2.	Ratio combiné IFRS vs social .....	84
3.1.3.	Seuil de déclenchement.....	84
3.2.	Dimension solvabilité .....	85
3.2.1.	Stress financier .....	86
3.2.2.	Stress technique.....	87
3.3.	Gouvernance .....	87
3.3.1.	Suivi des indicateurs de solvabilité .....	88
3.3.2.	Suivi des indicateurs de rentabilité.....	89
3.3.3.	Revue du cadre de tolérance .....	90
3.4.	Analyse critique et limite du cadre.....	92
<b>V.</b>	<b>Besoin Global de Solvabilité (BGS) .....</b>	<b>94</b>
1.	Rappel et définition .....	94
2.	Evaluation du BGS.....	95
2.1.	Approche antérieure .....	95
2.1.1	Présentation des risques et des moyens mis en place.....	96
2.1.2	Revue des actions nécessaires pour satisfaire le BGS à court et moyen terme.....	97
2.2.	Approche actuelle .....	97
2.3.	Comparaison.....	98
3.	Limite et perspective .....	98
<b>VI.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>99</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>101</b>
	<b>ANNEXE .....</b>	<b>102</b>
1.	Chain Ladder .....	102
2.	Matrice corrélation FS .....	103
3.	Exigences en capital.....	104
4.	Benchmark marché français .....	105
	Cible d'appétence .....	106
	Le seuil plancher de solvabilité .....	106
	<b>Table des figures .....</b>	<b>108</b>

# Introduction

La réforme Solvabilité II, entrée en vigueur depuis 2016, fut essentielle tant pour les assureurs que pour les assurés. Elle renforce l'importance de la gestion des risques dans les entreprises d'assurance en imposant une meilleure prise en compte du profil de risque des entreprises et en incitant les assureurs à mettre en place une démarche interne de management des risques et d'allocation optimale des fonds propres pour améliorer leur rentabilité.

Dans le contexte actuel, la performance d'une entreprise d'assurance reposera désormais non seulement sur les traditionnels leviers de rentabilité technique, d'une gestion financière efficace et de maîtrise budgétaire mais aussi et surtout sur sa capacité à mettre en place un système de gestion des risques efficace.

De ce fait, la réforme oblige les compagnies d'assurance européennes, via l'*ORSA (Own Risk and Solvency Assessment)*, à mettre en place une démarche d'évaluation et de maîtrise de leurs risques.

Parmi les risques auxquels sont soumis les entreprises d'assurance non-vie, un des risques les plus importants et qui a un impact fort sur la solvabilité des compagnies, est le risque de souscription non-vie (incluant la santé), qui regroupe les impacts financiers rattachés à la souscription de contrats d'assurance suivants :

- Risque de sous tarification des contrats (primes insuffisantes pour faire face à la charge des sinistres futurs non encore survenus)
- Risque de sous provisionnement (provisions insuffisantes pour couvrir la charge des sinistres déjà survenus)

# I. Cadre et contexte réglementaire

## 1. Solvabilité II

Entrée en vigueur depuis 2016, Solvabilité II est une directive de l'Union Européenne s'adressant aux assureurs et réassureurs européens. Elle a pour objectif de fixer des normes prudentielles afin de mieux prendre en compte les besoins en fonds propres des compagnies d'assurances par rapport aux risques qu'elles supportent.

En fait, il ne s'agit pas seulement d'une approche quantitative car les besoins en fonds propres ne peuvent se substituer à une bonne connaissance des risques et aucune mesure ou modèle ne suffit à traiter l'ensemble des expositions aux risques auxquels les assureurs font face. C'est pourquoi la directive a également pour but de prendre en compte tous les risques susceptibles d'affecter la solvabilité et de mettre en place des outils internes en responsabilisant les assureurs à la bonne gestion des risques.

La directive Solvabilité II s'articule autour de trois piliers distincts :

- **Pilier 1 : Exigence quantitative**

L'objectif de ce pilier est de définir les normes de calcul des provisions techniques et des fonds propres. Deux niveaux réglementaires sont définis pour les fonds propres, le *MCR* et le *SCR* :

- Le *MCR (Minimum Capital Requirement)* est le niveau minimal de fonds propres qu'un assureur doit posséder, en dessous duquel l'autorité de contrôle interviendra de manière systématique, et pourra décider de placer sous tutelle l'assureur, voire lui retirer son agrément,
- Le *SCR (Solvency Capital Requirement)* est le niveau de fonds propres nécessaires pour absorber un choc provoqué par un risque majeur. Il est défini comme le quantile à 99,5% des fonds propres. Si l'entité ne couvre pas par ses fonds propres par ce *SCR*, le régulateur exigera un plan de redressement pour que l'entité réajuste son taux de couverture.

- **Pilier 2 : Normes qualitatives et contrôles des risques**

Son objectif est d'assurer une meilleure sécurité pour les assurés européens, d'harmoniser les pratiques en Europe, et de mettre la réglementation et le contrôle des entreprises d'assurance aux normes par rapport aux autres réglementations financières ainsi qu'aux progrès en matière de gestion des risques. Les assureurs sont tenus de s'assurer de leur solvabilité selon leur propre vision des risques. Ils doivent mettre en place un processus *ERM (Enterprise Risk Management)*, qui définit la discipline utilisée par toutes les entreprises (pas uniquement les entreprises d'assurance) pour assurer une maîtrise de leurs risques. Un focus concernant la gestion des risques, les règles de contrôle et de gouvernance de l'entreprise sera effectué plus loin dans ce chapitre.

- **Pilier 3 : Reporting prudentiel**

Ce pilier vise à améliorer la communication aux régulateurs et au public et à harmoniser l'information financière. Les compagnies d'assurance et de réassurance auront des obligations de reporting vis-à-vis du superviseur. Et pour ce faire l'assureur doit produire trois supports de communication :

- Le *SFCR (Solvency and Financial Conditions Report)*, qui est un rapport annuel ayant pour objectif de présenter la situation financière des entreprises au public.
- Le *RSR (Regular Supervisory Reporting)*, autre rapport annuel servant de base à l'autorité de contrôle prudentiel dans le cadre d'un contrôle.
- Le *QRT (Quantitative Reporting Templates)*, dont la fréquence peut être trimestrielle ou annuelle)

Parmi ces trois piliers, la gestion des risques nous semble être le centre de cette directive, non pas dans le sens où elle nécessiterait un fort déploiement de force vive, mais plutôt par son impact sur toute la politique de l'entreprise et sur son plan stratégique.

Sur cette thématique, l'*ORSA (Own Risk and Solvency Assessment* ou Evaluation interne des risques et de la solvabilité), élément principal du pilier 2, est incontournable pour une gestion des risques optimale.

## 2. ORSA : Evaluation interne des risques

Dans le cadre de leur système de gestion des risques, les compagnies d'assurance procèdent à une évaluation interne des risques et de la solvabilité avec la création d'un processus *ORSA*. A la différence du pilier 1, l'*ORSA* a pour objectif de s'assurer de la solvabilité pluriannuelle de l'assureur en prenant en compte la stratégie de l'entreprise et ses spécificités dans les calculs. En fonction de la maîtrise du processus *ORSA* et de ses résultats, l'autorité de contrôle aura la possibilité de demander à l'entreprise de posséder un capital plus important que celui calculé dans le pilier 1 (*capital add-on*), et aussi de diminuer son exposition à certains risques.

Toute compagnie d'assurance et de réassurance fait face à de nombreux risques divers et variés. Elles ne peuvent ni les éviter, ni les négliger. Ainsi, pour pouvoir continuer à exercer dans de bonnes conditions, les compagnies doivent étudier les risques pouvant porter atteinte à la viabilité, voire à leur solvabilité.

L'article 45 de la Directive Solvabilité II introduisant l'*ORSA* présente les trois exigences de ce dispositif :

- L'évaluation du besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise,
- L'évaluation du respect permanent des obligations réglementaires concernant la couverture du *SCR*, du *MCR* et des exigences concernant le calcul des provisions techniques,
- L'évaluation de la mesure dans laquelle le profil de risque de l'organisme s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le calcul du *SCR*.

Ce mémoire traitera principalement de la première évaluation.

### 3. Problématique

Dans le cadre de son système de gestion de risques et afin d'avoir une meilleure maîtrise des risques, notre entité souhaiterait mieux expliciter son Besoin Global de Solvabilité. En effet cela permettra de répondre à une observation ACPR (Autorité de contrôle prudentiel et de résolution) sur la nécessité de définir des limites de tolérances aux risques pour être conforme avec **l'article 256 du Règlement délégué ainsi qu'aux orientations 17 et 18 de la notice Solvabilité II portant sur la gouvernance**. Cette observation va aussi dans le sens de **l'article R354-2 I du code des assurances** permettant à l'entreprise de mieux « *déceler, mesurer, contrôler, gérer et déclarer en permanence ses risques* ».

En pratique, notre entité doit intégrer une approche plus quantitative de son Besoin Global de Solvabilité à travers la mise en place d'un vrai cadre de tolérance aux risques prenant en compte les aspects de son profil de risque. Ce qui contribuera aussi à améliorer les évaluations ORSA.

L'objectif de ce mémoire sera donc de présenter l'ensemble de ces travaux. Ce qui consistera principalement à répondre aux questions de notre problématique d'évaluation de notre besoin global de solvabilité :

- En quoi le profil de risque de notre entité diffère de celui qui sous-tend la formule standard ?
- Quelle approche retenir pour mieux appréhender notre profil de risque (FS/USP/MIP) ?
- Comment définir notre cadre de tolérance aux risques ?

## II. Profil de risque

La description du profil de risque de notre entité est initiée à partir d'une cartographie des risques. L'objectif est d'identifier l'ensemble des risques auxquels est soumise l'entité en précisant les risques importants, qu'ils soient quantifiés ou non dans le cadre du calcul réglementaire. La détermination du profil de risque et le classement des risques par catégorie permettent ensuite de cibler les facteurs de risques, objets de scénarios de stress pour les évaluations du Besoin Global de Solvabilité et le pilotage de la tolérance aux risques.

L'appréciation du profil de risque de l'entreprise consiste à évaluer l'ensemble des risques auxquels est soumise l'entreprise et faire un état des lieux de sa solvabilité actuelle. Pour cela, il est nécessaire de se doter d'une mesure de risque, c'est-à-dire d'une application qui associe à un risque  $X$  donné un réel ( $X$ ).

Le choix de la (ou des) mesure(s) de risque à utiliser, repose sur une comparaison des avantages et inconvénients « théoriques » des différentes mesures, mais dépend aussi de la capacité de l'entreprise à calculer la métrique retenue compte tenu de ses contraintes opérationnelles et du périmètre choisi.

### 1. Périmètre de l'étude

Pour notre étude, nous avons utilisé les données d'une filiale de Groupama. Certaines de ces données ont été modifiées volontairement en raison de contraintes de confidentialité.

#### 1.1. Description de l'entreprise

L'organisation de notre entité tient compte de son appartenance au groupe Groupama Assurances Mutuelles ainsi que de ses spécificités.

Deux périmètres existent au sein de Groupama :

- Le périmètre combiné qui comprend l'intégralité des entités du groupe et les caisses régionales pour 100 % de leurs activités ;
- Le périmètre consolidé auquel appartient notre entité et dont Groupama Assurances Mutuelles est société mère<sup>1</sup>. Son activité comprend, en plus de l'activité des filiales, environ 35 % de l'activité des caisses régionales, activité captée par le mécanisme de réassurance interne.

Notre entité, en contrepartie d'une certaine autonomie opérationnelle, rend compte à Groupama Assurances Mutuelles de l'atteinte des objectifs qui lui sont fixés en termes de développement et de rentabilité et est soumise aux exigences définies par l'environnement de son actionnaire, notamment en matière de contrôle interne et de gestion des risques.

En assurance *IARD* (Incendie, Accidents et Risques Divers) et en Santé Individuelle, notre entité est une entreprise de plein exercice opérant en tant qu'assureur et distributeur sur l'ensemble des métiers et

---

<sup>1</sup> Notre entité est une filiale de Groupama Holding Filiales et Participations (GHFP), elle-même détenue à 100% par Groupama Assurances Mutuelles.

des marchés. Au 31 décembre de l'année 2019, le chiffre d'affaires de notre entité sur ce périmètre d'activités était de 1433,5 M€.

En Assurances Vie (épargne, retraite, prévoyance individuelle et collective, santé collective), notre entité assure une mission de distribution pour le compte de Groupama Gan Vie (filiale vie du Groupe) dans le cadre d'une convention de distribution. Au 31 décembre 2019, le chiffre d'affaires apporté à Groupama Gan Vie par notre entité était de 750 M€. Par ailleurs notre entité détient une participation dans les entités vie du Groupe.

## 1.2. Engagement

En non-vie, les primes acquises nettes de réassurance prévisionnelles s'élèvent à 891 M€ et les provisions (primes et sinistres) en *best estimate* (BE) nettes de réassurance sont estimées à 1 905 M€. La maille d'analyse du risque dans le pilier 1 de Solvabilité II est la Lob S2<sup>2</sup> (*Line of Business* ou ligne d'activité). Cette segmentation regroupe des garanties similaires quels que soient les contrats d'où sont tirées ces garanties.

- **Lob 4** - Responsabilité civile automobile (*Motor vehicle liability*) couvre « les engagements d'assurance couvrant toute responsabilité découlant de l'utilisation d'un véhicule à moteur terrestre (y compris la responsabilité du transporteur) ;
- **Lob 7** - Incendie et autres dommages aux biens (*Fire and other property*) a pour objet la protection du patrimoine de l'assuré. En effet elle garantit le remboursement des pertes financières dues à la destruction des biens assurés, en cas d'incendie, de vol, de casse ... ;
- **Lob 8** - Responsabilité Civile Générale (*General liability*) garantit les pertes pécuniaires dues à la perte ou à la casse de son véhicule (accident, incendies...).

Dans le cadre de notre étude nous nous concentrerons uniquement sur ces trois Lobs représentant à elles seules plus de 80% de la sinistralité.

---

<sup>2</sup> Tel que défini dans l'annexe 1 des Actes Délégués



	Primes acquises nettes de réassurance N+1 (*)	BE de provisions (primes & sinistres) après actualisation et défaut	
		Net de réassurance 31/12/N	Cédé 31/12/N
Montant total (en M€)	891,2	1 905,2	1 192,8
LoB Non Vie	100%	92%	86%
1. Frais de soins	9%	1%	1%
2. Perte de revenus	2%	1%	2%
4. Responsabilité civile automobile	15%	29%	28%
5. Dommages automobile	22%	5%	4%
6. Maritime, aérien et transport	0%	0%	0%
7. Incendie et autres dommages aux biens	40%	20%	30%
8. Responsabilité civile générale	9%	34%	20%
9. Crédit - caution	0%	0%	0%
10. Protection juridique	1%	0%	0%
11. Assistance	0%	0%	1%
12. Pertes pécuniaires diverses	2%	2%	1%
<b>LoB Vie issues de contrats Non Vie</b>	<b>0%</b>	<b>8%</b>	<b>14%</b>
33. Rentes - contrats assurance de personne	0%	1%	1%
34. Rentes - contrats assurance de biens et responsabilité	0%	7%	13%

(\*) 1ère prévision N+1

FIGURE 1 : PRIMES ET PASSIFS D'ASSURANCE

Les engagements d'assurance au 31/12/N portent en grande majorité sur les risques non-vie et plus particulièrement sur les risques de RC générale, RC automobile et Incendie & autres dommages aux biens (respectivement 34%, 29% et 20% des *best estimate* nets). Ces trois risques représentent près de 70% des primes acquises nettes et 80% des provisions pour sinistres *best estimate*.

Les cessions en réassurance de notre entité se font principalement auprès de Groupama Assurances Mutuelles dont la notation est A- (notation de solidité financière de l'agence Fitch Ratings), étant précisé que Groupama Assurances Mutuelles se réassure principalement auprès de réassureurs notés AA.

En parallèle, notre entité est soumise à des risques de marché, de défaut et de santé. Ces modules ne sont pas traités dans le Modèle Interne Partiel et ne seront pas développés dans ce mémoire. Les études menées seront concentrées uniquement sur les risques non-vie.

## 2. Mesure de risque

Les mesures de risque sont au cœur de la définition d'un profil de risque puisque qu'elles sont l'outil permettant d'évaluer et de quantifier les risques. Les besoins de capitaux requis sont en effet définis à partir d'une mesure de risque. Cependant, une mesure de risque peut être différente de celle utilisée pour mesurer les capitaux réglementaires de la Formule Standard. Nous définirons ici ce que doit être une mesure de risque.

Après quelques rappels théoriques sur les mesures de risques, nous expliquerons les critères de choix de la (ou les) mesure(s) de risque à utiliser, en considérant non seulement leurs avantages et leurs inconvénients « théoriques », mais aussi les contraintes opérationnelles de notre entité. Nous utiliserons cette mesure pour déterminer le profil de risque de notre entité.

### 2.1. Rappels et définitions

Dans le cadre de son système de gestion des risques et afin d'évaluer et de classer les risques entre eux, il apparaît primordial d'utiliser une mesure de risque. Nous reprenons ici la définition générale d'une mesure de risque telle que présentée par Denuit et Charpentier<sup>3</sup>.

On appelle mesure de risque toute application  $\rho$  associant un risque  $X$  à un réel  $\rho(X) \in R_+ \cup \{+\infty\}$ .

La Value at Risk est notamment la mesure de risque retenue par Solvabilité II pour fixer l'exigence de capitaux propres fondées sur une probabilité de ruine des compagnies d'assurance à 0.5% à l'horizon d'un an.

Pour évaluer un même risque, il est possible d'utiliser différentes mesures de risque. Cependant il est d'usage de considérer qu'une bonne mesure de risque doit respecter un certain nombre de propriétés permettant de la qualifier de cohérente (concept introduit par Artzner, Delbaen, Eber et Heath<sup>4</sup>)

**Mesure de risque cohérente** : une mesure de risque est dite cohérente si elle vérifie les propriétés suivantes :

- Monotonie :  $P[X < Y] = 1 \rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y)$  quels que soient les risques X et Y
- Invariance par translation :  $\forall \beta \in R, \rho(X + \beta) = \rho(X) + \beta$
- Sous-additivité :  $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$  quels que soient les risques X et Y
- Homogénéité-positive :  $\forall \alpha > 0, \rho(\alpha * X) = \alpha * \rho(X)$

La propriété de monotonie traduit le fait que si un risque X est systématiquement inférieur à un risque Y alors la mesure de risque associée au risque X doit être systématiquement inférieure à la mesure de risque associée au risque Y. Elle traduit l'idée qu'un segment plus risqué qu'un autre a un besoin en capital plus élevé.

La propriété de sous additivité correspond au gain de diversification constaté lors de l'agrégation de différents risques : le capital requis pour couvrir la somme de deux risques distincts est inférieur ou égal à la somme des capitaux requis pour couvrir chacun des risques pris séparément.

La dernière propriété traduit le fait qu'un changement d'échelle n'induit pas de risque supplémentaire.

A noter que le respect de ces propriétés n'est pas toujours vérifié et que certaines mesures de risques, parmi les plus utilisées, comme la variance ou la *Value-at-risk* ne sont pas des mesures de risques cohérentes.

## 2.2. Principales mesures de risques

Les mesures de risques les plus utilisées ou courantes sont la *Value-at-Risk (VaR)* ou la *Tail-Value-at-risk (TVaR)*. Elles sont au centre des nouvelles règles de calcul du capital réglementaire Solvabilité II.

**Ecart-type** : La mesure de risque écart-type ou variance s'appuie sur la volatilité de la variable de risque et va ainsi considérer que plus les variations de la variable de risque autour de sa moyenne sont importantes plus le risque est élevé. Dans le cas de l'activité d'assurance, cette mesure présente

<sup>3</sup> M. Denuit et A. Charpentier, Mathématique de l'assurance non-vie, Economica 2004

<sup>4</sup> P. Artzner, F. Delbaen, JM. Eber et D. Heath, Coherent Measures of Risk, Mathematical Finance, 9(3) : 203-228, (juillet 1999)

l'inconvénient de valoriser de la même manière des scénarios favorables (risque en deçà de sa valeur moyenne) et des scénarios défavorables (risques au-dessus de sa valeur moyenne). Il semble plus pertinent d'adopter une mesure de risque qui va s'appuyer uniquement sur les scénarios défavorables de réalisation du risque, c'est-à-dire sur la queue de distribution de la loi du risque.

**Value-at-Risk (VaR)** : La value-at-Risk de niveau  $\alpha$  associée au risqué  $X$  est donnée par :

$$VaR(X, \alpha) = \inf\{x / P[X \leq x] \geq \alpha\}$$

La  $VaR$  correspond ainsi au quantile de niveau  $\alpha$  du risque  $X$ . Si une entreprise assurant un unique risque  $X$ , dispose de ressources égales à la  $VaR(X, \alpha)$  alors sa probabilité de ruine est égale à  $1 - \alpha$ .

**Tail-Value-at-Risk (TVaR)** : Alors que la  $VaR$  fournit une information sur la probabilité de ruine, la  $TVaR$  permet de quantifier la perte moyenne au-delà de la  $VaR$  et donne une indication sur la forme de la queue de distribution.

On définit la  $TVaR$  de niveau  $\alpha$  associée au risque  $X$  comme :

$$TVaR(X, \alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \int_{\alpha}^1 F_X^{-1}(p) dp$$

La  $TVaR$  peut aussi s'exprimer en fonction de la  $VaR$  :

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

A partir de cette formule, on remarque que pour tout  $\alpha \in ]0; 1[$ ,  $TVaR(X, \alpha) < \infty \leftrightarrow E[X] < \infty$

Le deuxième terme correspond à la perte moyenne au-delà de la  $VaR$ . La  $TVaR$  est donc très sensible à la forme de la queue de distribution.

Cette mesure de risque est généralement utilisée par des réassureurs de taille très importante proposant des traités de réassurance non-proportionnels. En effet ceux-ci sont particulièrement intéressés pour connaître l'ampleur d'une perte en cas de sinistres importants.

### 2.3. Choix de la mesure de risque

La réforme Solvabilité II utilise la  $VaR$  comme mesure de risque et définit celle à 99.5% comme le niveau de capital requis pour faire face à une ruine une fois tous les 200 ans. Etant donné la taille moyenne de l'entreprise, les ressources sont limitées en termes de modélisation. Il apparaît ainsi vite évident que la Formule Standard est la plus adaptée pour une entreprise de cette taille. Vu les nouvelles exigences et les travaux conséquents que nécessite sa mise œuvre, notre entité a choisi d'utiliser la Formule Standard pour le pilier 1, et de manière logique, ce choix contraint aussi le choix de la mesure de risque utilisée pour la démarche *ERM*. La  $VaR$  sera choisie comme mesure de risque interne.

### 2.4. Avantages et limites de cette approche

Le fait de retenir la même mesure de risque que pour le calcul des exigences de capital de solvabilité présente un double avantage pour la gestion des risques de notre entité :

- Capitalisation sur les résultats règlementaires du pilier 1 pour décliner opérationnellement la stratégie des risques de l'entreprise
- Cohérence interne entre les différents risques de l'entreprise

Cette approche présente néanmoins des limites :

- La *VaR* est une fonction non convexe et par conséquent une mesure de risque non cohérente : elle ne vérifie par la propriété de sous-additivité.
- La *VaR* ne donne aucune indication sur les valeurs extrêmes que l'entreprise pourrait être amenée à supporter au-delà du quantile à 99.5% de la charge de sinistres.
- La formule standard ne capte pas bien tout le dispositif d'atténuation des risques de la réassurance.

En pratique, utiliser une mesure de risque différente de la *VaR* pour le calcul du Besoin Global de Solvabilité s'avèrerait très compliqué et chronophage. De plus, la *VaR* fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau du marché et bien que la *TVaR* présente des avantages certains, celle-ci ne fait pas l'unanimité à l'heure actuelle. Par ailleurs, utiliser d'autres mesures de risques pourrait désorienter les administrateurs de notre entité et nuire à la compréhension du processus *ORSA*. Or comme l'indique l'article 45 de la Directive Solvabilité II concernant le processus *ORSA*, celui-ci doit à terme devenir un outil de décision maîtrisé par la direction de la société d'assurance.

### 3. Formule standard

L'objectif de Solvabilité II est avant tout d'harmoniser les normes au niveau européen et d'avoir une approche par les risques pour mieux évaluer les fonds propres règlementaires des compagnies d'assurances par rapport à son exposition.

Nous rappelons dans cette partie les principes de calcul et les hypothèses sous-jacentes à la formule standard pour l'évaluation des exigences en capital règlementaire sous Solvabilité II, conformément au document de traduction des textes officiels de l'*EIOPA* (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*) publié par l'*ACPR* (Autorité de contrôle prudentiel et de résolution) en août 2014.

#### 3.1. Présentation générale

La formule standard est l'approche la moins complexe et permet d'évaluer le risque sans expérience. Elle repose sur la formule suivante :

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

Avec :

- *BSCR*: le *SCR* de base ou basic capital requirement
- *Adj*: ajustement pour l'absorption des pertes par les provisions techniques et l'impôt différé
- *SCR<sub>op</sub>*: le capital requis pour couvrir les risques opérationnels

La formule standard est une approche modulaire c'est-à-dire qu'un capital élémentaire requis est calculé pour chaque facteur de risque appartenant à un module de risque : primes, réserves, catastrophes, par exemple pour le module de souscription non-vie. Les différents SCR obtenus sont ensuite agrégés à l'aide de matrices de corrélations. Une première agrégation des risques est effectuée au sein de chaque module de risque, puis une deuxième est appliquée entre les différents modules.

Le schéma ci-dessous récapitule les différentes catégories de risques de la formule standard.

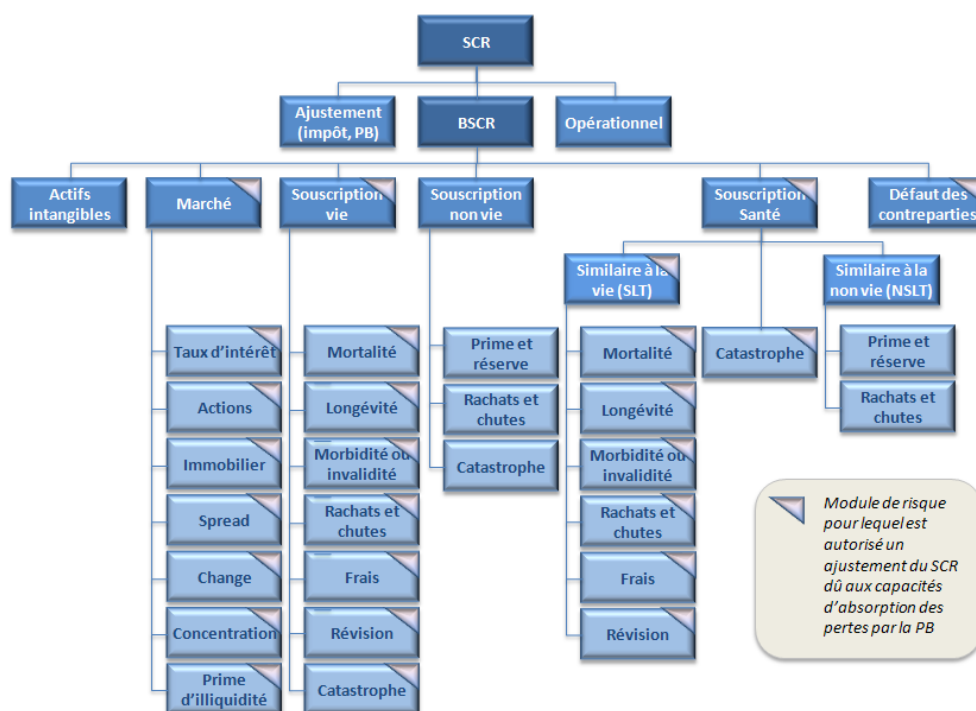


FIGURE 2 : MODULES ET SOUS MODULES DU SCR EN FORMULE STANDARD

### 3.2. Focus sur le risque de souscription non-vie

Pour les entreprises d'assurance exerçant leur activité en assurance non-vie, le risque de souscription est l'un des risques majeurs auquel elles sont soumises. La formule standard est une approche générale pour tous les assureurs. Chaque compagnie n'est pas impactée par tous les modules de risque.

Comme indiqué précédemment, nous nous intéressons dans ce mémoire à une compagnie d'assurance IARD (Incendie Accident et Risques Divers) soumise aux risques de dommages et protection de bien (en opposition à l'assurance de personnes).

Le module de risque "Souscription non-vie" regroupe l'ensemble des risques auxquels est soumis un assureur non-vie lorsqu'il émet un contrat d'assurance. Ce module se décompose en trois sous-modules de risque.

- Le risque de primes et de réserves,
- Le risque de rachat,
- Le risque de catastrophe.

Les trois composantes sont agrégées avec une matrice de corrélation *CorrNL*, détaillée en annexe pour obtenir le SCR de souscription non-vie :

$$SCR_{NL} = \sqrt{NL^T * CorrNL * NL}$$

Avec :

$$NL = \begin{pmatrix} NL_{P\&R} \\ NL_{Rachat} \\ NL_{Cat} \end{pmatrix} \text{ le vecteur des risques des trois sous-modules}$$

L'enjeu pour un assureur non-vie est de connaître son profil de risque sur ces trois sous-modules et plus particulièrement sur les risques de prime et réserve, poste très impactant du bilan et pouvant varier significativement d'un assureur à l'autre.

### 3.3. Risque de primes et de réserves

Les produits d'assurance non-vie sont soumis à deux aléas :

- Le risque de primes est le risque que les primes perçues soient insuffisantes pour couvrir les montants des sinistres et des frais liés à la souscription pour l'année à venir. Il provient des variations de fréquence et de sévérité des événements assurés, ainsi que de la volatilité des dépenses de frais, qui peuvent être significatives pour certaines lignes d'activité.
- Le risque de réserves est le risque que les provisions inscrites au bilan soient insuffisantes pour couvrir les dépenses futures liés aux sinistres déjà survenus. Ce risque est le résultat de l'incertitude dans l'estimation des engagements de la compagnie vis-à-vis de ses assurés, puisque les montants restant à payer ne sont pas connus au moment de l'estimation des provisions.

Le SCR de primes et réserves  $NL_{P\&R}$  est calculé par ligne d'activité, suivant la formule :

$$NL_{P\&R} = \rho(\sigma) * V$$

Avec :

- $\sigma$  l'estimation de la volatilité du portefeuille non-vie, donnée par la formule standard,
- $V$  le volume du portefeuille,
- $\rho$  une fonction de l'écart-type.

$$\rho(\sigma) = \frac{\text{Exp}\left(N_{0,995} * \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)}\right)}{\sqrt{(1 + \sigma^2)}} - 1$$

Avec  $N_{0,995}$  le quantile à 99.5% de la loi normale réduite.  $\rho(\sigma)$  est construit de manière à ce que le SCR produit corresponde à une VaR à 99,5% quand on suppose que le risque sous-jacent suit une distribution log-normale.

Approximativement  $\rho(\sigma) = 3 * \sigma$

### 3.4. Application

Dans cette partie nous appliquerons les méthodes précédemment citées afin d'évaluer les exigences en capital réglementaire pour le module de souscription non-vie.

### 3.4.1. Evaluation du *Best-estimate*

Les estimations des provisions *best-estimate* sont faites à partir des triangles bruts de réassurances. En effet les données nettes sont rarement disponibles. Les méthodes mises en œuvre sont des méthodes actuarielles classiques appliquées aux triangles de paiements ou de charges.

La maille élémentaire de calcul du *best-estimate* est appelée segment de revue. Les segments de risques sont des regroupements de garanties homogènes. A chaque segment de risque correspond une seule et unique Lob. Une Lob est alimentée par plusieurs segments de risques. Ces provisions *best-estimate*, notées *PCO*, sont non escomptées et ne contiennent pas les frais de gestion associés.

Schématiquement, le calcul est le suivant :

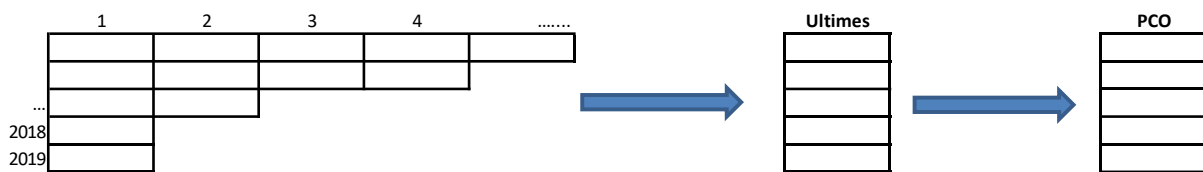


Schéma 1

L'estimation des provisions PCO est réalisée en fast close, c'est-à-dire sur des données techniques arrêtées à une date antérieure (fin novembre) à la date d'arrêté des comptes.

$$PCO = BE_{FC} = Ultime_{FC} - Paiment_{FC}$$

Pour passer des provisions *PCO* ci-dessus aux provisions *best estimate* totales, hors cessions en réassurance, escompte et frais de gestion, il convient d'intégrer un ajustement comptable lié à la procédure fast close, les provisions sur antérieurs et les provisions hors système (segments pour lesquels nous ne disposons pas de triangle, les provisions *best estimate* de ces segments sont égales à la provision des comptes sociaux).

Pour passer à une vision économique des provisions pour sinistres en environnement Solvabilité II il convient de rajouter les provisions pour frais de gestion et l'escompte au taux sans risque.

Les résultats nets de réassurance agrégés par ligne d'activité, avec l'effet d'actualisation et l'ajustement pour le défaut du réassureur, sont présentés ci-dessus.

Synthese Risque de reserve	Net (yc PFGS)		
	Provision comptables	Best estimate	Surplus
Motor vehicle liability	507,8	481,5	26,3
Motor, other classes	36,4	34,8	1,6
Marine, aviation and transport	1,8	1,8	0,0
Fire and other damage	292,2	284,1	8,1
General liability	616,0	607,7	8,2
Credit and suretyship	1,9	1,9	0,0
Legal expenses	0,0	0,0	0,0
Assistance	0,0	0,0	0,0

FIGURE 3 : PROVISIONS COMPTABLES ET BE NETS DE REASSURANCE

### 3.4.2. Primes et Réserves

Les volumes nets de réassurance, ainsi que le résultat du SCR de primes et réserves non-vie, sont présentés ci-après. On constate que l'effet de diversification fait baisser le SCR global de 38%, pour un résultat global de 442.2 M€.

Net de reassurance	Volume réserves	Volume prime	Volatilité Reserve	Volatilité Prime	P&R
Motor vehicle liability	481,8	172,8	9,0%	8,0%	51,7
Motor, other classes	34,8	240,4	8,0%	8,0%	20,8
Marine, aviation and transport	1,8	1,0	11,0%	15,0%	0,3
Fire and other damage	285,5	414,0	10,0%	6,4%	47,7
General liability	614,6	98,8	11,0%	11,2%	73,8
Credit and suretyship	1,9	0,0	19,0%	12,0%	0,4
Legal expenses	3,4	17,2	12,0%	7,0%	1,5
Assistance	0,0	1,8	20,0%	9,0%	0,2
Miscellaneous	22,1	27,9	20,0%	13,0%	7,0
NP Casualty	0,0	0,0	20,0%	17,0%	0,0
NP Marine, aviation and transport	0,0	0,0	20,0%	17,0%	0,0
NP Property	0,0	0,0	20,0%	17,0%	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>1 445,9</b>	<b>973,9</b>			<b>147,4</b>

FIGURE 4 : EVALUATION DES EXIGENCES EN CAPITAL P&R

On en déduit le capital règlementaire correspondant aux risques de prime et de réserve.

$$SCR_{P\&R} = 3 * 147.4 M\text{€}$$

$$SCR_{P\&R} = 442.2 M\text{€}$$

En adoptant la Formule Standard, l'assureur devrait provisionner 442.2 M€ de capital règlementaire pour les risques de prime et réserve.

### 3.4.3. Rachat non-vie

Les contrats d'assurance non-vie peuvent contenir des options susceptibles d'influencer significativement les engagements contractuels. Par exemple, la possibilité de renouveler le contrat



avec des conditions prédéterminées est une de ces options. Ce risque concerne essentiellement les contrats pluri-annuels que notre entité ne commercialise pas. De ce fait elle n'est donc pas concernée par ce risque.

#### 3.4.4. Catastrophe non-vie

Le risque de catastrophe est le risque de perte, ou de changement adverse dans les engagements de l'entreprise, résultant de l'incertitude concernant les événements extrêmes ou exceptionnels. Ce risque couvre les événements dont l'impact n'est pas suffisamment capté par le risque de primes et réserves. Le SCR de catastrophe non-vie est donné par la formule :

$$SCR_{CAT} = \sqrt{(SCR_{Catnat} + SCR_{npproperty})^2 + SCR_{manCat}^2 + SCR_{otherCat}^2}$$

Le module de risque de catastrophe se décompose donc en quatre sous-modules, dont les risques correspondants sont considérés comme non corrélés :

- **les catastrophes naturelles** : périls d'origine naturelle comme la tempête, les inondations, les tremblements de terre, la grêle et la sécheresse.

<i>Natural catastrophes</i>	<i>Gross capital charge</i>	<i>Net capital charge</i>
Windstorm	646,94	19,04
Earthquake	289,14	5,04
Flood	338,47	5,90
Hail	45,47	10,14
Subsidence	63,67	1,11
<b>TOTAL Nat Cat</b>	<b>789,19</b>	<b>41,22</b>

FIGURE 4 : EXIGENCES EN CAPITAL DES RISQUES CAT-NAT

La couverture de réassurance joue un rôle extrêmement important ici, puisque l'atténuation du SCR due à celle-ci atteint 95% du SCR brut.

- **les événements de réassurance non proportionnelle** : Notre entité n'est pas concernée par ce risque.
- **les catastrophes d'origine humaine** : Automobile RC, Marine, Aviation, Conflagration, Responsabilité, Crédit et caution
- **les autres catastrophes non-vie** : Ce module couvre de manière forfaitaire les autres risques. Pour notre entité, il s'agit uniquement des primes de la ligne d'activité « Divers ». Ce SCR est égal à 40% des primes de cette LoB, soit 9.2\ M€.

Les capitaux requis pour chacun des sous-modules sont évalués nets des techniques d'atténuation du risque, notamment des diverses couvertures de réassurance.

Notre entité n'est pas concernée par les risques marine, aviation et Crédit.

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant

<i>Man-made catastrophes</i>	<i>Gross capital charge</i>	<i>Net capital charge</i>
Motor	52,62	4,59
Fire	240,46	7,68
Marine	0,00	0,00
Aviation	0,00	0,00
Liability	79,56	12,60
Credit & Suretyship	0,00	0,00
<b>TOTAL Man-made cat</b>	<b>258,69</b>	<b>15,45</b>

FIGURE 5 : EXIGENCES EN CAPITAL CATASTROPHE D'ORIGINE HUMAINE

De la même manière que pour les catastrophes d'origine naturelle, la couverture de réassurance joue à plein (gain de 94% de SCR).

Donc le SCR de catastrophes non-vie s'élève donc à 45 M€.

➤ **Agrégation**

En agrégeant les trois sous-modules calculés précédemment, nous obtenons les SCR de souscription non-vie :

<b>Exigence en capital net (M€)</b>	
Risque de souscription primes et réserves Non-vie	442,2
Risque catastrophe Non-vie	45,0
Risque de rachat Non-vie	0,0
<b>Somme des risques des sous-modules</b>	<b>487,2</b>
<i>Diversification entre les sous-modules</i>	-31,7
<b>Risque de souscription Non-vie</b>	<b>455,5</b>

FIGURE 6 : EXIGENCES EN CAPITAL SOUSCRIPTION NON-VIE

3.4.5. **Autres modules et ajustements**

Le détail des calculs des SCR marché, défaut, souscription vie et opérationnel ne seront pas traités dans ce mémoire.

Le SCR peut être atténué par deux effets :

- La capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques.
- La capacité d'absorption des pertes par l'impôt différé.

La capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques concerne surtout des garanties Vie et Santé *SLT long terme* : la Formule Standard exclut explicitement les risques non-vie et santé *SLT*. Etant donné le montant non significatif des provisions techniques vie, notamment nettes de réassurance, nous négligeons ce premier ajustement.

Ensuite, la capacité d'absorption des pertes par l'impôt différé doit être prise en compte uniquement dans la mesure où, dans un scénario de perte égale au *BSCR*, l'Entreprise peut démontrer qu'elle dégagera suffisamment de profits futurs pour compenser la perte d'impôt.

Notre entité ne présente pas de capacité d'absorption.

### 3.4.6. Exigence en capital global

Nous pouvons donc maintenant calculer le *SCR* global, en agréant les différents modules calculés ci-dessus à l'aide de la matrice de corrélation *Corr* détaillée en [Matrice corrélation FS](#):

$$BSCR = \sqrt{SCRM^T * CorrNL * SCRM}$$

Avec est le vecteur des *SCR* modulaires suivant :

$$SCR = \begin{pmatrix} SCR_{marché} \\ SCR_{défaut} \\ SCR_{vie} \\ SCR_{santé} \\ SCR_{non-vie} \end{pmatrix}$$

Nous obtenons ainsi le *SCR* global en appliquant la matrice de corrélation.

Exigence en capital net (M€)	
Risque de marché	206,5
Risque de défaut des contreparties	75,8
Risque de souscription Vie	8,0
Risque de souscription Santé	26,5
Risque de souscription Non-vie	455,5
<b>Exigence en capital de base</b>	<b>772,4</b>
Risque opérationnel	84,9
Diversification entre les modules	-179,8
Absorption par l'impôt différé	0,0
<b>Exigence en capital (SCR), net d'IS</b>	<b>677,4</b>

FIGURE 7 : EXIGENCE EN CAPITAL GLOBAL

Nous obtenons notre profil de risque :

Le résultat final est un *SCR* global de 677 M€. L'effet de diversification est important (27%). Nous remarquons une prédominance du risque de souscription non-vie. En effet ce module contribue à environs 67% du *SCR* total. Ce qui n'est pas étonnant puisque notre entité est orientée vers les risques non-vie.

Le risque de souscription non-vie représentant une part très importante dans le profil de risque de notre entité, il est alors important de vérifier que les résultats donnés par la Formule Standard sont bien en adéquation avec notre profil de risque.

### 3.5. Eléments éligibles

Notre entité dispose de fond propre économique à hauteur de 828.8 M€.

Nous présenterons ici un bilan simplifié. Car ce n'est pas l'objet de ce mémoire.

Details éléments éligibles	31/12/2019
Fonds propres sociaux	332,8
Fonds propres de base	828,8
<i>dont Impact de la marge pour risque</i>	-106,8
Impôts différés	0,0
<b>Éléments éligibles</b>	<b>828,8</b>

FIGURE 8 : DETAIL DES ELEMENTS ELIGIBLES

Comme précisé précédemment notre entité n'a pas de capacité d'absorption par l'impôt. D'où l'impôt différé nul.

### 3.5.1. Focus sur la marge pour risque

La marge pour risque correspond au montant qu'un repreneur éventuel du passif exigerait, au-delà du *best estimate*. En effet elle vient s'ajouter au *best estimate* et peut être considéré comme une marge de sécurité supplémentaire au *best estimate*. Et elle concerne tous les risques non répliquables par des instruments financiers ayant une valeur de marché observable et fiable.

La marge pour risque est évaluée selon la méthode du coût du capital (*CoC*), coût de mobilisation d'un montant des fonds propres éligibles au SCR nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance sur toute la durée de vie de ceux-ci, calculé avec un coefficient de 6%, fixé initialement comme le rendement attendu pour un investissement dans une activité d'assurance BBB.

Ainsi pour un *CoC* de 6%, cela signifie que pour 1€ investi, un actionnaire récupère annuellement 0,06€. L'hypothèse de run-off, signifie qu'il n'y a plus de nouvelles affaires dans le portefeuille.

$$RM = CoC * \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_t)^t}$$

Où  $SCR_t$  est le SCR à la date  $t$  pour les risques de souscription (vie, non-vie), risques de marché inévitable, risque de contrepartie et risque opérationnel et  $r_t$  le taux d'actualisation sans risque.

Le calcul de la marge pour risque étant très complexe (l'évaluation d'un SCR à chaque date de projection est très fastidieuse), des méthodes de simplification sont proposées dans les spécifications techniques du QIS5. Nous avons choisi la méthode consistant à approximer les SCR futurs de façon proportionnelle, en utilisant la même cadence de liquidation que les *best estimate* (c'est-à-dire qu'on projette les *best estimate* futurs et on considère que les SCR évoluent comme les *best estimate*).

Ainsi en  $t = 0$ ,  $RM_0 = Coc \times k \times D_0 \times BE_0$

Elle est basée sur l'hypothèse de proportionnalité entre le *best estimate* et le SCR à n'importe quelle date, c'est à dire  $SCR_t = k \times BE_t$

Avec  $D_0$  la durée de l'engagement et  $k$  le coefficient de proportionnalité entre le SCR et le *best estimate*.

On obtient ainsi l'équation simplifiée suivante :  $RM_0 = Coc \times D_0 \times SCR$

Calculation of SCR RU (t=0)	
Risque de marché inévitable	0,0
Risque de contrepartie	71,7
Risque de souscription vie	8,1
Risque de souscription santé	26,5
Risque de souscription non-vie	456,8
<b>Somme des sous modules de risque</b>	<b>563,1</b>
<i>Diversification entre les sous modules</i>	-64,4
<b>Exigence en capital basic</b>	<b>498,7</b>
<i>Risques opérationnels</i>	85,2
<b>Exigence en capital (SCR) t=0</b>	<b>583,8</b>

FIGURE 9 : MARGE POUR RISQUE

En appliquant la formule précédente avec les paramètres suivants :

$$\begin{cases} Coc = 6\% \\ D_0 = 4.46 \\ r_t = -0.42\% \end{cases}$$

L'entité a évalué une marge pour risque brute de :157M€. Ce qui donne après application d'un taux d'imposition de 32.02% une marge pour risque nette de 107M€.

### 3.6. Synthèse règlementaire

Dans le cadre du pilier 1 de Solvabilité II, le choix le plus simple pour un assureur est l'application de la Formule Standard. A partir des données de l'assureur dont nous disposons, et comme calculé précédemment, cette approche nous permet de calculer un SCR net de 677.4 M€

Ce calcul des exigences en capital, associé à des fonds propres économiques de 828.8 M€, conduit à un ratio de couverture de 122%.

Eléments de couverture (M€)	
Exigence en capital	677,4
Éléments éligibles	828,8
<b>Ratio de couverture du SCR</b>	<b>122%</b>

FIGURE 10 : ELEMENTS ELIGIBLES

Ce premier calcul indispensable donne une première vision du besoin en capital pour un assureur et donc de notre profil de risque. De ce fait chaque méthode développée se doit d'être comparée à la Formule Standard en termes d'exigence de solvabilité.

Notre entité ne présentant pas une marge de solvabilité importante, il est nécessaire de vérifier que les résultats obtenus en Formule Standard sont réellement en adéquation avec notre profil de risque.

C'est ce que nous verrons par la suite.

## 4. Cartographie des risques

La cartographie des risques se définit comme la démarche d'identification, d'évaluation, de hiérarchisation et de gestion des risques inhérents aux activités d'une organisation. C'est un levier indispensable au pilotage des risques et constitue le socle de la stratégie de gestion des risques.

Dans le cadre de nos travaux *ORSA*, la classification des risques est utilisée pour déterminer les principaux facteurs de risque, qui font l'objet de scénarios de stress pour l'évaluation des besoins globaux de solvabilité et la vérification du respect permanent des exigences réglementaires.

La cartographie des risques de notre entité a été réalisée sur la base des nomenclatures de risques définies au niveau Groupe : nomenclature des risques financiers, nomenclature des risques assurances et nomenclature des risques opérationnels. Ces nomenclatures mettent en correspondance les risques définis dans le cadre du calcul réglementaire de l'exigence en capital et ceux définis dans le cadre de la gestion des risques.

L'évaluation des risques porte en priorité sur les risques assurance et financiers considérés comme majeurs au niveau du Groupe et auxquels notre entité est exposée du fait de son activité d'assurance non-vie ainsi que sur les risques majeurs opérationnels.

La criticité des risques assurance est évaluée en fonction de l'impact sur le résultat à fin d'année et aussi de la probabilité estimée d'occurrence. Ainsi comme pour les autres risques, les risques assurance ont été évalués selon deux horizons :

- Un horizon 10 ans dans le cadre d'une approche dite situation adverse
- Un horizon 200 ans dans le cadre d'une approche coût du capital.

### ***Classification des risques majeurs***

Les risques sont classés par typologie et évalués par ordre d'importance (de 1 à 4) en fonction d'une approche multi-critères intégrant :

- L'évaluation quantitative du risque (ratio *SCR / SCR* de base ou *SCR / éléments éligibles*) lorsque le risque peut être évalué selon cette métrique),
- L'évaluation interne (approche scénario adverse) du risque en fonction des éléments éligibles,
- L'impact des stress mentionnés ci-dessus,
- L'appartenance du risque aux risques majeurs groupe et la répercussion de ce risque majeur Groupe sur notre entité.
- L'importance et l'efficacité des dispositifs de maîtrise et d'atténuation des risques,
- Les avis d'expert.

Le résultat de cette évaluation apparaît dans le tableau suivant :

4 : Risque très important / 3 : Risque important / 2 : Risque modéré / 1 : Risque faible

TYPOLOGIE DE RISQUES Maille SII	RISQUES	Classification
<b>MARCHE</b>	Taux d'intérêt	1
	Action	3
	Immobilier	3
	Spread sur obligations privées	3
	Spread sur obligations souveraines	3
<b>SOUSCRIPTION NON VIE Primes et réserve</b>	Tarifification insuffisante	1
	Résiliation des contrats	1
	Insuffisance de provisionnement	4
	Dérive de sinistralité attritionnelle	3
	Dérive de sinistralité grave	3
<b>SOUSCRIPTION NON VIE Catastrophe</b>	Cumuls des risques (conflagration)	1
	Attentats	2
	Tempêtes	1
	Climatiques sur récolte	1
	Catastrophes naturelles	2
<b>RISQUES OPERATIONNELS</b>	Souscription en dehors du cadre couvert par la réassurance	2
	Fraude externe	2
	Défaut de conseil	1
	Piratage, intrusion	2
	Défaillance des SI	1
	Cyber risques	2
	Défaillance du dispositif Lutte Anti-Blanchiment / Financement du Terrorisme	2

FIGURE 11 : CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Appréhendée via l'application de la formule standard, les risques de souscription non-vie sont les plus importants (60% du SCR de base). Notamment les risques liés au provisionnement et à la sinistralité qui sont évalués respectivement à 4 et 3.

L'exposition modérée aux risques climatiques comme aux risques de catastrophes révèle la qualité des protections de réassurance en place. En effet les mécanismes de réassurance (internes et externes au groupe) existants sont très protecteurs et ont montré leur efficacité : les dispositifs mis en place face à chacun de ces risques permettent de limiter la probabilité de survenance et d'en atténuer l'impact.

La seconde catégorie de risques auxquels notre entité est exposée est celle du risque de marché représentant 27% du SCR de base.

Enfin, les risques opérationnels n'ont pas été évalués au-dessus de 2, principalement du fait de l'importance des dispositifs de maîtrise des risques.

Pour le reste, il est à noter que le risque de contrepartie type n'a pas été retenu comme risque majeur dans la classification. Si le ratio  $SCR / BSCR$  s'établit à près de 9%, en substance, le poids de ce risque paraît toutefois bien moindre, les risques de pertes de créances détenues par des tiers étant très dispersés et limités.

Compte tenu de notre historique et comme le montre notre cartographie des risques, le risque de souscription non-vie semble sur évalué compte tenu des protections de réassurance et tous les autres dispositifs de maîtrise mis en place pour atténuer ce risque.

### III. Mesure de l'écart de profil de risque

Calibrée sur un panel de portefeuilles européens, la formule standard est par nature moins adaptée au profil de risque spécifique de chaque entreprise, dans le sens où elle ne prend pas en compte les aspects suivants :

- La taille du portefeuille, qui a un impact sur la volatilité de la distribution des sinistres
- Les coûts moyens et la fréquence des sinistres
- La structure de réassurance qui est imparfaitement prise en compte (absence de facteur d'ajustement pour tenir compte des structures de réassurance non-proportionnelle en XS et en *Stop Loss* et la réassurance par tranche)

Ainsi, conformément aux exigences réglementaires notre entité a réalisé l'analyse de l'écart de son profil de risque par rapport à la formule standard. Ce qui revient à analyser en quoi le profil de risque de notre entité est différent de celui de la formule standard.

Ces analyses ont été réalisées principalement sur le risque de souscription non-vie. Les mesures de l'impact de ces écarts ont été évaluées avec deux approches. La première en appliquant les paramètres *USP* et la deuxième en utilisant un Modèle interne partiel.

Notre analyse s'est focalisée sur les principales *lobs* que sont la RC Automobile et la RC Générale.

#### 1. Profil de risque

Comme évoqué dans le chapitre précédent, le risque de souscription non-vie contribue le plus aux exigences réglementaires.

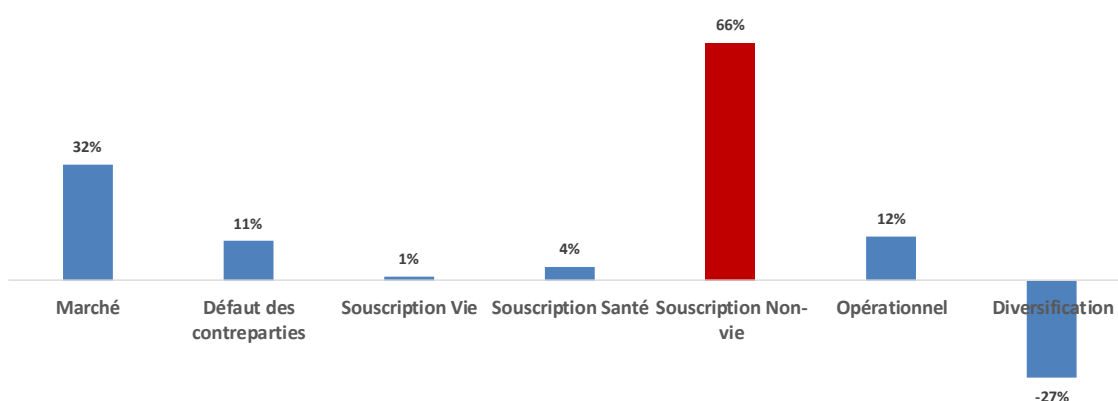


FIGURE 12 : DECOMPOSITION DE L'EXIGENCE EN CAPITAL FS

Les travaux de ce mémoire se sont focalisés sur le risque de souscription non-vie. Et plus précisément sur le sous-module de « Primes et Réserves ». Le graphique suivant présente les primes émises et les



*best estimate* net de réassurance. A fin 2019, le montant des *best estimate* net de réassurance s'élevait à 1.8 Mds €.

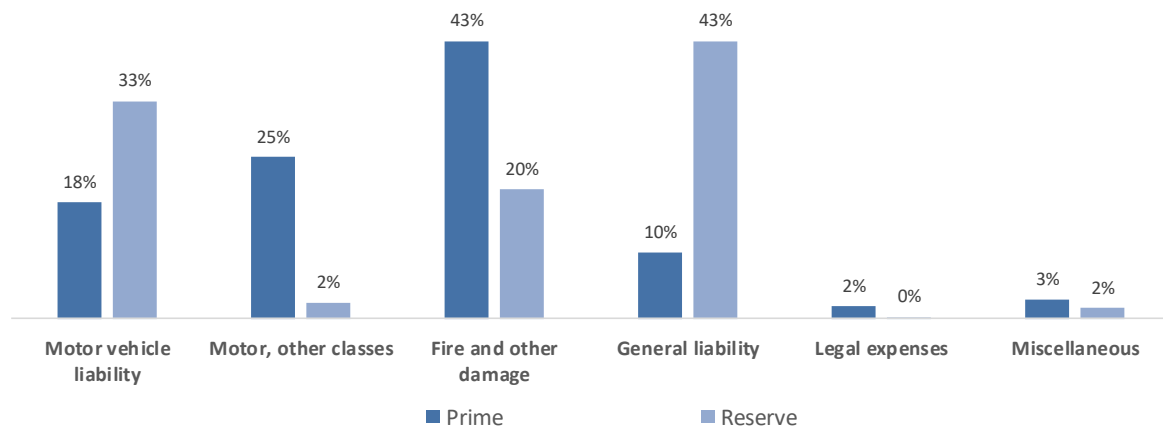


FIGURE 13 : DECOMPOSITION SCR P&R

Compte tenu de l'ampleur et la complexité des calculs, l'analyse de l'impact de l'écart de notre profil de risque par rapport à celle de la formule standard s'est focalisée sur les deux branches les plus importantes en termes d'exigences règlementaires.

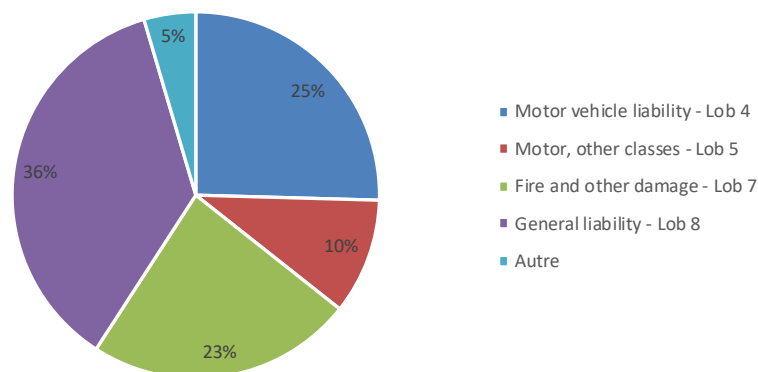


FIGURE 14 : CONTRIBUTION DES LOB S2 DANS LE SCR P&R (AVANT AGREGATION)

Les branches Responsabilité Civile automobile et Responsabilité civile générale contribuent le plus au SCR de primes et réserves (respectivement 25% et 36%).

## 2. Undertaking Specific Parameter (USP)

Pour les organismes qui proposent des garanties non-vie ou santé (classées dans les modules de risque *NSLT* ou *Health NSLT*) et qui souhaite avoir une meilleure compréhension de leurs risques, la directive permet l'utilisation de paramètres spécifiques appelés *USP*, en lieu et place de paramètres standard.

Les conditions d'application et le processus d'approbation sont développés par l'*EIOPA* dans le Consultation paper n°75 du 29 janvier 2010 :

"Sous réserve de l'accord des autorités de contrôle, les entreprises d'assurance et de réassurance peuvent, lorsqu'elles calculent les modules "risque de souscription en vie", "risque de souscription en non-vie" et "risque de souscription en santé", remplacer, dans la conception de la Formule Standard, un sous-ensemble de ses paramètres par des paramètres qui sont propres à l'entreprise concernée".

Les méthodes sont développées dans les *Delegated Acts* (Janvier 2014). Elles permettent de calculer le couple ( $\sigma_{prime}$  et  $\sigma_{réserve}$ ) par rapport à l'historique de l'entité. Ces nouveaux paramètres sont ensuite introduits dans le calcul de la Formule Standard.

Fondés sur un modèle de crédibilité, les *USP* sont le résultat de la moyenne pondérée entre le facteur de risque de l'entreprise, calculé à partir de ses propres données, et celle du marché. Le facteur de crédibilité dépend d'une part de la ligne d'activité et d'autre part de la longueur de l'historique de l'assureur.

Cette approche ne concerne que les sous-modules risque de prime, risque de réserve et risque de révision. Notre étude portera uniquement sur le risque de prime et réserve.

Pour le risque de Primes et réserve, seuls les paramètres de volatilité sont modifiés. Ainsi les éléments suivants restent ceux de la Formule standard :

- Volume de primes et de réserve
- Formule d'agrégation entre les risques de primes et risques de réserves
- Formule d'agrégation des différentes Lob pour le calcul du SCR NL primes et réserve
- Formules d'agrégation au sein des modules Souscription Santé et Souscription NL

Les paramètres à l'échelle du marché ont été calibrés pour représenter le profil de risque moyen au niveau européen. Le marché français diffère sensiblement de ce marché.

## 2.1. Conditions d'applications

Chaque assureur est soumis à un certain nombre de conditions à respecter afin d'appliquer la méthode des *USP*. A savoir :

- Utilisation de données complètes, fiables et appropriées.
- Obtenir l'approbation du régulateur :

Et pour cela l'organisme doit :

- Prouver que les paramètres de la Formule Standard ne sont pas adaptés à son profil de risque
- Satisfaire un principe de calcul prudent, en particulier le "*cherry-picking*" est interdit
- Constituer un dossier d'agrément de l'*ACPR*

## 2.2. Méthode de calcul

Dans le Consultation Paper n°75, l'*EIOPA* proposait six méthodes (trois méthodes pour chacun des deux risques). Mais dans ses mesures de niveau 2, elle ne propose plus que trois méthodes : deux pour le risque de réserve et une seule pour le risque de prime. Les entreprises d'assurances doivent justifier l'utilisation de la méthode utilisée et respecter les conditions d'application.

### 2.2.1. Facteur de crédibilité

Afin de mesurer la confiance que les données apportent, l'EIOPA a mis en place un facteur de crédibilité dans le cadre des USP : en fonction du nombre d'années d'historique de l'assureur, l'impact du paramètre de volatilité calibré sur l'historique peut être diminué.

Les USP sont une moyenne pondérée entre les calculs de l'assureur et les coefficients de la Formule standard. Les coefficients de crédibilité dépendent du nombre d'années disponibles et du type de la Lob :

$$\sigma_{Lob} = c * \sigma_{U,Lob} + (1 - c) * \sigma_{M,Lob}$$

Avec :

- $c$  le facteur de crédibilité
- $\sigma_U$  la volatilité estimée par l'organisme, fondée sur les méthodes USP fournies par l'EIOPA
- $\sigma_M$  la volatilité donnée par la formule standard

Historique disponible	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	≥15
Lobs : RC Auto / RCG/Crédit	34%	43%	51%	59%	67%	74%	81%	87%	92%	96%	100%
Autres Lob	34%	51%	67%	81%	92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

FIGURE 15 : COEFFICIENT DE CREDIBILITE

La question est de savoir à partir de quel moment les données sont assez représentatives du risque afin de calibrer la volatilité sur ces seules données. Dans leurs articles respectifs "How extensive a payroll exposure is necessary to give a dependable pure premium ?" et "The theory of experience rating", Albert Mowbray et Alfred Whitney apportent des premiers éléments de réponse à cette question en définissant la théorie de la fluctuation limitée. L'approche USP permet de tenir compte à la fois de l'exposition au risque de l'assureur et de l'exposition du marché.

### 2.2.2. Risque de réserve

#### Méthode 1

La première méthode proposée par l'EIOPA est une méthode des *boni/mali* : c'est une méthode rétrospective fondée sur la mesure de l'erreur de prédiction des sinistres observés dans l'historique. Cette première méthode se base sur les hypothèses suivantes :

- La variance du *best estimate* observé en année  $t + 1$ , additionnée aux paiements incrémentaux de l'année  $t$  est une expression quadratique du *best estimate* de l'année  $t$
- Le *best estimate* observé en année  $t + 1$ , additionné aux paiements incrémentaux de l'année  $t$  est proportionnel au *best estimate* de l'année  $t$
- Le *best estimate* observé en année  $t + 1$ , additionné aux paiements incrémentaux de l'année  $t$  suit une loi log-normale
- La méthode de l'estimateur du maximum de vraisemblance (EMV) est appropriée pour l'estimation des paramètres du modèle

Les notations suivantes sont utilisées dans le développement de cette méthode :

- $N$  : Nombre d'années d'historiques dont dispose l'organisme (années de survénance)
- $y_t$  : *Le best estimate* observé en année  $t + 1$ , additionné aux paiements incrémentaux de l'année  $t$
- $x_t$  : Le Best Estimate observé en année  $t$

La volatilité du risque de réserve obtenue par la méthode des *USP*, pour la branche considérée sera alors :

$$\sigma_{U,LoB} = c \times \hat{\sigma}(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) \times \sqrt{\frac{N+1}{N+1}} + (1-c) \times \sigma_{M,LoB}$$

Avec :

- $c$  : le facteur de crédibilité
- $\sigma_{M,LoB}$  : la fonction de volatilité du risque de réserve fixée par l'EIOPA pour la *LoB* considérée
- $\hat{\sigma}$  : la fonction de volatilité définie ci-dessous

$$\hat{\sigma}(a, b) = \exp\left(\frac{\sum_{t=1}^N \left(\frac{1}{2} + \pi_t(a, b) \times \ln\left(\frac{x_t}{y_t}\right) + \pi_t(a, b) \times b\right)}{\sum_{t=1}^N \pi_t(a, b)}\right)$$

Avec :

$$\pi_t(a, b) = \frac{1}{\ln\left(1 + \left((1-a) \times \frac{\bar{x}}{x_t} + a\right) \times e^{2 \times b}\right)}$$

L'hypothèse de log-normalité conduit à estimer les paramètres du modèle par la minimisation de la fonction du maximum de vraisemblance suivante :

$$(\hat{\delta}, \hat{\gamma}) = \underset{(\delta, \gamma)}{\operatorname{argmin}} \times \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \left( \left[ \ln\left(\frac{x_t}{y_t}\right) + \frac{1}{2 \times \pi_t(\delta, \gamma)} + \gamma - \ln(\hat{\sigma}(\delta, \gamma)) \right]^2 \times \pi_t(\delta, \gamma) - \ln(\pi_t(\delta, \gamma)) \right)$$

Avec  $\hat{\delta} \in [0,1]$  et  $\hat{\gamma} \in \mathbb{R}$

Dans ses mesures de niveau 2, l'EIOPA oblige les organismes à utiliser la méthode du maximum de vraisemblance, alors qu'une méthode des moindres carrés ordinaire était autorisée dans sa première version. De plus, le changement majeur de la méthode est la modélisation par une expression quadratique entre  $x_t$  et  $y_t$ , alors qu'il s'agissait d'une expression linéaire dans la première version.

Le facteur  $\sqrt{\frac{N+1}{N+1}}$  est rajouté à la méthodologie *USP*, permettant d'augmenter la volatilité calibrée par les *USP* (approche prudente de l'adaptation des *USP*).

## Méthode 2

La deuxième méthode est fondée sur l'estimation de la volatilité du risque de réserve par la méthode de Merz et Wüthrich [2].

La théorie de Merz et Wüthrich sera développée par la suite, puisque le modèle sera utilisé dans notre Modèle Interne.

### 2.2.3. Risque de prime

L'EIOPA ne propose qu'une seule méthode pour évaluer la volatilité du risque de prime. Cette méthode est fondée sur le même raisonnement que la méthode 1 du risque de réserve : l'estimation de l'erreur de tarification historique, calibrée par la méthode du maximum de vraisemblance et reposant sur les hypothèses suivantes :

- Le montant de perte estimée est proportionnel aux primes reçues par année de survenance (par branche) ;
- La variance de ces pertes est une expression quadratique par rapport aux primes acquises ;
- Les pertes suivent une loi log-normale ;
- La méthode du maximum de vraisemblance est adaptée pour l'estimation des paramètres du modèle.

## 2.3. Application

Les données internes de l'assureur reflètent parfaitement les risques couverts sur l'année à venir : la structure ne change pas d'une année sur l'autre. Il n'y a pas de sinistres catastrophiques dans les données puisque ce risque est traité en parallèle du risque de prime et de réserve. En outre, les conditions d'applications des USP sont respectées par nos données : elles sont "complètes, fiables et appropriées".

Par la suite nous présenterons les résultats sur les principales Lobs RC Automobile et RC Générale.

### 2.3.1. Responsabilité Civile Automobile

Risque de primes	Central	Sensi 1	Sensi 2
Final sigma $\sigma(u, \text{prem}, \text{lob})$	8,7%	7,7%	6,9%
Standard gross factor $\sigma(M, \text{prem}, \text{lob})$	10,0%	10,0%	10,0%
<i>Undertaking NPlob</i>	0,8	0,8	0,8
<i>Credibility factor c</i>	34%	43%	51%
USP - brut	9,6%	9,0%	8,4%
USP - net	<b>7,7%</b>	<b>7,2%</b>	<b>6,7%</b>
<b>Volatilité Net EIOPA</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>

FIGURE 16 : VOLATILITE USP RISQUE DE PRIME RC-AUTO

Un paramètre USP de primes brutes calibré à partir de 5 années d'historique s'élevant à 8.7% vs 10% en Formule Standard. L'effet « crédibilisation » et l'application du facteur NP entraineraient un USP de primes nets à 7.7% vs 8% en Formule Standard. Ce qui permettra un gain de SCR.

Des sensibilités ont été calculées en reconstituant des  $S/P$  historiques avec les moyennes sur les données observées afin de quantifier l'effet de l'historique disponible. Nous obtenons une volatilité à 7.20% pour l'ajout d'une année (Sensi 1) et 6.7% pour l'ajout de deux années (Sensi 2) vs 8% en Formule Standard.

On constate que pour cette branche les volatilités observées sont inférieures à celles du marché. Ce qui montre que notre entité a intérêt à prendre ses propres spécificités en compte.

L'avantage d'utiliser les USP du risque de prime par rapport à la formule standard se quantifie avec un gain sur le SCR du risque de souscription non-vie risque de prime. Cependant ces résultats présentent une limite car basé sur un historique reconstitué à partir de moyenne et qui peut introduire un biais dans le calcul des paramètres  $USP$ .

Risque de réserve	Central	Sensi 1	Sensi 2
Final sigma $\sigma(u, prem, lob)$	11,9%	10,5%	9,5%
Standard gross factor $\sigma(M, prem, lob)$	9,0%	9,0%	9,0%
Credibility factor $c$	34%	43%	51%
<b>USP</b>	<b>9,98%</b>	<b>9,65%</b>	<b>9,26%</b>

FIGURE 17 : VOLATILITE USP RISQUE DE RESERVE RC-AUTO

Le paramètre USP de réserve est calibré à partir de 5 années d'historique avec les données brutes de réassurance s'élevant à 11.9% vs 9% en formule standard.

Nous constatons une volatilité plus importante que celle de la formule standard qui est dû à une année 2016 avec un fort mali sur les antérieurs (mali de 20%) sur la RC corporelle.

Ainsi cette méthode semble surestimer la volatilité des réserves à un an. Les différentes limites de cette méthode présentées précédemment sont confirmées dans les résultats. La méthode 1 serait applicable si les compagnies possédaient un historique de *best estimate* plus important, ce qui n'est pas le cas actuellement sur le marché. Par conséquent dans les conditions actuelles, il n'est pas conseillé d'utiliser cette méthode.

### 2.3.2. Responsabilité Civile Générale

Risque de primes	Central	Sensi 1	Sensi 2
Final sigma $\sigma(u, prem, lob)$	22,6%	19,9%	17,8%
Standard gross factor $\sigma(M, prem, lob)$	14,0%	14,0%	14,0%
Undertaking $NPlob$	0,8	0,8	0,8
Credibility factor $c$	34%	43%	51%
USP - brut	16,9%	16,5%	15,9%
USP - net	<b>13,5%</b>	<b>13,2%</b>	<b>12,8%</b>
Volatilité Net EIOPA	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>
ecart-type empirique	<b>19,4%</b>	<b>17,4%</b>	<b>15,9%</b>

FIGURE 18 : VOLATILITE USP RISQUE DE PRIME RCG

Le paramètre *USP* de primes bruts est calibré à partir de 5 points s'élevant à 22.6% vs 14% en formule standard. L'effet « crédibilisation » et application du facteur non proportionnel entraîne un *USP* de primes nets à 13.5% vs 11.2% en Formule Standard.

Des sensibilités ont été calculées en reconstituant des données historiques avec les moyennes observées afin de quantifier l'effet de l'historique disponible (13.2% pour ajout d'une année (Sensi 1) et 12.8% pour l'ajout de deux années (Sensi 2) vs 11.2% en FS). Il faut noter que ces scénarios sont optimistes étant donné qu'ils minimisent l'écart-type.

➤ **Focus sur le risque construction**

La Lob RC Générale contient des garanties construction présentant une spécificité par sa nature.

En construction, le risque de réserves porte sur l'ensemble des engagements relatifs aux contrats déjà souscrits à la date d'évaluation.

L'assureur détient en contrepartie de ces engagements les provisions suivantes :

- Provision Pour Sinistres à Payer (PSAP) qui correspond aux engagements relatifs aux sinistres déjà survenus à la date d'évaluation.
- Provision Pour Sinistres Non Encore Manifestés (PSNEM) qui correspond aux engagements relatifs aux sinistres non encore survenus à la date d'évaluation sur les contrats en portefeuille.

Les provisions pour sinistres non encore manifestés (*PSNEM*) sont une spécificité de l'assurance construction et ne doivent être constituées que pour les risques des garanties décennales de l'assurance construction gérée en capitalisation (responsabilité civile et dommages ouvrages). Il s'agit d'une évaluation des sinistres à survenir pendant la période de garantie restante au-delà de l'exercice d'inventaire.

Notre entité détenant beaucoup de garanties construction qui présente des spécificités dans le marché français, il est important d'analyser sa volatilité.

Risque de réserve ( <i>Yc PSNEM*</i> )	Central	Sensi 1	Sensi 2
Final sigma $\sigma$ (u,prem,lob)	19,5%	17,2%	15,5%
Standard gross factor $\sigma$ (M,prem,lob)	11,0%	11,0%	11,0%
<i>Credibility factor c</i>	34%	43%	51%
<b>USP_Methode1</b>	<b>13,88%</b>	<b>13,6%</b>	<b>13,3%</b>
<b>ecart-type empirique</b>	<b>18%</b>	<b>16%</b>	<b>14%</b>

FIGURE 19 : VOLATILITE USP RISQUE DE RESERVE RCG

En prenant en compte la *PSNEM* dans le périmètre d'évaluation, on obtient un paramètre *USP* de réserve calibrée à partir de 5 années d'historique avec les données brutes de réassurance, hors frais de gestion des sinistres, s'élevant à 19,5% vs 11% en FS. Et l'effet « crédibilisation » entraîne un *USP* de réserve à 13,9% vs 11% en FS.

## Taux de Boni Mali à 1 an

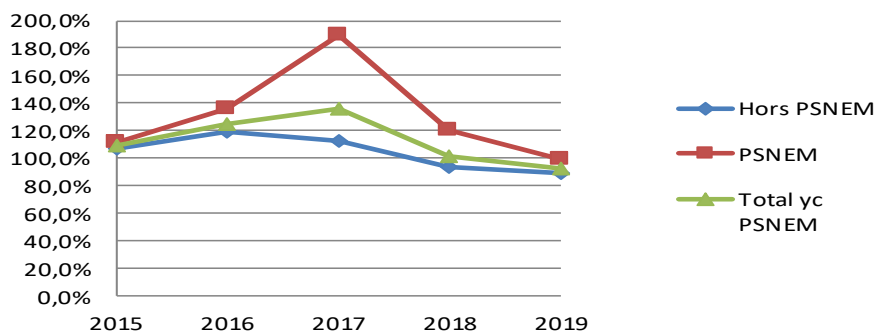


FIGURE 20 : TAUX BONI MALI RCG

On observe une forte volatilité de la *PSNEM*. Ce qui impacte la volatilité totale de cette *Lob*.

Les volatilités *USP* calculées sont fortement plus importantes que celles proposées par l'*EIOPA*. Cependant cet écart est moindre en appliquant un facteur de crédibilisation. L'effet « crédibilisation » entraîne un *USP* de réserve à 13,9% vs 11% en formule standard.

Risque de réserve ( <i>hors PSNEM*</i> )	Central	Sensi 1	Sensi 2
Final sigma $\sigma$ (u,prem,lob)	14,2%	12,5%	11,3%
Standard gross factor $\sigma$ (M,prem,lob)	11,0%	11,0%	11,0%
Credibility factor <i>c</i>	34%	43%	51%
<b>USP_Methode1</b>	<b>12,1%</b>	<b>11,6%</b>	<b>11,1%</b>
<b>ecart-type empirique</b>	<b>13%</b>	<b>11%</b>	<b>10%</b>

FIGURE 21 : VOLATILITE USP RISQUE DE RESERVE RCG (HORS PSNEM)

On observe que la volatilité *USP* est moins importante en excluant la *PSNEM*. Car les volatilités observées sont proches de celles de la formule standard. Un paramètre *USP* de réserve calibré à partir de 5 années d'historique après effet crédibilisation s'élevant à 12,1 % vs 11% en FS.

## 2.4. Synthèse, limites et enjeux

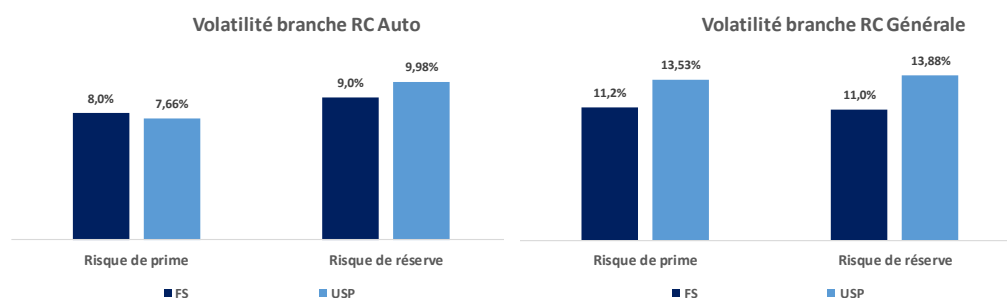


FIGURE 22 : SYNTHESE VOLATILITE USP (RCA & RCG)

Les volatilités calculées via les *USP* sont relativement proches de celles de la formule standard. C'est en partie liée au facteur de crédibilité qu'il faut utiliser entre la volatilité de la formule standard et de la volatilité de l'historique propre de notre entité (ici 5 années d'historique disponible). Même si les



différences ne sont pas importantes, les volatilités obtenues sont supérieures à celles de la formule standard sauf sur la RC automobile où la volatilité sur le risque de primes est inférieure.

Au vu des différents sensibilités testés on constate que l'augmentation de l'historique (sans choc) permet de réduire la volatilité calculée via les *USP*. Mais avec la limite de la reconstruction de l'historique. Car la volatilité des méthodes historiques impacte fortement les paramètres *USP*.

De plus les méthodes standardisées de calcul des *USP* ne sont pas adaptées à la branche construction. Et la prise en compte de la provision pour sinistres non encore manifestés (PSNEM) n'est possible qu'avec la première méthode du risque de réserve. En effet nous obtenons un *USP* de primes calibrés à 15% (+1% / FS) pour la RCG seule et 22,6% pour RCG + Construction. Et un *USP* de réserve calibrée à 8,5% (-2,5% /FS) pour la RCG seule et 19,5% pour RC générale + construction.

En conclusion, les *USP* permettent de tenir compte de l'expérience de notre portefeuille de risque et ainsi dans certains cas d'améliorer sensiblement la précision du montant de fonds propres à détenir. Par ailleurs, dans le cadre de l'*ORSA*, le calcul d'*USP* permet de justifier l'évaluation du niveau de fonds propres de l'entreprise et l'éventuelle non-adéquation de la formule standard de Solvabilité II à son profil de risque.

Mais au vu des résultats et des différentes contraintes il est évident que l'utilisation des *USP* ne semble pas possible pour l'ensemble des branches notamment la RC générale du fait du caractère atypique de la construction décennale. De plus les méthodes imposées par la réglementation ne permettent pas de contourner les problèmes liés à l'absence de données fiables sur un historique et les impacts des changements de gestions et de profils de risque passés.

Finalement notre entité a décidé d'utiliser un modèle interne partiel plus à même de refléter son profil de risque.

### 3. Modèle Interne Partiel (MIP)

Comme constaté plus haut le calibrage de la formule standard n'est pas adapté au profil de risque de notre entité. Ce qui introduit un biais significatif dans le calcul du *SCR*. Afin que le calcul de son capital de solvabilité requis soit aligné avec son profil de risque et ainsi améliorer sa gestion des risques, notre entité a choisi de mettre en place un Modèle Interne Partiel concernant les risques de souscription non-vie et santé non similaire à de la vie.

Pour rappel le *SCR* de souscription non-vie correspond aux fonds propres à immobiliser pour faire face, dans 99,5% des cas, aux risques de souscription. Ce dernier correspond au risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, en raison d'hypothèses inadéquates en matière de tarification, de provisionnement et également de l'incertitude liée aux événements extrêmes.

Ce risque se décompose en trois sous-risques : prime, catastrophe et réserve. Comme l'indique le schéma suivant, la modélisation est faite d'un côté pour le risque de réserve et de l'autre les risques prime et catastrophe.

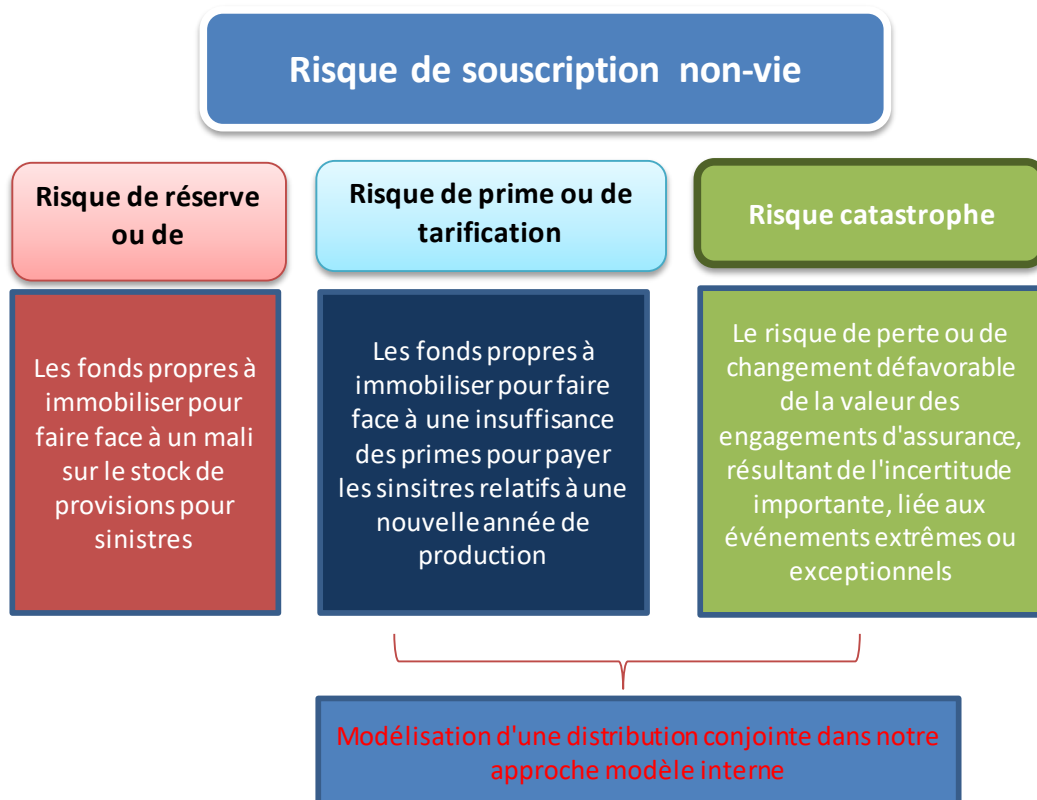


FIGURE 23 : SCHEMA CALIBRATION RISQUE DE SOUSCRIPTION NON-VIE MIP

### 3.1. Risque de réserve

Pour l'évaluation du capital réglementaire du risque de réserve, La directive Solvabilité II impose une vision sur un horizon d'un an. C'est-à-dire que notre entité doit être en mesure de faire face à une déviation défavorable de la sinistralité par rapport au niveau du *best estimate* tel qu'il avait été fixé lors de la clôture précédente. Il s'agit donc de mesurer le niveau des mali probables à horizon un an. Et, pour cela, il est nécessaire d'estimer la volatilité des provisions.

Ce qui différencie la vision à un an de celle à l'ultime est que nous ne cherchons plus à prédire la variabilité de la charge totale par rapport à sa valeur à l'ultime mais par rapport à sa valeur à l'année calendaire suivante. Dit autrement, la variation de la charge ultime à un an est la différence entre la valeur de la charge ultime calculée en date  $N + 1$  et sa valeur calculée en date  $N$ .

Finalement, le risque de provisionnement à un an est un risque portant sur la ré-estimation de la provision de la charge à l'ultime de l'assureur entre deux années calendaires. De ce fait il faut s'intéresser aux Claim Development result et plus précisément à son erreur de prédiction.

Ainsi pour la mise en pratique nous utiliserons plusieurs modèles :

- Le modèle de Merz-Wutrich qui est le modèle de référence pour le risque de réserve
- Un modèle alternatif basé sur la méthode du bootstrapping
- Un modèle spécifique pour le risque construction (à trois dimensions)

### 3.1.1. Claims Development result

Le *Claims Development Result*, noté *CDR*, est la différence entre deux estimations successives du *best estimate* entre  $N$  et  $N + 1$ .

Cette déviation du *CDR* est vue sous deux angles :

- Sous un angle rétrospectif, ou connaissant les observations des sinistres en date  $T$ , nous cherchons à prédire le *CDR* sur l'année calendaire  $[N, N + 1]$ . Le *CDR* obtenu est dit réel.
- Sous un angle prospectif en date  $T + 1$ , nous calculons le *CDR* de l'année calendaire  $[N, N + 1]$ . On parle de *CDR* observable.

Le *CDR* réel n'est jamais « observé » dans les comptes de l'assureur. Pour déterminer sa valeur nous avons besoin d'estimer la charge à l'ultime.

On estime le *CDR* réel par le *CDR* observable. En effet les *CDR* réels sont remplacés par les estimateurs associés à la méthode de Chain-Ladder : les sinistres à l'ultime. Ainsi le *CDR* observable est obtenu en remplaçant les  $E[C_{i,N}/\mathcal{D}_N]$  et  $E[C_{i,N+1}/\mathcal{D}_{N+1}]$  respectivement par les estimateurs  $\hat{C}_{i,N}^N$  et  $\hat{C}_{i,N}^{N+1}$ .

$$\widehat{CDR}_i(N + 1) = \hat{C}_{i,N}^N - \hat{C}_{i,N}^{N+1}$$

Avec :

- $\hat{C}_{i,N}^N$  : estimation l'année  $N$  des paiements cumulés à l'ultime ;
- $\hat{C}_{i,N}^{N+1}$  : estimation l'année  $N + 1$  des paiements cumulés à l'ultime.

Les  $C_{i,j \geq 0}$  ayant par hypothèse les propriétés d'une martingale il vient :

$$E[CDR_i(N + 1)/\mathcal{D}_N] = 0$$

Cette dernière propriété signifie que le *CDR* réel serait égal à 0 si les facteurs de développement étaient parfaitement connus.

Le  $\widehat{CDR}_i(N + 1)$  apparaît dans les comptes de l'assureur à la fin de l'année  $N$ , il résulte d'une différence d'estimation de la charge ultime réalisée par l'actuaire entre l'année  $N$  et  $N + 1$ . C'est le boni/mali réalisé par l'assureur. Si notre estimation de la charge totale à l'ultime est parfaite (c'est-à-dire que nous connaissons le développement futur de nos sinistres), le *CDR* attendu est nul, c'est la raison pour laquelle on prédit notre *CDR* de l'année  $N + 1$  par 0 (c'est-à-dire qu'on ne prédit ni de boni ni de mali).

### 3.1.2. Modèle de Merz et Wüthrich

Michael Merz et Mario V. Wüthrich ont développé une méthode de mesure de l'incertitude du risque de réserve, à partir des triangles de développement utilisés par les assureurs dans le cadre de leur provisionnement. Ils ont écrit une première version en 2008 dans un article intitulé *Uncertainly of the Claims Development Result in the Chain Ladder Method* [17], puis l'ont simplifiée dans un autre article afin d'être facilement implémentable et applicable à la directive Solvabilité II : *Modelling the claims development result for solvency purposes* [16].

La méthode de Merz et Wüthrich est un modèle non paramétrique inspiré du modèle de Mack, permettant de calculer l'erreur de prédiction des réserves à un an. Alors que la méthode de Mack calcule l'erreur de prédiction à l'ultime, la méthode de Merz et Wüthrich cherche à prédire la variabilité à un an, c'est-à-dire la différence entre les estimations du *best estimate* entre deux années consécutives.

Merz et Wüthrich analysent l'erreur de prédiction du *CDR* suivant deux points de vue :

- Prospective : pour l'année calendaire  $N$ , on prédit le *CDR* de l'année  $[N, N + 1]$ . Le *CDR* prédit est nul, nous voulons connaître la distribution du *CDR* autour de cette valeur.
- Rétrospective : au temps  $N + 1$  nous avons observé le *CDR* de l'année  $[N, N + 1]$ . Nous nous intéressons à connaître la qualité de la prédiction que l'on a fournie en  $N$ .

Les hypothèses de Merz et Wüthrich sont similaires à celles de Mack, en rajoutant toutefois la condition de Markov :

- Les paiements cumulés  $C_{i,j}$  des différentes années de survenance sont indépendants
- $\forall 1 \leq j \leq J \ 1 \leq i \leq I$  la charge cumulée (ou paiements)  $C_{i,j} \geq 0$  est une chaîne de Markov et il existe  $f_j \geq 0$  correspondant au coefficient de Chain-Ladder permettant le passage du développement  $j$  à  $j + 1$

$$E(C_{i,j+1} | C_{i,j}) = f_j * C_{i,j}$$

$$Var(C_{i,j+1} | C_{i,j}) = \sigma_j^2 * C_{i,j}$$

Où  $\sigma_j \geq 0$  est l'écart-type de Mack.

Il convient d'introduire les deux notations suivantes :

- $\mathcal{D}_N = \{C_{i,j}; i + j \leq N, i \leq N\}$
- $\mathcal{D}_{N+1} = \{C_{i,j}; i + j \leq N + 1, i \leq N + 1\}$

$\mathcal{D}_N$  correspond à l'ensemble des informations disponibles en date  $T = N$ , tandis que  $\mathcal{D}_{N+1}$  est l'ensemble des informations disponibles en  $T = N + 1$ , donc en rajoutant la dernière diagonale dans le triangle de liquidation.

Sous ces hypothèses on est capable de prédire les paiements à l'ultime notés  $C_{i,N}$  connaissant l'information passée au temps  $N$  :

$$E(C_{i,N} | \mathcal{D}_N) = C_{i,N-i} \times \prod_{j=N-i}^{N-1} f_j$$

Les facteurs  $f_j$  ne sont pas connus, cependant Mack a démontré que les estimateurs fournis par Chain-Ladder sont sans biais et non corrélés. Ainsi les estimateurs de Chain-Ladder  $f_j$  dépendent de la date de considération des données :

En  $T = N$

$$\hat{f}_j^N = \frac{\sum_0^{N-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_0^{N-j-1} C_{i,j}}$$

En  $T = N + 1$

$$\hat{f}_j^{N+1} = \frac{\sum_0^{N-j} C_{i,j+1}}{\sum_0^{N-j} C_{i,j}}$$

On en déduit une estimation sans biais des montants de sinistres à l'ultime calculés :

En  $T = N, \forall j \geq N - i + 1$

$$\hat{C}_{i,j}^N = C_{i,N-i} * \prod_{k=N-i}^{j-i} \hat{f}_k^N \text{ et } \hat{R}_i^N = \hat{C}_{i,N} - C_{i,N-i}$$

En  $T = N + 1, \forall j \geq N - i + 2$

$$\hat{C}_{i,j}^{N+1} = C_{i,N-i+1} * \prod_{k=N-i+1}^{j-i} \hat{f}_k^{N+1} \text{ et } \hat{R}_i^{N+1} = \hat{C}_{i,N} - C_{i,N-i+1}$$

Sous l'hypothèse la seconde hypothèse on remarque que la variable aléatoire  $E(C_{i,N} | \mathcal{D}_N)$  est une martingale, on en déduit immédiatement que le  $CDR_i(N + 1)$  conditionnellement à  $\mathcal{D}_N$  est centré, c'est à dire que :

$$E[CDR_i(N + 1) | \mathcal{D}_N] = 0$$

En date  $T = N$ , la meilleure estimation du  $CDR_i(N + 1)$  est 0. Cependant, il est important de connaître et mesurer de combien la réalisation du  $CDR$  à la fin de l'année calendaire aura dévié de 0 (vision prospective).

- **Erreur quadratique moyen prédiction (MSEP)**

Mack est l'un des premiers à développer une formule analytique simple de l'incertitude sur les estimations des provisions par Chain Ladder dans l'article *Distribution-Free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates (1993)*.

Notons  $\mathcal{D}$  l'information disponible au moment de l'estimation des provisions :

$$\mathcal{D} = \{C_{i,j} | i + j \leq I + 1\}.$$

L'incertitude présente dans la prédiction de  $C_{i,n}$  et  $\hat{C}_{i,n}$  se mesure par l'écart quadratique moyen, noté *MSEP (Mean Square Error Prediction)* est définie par l'espérance conditionnelle :

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

$$MSEP(\hat{C}_{i,N}) = Var(C_{i,N} | \mathcal{D}) + (E(C_{i,N} | \mathcal{D}) - \hat{C}_{i,N})^2$$

L'erreur de prédiction est composée de deux termes :

- Variance du processus intrinsèque au modèle et qui provient du mouvement stochastique du processus  $C_{i,N}$
- L'erreur d'estimation porte sur les facteurs de développement  $f_j$

Soit  $\hat{R}_i$  l'estimation de la provision pour l'année de survenance  $i$  avec  $i \in \{1, \dots, I\}$ . Nous remarquons que :

$$MSEP(\hat{R}_i) = E[(R_{i,N} - \hat{R}_{i,N})^2 / \mathcal{D}] = E[(C_{i,N} - \hat{C}_{i,N})^2 / \mathcal{D}] = MSEP(\hat{C}_{i,N})$$

Sous les hypothèses de Mack, l'erreur de prédiction de la provision peut se calculer tout simplement avec la formule suivante :

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

En effet l'erreur de prédiction correspond à la volatilité créée par l'aléa tout au long du développement des sinistres. Mais la  $MSEP$  de la somme des réserves n'est pas la somme des  $MSEP$  des réserves pour chaque année, puisque ces termes sont corrélés. Ainsi, l'estimateur agrégé permet de calculer l'erreur de prédiction sur les réserves globales  $\hat{R}$  :

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

Le modèle de Mack permet ainsi de calculer l'erreur de prédiction des réserves à l'ultime. Mais dans le cadre de ce mémoire pour le calcul du risque de réserve, l'erreur d'estimation est à considérer à horizon un an (en accord avec le principe de Solvabilité II).

#### ▪ Evaluation à un an

Une fois qu'on a estimé les  $CDR$ , on peut alors calculer l'erreur de prédiction à un an.

Dans un second temps on s'intéresse à la vision rétrospective de l'erreur. L'erreur de prédiction conditionnelle du  $CDR$  réel par rapport au  $CDR$  observable est donnée par :

$$MSEP_{\overline{CDR}(N+1)|\mathcal{D}_N}(\overline{CDR}_i(N+1)) = E[(\overline{CDR}_i(N+1) - CDR_i(N+1))^2 / \mathcal{D}_N]$$

Cette quantité représente l'incertitude de la prédiction entre le  $CDR$  réel et le  $CDR$  observable. Cette quantité n'est pas intéressante dans le cadre de l'évaluation de la solvabilité de l'assureur. Cependant elle permet un « back-testing » sur la prédiction de l'année  $n$  en année  $n+1$ .

On notera que les  $MSEP$  en vision prospective et rétrospective ne font pas apparaître aussi clairement que pour Mack, la décomposition en « Erreur de processus + Erreur d'estimation ». Cette différence est principalement due au fait que le  $\overline{CDR}_i(N+1)$  n'est pas  $\mathcal{D}_N$ -mesurable.

De même l'erreur de prédiction conditionnelle du  $CDR$  pour l'ensemble des années de survenance doit tenir compte de leur corrélation entre elles : une observation d'une année de survenance  $i$  permet d'estimer les facteurs de développement Chain-Ladder qui sont utilisés par année de développement.

➤ **Vision prospective**

On s'intéresse dans un premier temps à la vision prospective de l'erreur, c'est à dire pour une année de survenance donnée. L'erreur quadratique moyenne de prédiction conditionnelle (notée MSEP par la suite), du CDR observable est définie par :

L'erreur de prédiction du CDR observable autour de 0 pour l'année calendaire  $[N, N + 1]$  se décompose comme :

$$\widehat{MSEP}_{\widehat{CDR}(N+1)|\mathcal{D}_N}(0) = E[(\widehat{CDR}_i(N+1) - 0)^2 / \mathcal{D}_N]$$

Cette quantité correspond à la mesure de l'incertitude de la déviation autour de 0 du CDR observable vu de la date  $N$ .

$$\widehat{MSEP}_{\widehat{CDR}(N+1)|\mathcal{D}_N}(0) = E \left[ \sum_{i=1}^N \widehat{CDR}_i(N+1) / \mathcal{D}_N \right]^2 + \widehat{Var} \left( \sum_{i=1}^N CDR_i(N+1) / \mathcal{D}_N \right)$$

$$\widehat{MSEP}_{\widehat{CDR}(N+1)|\mathcal{D}_N}(0) = \widehat{Bias}^2 + \widehat{Var} \left( \sum_{i=1}^N CDR_i(N+1) / \mathcal{D}_N \right)$$

Soit :

$$\widehat{Bias}^2 = \sum_1^N (\widehat{C}_{i,N}^N)^2 \times \widehat{\Delta}_{i,N}^N + 2 \times \sum_{k>i>0} \widehat{C}_{i,N}^N * \widehat{C}_{k,N}^N * \widehat{\Lambda}_{i,N}^N$$

Avec :

$$\widehat{\Lambda}_{i,N}^N = \frac{(\widehat{\sigma}_{N-i}^2)^2}{(\widehat{f}_{N-i}^N)^2 \times \sum_{s=0}^{i-1} C_{s,N-j}} + \sum_{j=N-i+1}^{N-1} \left( \frac{C_{N-j,j}}{\sum_{s=0}^{n-j} C_{s,j}} \right)^2 * \frac{(\widehat{\sigma}_j^2)^2}{(\widehat{f}_j^N)^2 * \sum_{s=0}^{n-j-1} C_{s,j}}$$

$$\widehat{\Lambda}_{i,N}^N = \frac{C_{i,n-i}}{\sum_{s=0}^i C_{i,N-i}} \times \frac{(\widehat{\sigma}_{N-i}^2)^2}{(\widehat{f}_{N-i}^N)^2 \times \sum_{s=0}^{i-1} C_{s,N-i}} + \sum_{j=N-i+1}^{N-1} \left( \frac{C_{N-j,j}}{\sum_{s=0}^{n-j} C_{s,j}} \right)^2 * \frac{\widehat{\sigma}_j^2}{(\widehat{f}_j^N)^2 * \sum_{s=0}^{n-j} C_{s,j}}$$

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

et le terme de variance :

$$\widehat{Var} \left( \sum_{i=1}^N CDR_i(N+1) \right) = \sum_{i=1}^N (\widehat{C}_{i,N}^N)^2 \times \widehat{\Gamma}_{i,N}^N + 2 \times \sum_{k>i>0} \widehat{C}_{i,N}^N * \widehat{C}_{k,N}^N * \widehat{\Upsilon}_{i,N}^N$$

Avec pour  $i = 1 \dots N$  :

$$\widehat{\Gamma}_{i,N}^N = \left\{ \left( \left[ 1 + \frac{\widehat{\sigma}_{N-i}^2}{(\widehat{f}_{N-i}^N)^2 \times C_{i,N-i}} \right] \times \prod_{l=N-i+1}^{N-1} \left( 1 + \frac{\widehat{\sigma}_l^2}{(\widehat{f}_{N-i}^N)^2 \times (\sum_{s=0}^{i-1} C_{s,l})^2} \times C_{N-l,l} \right) \right) - 1 \right\}$$

Et pour  $k > i > 0$  :

$$\hat{Y}_{i,N}^N = \left[ \left( 1 + \frac{\hat{\sigma}_{N-i}^2}{(\hat{f}_{N-i}^N)^2 \times \sum_{s=0}^i C_{s,N-i}} \right) \times \prod_{l=N-i+1}^{N-1} \left( 1 + \frac{\hat{\sigma}_l^2}{(\hat{f}_l^N)^2 \times (\sum_{i=0}^{N-l} C_{i,l})^2} \times C_{N-l,l} \right) - 1 \right]$$

On obtient pour l'erreur agrégée :

$$MSEP_{\sum_{i=1}^N \widehat{CDR}(N+1) \setminus \mathcal{D}_N}(0) = \sum_{i=1}^N (\hat{C}_{i,N}^N)^2 \times (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{I}_{i,N}^N) + 2 \sum_{k>i>0} \hat{C}_{i,N}^N * \hat{C}_{k,N}^N * (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{Y}_{i,N}^N)$$

### ➤ Vision rétrospective

L'erreur de prédiction du *CDR* observable autour du *CDR* réel pour l'année calendaire  $[N, N+1]$  se décompose comme :

$$MSEP_{\widehat{CDR}(N+1) \setminus \mathcal{D}_N}(\widehat{CDR}_i(N+1)) = E[(\widehat{CDR}_i(N+1) - CDR_i(N+1))^2 / \mathcal{D}_N]$$

$$MSEP_{\widehat{CDR}(N+1) \setminus \mathcal{D}_N}(\widehat{CDR}_i(N+1)) = \sum_{i=1}^N (\hat{C}_{i,N}^N)^2 \times (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{\Phi}_{i,N}^N) + 2 \sum_{k>i>0} \hat{C}_{i,N}^N \times \hat{C}_{k,N}^N \times (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{\Psi}_{i,N}^N)$$

Avec :

$$\hat{\Phi}_{i,N}^N = \left\{ \left( \left[ 1 + \frac{\hat{\sigma}_{N-i}^2}{(\hat{f}_{N-i}^N)^2 \times C_{i,N-i}} \right] \times \prod_{l=N-i+1}^{N-1} \left( 1 + \frac{\hat{\sigma}_l^2}{(\hat{f}_l^N)^2 \times (\sum_{s=0}^{i-1} C_{s,l})^2} \times C_{N-l,l} \right) \right) - 1 \right\}$$

$$\hat{\Psi}_{i,N}^N = \left( \left( \left[ 1 + \frac{\hat{\sigma}_{N-i}^2}{(\hat{f}_{N-i}^N)^2 \times \sum_{s=0}^{i-1} C_{s,N-i}} \right] \times \prod_{l=N-i+1}^{N-1} \left( 1 + \frac{\hat{\sigma}_l^2}{(\hat{f}_l^N)^2 \times (\sum_{s=0}^{i-1} C_{s,l})^2} \times C_{N-l,l} \right) \right) - 1 \right)$$

### ➤ Simplification des formules

Afin de simplifier les formules présentées précédemment, les travaux de Merz et Wüthrich s'appuient sur l'hypothèse  $\frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \leq C_{N-j+1,j}$  permettant de recourir à la simplification suivante :

Soit  $\forall a_j > 0$ ,  $\prod_j^N (1 + a_j) \approx 1 + \sum_1^N a_j$

On définit :

$$\hat{\Phi}_{i,N}' = \sum_{j=N-i+1}^{N-1} \left( \frac{C_{N-j,j}}{\sum_{s=0}^{N-j} C_{s,j}} \right) \times \frac{\hat{\sigma}_j^2}{(\hat{f}_j^N)^2 \times C_{N-i,j}}$$

En vision prospective, après simplification l'erreur de prédiction s'écrit alors :

$$MSEP_{\sum_{i=1}^N \widehat{CDR}(N+1) \setminus \mathcal{D}_N}(0) = \sum_{i=1}^N (\hat{C}_{i,N}^N)^2 \times (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{\Phi}_i^{N'} + \hat{\Phi}_{i,N}') + 2 \sum_{k>i>0} \hat{C}_{i,N}^N * \hat{C}_{k,N}^N * (\hat{\Lambda}_{i,N}^N + \hat{\Phi}_{i,N}')$$

De même l'erreur de prédiction rétrospective s'écrit après simplifications :



$$MSEP_{\widehat{CDR}(N+1)|\mathfrak{D}_N}(\widehat{CDR}_i(N+1)) = \sum_{i=1}^N (\hat{C}_{i,N}^N)^2 \times (\hat{\Lambda}_{i,N} + \hat{\phi}_{i,N}^N) + 2 \sum_{k>l>0} \hat{C}_{i,N}^N \times \hat{C}_{k,N}^N \times (\hat{\Lambda}_{i,N} + \hat{\phi}_{i,N}^N)$$

➤ **Limites et critiques du modèle**

Le modèle de Merz-Wüthrich présente des limites et peut soulever quelques critiques :

- Il ne permet pas d'apprécier correctement la volatilité au niveau de la queue de distribution
- Il est fondé sur le modèle de Mack dont les hypothèses peuvent être non pertinentes au niveau de la queue de distribution
- Il ne génère pas de distribution
- Il est fait l'hypothèse que le *best estimate* à horizon un an est sans biais. Dans la réalité, ce n'est pas forcément le cas
- L'hypothèse que les  $\frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \ll C_{N-j+1,j}$  peut également être mise en doute.

### 3.1.3. Méthode du Bootstrap à un an

L'estimation de l'erreur de prédiction ou *MSEP (Mean Square Error Prediction)* peut être effectuée de deux façons :

- Par formule fermée : directement issue de l'article de Merz et Wüthrich
- Par procédure *Bootstrap* : il est possible de répliquer l'approche de Merz-Wüthrich par une simulateur (procédure *Bootstrap*).

La méthode du *bootstrap* ou encore *re-reserving* (B. Efron, 1979 [5]) consiste à fabriquer de l'information et de fournir des réponses. Elle est fondée sur le principe de rééchantillonnage. L'indépendance des observations et des lois identiquement distribuées sont des hypothèses primordiales au principe du *bootstrap*.

Cette méthode permet, de contourner les limites du modèle de Merz et Wüthrich, analyser plus finement les sources d'incertitudes au niveau de la queue de distribution et de distinguer à la fois l'erreur de prédiction et l'erreur d'estimation du modèle. De plus, avec la méthode du *bootstrap*, nous obtenons la distribution complète des provisions, au contraire de la formule fermée de Merz et Wüthrich qui ne se limite qu'aux deux premiers moments. Cette approche *bootstrap* à un an est donc privilégiée pour le calcul de la *MSEP*.

▪ **Procédure Bootstrap**

Pour rappel les estimateurs proposés par Mack sont les suivants (pour  $N$  années de survenance) :

$$\forall j = 0, \dots, N - 1, \hat{f}_j = \frac{\sum_{i=1}^{N-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{N-j} C_{i,j}} = \frac{\sum_{i=1}^{N-j} C_{i,j} * f_{i,j}}{\sum_{i=1}^{N-j} C_{i,j}}$$

Où  $f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$  sont les facteurs de développements individuels.

$$\forall j = 0, \dots, N - 2, \quad \hat{\sigma}_j = \sqrt{\frac{1}{N - j + 1} \sum_{i=1}^{N-j} C_{i,j} * (f_{i,j} - \hat{f}_j)^2}$$

Les résidus sont calculés comme suit :

$$\frac{\sqrt{C_{i,j-1}} * (f_{i,j} - \hat{f}_j)}{\hat{\sigma}_j}$$

Afin de rendre les estimateurs non biaisés, les résidus calculés sont :

$$r_{i,j} = \sqrt{\frac{N - j}{N - j - 1}} * \frac{\sqrt{C_{i,j-1}} * (f_{i,j} - \hat{f}_j)}{\hat{\sigma}_j}$$

Les résidus sont ajustés par le facteur d'échelle dans une optique de réplcation de la formule de Merz et Wüthrich. La non prise en compte de l'ajustement conduit à sous-estimer le risque de réserve à un an car cet ajustement engendre une augmentation de la dispersion des résidus empiriques (facteur > 1). Les volatilités sont alors en dessus des volatilités obtenues par la formule fermée de Merz et Wüthrich.

La procédure s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- Les résidus sont centrés au global.
- Les résidus sont indépendants et identiquement distribués

L'approche *bootstrap* consiste à répéter  $X$  fois les étapes suivantes :

- **Prise en compte de la variance d'estimation des facteurs de développement.**

Étape 1 : rééchantillonnage des résidus de Pearson ajustés  $r_{i,j}^*$  afin de créer les triangles de sinistres fictifs à partir du jeu de pseudo-facteurs de développement obtenu à partir des triangles initiaux et des résidus tirés :

$$f_{i,j}^* = r_{i,j}^* * \frac{\hat{\sigma}_j}{\sqrt{C_{i,j-1}}} + \hat{f}_j$$

Étape 2 : réajuster un Chain-Ladder classique pour obtenir une nouvelle cadence de développement  $\hat{f}_j^*$

- **Prise en compte de la variance process.**

Étape 3 : Simulation de la diagonale de l'année suivante notée  $I + 1$  à l'aide d'une loi Log Normale dont les paramètres sont déterminés à partir des montants cumulés de la précédente diagonale et des facteurs de développement trouvés à l'étape précédente :

$$C_{ij}^{I+1} \sim LN(C_{i,j-1} * \hat{f}_j^*, C_{i,j-1} * \hat{\sigma}_j^2)$$

On notera que dans la formule ci-dessus, les paramètres de variance sont cristallisés (i.e. indépendant de la procédure *bootstrap*) conformément aux hypothèses de Merz et Wüthrich.

La procédure *bootstrap* ne fait que reprendre cette hypothèse et ne sous-estime donc pas l'erreur d'estimation.

L'indépendance des facteurs de passage  $f_j$  est une hypothèse clé dans Merz et Wüthrich avec la relation :

$$E(C_{i,j} \setminus C_{i,j-1}) = f_j * C_{i,j-1}$$

Cette hypothèse est en phase avec la simulation de facteurs de passage indépendants dans la procédure *bootstrap*.

En revanche, les estimateurs des facteurs de passage, notés  $\hat{f}_j$ , sont bien corrélés car ce sont les mêmes observations qui sont utilisées pour l'estimation des  $\hat{f}_j$  observés.

De même, il est nécessaire de distinguer :

- Les « vrais » *CDR* (Claims Development Result) qui sont indépendants par construction ;
- Les *CDR* observés, notés  $\widehat{CDR}$ , qui sont corrélés comme ils sont obtenus à partir des mêmes coefficients de passage  $\hat{f}_j$ . Par exemple, le dernier coefficient de passage observé en fin de triangle impacte toutes les années de survénance dans la projection à l'ultime. Le fait d'appliquer ce même coefficient de passage à plusieurs années de survénance, même sous l'hypothèse d'indépendance, crée une corrélation.

Dans la procédure *bootstrap*, ces deux aspects se retrouvent de façon analogue :

- La variance process : les coefficients de passage sont tirés de façon indépendante
- L'erreur d'estimation : à chaque itération *bootstrap*, le même triangle supérieur bootstrappé sert à estimer les coefficients de passage  $\hat{f}$  qui rentrent ensuite dans le tirage de la diagonale  $I + 1$ .

Étape 4 : réévaluation des facteurs de passage avec la nouvelle diagonale simulée en  $I + 1$  ; ces facteurs sont notés  $\hat{f}_j^{*I+1}$

Étape 5 : détermination des nouvelles charges ultimes avec la méthode de Chain-Ladder suivant la dernière diagonale  $I + 1$  simulée et les coefficients de passage recalculés.

Les étapes de la procédure Bootstrap sont décrites dans le schéma ci-dessous :

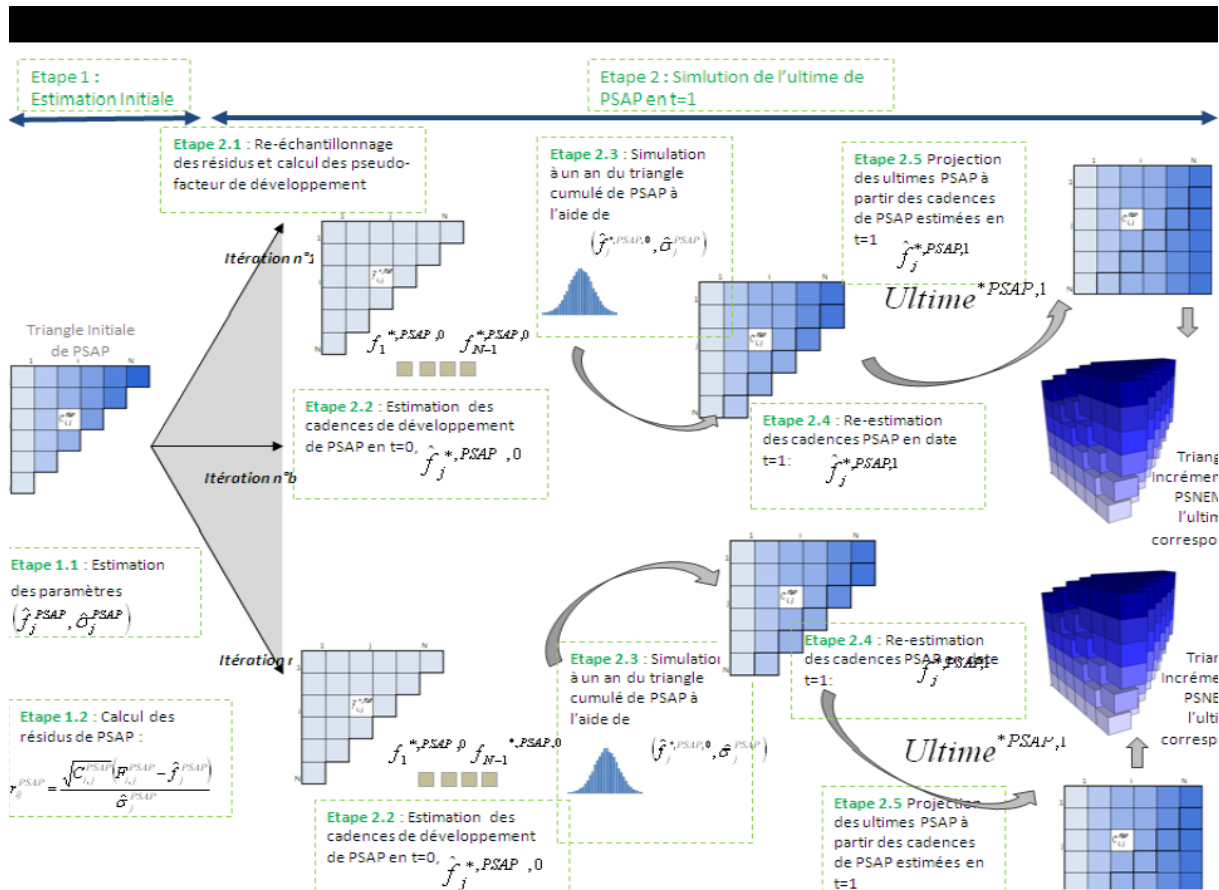


FIGURE 24 : PROCEDURE BOOTSTAP

### 3.1.4. Focus sur le risque construction

Comme décrit dans le chapitre *USP*, le métier construction présente des spécificités françaises et nécessite une évaluation et une modélisation particulière en adéquation avec le profil de risque de notre entité.

En effet, en construction, le risque de réserves porte sur l'ensemble des engagements relatifs aux contrats déjà souscrits à la date d'évaluation.

L'assureur détient en contrepartie de ces engagements les provisions suivantes :

- Provision Pour Sinistres à Payer (*PSAP*) qui correspond aux engagements relatifs aux sinistres déjà survenus à la date d'évaluation.
- Provision Pour Sinistres Non Encore Manifestés (*PSNEM*) qui correspond aux engagements relatifs aux sinistres non encore survenus à la date d'évaluation sur les contrats en portefeuille.

Ainsi le risque de réserves construction résulte d'une déviation défavorable à horizon un an de la sinistralité par rapport à l'anticipation des Best Estimate de *PSAP* et de *PSNEM* en  $t = 0$ .

Les contrats de construction offrant des garanties décennales, les méthodes classiques utilisées pour évaluer le risque de réserves (formule de Mack, formule de Wüthrich, méthodes Bootstrap équivalentes) apparaissent inadaptées.

Une méthodologie basée sur les techniques Bootstrap a donc été développée pour répondre à la problématique de l'évaluation du risque de réserves et de primes.

L'objectif de ce mémoire n'est pas de détailler le principe de modélisation du risque construction. Seuls les grands principes sont présentés.

Pour la construction, on distingue 2 types de triangles :

- Le triangle Survenance X Développement contient les données (paiements, provisions, charges) agrégées par année de survenance et délai de développement ;
- Le triangle de sinistres DROC X Survenance contient les paiements/charges de sinistres agrégés par année de souscription des contrats (DROC) et par délai de survenance des sinistres. Ces données ainsi organisées servent à évaluer le montant de provisions pour sinistres non encore manifestés (PSNEM), c'est-à-dire les provisions relatives aux sinistres non encore survenus à la date d'évaluation.

La procédure bootstrap est adaptée de sorte à générer simultanément un aléa sur la liquidation des sinistres déjà survenus (triangle survenance x développement) et sur la survenance de sinistres non encore manifestés (triangles DROC x survenance).

Le risque de construction contribue au SCR de deux Lob (RC générale et Dommages aux biens).

#### ➤ Agrégation risque construction et autres risques

Pour les Lobs Solvabilité II qui contiennent des segments construction (RC générale et Dommages aux biens), la volatilité est calculée selon la procédure suivante par Lob Solvabilité II :

- Estimation de l'erreur de prédiction  $\sigma_1$  au niveau de la Lob SII hors construction ;
- Estimation de l'erreur de prédiction  $\sigma_2$  pour les segments spécifiques Construction affectés à la même Lob ;
- Détermination de l'erreur de prédiction totale de la Lob via un facteur de corrélation  $\rho$  spécifique à la Lob selon la formule  $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 * \rho * \sigma_1 * \sigma_2}$

Le coefficient de corrélation est estimé à partir des triangles historiques.

### 3.1.5. Application

L'évaluation des exigences en capital pour le risque de réserve repose sur la variation de la charge ultime *best estimate* entre deux estimations successives en  $t = 0$  et en  $t = 1$  (volatilité à un an). Hors effet escompte, cette variation correspond à la différence entre la provision pour sinistres *best estimate*  $BE_0$  évaluée en  $t = 0$  (montant déterministe au passif du bilan prudentiel) et la quantité (montant stochastique)  $P_1 + BE_1$  correspondant aux paiements réalisés en 1<sup>ère</sup> année et la réévaluation des provisions *best estimate* en environnement Solvabilité II en fin de 1<sup>ère</sup> année.

Pour rappel, le risque de taux est hors périmètre du modèle interne partiel. Donc les facteurs d'escompte (notés D) sont donc déterministes.

Ainsi le SCR de réserve s'écrit alors :  $SCR_{res} = VaR_{99,5\%} \left( (P_1 + BE_1) * D_{1/0} - BE_0 \right)$

$D_{1/0}$  est le déflateur en  $t = 1$  vu en  $t = 0$  au taux sans risque.

Dans cette partie nous allons nous intéresser à la mise en œuvre des méthodologies précédemment décrites et à l'interprétation des résultats.

### 1. Modélisation par une loi Log-normale

L'approche la plus répandue est la modélisation des pertes par une loi log-normale : il s'agit de l'approche retenue dans la formule standard. Ainsi le modèle interne repose sur cette hypothèse à savoir que les variable BE+P1 suit une loi-log normale.

Pour rappel, on dit que  $X$  suit une loi log-normale  $X \sim LN(\mu, \omega)$  si la variable  $Y = \ln(X)$  suit une loi normale de paramètre  $(\mu, \omega^2)$ .

Ces deux premiers moments (espérance et variance) se définissent comme :

- $E[X] = \text{Exp}\left(\mu + \frac{\omega^2}{2}\right)$
- $\text{Var}[X] = (\text{Exp}(\omega^2) - 1) * \text{Exp}(2 * \mu + \omega^2)$

Soit  $X$  la variable aléatoire de loi log-normale, représentant la distribution des pertes :

$X \sim LN(\mu, \omega)$  tel que :

- $E[X] = 1$
- $\text{Var}[X] = \sigma^2$

Ainsi  $PCO \times VaR(X; 99.5\%)$  représente le capital à détenir pour couvrir le risque de réserve, calibré sur une loi log-normale avec l'utilisation de la volatilité de Merz et Wüthrich.

La première version est privilégiée dans le développement de la Formule Standard. L'inversion du système des deux premiers moments permet d'en déduire les paramètres de la loi :

- $\mu = \ln(E[X]) - \frac{1}{2} * \ln\left(1 + \frac{\text{Var}(X)}{E[X]^2}\right)$
- $\omega^2 = \ln\left(1 + \frac{\text{Var}(X)}{E[X]^2}\right)$
- $\mu = -\frac{1}{2} * \ln(1 + \sigma^2)$
- $\omega = \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)}$

Enfin, la valeur du quantile à 99,5% de  $X$  s'en déduit aisément, à partir du quantile  $N_{0,995}$  d'une loi normale centrée réduite :

$$q_X(0,995) = \text{Exp}(\mu + \sigma * N_{0,995})$$

$$q_X(0,995) = \text{Exp}\left(-\frac{1}{2} * \ln(1 + \sigma^2) + \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)} * N_{0,995}\right)$$

$$q_X(0,995) = \text{Exp}\left(N_{0,995} * \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)}\right) * (1 + \sigma^2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$q_X(0,995) = \frac{\text{Exp}\left(N_{0,995} * \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)}\right)}{\sqrt{(1 + \sigma^2)}}$$

Le quantile  $q_X(0,995)$  correspond donc au coefficient multiplicateur du volume  $V$  du risque de réserve, c'est-à-dire la somme des réserves actualisées.

Le capital réglementaire peut ainsi se calculer par la formule suivante :

$$SCR = q_X(0,995) * V - V = \rho(\sigma) * V$$

$$\text{Avec } \rho(\sigma) = \frac{\text{Exp}\left(N_{0,995} * \sqrt{\ln(1+\sigma^2)}\right)}{\sqrt{(1+\sigma^2)}} - 1 \text{ et } V = PCO$$

Nous retrouvons ainsi l'application mise en œuvre dans la Formule Standard. Cependant, les dernières spécifications proposent l'approche  $SCR = 3 * \sigma * V$  avec  $\rho(\sigma) \approx 3 * \sigma$

Le  $SCR$  de réserve revient donc à prendre trois fois l'écart type « escompté » (selon la même cadence que les provisions *best estimate*).

## 2. Evaluation de la volatilité

À partir du calcul de l'erreur de prédiction ( $MSEP$ ), nous pouvons en déduire la volatilité des réserves à un an, comme il est suggéré dans la formule standard (Consultation Paper n°75 [6]) :

$$\sigma = \frac{\sqrt{MSEP}}{PCO}$$

Avec :

$MSEP$  : l'erreur de prédiction à un an calculée précédemment

$PCO$  : Le Best Estimate des réserves c'est-à-dire la somme des réserves actualisées

Cette évaluation repose sur une estimation séparée du numérateur et du dénominateur. Chacun de ces éléments est évalué par Lob selon la méthode exposée ci-après. Que ce soit au numérateur ou au dénominateur, on raisonne hors frais de gestion (le taux de frais de gestion s'élimine).

Le dénominateur désigne la somme des *cash-flows* futurs hors escompte, i.e. l'ensemble des provisions *best estimate* relatives à la même Lob. Ces provisions sont évaluées dans le cadre du processus du rapport actuariel par segment de risque et par entité :

- Les provisions  $PCO$  sur la base des triangles fast close (vu précédemment) ;
- Les compléments de provisions A (ajustement *fast close*), B (provisions sur antérieurs) et C (provisions hors système).

Quant au numérateur, il s'agit de l'écart type à un an, c'est à dire la volatilité des charges ultimes *best estimate* réévaluées en fin de 1ère année.

La méthode actuarielle mise en œuvre pour évaluer cet écart type appelé également erreur de prédiction est décrite plus haut.

L'application de la méthode du *bootstrap* dans le cadre du provisionnement à un an permet d'obtenir la distribution des *Claims Development Results (CDR)*, dont l'écart-type permettra d'en déduire le *SCR* correspondant au risque de réserve.

Sur les deux périmètres du Modèle Interne, la distribution des *CDR* est obtenue à partir de 20 000 simulations.

Pour rappel, les volatilités du risque de réserve sont estimées par approche bootstrap répliquant le modèle de Merz et Wüthrich (cf. chapitre précédent). Cette approche est cohérente avec les méthodologies *USP* proposées dans le cadre de la formule standard.

Ainsi nous obtenons les résultats suivants sur les principales Lobs<sup>5</sup>:

Volatilité risque de réserve	MIP	FS
RC Automobile	4,1%	9,0%
RC Générale	6,3%	11,0%

FIGURE 25 : VOLATILITE RISQUE DE RESERVE

On constate que la volatilité de la formule standard est presque deux fois plus élevée à celle que nous obtenons en modèle interne partiel.

Ce choix des volatilités modèle interne partiel se traduira comme nous le verrons plus tard en gain de *SCR* et donc de point de solvabilité.

### 3. Traitement de la réassurance

La volatilité du risque de réserve à un an  $\sigma = \frac{\sqrt{MSEP}}{PCO}$  peut être estimée à partir de données brutes de réassurance. Nous ne détaillerons pas les différentes techniques d'estimation dans le cadre de ce mémoire.

Ainsi, le *SCR* de réserve brut de réassurance se calcule par la formule suivante :

$$SCR_{rés}^{brut} = BE_0^{brut} \times \frac{Exp\left(N_{0,995} \times \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)}\right)}{\sqrt{(1 + \sigma^2)}}$$

En théorie, le *SCR* de réserve net de réassurance devrait être estimé à partir de la même formule avec une provision *best estimate* net et un facteur de volatilité  $\sigma$  également net de réassurance.

Toutefois, du fait de l'indisponibilité des triangles nets sur le périmètre, la volatilité des provisions nettes n'est pas directement estimée.

Concernant le facteur de volatilité  $\sigma$ , du fait du caractère atténuateur de la réassurance, le facteur en brut est également utilisé pour le net de réassurance. Cette approche est donc conservatrice.

Le *SCR* net est donc obtenu par la formule :

<sup>5</sup> Les résultats des autres Lobs sont présentés en Annexe



$$SCR_{res}^{net} = BE_0^{net} \times \left( \frac{Exp \left( N_{0,995} \times \sqrt{\ln(1 + \sigma^2)} \right)}{\sqrt{(1 + \sigma^2)}} - 1 \right)$$

Cette approche est cohérente avec le calcul des provisions *best estimate* en net via un ratio *gross-to-net*. Avec :

$BE_0$  : Provision pour sinistres *best estimate* S2 en  $t = 0$  sur l'intégralité du périmètre

$\sigma$  : Volatilité à un an(en %) évaluée sur le périmètre des triangles *fast close*

$N_{0,995}$  : Quantile à 99,5% d'une loi Normale centrée réduite (environ 2,58)

#### 4. Evaluation du SCR de réserve

Le montant des exigences de capital relatif au risque de réserves<sup>6</sup> des lobs RC automobile et RC générale est obtenu par l'application de la formule fermée précédente :

SCR de reserve	MIP	FS	Ecart (MIP-FS)
RC Automobile	53,4	122,9	-57%
RC Générale	106,2	193,6	-45%
<b>Total</b>	<b>140,7</b>	<b>276,3</b>	<b>-49%</b>

FIGURE 26 : EXIGENCE EN CAPITAL RISQUE DE RESERVE

Finalement, sur ce périmètre, le modèle interne partiel mis en place apporte une réduction du SCR de 49% sur le risque de réserve par rapport à la formule standard. Cette dernière surestime fortement le besoin de fonds propres de notre entité. La mise en place du modèle interne partiel permet de le corriger et ainsi d'améliorer la perception de notre profil de risque.

L'agrégation des deux branches RC automobile et RC générale est réalisée à partir du coefficient de corrélation linéaire de la formule standard (50%). Cette approche semble raisonnable, car nous pouvons supposer que le type de diversification entre les branches est commun pour la grande majorité des assureurs du marché. Les corrélations de la formule standard sont donc de bons indicateurs des corrélations entre *LoB*. De ce fait les gains de diversification inter *LoBs* sont évalués au sein du risque de réserve selon les matrices de corrélation issues de la formule standard (cf. Annexe).

### 3.2. Risque de prime

Le risque associé au risque de réserve est le risque de prime, traités ensemble dans la formule standard, selon les mêmes méthodologies. Le risque de prime correspond au risque que l'assureur ne perçoive pas assez de primes afin de couvrir les sinistres qui surviennent : il s'agit d'un aléa de sous-tarification. Le risque est ainsi de sous-tarifier ses contrats et ainsi avoir un ratio de sinistres sur primes supérieur à 100%.

<sup>6</sup> Le résultat détaillé toutes Lobs se trouve en Annexe

Dans le modèle interne, les risques catastrophe et le risque de primes (au sens de la formule standard) sont modélisés globalement (hormis certains risques spécifiques – construction et risques agricoles). L'ensemble est dénommé « risque de primes » dans le modèle interne.

### 3.2.1. Principe de calcul du SCR de prime

L'exigence en capital relative au risque de prime repose sur la distribution du résultat technique net de réassurance évalué par Lob SII (noté  $i$ ) selon la formule  $-VaR_{0.5\%}(TR_i)$

Le résultat technique de première année entrant pour le calcul de *SCR* est évalué ainsi :

$$TR_i = Pr_i - (P_i + BE_i^{Res}) - F_i$$

Avec :

$Pr_i$  : le volume de primes sous risque de première année relatif aux contrats tacitement reconduits et aux affaires nouvelles de première année (primes acquises)

$P_i$  : Paiements de première année relatifs aux nouveaux sinistres

$F_i$  : Frais relatifs à la nouvelle année de souscription (administration, acquisition et gestion)

$BE_i^{Res}$  : Provision pour sinistres *best estimate* à la date  $T = 1$

Nous pourrions noter que dans le modèle, le terme  $BE_i^{Res}$  relatif aux nouveaux sinistres survenus en première période n'est pas explicité. L'approche consiste à modéliser globalement la quantité  $P_i + BE_i^{Res}$  à partir d'une charge globale ultime à laquelle est appliquée une cadence de paiements. Ce point sera détaillé par la suite.

L'ensemble de ces éléments est escompté en date  $T = 0$  suivant un cadencement propre à chaque élément constituant le résultat technique.

#### ➤ Distribution du résultat technique à un an

Contrairement au risque de réserves pour lequel le *SCR* est obtenu par une formule fermée donnant directement le quantile d'une fonction continue, le *SCR* relatif au risque de primes ne peut être directement obtenu par le quantile d'une distribution continue. En effet, l'application des traités de réassurance induit des effets non continus (par exemple *Stop Loss*) que nous ne pouvons capter simplement à partir des distributions statistiques usuelles.

Ainsi, la distribution du résultat technique en fin de première année est obtenue par des simulations Monte Carlo à partir des éléments suivants :

- La sinistralité future – ceci suppose de modéliser :
  - La charge sinistre en brut de réassurance selon trois catégories correspondant à trois types de modélisation différentes :
    - Les sinistres attritionnels correspondant à la sinistralité récurrente pour des montants de sinistre inférieurs à un certain seuil ;

- Les sinistres graves dépassant un certain seuil et correspondant à une sinistralité de fréquence faible et de sévérité importante ;
- Les sinistres catastrophes correspondant à la sinistralité de pointe, de fréquence extrêmement faible, mais de sévérité extrêmement importante. Cette sinistralité nécessite des approches de modélisation spécifiques car elle n'est pas observée dans les historiques sinistres.
- L'inflation future ;
- L'application des traités de réassurance ;
- Les primes reçues et les primes cédées en réassurance (déterministes) – les éventuelles primes de reconstitution sont vues comme une charge au même titre que les sinistres ;
- Les frais d'acquisition, d'administration et de gestion (déterministes) ;
- Les taux d'escompte ;
- La structure de dépendance entre risques.

### 3.2.2. Principe de calibrage

Dans la formule standard, le risque de prime est calculé au global, sans distinction des tranches de sinistres. Le paramétrage de ce risque par les propres paramètres de l'entité (*USP*) s'opère en comparant les primes perçues et le coût ultime de la sinistralité globale pour chaque année d'historique.

Le modèle interne affine cette volatilité par une modélisation qui distingue les risques par leur typologie. A savoir les sinistres attritionnels, graves et catastrophique.

- **Les sinistres attritionnels** : correspondent aux sinistres avec une fréquence élevée et de faibles coûts. Ce sont les sinistres dits "normaux" ou "fréquents" sinistres « standards », qui sont les plus courants pour l'assureur pour des montants de sinistres inférieurs à un certain seuil ;
- **Les sinistres graves** : correspondent aux sinistres peu fréquents mais de sévérités importantes.
- **Les sinistres catastrophiques** : correspondant à la sinistralité de pointe, caractérisée par une fréquence extrêmement faible, mais de sévérité extrêmement importante.

Ces trois types de sinistres sont supposés indépendants dans le modèle. Seule l'inflation introduit une dépendance entre les différents types de sinistralité.

Le calibrage de ces trois types de sinistres donne les paramètres permettant de simuler la charge sinistre totale sur l'année à venir. L'application des traités de réassurance permet d'obtenir la distribution de la charge annuelle nette de réassurance.

La modélisation distincte de la sinistralité attritionnelle et grave, nécessite avant tout de fixer un seuil permettant de distinguer ces deux types de risques.

#### 1. Seuil de modélisation

La distinction entre sinistres attritionnels et sinistres graves se fait en utilisant un seuil déterminé respectant les éléments suivants :

- Les seuils d'extraction des sinistres individuels des systèmes d'information des business units (par exemple, on appellera  $S_g$  le seuil de report d'avis de sinistres graves de notre entité) ;
- Les caractéristiques des couvertures de réassurance, spécifique à chaque traité ;
- Les analyses statistiques (fonctions de répartition, *Mean Excess Loss*, ...) menés lors des travaux de calibrage qui permettent d'identifier le point à partir duquel la sinistralité devient atypique et ne peut plus être correctement appréhendée directement par la loi de la sinistralité attritionnelle ;
- Les jugements des experts métiers.

Le choix du seuil est décisif. Car si on prend un seuil trop élevé, il y aura très peu de sinistres graves observés, et les estimateurs seront peu robustes. De l'autre côté, si on prend un seuil trop bas, l'estimation risque de mal capter le comportement de la queue de distribution.

#### **Méthode du «Mean Excess Plot» :**

Cette méthode consiste à observer le comportement de la variable du coût lorsqu'elle est au-dessus du seuil.

Le *Mean Excess Plot* est le graphe des points  $[u, e(u)]$  où  $e(u)$  est la moyenne des excès au-delà du seuil  $u$ , définie par :

$$e(u) = E(X - u | X > u)$$

Avec  $X$ , la variable du coût et  $u$  le seuil.

Pour les lois à queue fine, la fonction  $e(u)$  décroît, voir tend vers 0. Pour une loi à queue épaisse, telle que la loi Pareto ou Pareto généralisée, la fonction  $ME$  est croissante. Plus la fonction est croissante, plus la loi est à queue épaisse.

A cause de l'absence de données exploitables, le « *mean excess plot* » n'a pu être réalisé que sur la *LoB* responsabilité civile automobile. Voici la représentation de cette fonction sur le graphique ci-dessous :

Le seuil à retenir correspond, au seuil à partir duquel la courbe  $ME$  est affine (représentée ici par la droite bleue). Nous allons donc retenir un seuil de 0.2M€.

Dans ce mémoire nous ne nous attarderons pas sur l'étude de ce seuil.

## **2. Sinistralité grave**

Les sinistres graves sont simulés individuellement afin de pouvoir appliquer les traités de réassurance non proportionnels mais aussi lorsque la queue de distribution de la charge de sinistre ne peut pas être correctement modélisée par une charge de sinistre agrégée globale.

La charge ultime des sinistres graves survenus pendant la période est modélisée à partir d'un modèle collectif de « fréquence / sévérité » de la forme :

$$S = \begin{cases} \sum_i^N X_i & \text{si } N \neq 0 \\ 0 & \text{si } N = 0 \end{cases}$$

Avec :

$N$  : la variable aléatoire du nombre de sinistres graves qui surviendront pendant l'année à venir, dépassant le seuil, en cohérence avec le nombre de contrats si disponible, le volume de primes anticipés dans le plan d'affaires éventuellement retraités des variations tarifaires historiques ;

$X_i$  : la variable aléatoire du coût du sinistre  $i$ , brut de réassurance et dépassant le seuil à l'ultime, vu à l'ultime, y compris inflation future moyenne.

Les flux de paiements futurs sont obtenus en appliquant à chaque sinistre individuel une cadence de paiements déterministe. Cette cadence de paiements est spécifique à la sinistralité grave de la branche concernée. Le calibrage s'appuie sur le triangle de paiements des sinistres graves rapportés à leur montant ultime.

Le calibrage de la fréquence est fait sur le nombre de sinistres par année de survenance tandis que celui de la sévérité est réalisé indépendamment de l'année de survenance (à l'exception de la mise en *as if* des sinistres).

Le choix des lois et l'estimation des paramètres pour la fréquence et la sévérité sont réalisés à partir :

- Des montants sinistres historiques mis en *as if* projetés à l'ultime et y compris inflation future moyenne, comme si les sinistres survenaient durant l'année de modélisation ;
- Des nombre de sinistres dépassant le seuil de modélisation projetés à l'ultime, l'ultime est retraité de variations d'exposition du portefeuille (via un indice de variation tarifaire, le nombre de contrats, à défaut le montant revalorisé des primes).

Le choix des lois et l'estimation de leurs paramètres reposent sur les méthodes statistiques usuelles en assurance non-vie : tests d'adéquation, maximum de vraisemblance, méthode des moments, tests de sensibilité des paramètres, avec éventuellement des jugements d'experts.

Il existe trois lois classiques pour modéliser la fréquence en assurance non-vie, à savoir la loi binomiale ( $B$ ), la loi binomiale négative ( $NB$ ) et la loi de Poisson ( $P$ ). Pour notre étude nous choisirons la loi de poisson qui présente des propriétés de calculs avantageuses mais sans pour autant perdre de vue un léger effet de sous-dispersion des données. Et une loi à queue épaisse telle que la loi de Pareto pour le calibrage de la sévérité. Ce choix de loi sera identique pour toutes les lignes d'activité de notre étude.

Ce modèle présente d'être particulièrement adapté dans les situations où les sinistres sont de sévérité forte et de fréquence faible.

➤ **Modélisation : modèle collectif**

Nous adoptons un modèle fréquence - coût pour la modélisation de la sinistralité grave.

$$S = \begin{cases} \sum_{i=1}^N X_i & \text{si } N \neq 0 \\ 0 & \text{si } N = 0 \end{cases}$$

Avec :

- $N$  le nombre de sinistre futurs à valeur dans  $\mathbb{N}$ . C'est la variable aléatoire du nombre de sinistres graves qui surviendront pendant l'année à venir, dépassant le seuil  $S_g$ .
- $(X_i)_{1 \leq i \leq N}$  le coût des sinistres  $i$ , variables aléatoires positives, brut de réassurance et dépassant le seuil  $S_g$ , vu à l'ultime, y compris inflation future moyenne.

Sous les hypothèses :

- Les variables aléatoires  $N$  et  $(X_i)_{1 \leq i \leq N}$  sont indépendantes
- Les  $(X_i)_{1 \leq i \leq N}$  sont des variables aléatoires identiquement distribuées

La calibration du modèle va donc se faire en deux temps : une loi pour la fréquence  $N$  et une loi pour la sévérité  $X$ .

➤ **Modélisation de la fréquence  $N$  par loi de Poisson**

Le choix de la loi de fréquence se justifie par le fait que c'est une des lois les plus adaptées afin de modéliser des événements dont l'espérance et la variance sont proches. De plus, c'est la loi la plus simple à estimer, puisque  $\lambda$  représente le nombre de sinistres moyen par année.

$$\begin{cases} \lambda \sim P(\lambda) \leftrightarrow P(N = n) = \frac{\lambda^n}{n!} * e^{-\lambda} \\ E(N) = Var(N) = \lambda \end{cases}$$

L'estimation du paramètre, se fait par un estimateur via la moyenne

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n X_i$$

Où,

$n$  : correspond à la taille de notre historique (nombre d'années dans l'historique)

$X_i$  : décrit le nombre de sinistres observés l'année  $i$

➤ **Modélisation du coût par la loi de Pareto**

Le choix de la loi de Pareto se justifie par le fait que c'est une loi à queue très épaisse. Ainsi lorsqu'un échantillon suit une loi de Pareto, l'essentiel des poids vient de quelques sinistres extrêmes.

$$C \text{ Par}(\alpha, x_0) \leftrightarrow f(y) = \begin{cases} \alpha \times \frac{x_0^\alpha}{y^{\alpha+1}} & \text{si } y > x_0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$E(C^k) = \begin{cases} \alpha \times \frac{\alpha}{\alpha - k} \times x_0^k & \text{si } k < \alpha \\ \infty & \text{sinon} \end{cases}$$

Si  $\alpha < 1$ ,  $E(C) = \infty$  la prime est infinie et le risque est non assurable, et les données sont peu exploitables car la loi des grands nombres et le Théorème central limite ne sont plus valables. Cependant dans la pratique on fixe un plafond dont la méthodologie a été détaillée précédemment.

Le paramètre permet de déterminer la vitesse à laquelle la densité va tendre vers 0, c'est à dire la lourdeur de la queue. Ainsi plus  $\alpha$  est faible, plus la queue est épaisse.

Le paramètre  $x_0$  correspond au seuil de modélisation des sinistres graves, c'est-à-dire que tous les sinistres modélisés auront une valeur supérieure à  $x_0$ . C'est donc le seuil de modélisation des graves.

On estime par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$L(\alpha) = \prod_{i=1}^n f(\alpha, x_i)$$

$$L(\alpha) = \prod_{i=1}^n \frac{\alpha}{x_0} \times \left(\frac{x_0}{x_i}\right)^{\alpha+1}$$

On passe à la fonction de vraisemblance au logarithme,

$$\ln(L(\alpha)) = n \ln(\alpha) - n \ln(x_0) + (\alpha + 1) \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{x_0}{x_i}\right)$$

Par la condition du premier ordre, on obtient :

$$\frac{\partial \ln(L(\alpha))}{\partial \alpha} = 0 \leftrightarrow \frac{n}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{x_0}{x_i}\right) = 0$$

De plus, on a bien  $\frac{\partial^2 \ln(L(\alpha))}{\partial \alpha^2} = -\frac{n}{\alpha^2} < 0$ , la fonction est donc bien concave, justifiant ainsi l'existence du maximum.

Enfin à partir de la condition du premier ordre, on a le résultat suivant :

$$\hat{\alpha} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{x_i}{x_0}\right)}$$

Les  $x_i$  correspondent à la suite des sinistres observés dans l'historique étant supérieurs au seuil.

➤ **Focus sur le FGAO**

En France, la principale garantie par laquelle l'engagement de l'assureur est illimité est la responsabilité civile Automobile.

La sinistralité associée à cette garantie est liée à plusieurs sources d'aléas d'ordre technique : nombre de sinistres, montant des sinistres, dommages matériels/dommages corporels, postes de préjudices, sortie en rentes/sortie en capital, âge de la victime, mais aussi à un environnement réglementaire en perpétuelle évolution.

A ce titre, depuis le 1er janvier 2013, la prise en charge de l'indexation des rentes des victimes de la circulation est transférée du Fonds de Garantie des Assurances Obligatoires (FGAO) vers les assureurs. De plus l'arrêté du 27 décembre 2013 de la direction du Trésor prévoit l'obligation pour les assureurs de provisionner l'inflation future de ces mêmes rentes, c'est-à-dire leurs revalorisations futures sur la base d'un taux fixé à 2.25%. <sup>7</sup>Cette évolution de la charge dans les comptes du 31/12/2013 est source de plusieurs réflexions dans le secteur pour évaluer le coût réel de ce transfert de risque.

Dans le cadre de la modélisation de la lob RC automobile, il est alors important de tenir compte de la revalorisation des rentes suite à ce changement réglementaire.

Pour rappel, le *FGAO* a pour objectif de dédommager financièrement les frais matériels et corporels des victimes d'accidents de la route, provoqués par un conducteur non assuré ou non identifié. Depuis 2004, les capitaux propres du *FGAO* sont épuisés, notamment par la prise en charge de la revalorisation des rentes responsabilités civiles corporelles automobiles. De ce fait, la loi de finances rectificative, votée en décembre 2012, vise à régler ce problème de financement du *FGAO*. Cette réforme entraîne de lourdes conséquences pour les assureurs automobiles en France, qui ont à leur charge la revalorisation des rentes futures des sinistres survenus à partir du 1er janvier 2013.

Nous observons uniquement 29 sinistres éligibles au *FGAO* dans le portefeuille de notre entité. Cette base ne semble pas suffisante pour un modèle statistique robuste permettant de calibrer les trois éléments suivants : Probabilité pour que la victime soit une femme, Taux d'éligibilité *FGAO* et âge de la victime à la capitalisation.

Ce qui crée un problème de qualité de données. En effet ces données ne présentent pas :

- Exhaustivités : car l'historique n'est pas complet et s'arrête à 2013. De ce fait il faut l'enrichir des données avant cette année.
- Exactitude : car il manque l'information du montant de revalorisation qu'il faut reconstruire

Par manque de données historiques sur la revalorisation des rentes de notre entité, les hypothèses de modélisation des Caisses régionales ont été retenues pour ce dernier. Afin de contourner ce problème nous utiliserons un calibrage global basé sur les autres entités du Groupe. Car des calibrages statistiques basés sur une base de 29 sinistres ne nous semble pas pertinent. Le gain lié à ce calibrage ne me semble pas important.

Aussi, la méthodologie retenue consiste à considérer que le *FGAO* n'impactera pas la charge attritionnelle des sinistres RC automobile. Cette hypothèse implique donc que le *FGAO* n'engendrera

---

<sup>7</sup> Taux de revalorisation retenu pour les tables TH00-02 et TF00-02



pas de franchissement du seuil de modélisation des sinistres graves  $S_g$ . En d'autres termes, seule la sévérité des sinistres graves sera impactée par le *FGAO* ; la fréquence restera inchangée.

Finalement la modélisation retenue en utilisant la loi calibrée sur les données Groupe (y compris celle de notre entité) reste prudente par rapport à un calibrage uniquement basé sur les données disponibles de notre entité. Néanmoins un enrichissement de données avec un historique plus profond sur cette brache « longue » telle que la RC automobile est indispensable. L'équipe de modélisation a déjà engagé un plan d'action dans ce sens. Ce constat met en évidence l'importance de la qualité de données dans le modèle interne.

Par la suite nous gardons l'hypothèse retenue en considérant qu'il ne remet pas en cause l'adéquation de notre modèle par rapport au profil de risque de notre entité.

### ➤ Résultats

Nous présentons ici les résultats de l'évaluation de l'exigence en capital de la sinistralité grave sur les Lobs les plus importantes.

Risque Grave (M€)	RC Automobile	RC Generale
Moyenne	-28,5	-7,9
Ecart type	10,7	4,8
Q99,5	-61,2	-23,8
SCR	32,7	15,9

FIGURE 27 : EXIGENCE EN CAPITAL SINISTRALITE GRAVE

### 3. Sinistralité attritionnelle

Dans le cadre de la modélisation des sinistres attritionnels, la modélisation du risque de prime se fera via l'étude de la distribution du ratio combiné technique. Pour chaque année d'historique, ce ratio est obtenu à partir des éléments suivants :

- Les coûts des sinistres inférieurs au seuil de modélisation  $S_g$  (sinistres non graves)
- Les primes acquises globales nettes de frais d'acquisition et d'administration
- Les frais de gestion et autres frais relatifs aux sinistres

La modélisation du risque de prime sur les sinistres attritionnels par le ratio combiné permet de prendre en compte à la fois la variabilité de la charge des sinistres attritionnels, les frais mais également la variabilité des primes historiques.

La loi des  $S/P$  est modélisée par une loi log-normale, dont les paramètres sont calibrés sur les ratios combinés historiques de notre entité. À partir de cette modélisation, la recherche du quantile à 99,5% permettra d'en déduire le capital règlementaire correspondant au risque de prime, sur le périmètre des sinistres attritionnels.

En plus d'ajuster au mieux la sinistralité, elle a l'avantage d'avoir une queue de distribution plus épaisse que celle de la loi normale. En s'inscrivant dans un contexte de prudence, cette propriété rend le choix

de la loi log-normale encore plus pertinent.

➤ **Processus d'obtention des S/P**

- On part des  $S/P$  ultimes historiques totaux (graves et attritionnels) ; à noter qu'il n'y a pas de re-projection à l'ultime à ce stade ;
- Les  $S/P$  ultimes historiques des sinistres graves, dépendant du seuil de modélisation  $S_g$  retenu lors de l'analyse des graves, sont estimés par année de survenance, en fonction des hypothèses de projection du nombre de sinistres et des montants des sinistres graves : cette étape est réalisée lors de la modélisation des sinistres graves ;
- Par différence est obtenu l'échantillon de  $S/P$  attritionnels historiques.

Notre entité a fait le choix de ne pas repartir d'un triangle attritionnel (paiements / charges) et de re-projeter à l'ultime afin d'avoir une cohérence totale entre les ultimes entrant dans le calcul des provisions pour sinistres *best estimate* et les ultimes entrant dans le risque de primes.

A noter que le fait d'obtenir les  $S/P$  attritionnels par différence entre les  $S/P$  totaux et les  $S/P$  des sinistres graves n'implique pas l'existence d'une corrélation entre sinistres graves /attritionnels.

➤ **Retraitement des données**

Dans le cadre de l'étude du risque de prime, il s'agit de prévoir les sinistres survenant l'année à venir. Pour chaque sinistre individuel de la base historique, il convient de mettre à jour les valeurs des sinistres pour les utiliser "comme si" ("*as if*") ils survenaient l'année à venir ( $N + 1$ ) et étaient payés à partir de l'année à venir (en respectant les cadences de règlement historiques).

L'indexation des sinistres historiques permet alors de créer un échantillon de sinistres comme s'ils survenaient l'année de modélisation. Ces sinistres contiennent ainsi l'inflation réalisée entre la date de survenance et la date de calcul.

Le but est de mettre en *As If* les  $S/P$  historiques, i.e. de créer un échantillon de  $S/P$  représentatifs de l'année de survenance  $N + 1$ .

Pour cela, l'idéal est de s'appuyer sur un indicateur d'exposition, par exemple le nombre de contrats (pertinent pour les risques de masse).

Etant donné que le risque lié aux sinistres attritionnels est mesuré par l'ajustement d'une loi log-normale sur le ratio  $S/P$ . Il faut alors étudier les effets de l'inflation sur les sinistres d'une part et sur les primes d'autre part.

Dans l'hypothèse où les sinistres et les primes suivent le même indice d'inflation, alors le rapport des sinistres inflatés sur les primes inflatées est égal au ratio  $S/P$  initial. Par conséquent, si l'inflation future est identique à l'inflation historique, les ratios  $S/P$  historiques ne nécessitent pas de retraitements particuliers liés à l'inflation.

En pratique, il est impossible de savoir si les primes suivent le même indice d'inflation que les coûts des sinistres puisque l'évolution des primes dans le temps est liée à l'inflation mais également aux

revalorisations tarifaires des produits d'assurance qui sont globales et donc n'isolent pas les effets de l'inflation des revalorisations techniques pures.

Ainsi dans le cadre de ce mémoire, aucun retraitement lié à l'inflation ne sera mis en œuvre pour le calibrage du *S/P* attritionnel.

#### **4. Focus sur le cycle automobile**

Les cycles en assurance sont définis comme des « fluctuations des primes et des profits dans le temps<sup>8</sup> ». La notion de cycle de souscription se réfère à une répétition de conditions qui affectent les marchés d'assurance non-vie. La description typique du cycle comprend quatre étapes qu'on peut décrire en termes de rentabilité :

- La première est marquée par plusieurs années de faible rentabilité ;
- Elle est suivie par une augmentation rapide de la rentabilité pour remédier à une crise dans le secteur de l'assurance ;
- Dans une troisième étape, la rentabilité reste élevée mais n'augmente plus ;
- Puis la rentabilité diminue graduellement durant la quatrième étape.

Ces cycles sont étroitement liés aux stratégies de souscription, d'où leur nom.

Le cycle de souscription peut être observé à partir des indicateurs comme le rapport sinistre à primes, le ratio combiné, la rentabilité financière (ROE) ou encore à travers les primes.

Dans le cadre de notre entité, la modélisation et l'analyse de chroniques historiques sur ces indicateurs ont permis de justifier l'existence de cycles de souscription.

Trois grandes familles de théories co-existent pour justifier l'existence des cycles et apporter des facteurs explicatifs :

- Hypothèse de la tarification extrapolative<sup>9</sup> : Les cycles de souscription s'expliquent par les méthodes de tarification adoptées par les assureurs, méthodes basées sur l'extrapolation des sinistres passés comme prédicteur des sinistres futurs.
- Hypothèse des anticipations rationnelles<sup>10</sup> : Les cycles de souscription s'expliquent par l'approche de la fixation des prix sur les marchés financiers. Dans un marché parfait à anticipations rationnelles, les primes futures sont égales à l'espérance des sinistres et des dépenses futures, prises conditionnellement à toute l'information disponible au moment de la tarification. Les anticipations des assureurs pour fixer le niveau de leur prime correspondent aux prix de marché qui eux-mêmes sont soumis à des cycles comme les prix sur les marchés financiers. Plusieurs auteurs comme D.Cummins et JF.Outreville ont souligné la nécessité de compléter cette approche par la prise en compte de facteurs propres à l'assurance qui seuls expliquent l'existence de cycles. Ces facteurs sont les délais de production et les fréquences des

---

<sup>8</sup> Gollier (1994, dictionnaire de l'économie de l'assurance)

<sup>9</sup> Venezian 1985

<sup>10</sup> Cohn et Myers, 1987

états réglementaires et comptables qui font qu'une partie de l'information nécessaire à la fixation des prix n'est disponible qu'après un certain délai.

- Hypothèse de la capacité contrainte (par les entraves aux flux de capitaux) : Selon cette hypothèse, les cycles sont déclenchés par des entraves aux flux de capitaux créant une alternance de périodes d'excès et de périodes d'insuffisance de capitaux. Les chocs exogènes affectant les fonds propres des assureurs à la suite d'un évènement défavorable en matière d'investissement ou de sinistres entraînent une raréfaction des capacités, ce qui se traduit par une augmentation des primes.

Au-delà de ces trois grandes familles de théories, de nombreux auteurs ont étudié les facteurs explicatifs des cycles. C. Blondeau a ainsi isolé des facteurs explicatifs au moyen de méthodes statistiques (méthodes des moindres carrés et analyse de co-intégration). La conclusion principale de cette étude est que le cycle est bien le résultat de l'interaction entre les activités financières et les activités de souscription.

Les facteurs explicatifs identifiés sont à la fois des facteurs propres à la compagnie comme par exemple : son mode de distribution, sa sinistralité, ses primes, ses capitaux propres disponibles, sa gestion des actifs financiers, la protection de ses résultats par la réassurance.

Et des facteurs exogènes à la compagnie comme :

- les rendements des principaux actifs financiers (inflation non anticipée, taux d'intérêt obligataire et monétaire, performance des actions) sur les marchés financiers ;
- l'évolution du *PIB* du pays où la compagnie exerce son activité ;
- l'intensité de la concurrence entre les différentes compagnies d'assurance exerçant sur son marché.

#### ➤ **Modélisation du cycle automobile**

Le cycle d'assurance est modélisé selon deux grandes approches. La première famille de modélisation considère l'hypothèse selon laquelle c'est l'assureur qui crée lui-même le cycle de souscription et induit des séries de rentabilité autorégressives. Par exemple, Venezian (1985) montre qu'établir des prix à partir des pertes constatées dans le passé génère des processus autorégressifs de résultats de souscription. La deuxième approche développée par Cummins et Outreville montre que de simples délais dans la régulation des prix, les renouvellements de polices, les règles de production des états réglementaires ou comptables, ou dans la collecte des données peuvent être suffisants pour produire une performance cyclique même dans un environnement de modélisation rationnel. Autrement dit, le cycle n'est pas expliqué par l'environnement économique et le marché de l'assurance mais par des rigidités institutionnelles et réglementaires. Cummins et Outreville proposent de modéliser le cycle d'assurance par un processus autorégressif d'ordre 2.

Dans cette approche, le cycle d'assurance peut être modélisé par une autre variable que le ratio de primes à sinistres, à savoir :

- le ratio combiné ou ratio de perte ;
- les primes émises, brutes de réassurance.

Plusieurs auteurs ont appliqué le modèle autorégressif d'ordre 2 pour justifier l'existence historique du cycle et modéliser son évolution future.

La méthode du modèle autorégressif d'ordre 2 pour modéliser le cycle de souscription en assurance apparaît être un standard de marché. Ainsi le modèle retenu par notre entité pour estimer les  $(S/P)$  propres à chaque garantie de chaque business unit est un modèle autorégressif d'ordre 2 dont seule la constante varie d'une série de  $(S/P)$  à l'autre.

En notant :

$\left(\frac{S}{P}\right)_{(i,j),t}$  : la valeur à la date t du  $S/P$  de la business unit  $i$ , pour la garantie  $j$

Le modèle retenu est le

$$\left(\frac{S}{P}\right)_{j,t} = a \times \left(\frac{S}{P}\right)_{t-1} + b \times \left(\frac{S}{P}\right)_{t-2} + c_{(i,j)} + \varepsilon_t, \forall j \in \{RCA, DA\}$$

Nous avons testé deux calibrages :

- Un modèle commun AR (2) est calibré pour modéliser les sinistres attritionnels RC automobile et Dommage automobile. La stationnarité des séries temporelles n'est pas justifiée.
- Calibrage d'une loi log-normale sur les coûts avec les données *MTPL* sans cycle auto partir de l'historique.

En M€

Type de risque	Type de sinistres	Méthode de calibrage - Closing 2019	Méthode utilisée - Sensi Incertitudes	LoBs	Indicateurs *	Closing 2019 (1)		Sensibilités Incertitudes (2)		Ecart en montant (2) - (1)		Ecart % (2) - (1)		Diagnostic outil
						Groupe	GAN Solo	Groupe **	GAN Solo	Groupe **	GAN Solo	Groupe	GAN Solo	
Risque de primes	Sinistres attritionnels	Modèle AR(2) commun pour les sinistres attritionnels CR MTPL CR Motor Other, GAN MTPL et GAN Motor Other.	Calibrage d'une loi de coûts des attritionnels avec les données MTPL GAN sans Cycle Auto.	MTPL	En moyenne	-180,63	-40,43	-184,93	-43,45	-4,30	-3,01	-2,4%	-7,5%	La maquette Fit actuelle fonctionne sur le calibrage individuel de coûts des attritionnels MTPL et Motor Other GAN. La robustesse du modèle est à vérifier postérieurement.
					Quantile 99,5%	-379,52	-76,91	-384,52	-81,17	-5,00	-4,26	-1,3%	-5,5%	
					En moyenne	60,04	12,12	44,84	1,48	-15,20	-10,64	-25,3%	-87,8%	
					Quantile 99,5%	-66,46	-17,20	-108,51	-46,93	-42,05	-29,73	-63,3%	-172,8%	

\* Le résultat technique économique courant net de réassurance sans primes future en moyenne et au quantile 99,5% pour le risque de primes; La volatilité par LoB et le SCR de réserve total pour le risque de réserve.

\*\* Pour le risque de primes, les calibrages closing 2019 sur le périmètre CR sont conservés. Seuls les paramètres du périmètre GAN sont ajustés.

## ➤ Résultats

Nous présentons ici les résultats pour l'évaluation de l'exigence en capital sur la partie de la sinistralité attritionnelle.

Risque Attritionnel (M€)	RC Automobile	RC Generale
Moyenne	-93,3	-33,0
Ecart type	5,0	4,7
Q99,5	-107,1	-47,0
SCR	13,8	14,0

FIGURE 28 : EXIGENCE EN CAPITAL RISQUE ATTRITIONNEL

## 5. Sinistralité catastrophe

Dans notre modèle interne, la sinistralité due à des événements de nature catastrophique est prise en compte en approche simulateur (et non par des scénarios complémentaires venant se rajouter au risque de prime comme en formule standard). La nécessité de tout mettre en stochastique est liée à l'application des traités de réassurance permettant ainsi d'isoler les acceptations à travers les tirages de Monte-Carlo.

La sinistralité catastrophe peut être prise en compte de quatre manières différentes :

- 1- Certains risques catastrophes sont directement captés en extrapolant les queues de distribution des sinistres graves calibrées à partir des sinistres historiques (par exemple sinistres DAB) ;
- 2- Lorsque la sinistralité catastrophe ne peut être appréhendée par la sinistralité historique, il est possible d'ajouter un modèle fréquence / sévérité spécifique ou un modèle agrégé de type *S/P* :
  - Exemple : RC Auto des entités françaises pour lesquelles un modèle spécifique fréquence/sévérité est ajouté pour les sinistres compris entre 25 M EUR et 100 M EUR ;
  - Le nombre de sinistres *N* peut éventuellement toucher plusieurs business units en même temps (par exemple un événement grêle impactant simultanément les entités françaises) ;
  - Les sinistres catastrophes naturelles (au sens de la *CCR*) pour les entités françaises sont appréhendées via une distribution de sinistralité globale (sans distinction attritionnelle et graves).
- 3- Le modèle interne peut également s'appuyer directement sur une distribution pré simulée dans un modèle spécifique : il s'agit notamment des risques agricoles.
- 4- Un certain nombre de risques ne peuvent être appréhendés par une approche classique coût/fréquence, et requièrent une table d'événements stochastiques associant une fréquence et une loi de coût propres à chaque événement : ces tables d'événements (ou Event Loss Tables ou ELT) concernent la tempête Europe (impactant la France) et la conflagration en France via des modèles catastrophes spécifiques.

De manière générale, les sorties des modèles catastrophes sont de trois natures :

- La resimulation d'événements historiques (par exemple Lothar et Martin pour la tempête Europe) sur les expositions actuelles du portefeuille : cette étape est essentielle afin de valider les sorties du modèle ;
- La distribution de sinistralité par événement, appelée *OEP (Occurrence Exceedence Probability)* : cette distribution sert notamment à déterminer les besoins de couverture de réassurance en fonction des périodes de retour ;
- La table d'événements stochastiques, appelée *ELT (Event Loss Table)* : c'est cette table qui est utilisée dans le modèle interne.

### 3.2.3. Application

#### ➤ Estimation paramètre

Afin d'évaluer le SCR de prime/cat nous allons tous d'abord évaluer la moyenne et l'écart type.

Notre entité applique la méthode des moments pondérée par les primes suivant le model :

$$U = P \times r + \sqrt{P} \times \beta \times \varepsilon$$

Avec :

- $U$  : la charge ultime attritionnelle pour la nouvelle année de survénance
- $P$  : Volume de prime sous risque (déterministe)
- $r$  : ratio sinistre à prime
- $\beta$  : une constante
- $\varepsilon$  : variable aléatoire de moyenne 0 et de variance 1

$$\text{Ainsi : } \begin{cases} E(U) = P \times r \\ \text{Var}(U) = P \times \beta^2 \end{cases}$$

Le *loss-ratio* moyen est déterminé par :  $\hat{r} = \frac{\sum_i U_i}{\sum_i P_i}$  avec  $i$  représentant l'année de survénance.

La détermination du paramètre  $\beta$  repose sur l'égalité :  $\beta \times \varepsilon = \frac{U - P \times r}{\sqrt{P}}$

L'estimateur pour  $\beta$  vaut alors :

$$\hat{\beta}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_i \frac{(U_i - P_i \times \hat{r})^2}{P_i} \quad \text{Avec } n \text{ la taille de l'échantillon}$$

Ainsi, pour la nouvelle année de survénance  $N + 1$  (année de la prévision), l'écart-type de ratio sinistres à primes est estimé par :

$$\hat{\sigma} = \frac{\hat{\beta}}{\sqrt{P_{n+1}}} = \sqrt{\frac{1}{P_n} \times \left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{\left( S_i - P_i \times \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right)^2}{P_i} \right)}$$

La méthode des moments pondérés permet de mettre les valeurs estimées à l'échelle des volumes de primes attendus pour la nouvelle année de survénance modélisée.

Ainsi si la loi sous-jacente est Log-normale, les paramètres sont obtenus par la méthode des moments :

$$\begin{cases} \hat{a} = \ln(\hat{r}) - \frac{1}{2} \times \ln\left(1 + \left(\frac{\hat{\sigma}}{\hat{r}}\right)^2\right) \\ \hat{b} = \sqrt{\ln\left(1 + \left(\frac{\hat{\sigma}}{\hat{r}}\right)^2\right)} \end{cases}$$

Cette méthodologie fait partie des méthodes standardisées dans les spécifications du QIS5 pour les approches *USP* (*Undertaking Specific Parameter*) (risque de primes – méthode 1).

Une autre alternative est d'estimer la moyenne et l'écart-type sans pondérer par les volumes. Néanmoins, les volumes de primes étant croissants sur le périmètre modélisé, l'approche retenue par notre entité en pondérant par les volumes donne un poids plus important aux années de survenance récentes.

Ces méthodes ont été utilisées jusqu'ici en référence à l'hypothèse de proportionnalité stable dans le temps entre les primes et sinistres. Or il s'avère que l'expérience acquise sur le modèle montre qu'il est préférable de s'affranchir de cette hypothèse.

Ainsi la formule d'écart type fait intervenir à son dénominateur une pondération des primes réelles enregistrées sur l'historique de calibrage, à savoir :

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n P_i} \times \left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(S_i - P_i \times \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n P_i})^2}{P_i} \right)}$$

On obtient les résultats suivants sur les principales Lobs :

Volatilité risque de prime	MIP	FS
RC Automobile	7,1%	8,0%
RC Générale	9,0%	11,2%

FIGURE 29 : VOLATILITE RISQUE DE PRIME/CAT MIP

Nous pouvons constater que les volatilités obtenues sont plus faibles que celles de la formule standard. Ce qui confirme que le calibrage du risque de prime dans la Formule Standard n'est pas adapté à notre profil réel.

#### ➤ Evaluation du SCR

Par analogie avec la formule standard, les SCR présentés ci-dessous sont hors résultat moyen. Toutefois, le rapprochement avec la Formule Standard est biaisé du fait que les volatilités du risque de primes du modèle interne intègrent les risques catastrophes. De plus, la prise en compte de l'escompte dans le risque de primes est propre au modèle interne.

On obtient les résultats suivants sur les principales Lobs <sup>11</sup>:

<sup>11</sup> Les résultats des autres Lobs sont présentés en Annexe



SCR de prime	MIP	FS
RC Automobile	44,0	41,5
RC Générale	38,4	33,2
<b>Total</b>	<b>71,4</b>	<b>64,8</b>

FIGURE 30 : EXIGENCE EN CAPITAL RISQUE DE PRIME MIP

Les gains de diversification sont évalués au sein du risque de primes selon la matrice de corrélation inter LOBs issue de la Formule Standard.

### 3.3. Principe d'agrégation des SCR MIP

Pour rappel, le SCR modèle interne repose sur une approche modulaire Le SCR de souscription non-vie résulte de l'agrégation de :

- Un besoin de capital à 99.5% relatif au risque de primes par Lob SII  $i$ , noté  $SCR_{prime}^i = VaR_{99,5\%}[S_i - E(S_i)]$
- Un besoin de capital relatif au risque de réserves par Lob SII  $i$ , noté  $SCR_{reserve}^i$
- Le résultat moyen de l'année noté  $E(TR)$

Le calcul du SCR se fait par ligne de métier.

Les différentes étapes de calcul sont les suivantes :

- 1- Simulation de la sinistralité brute au niveau du segment
- 2- Application des traités de réassurance (interne et externe)
- 3- Estimation du quantile à 99.5% du ratio combiné actualisé
- 4- Estimation du SCR relatif au risque de réserve par Lob Solvabilité II obtenu en formule fermée sur le périmètre Modèle interne partiel
- 5- L'agrégation au niveau de la Lob Solvabilité II  $i$  des SCR primes et réserves repose sur la formule fermée suivante :

$$SCR_{i,res,pr} = \sqrt{SCR_{i,res}^2 + 2 * \alpha_{i,res,pr} * SCR_{i,res} * SCR_{i,pr} * SCR_{i,pr}^2}$$

Où  $\alpha_{i,res,pr}$  représente le coefficient de corrélation entre le risque de prime et le risque de réserves

Le SCR global risque de souscription non-vie est obtenu par agrégation des  $SCR_{i,res,pr}$  primes + réserves sur l'ensemble des Lob Solvabilité II en utilisant la formule fermée suivante :

$$SCR_{MIP} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr(i,j) * SCR_{i,res,pr}^i * SCR_{i,res,pr}^j - E(TR)}$$

Avec  $CorrLob(i, j)$  : le coefficient de corrélation entre la Lob SII  $i$  et la Lob SII  $j$ . Ce SCR modèle interne est ainsi calculé au global sur l'ensemble du périmètre non-vie et santé. Schématiquement, le processus d'agrégation est le suivant :

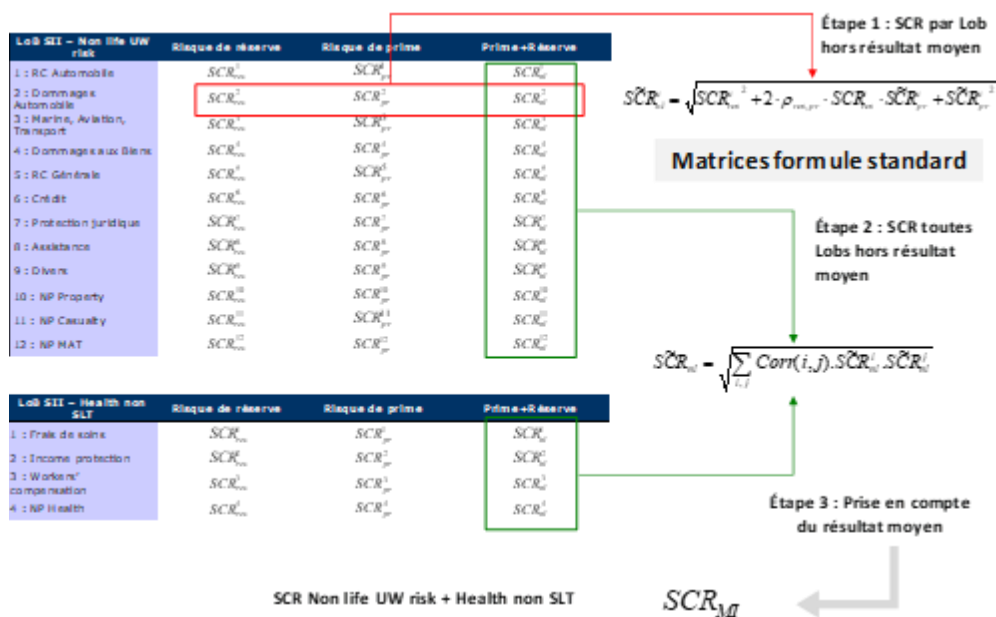


FIGURE 31 : AGREGATION SCR P&R

### 3.4. Intégration des SCR dans la formule standard

Finalement, une fois les SCR primes obtenus pour chacune des LoB, on réalise une première diversification entre LoB pour obtenir le SCR prime total, pour cela on utilise les matrices de corrélation de la formule standard.

Le même raisonnement est appliqué pour obtenir le SCR réserve.

Enfin une seconde diversification entre le SCR prime et le SCR réserve est effectuée, puis une dernière entre le SCR obtenus précédemment et le SCR CAT. Toutes les diversifications sont réalisées avec les matrices de corrélation de la formule standard.

Pour les autres SCR à savoir SCR marché, contrepartie et opérationnel, on les conserve en formule standard. Ainsi l'agrégation générale, se fait de manière similaire à ce qui est fait en formule standard. C'est-à-dire que la diversification est faite avec les matrices de corrélation de la formule standard. (cf. annexe 2).

#### 3.4.1. Désagrégation du SCR MIP

Le SCR modèle interne calculé précédemment au global sur l'ensemble du périmètre non-vie ne peut s'intégrer directement dans l'architecture de la formule standard avec les autres modules de risques étant donné que le périmètre ne couvre que les deux modules distincts :

- SCR relatif aux risques de souscription non-vie ;
- SCR relatif aux risques de souscription santé non-vie.

La méthode de désagrégation est la suivante :

- Pour chaque module (*Health non SLT et Non life*), un premier SCR est calculé en affectant le résultat moyen de chaque module :

$$SCR_{mod} = \sqrt{\sum_{i,j} CorrLob(i,j) * SCR^i_{res,pr} * SCR^j_{res,pr} - E(TR_{mod})}$$

Si on agrège ces deux derniers SCR par la formule  $\sqrt{SCR_{NL}^2 + SCR_{HealthNSLT}^2}$  on ne retombe pas sur le SCR modèle interne partiel calculé au global car des gains de diversification sont implicitement pris en compte entre les résultats de chaque module. Afin de corriger ce biais, les SCR par module sont retraités de la façon suivante :

$$SCR_{NL} * \frac{SCR_{MIP}}{\sqrt{SCR_{NL}^2 + SCR_{HealthNSLT}^2}} \text{ et } SCR_{HealthNSLT} * \frac{SCR_{MIP}}{\sqrt{SCR_{NL}^2 + SCR_{HealthNSLT}^2}}$$

### 3.5. Application

L'exigence en capital du module de risques prime et réserve est de 319 M€. Elle se décompose en 202 M€ de SCR de prime et 160M€ de SCR de réserve.

Les paramètres de la distribution (résultat moyen, écart type et les autres quantiles) sont détaillés dans le tableau suivant :

Exigence en capital	Risque de prime	Risque de reserve	Risque de Prime&Reserve
mean	-50,6	0,0	-50,6
standard_deviation	55,2	58,6	97,6
Periode de retour 1/10	-114,2	-76,0	-170,9
Periode de retour 1/20	-134,5	-99,1	-208,4
Periode de retour 1/50	-158,7	-125,7	-252,1
Periode de retour 1/100	-176,3	-143,8	-282,8
Periode de retour 1/200	-202,1	-160,6	-319,1

FIGURE 32 : EXIGENCE EN CAPITAL P&R

La méthode d'agrégation utilisée dans le MIP permet un gain de diversification inter Lobs de 134M€ qui inclu celui entre P&R de 49M€ :

Exigence en capital MIP (en M€)	
Σ SCR réserves, Lob	216
Σ SCR primes, Lob (écart à la moyenne)	235
TOTAL	451
Gain diversification primes / reserves intra Lobs	-49
Σ SCR Lob	402
Gain diversification inter Lobs	-134
SCR MIP hors résultat moyen	268
Résultat moyen	51
<b>SCR MIP</b>	<b>319</b>

FIGURE 33 : GAINS DE DIVERSIFICATION METHODE 1

Une méthode alternative est testée en changeant l'ordonnement de l'agrégation (inter LOBs, puis risque de primes / risque de réserves) conduirait à un SCR de 321M€ qui reste proche de la première méthode :

Exigence en capital MIP (en M€)	
Σ SCR primes, Lob (écart à la moyenne)	235
Gain diversification risque de primes	-83
SCR risque de primes	152
Σ SCR réserves, Lob	216
Gain diversification risque de réserves	-56
SCR risque de réserves	161
SCR risque de réserves + SCR risque de primes	312
Gain diversification primes / réserves	-42
SCR MIP hors résultat moyen	270
Résultat moyen	51
<b>SCR MIP</b>	<b>321</b>

FIGURE 34 : GAIN DE DIVERSIFICATION METHODE 2

## 4. Synthèse de l'utilisation du MIP sur le profil de risque

Dans la suite, nous allons résumer par rapport aux composantes de l'écart au profil de risque l'impact du MIP sur les indicateurs de risque et de solvabilité de notre entité.

### 4.1. Impact sur les exigences en capital

L'évaluation de l'exigence de capital tient compte de plusieurs facteurs de risque, notamment de la volatilité. Pour un assureur non-vie, les aléas liés à l'évolution de la sinistralité passée (risque de réserve) et à la qualité de la tarification (risque de prime) sont sources de volatilité dans l'évaluation de la charge de sinistres et de l'exigence de capital.

Malgré un panel de données exhaustives et segmentées en fonction des branches d'activité utilisée pour le calibrage de la formule standard cette dernière n'est pas forcément adaptée à toute entité et profil de risque spécifique.

La prise en compte du profil de risque de notre entité à travers une modélisation plus fine de ses spécificités permettrait d’avoir directement un gain sur les exigences en capital sur le périmètre des risques de souscription non-vie.

La comparaison des résultats des exigences en capital entre le calibrage formule standard et celui en modèle interne partiel est présentée ci-après :

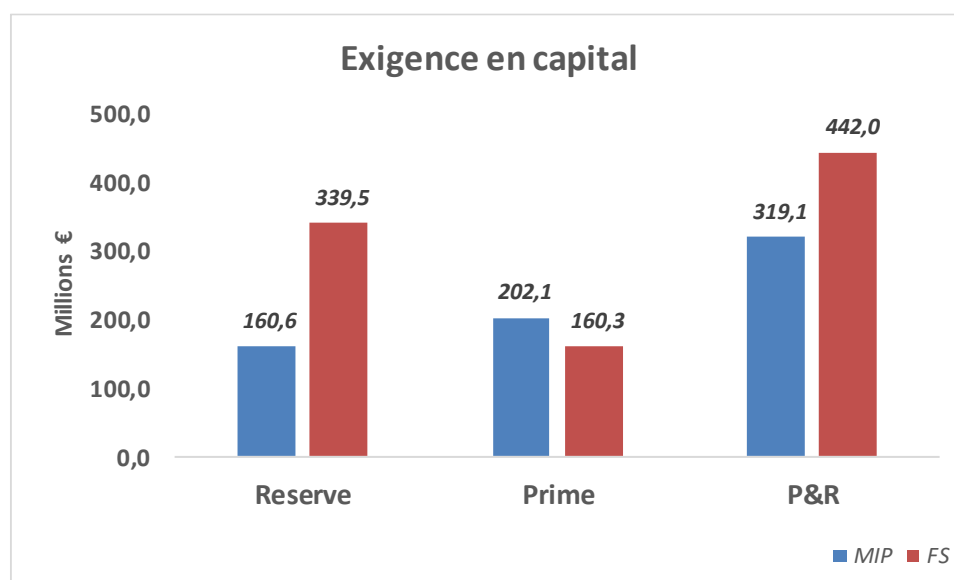


FIGURE 35 : EXIGENCE EN CAPITAL P&R (MIP vs FS)

Le gain sur le sous-module *P&R* vient principalement d’une meilleure modélisation du risque de réserve. En effet le *MIP* permet un gain deux fois plus important sur le risque de réserve.

Concernant le risque de prime il faudrait rajouter les exigences en capital du risque catastrophe en vision formule standard afin d’avoir une bonne comparaison.

Ces impacts se répercutent favorablement sur les exigences en capital global avec une économie de 18% par rapport à un *SCR FS* de 678M€.

Formation EXIGENCE EN CAPITAL (M€)	FS	MIP	MIP-FS
Risque de marché	206,5	206,5	0,0
Risque de souscription Vie	75,8	75,8	0,0
Risque de souscription Santé	8,0	8,0	0,0
Risque de souscription Non-vie	26,5	8,3	-18,2
Risque de Défaut des Contreparties	455,9	319,1	-136,8
Diversification entre sous modules	-179,9	-151,2	28,7
<b>BSCR</b>	<b>592,9</b>	<b>466,5</b>	<b>-126,3</b>
Risque Opérationnel	84,9	84,9	0,0
Absorption par l'impôt différé			
<b>Exigence en capital (SCR) net d'impôts</b>	<b>677,8</b>	<b>551,5</b>	<b>-126,3</b>

FIGURE 36 : EXIGENCE EN CAPITAL GLOBAL (MIP vs FS)

## 4.2. Comparaison MIP vs FS

Les approches modèle interne et Formule Standard se différencient sur plusieurs aspects parmi lesquels :

- La formule standard évalue le besoin en capital comme la perte de résultat dans un scénario de période de retour 1/200 ans, à partir d'un scénario central à résultat nul. Alors que le modèle interne évalue le besoin en capital comme la perte de résultat dans un scénario survenu à 1/200 ans, à partir de la situation économique prévisionnelle  $N + 1$  ;
- Le modèle interne intègre en outre un effet d'escompte ;
- Le modèle interne agrège des SCR et non des volatilités comme en formule standard ;
- Le SCR CAT n'est pas isolé en modèle interne. En effet, les charges CAT sont modélisées par LOB et agrégées avec les autres types de sinistralité pour en déduire le SCR de primes et CAT, qui peut ensuite être agrégé LOB à LOB.

## 4.3. Impact sur la marge pour risque (RM)

Les éléments éligibles sont impactés par la marge pour risque et l'absorption par l'impôt différé.

Comme déjà indiqué notre entité n'a pas de capacité d'absorption par l'impôt.

Ainsi nous allons utiliser un raccourci afin d'évaluer cet impact. Le proxy consiste à appliquer la méthode du Coc au delta de SCR brut d'impôt. Nous avons évalué un *scaling* en supposant que les RM varient de l'impact de du MIP.

En effet le delta ou impact du MIP sur le central est appliqué à la RM.

Calculation of SCR RU (t=0)	FS	MIP	MIP-FS
Unavoidable market risk	0	0	0
Counterparty risk	72	72	0
Life Underwriting risks	8	8	0
Health Underwriting risks	26	8	-18
Non-life Underwriting risks	457	320	-137
<b>Sum of sub-modular risks</b>	<b>563</b>	<b>408</b>	<b>-155</b>
Diversification between sub-modules	-64	-46	19
<b>Basic Solvency Capital Requirement</b>	<b>499</b>	<b>362</b>	<b>-137</b>
Operational risk	85	85	0
<b>Solvency Capital requirement (SCR) t=0</b>	<b>584</b>	<b>447</b>	<b>-137</b>

FIGURE 37 : EVALUATION DE LA MARGE POUR RISQUE

Soit l'impact suivant :

Risk Margin	FS	MIP	Central
RM Brut d'IS	157	120	-37
RM Net d'IS	107	82	-25

Comme l'entité n'a pas d'absorption par l'impôt on récupère l'impact brute.

#### 4.4. Ratio de couverture

Ratio de couverture du SCR	FS	MIP	MIP-FS
Éléments éligibles pour couvrir le SCR	829	866	37
Exigence en capital (SCR)	678	551	-126
<b>Ratio de couverture du SCR</b>	<b>122%</b>	<b>157%</b>	<b>+35 pts</b>

FIGURE 38 : RATIO DE SOLVABILITE (MIP&FS)

L'utilisation du modèle interne partiel en vision pilier 2 permettrait un gain maximum de 35 *pts* de ratio de solvabilité. Cet impact se décompose en un gain de 126M€ sur les exigences en capital (SCR) et de 37 M€ sur éléments éligibles par le biais de la marge pour risque dû à la l'évolution du SCR.

## IV. Tolérance aux risques

Avant d'évoquer la notion de tolérance aux risques, il est important de rappeler l'étape préalable (même si ce n'est pas le sujet de ce mémoire) à savoir l'appétence aux risques. En effet la réglementation Solvabilité II requiert que toute entreprise d'assurance adopte une vision holistique de ses risques et formalise explicitement son appétence aux risques, c'est-à-dire, le niveau de risque qu'elle est prête à accepter pour atteindre les objectifs définis dans son plan stratégique.

Les notions d'appétence aux risques et de tolérance aux risques sont devenues des thèmes d'étude pour une mise en place au sein des compagnies d'assurance d'une gestion stratégique des risques. Cet intérêt s'explique notamment par une place de plus en plus importante de l'*Enterprise Risk Management (ERM)* et par les récentes évolutions qu'a subi le monde de l'assurance, principalement dans le domaine règlementaire avec Solvabilité II. En effet, à travers l'*ORSA*, Solvabilité II introduit des pré-requis en termes de pilotage qualitatif et quantitatif des risques.

Comme évoqué précédemment notre entité doit mettre en place un dispositif de tolérance aux risques afin d'être en conformité avec la réglementation en vigueur. Ce dispositif de seuils et limites doit permettre de suivre et de garantir le respect tout au long de l'année du cadre de tolérance aux risques. Au niveau de l'entité, des limites existent déjà sur certains risques (notamment les risques financiers) mais non en perspective d'un dispositif de gestion du besoin global de solvabilité.

L'objectif de cette partie sera de présenter le cadre général de tolérance aux risques adopté par le Groupe et sa déclinaison au sein de notre entité. Pour ce faire nous allons clarifier les différents concepts d'appétence et de tolérance aux risques, ainsi que de limites de risque, et montrer dans quelle mesure elles vont impacter le pilotage des compagnies d'assurance. Nous compléterons nos travaux avec la présentation de la gouvernance associée à la tolérance.

## 1. Rappel et définition

La notion d'appétence aux risques est intimement liée au profil de risque. En effet, l'entreprise doit se demander quel niveau de risque est-elle prête à prendre afin de réaliser ses objectifs. Définie par la gouvernance dans le cadre d'échanges réguliers avec la fonction gestion des risques, l'appétence se détermine en plusieurs niveaux, on parle de déclinaison de l'appétence.

Sa formulation explicite constitue la première étape dans la mise en œuvre de l'ORSA, qui s'inscrit elle-même opérationnellement dans un processus plus global de l'*Enterprise Risk Management (ERM)*.

Dans le cadre de l'ORSA, l'appétence aux risques est un élément stratégique dans la gouvernance de l'entreprise. Elle est définie au niveau de la direction, et déclinée aux différentes branches d'activité de la compagnie. Elle est donc une stratégie adaptée au profil de risque de l'entreprise.

Après avoir été définie et calibrée, l'appétence aux risques doit être « descendue » aux différents sous-modules de risque, afin de déterminer des seuils de tolérance de ces différents risques.

Nous considérons dans ce mémoire que la Direction de notre entité a défini le niveau d'appétence aux risques qu'elle souhaite et qu'elle voudrait la décliner en tolérance au risque.

La tolérance au risque se définit comme un niveau de risque qu'une entreprise est prête à accepter ou tolérer en vue de poursuivre son activité et d'accomplir ses objectifs stratégiques.

En revanche, le périmètre est plus restreint que celui de l'appétence au risque, mais reste dans son cadre.

Ainsi, nous disposerons de plusieurs indicateurs de tolérance aux risques, déclinés selon les différentes catégories de risques définies par l'appétence aux risques de l'entreprise. Ces indicateurs nous permettront de mettre en évidence, au niveau opérationnel, des niveaux correspondant à des seuils d'alertes. Des limites peuvent être également définies permettant ainsi de définir le cadre d'intervention du management. Ce cadre d'intervention doit permettre de rester en-deçà des seuils d'alerte dans un environnement donné. Notons que la tolérance et l'appétence aux risques sont exprimées selon les mêmes métriques, et que l'agrégation des tolérances aux risques suivant chaque catégorie de risques doit être en accord avec l'appétence aux risques de la compagnie.

Parmi les trois dimensions (solvabilité, résultat opérationnel assurance et rating) fixées par le conseil d'administration dans le cadre de tolérance au risque, notre entité considère que le ratio de solvabilité est l'indicateur central.



Ainsi pour notre entité afin de déterminer la capacité de risque ou seuil maximal de risque qu'elle peut prendre deux macros-indicateurs ont été définis : le ratio de solvabilité avec modèle interne sous stress et le ratio combiné.

Nous développerons dans ce mémoire que la notion de tolérance aux risques.

## 2. Benchmark marché français

Le régulateur offre une grande flexibilité quant à la définition et la calibration de la tolérance au risque afin qu'elle puisse être totalement cohérente avec la culture de chaque entreprise et ses objectifs stratégiques. Toutefois sur le terrain, de nombreux acteurs du secteur de l'assurance s'interrogent sur la définition, le choix et la calibration des indicateurs d'appétence au risque et de la cohérence avec ses déclinaisons (tolérances et limites de risque).

En effet les sociétés d'assurance et de réassurance n'ont pas toutes la même vision du risque. Ainsi l'interprétation des *guidelines* diffère sensiblement d'une compagnie à l'autre. Certains assureurs souscriront des risques que d'autres refuseront. Cette appétence ou attrait pour le risque dépend d'une multitude de facteurs, notamment :

- Des exigences des actionnaires en termes de rentabilité
- Du degré d'expertise détenue
- De l'expérience dans le domaine considéré
- De la concurrence
- De la couverture de réassurance ou de rétrocession

Un *benchmark* a été réalisé auprès de six grands acteurs du marché de l'assurance en France (cf. Annexe). Il a pour objectif d'analyser la pertinence des concepts d'appétence, tolérances et limites de risque retenus par les acteurs du secteur de l'assurance français.

Les trois thématiques du *benchmark* sont les suivantes :

- Les principales dimensions suivies par le cadre d'appétence
- Le Focus sur la solvabilité
- Les seuils et limites opérationnelles définis au regard de ces dimensions

L'appétence au risque doit se définir par rapport à des seuils crédibles, ni optimistes, ni pessimistes, et respecter les contraintes réglementaires, de marché et surtout en adéquation avec le profil de risque et le Besoin global de solvabilité.

Une limite plancher d'appétence sur le ratio de solvabilité très homogène sur le marché français aux alentours de 110% – 120% et des seuils d'alerte en moyenne de 140% – 150%.

Certains acteurs ont choisi de complexifier le cadre en ajoutant un ou plusieurs seuils supplémentaires, généralement liés à des points de gouvernance spécifiques à chaque acteur. En effet chaque entité présente des contraintes propres liées à son profil de risque spécifique, à une vision différente de sa stratégie...

### 3. Cadre de tolérance aux risques générale

L'objectif d'une compagnie d'assurance n'est pas seulement de respecter les exigences réglementaires en capital, mais aussi de créer de la valeur tout en maîtrisant ses risques. La performance d'une compagnie d'assurance repose ainsi sur l'équilibre entre plusieurs dimensions, que doivent prendre en compte les mesures choisies pour déterminer la tolérance aux risques.

Le cadre de tolérance aux risques Groupama définit les niveaux de risque que le Groupe et les entités sont prêts à assumer dans le cadre de l'accomplissement de leurs missions et objectifs stratégiques.

Après réflexion et échange avec les acteurs du marché, le Groupe propose de baser son cadre de tolérance aux risques autour de trois dimensions ou axes matérialisés par des indicateurs et des seuils.

Quelques soient les moyens mis en œuvre par le Groupe et les entités pour atteindre ces objectifs, le cadre de tolérance au risque garantit un niveau minimum sur les trois principales dimensions utilisées pour piloter l'activité du Groupe et de ses entités :

- Le résultat opérationnel assurance à travers la déviation du **ratio combiné**
- Le **ratio de Solvabilité** en pourcentage des exigences en capital post-stress
- La notation du Groupe avec un objectif de rating.

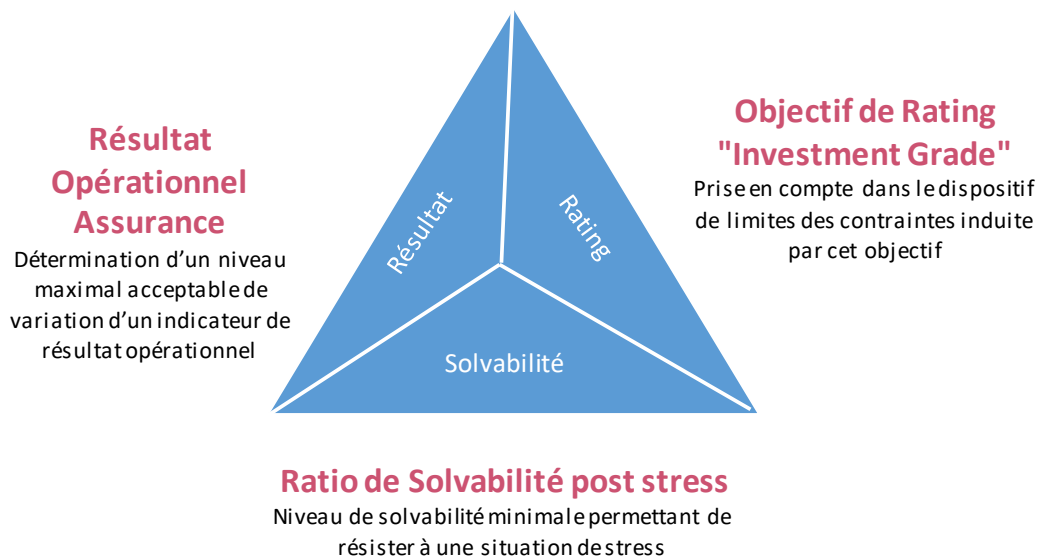


FIGURE 39 : DIMENSIONS APPETENCE

Ces trois dimensions peuvent résumer à elles seules le pilotage dans son ensemble de notre entité. Comme nous le verrons par la suite, notre objectif en tant que gestionnaire des risques sera de mettre en place des éléments de suivi permettant une meilleure maîtrise des risques auxquelles notre entité est exposée.

Un certain nombre de macro-indicateurs ont été définis en représentation des trois dimensions dont le niveau sera protégé par le cadre de tolérance aux risques.

Les limites de tolérance aux risques sur les indicateurs solvabilité et ratio combiné notamment sont proposés comme étant des seuils de résistance à des stress définis dans le cadre de la tolérance.

### 3.1. Résultat opérationnel assurance

Afin de définir la dimension résultat opérationnel ou encore l'axe rentabilité, nous devons définir des indicateurs permettant de suivre et mieux appréhender cette dimension. Pour ce faire nous avons basé notre choix sur les principes suivants :

- Tout d'abord, utiliser des indicateurs connus et suivis par le conseil d'administration. Ce qui permettrait d'appliquer des méthodologies simples et ainsi avoir une stabilité des indicateurs.
- Ensuite, les indicateurs choisis doivent permettre de restituer la performance de notre entité sans biais.
- Et enfin cet indicateur doit pouvoir s'appuyer sur un historique de données maximal.

Après le choix de cet indicateur, la problématique sera de voir comment définir une déviation maximale pour le ratio en lien avec la volatilité de l'entité et respectant le cadre Groupe. En effet la cohérence avec les autres entités est primordiale.

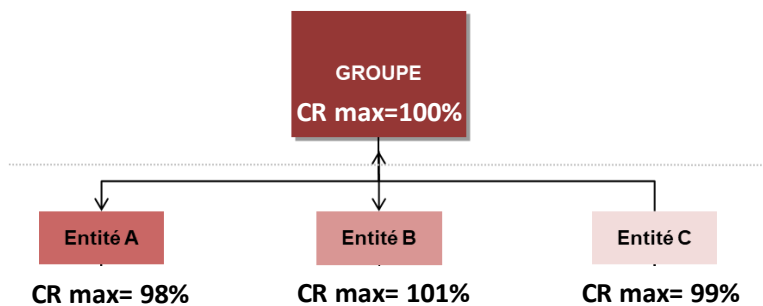


FIGURE 40 : DECLINAISON RATIO COMBINE

Nous ne détaillerons pas le processus de consolidation qui a été choisi dans ce mémoire car la déclinaison est toujours en cours dans les autres entités. Cependant nous avons cadré autour de ces propositions :

- Processus itératif sur la base d'un niveau de ratio combiné à objectiver par entité afin de respecter un ratio combiné Groupe à 100%
- Un niveau de ratio combiné identique par entité ou par groupe homogène permettrait une meilleure industrialisation du processus de consolidation

#### 3.1.1. Macro indicateur ratio combiné

Nous avons décidé d'adopter le ratio combiné social comme principal indicateur technique de suivi. Cet indicateur à l'avantage d'être largement utilisé et connu par les directions métiers. Etant donné les évolutions réglementaires IFRS, il nous a semblé pertinent d'analyser aussi le ratio combiné IFRS.

Etant donné que notre entité suit régulièrement cet indicateur, l'objectif était de définir une déviation maximale à s'autoriser sur le ratio combiné. Cet écart devra être défini en fonction d'une cible ou norme.

Pour ses besoins de pilotage, notre entité, définit régulièrement des cibles ou normes à travers sa PSO (Planification Stratégique Opérationnelle). Ces normes ont pour objectif de refléter ses ambitions en termes de prévision. Notre entité suit chaque année un ratio combiné cible défini par le Groupe auquel elle appartient. Cette norme a pour but de pouvoir permettre au groupe d'atteindre ses objectifs et sa stratégie.

Même si au vu de l'historique, notre entité n'atteint jamais cette cible, il nous a semblé cohérent de choisir une norme validée en conseil de 98%.

Pour le calibrage de la déviation du ratio combiné nous avons fait le choix de combiner différentes approches pour quantifier la déviation maximale :

- Analyse quantitative de l'historique (10 ans) (volatilité passée)
- Prise en compte d'une vision « prospective » afin de refléter une réduction de la volatilité (volatilité future). C'est-à-dire l'ajout des années PSO.
- Analyse qualitative avec la prise en compte de jugements d'experts (vision métier au regard de la profondeur de l'historique, de l'attente du management local...)

L'analyse de notre historique permet de constater l'irrégularité de notre ratio combiné. L'écart-type observé sur tout notre historique y compris les années PSO est environ de 4.6 pts. Le rajout des années PSO n'a que peu d'impact sur le calcul de notre écart type : 4.6 vs 4.7.

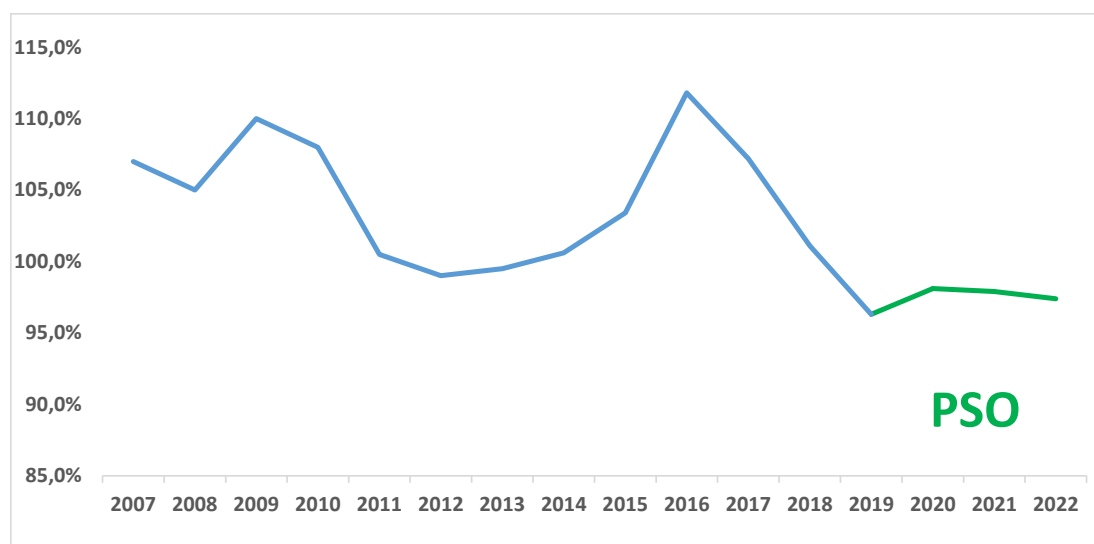


FIGURE 41 : RATIO COMBINE HISTO+PSO

On peut considérer les années 2009 et 2016 comme atypiques avec des ratios observés très élevés par rapport à la moyenne. De ce fait l'exclusion de ces années exceptionnelles pourrait sembler cohérente. Ainsi l'écart-type calculé hors ces deux années serait de 4 pts.

Considérant que notre entité est en perte à partir d'un ratio combiné supérieur 100%, nous avons décidé de choisir une déviation de 4 pts que l'on accepte avant de prévenir le conseil.

Le choix de cette déviation est la combinaison d'une analyse tant quantitative que de jugement d'experts.

### 3.1.2. Ratio combiné IFRS vs social

Les comptes sociaux et IFRS quoiqu'assez proches diffèrent sur certains postes de charges de sinistres, frais généraux et de réassurance.

#### **Charges de sinistres : volatilité plus faible due à la stabilité du taux d'actualisation**

- Utilisation d'un taux différent de celui prescrit par l'ANC (dérivé du TME) pour l'évaluation des provisions techniques complémentaires relatives au FGAO depuis 2016.
- En 2019, ce taux a également été utilisé pour l'évaluation des rentes Non-Vie.
- Ce taux prenant en compte une période d'investissement longue sera plus stable que le TME et donc générera moins de volatilité sur le ratio IFRS par rapport au ratio social.
- Absence de provisions d'égalisation sur les risques non avérés en IFRS

#### **Frais d'exploitation : frais d'exploitation → différence structurelle + moindre volatilité**

- Absence de loyers théoriques dans les frais d'exploitation des immeubles d'exploitation en IFRS
- L'effet des variations de taux sur les provisions IFC ne passent pas en résultat (norme IAS 19) en IFRS

#### **Solde de réassurance : pas d'impact sur le ratio (hors 2019 année du changement de méthode)**

- La rétrocession des Caisses régionales est ventilée en IFRS (primes, sinistres, frais)

En conclusion, nous pouvons estimer que les déviations observées sur le ratio combiné IFRS (hors révision du taux d'actualisation) devraient être moins importantes que celles en vision sociale. Ainsi, une déviation calée sur le social devrait être un majorant et pourrait constituer une base prudente pour la déviation du ratio IFRS. De plus un historique d'évolution du ratio IFRS recalculé sur la base de la méthode actuelle est difficilement réalisable et purement théorique. En effet :

- Il faudrait calculer un taux d'actualisation en référence aux conditions historiques (taux de rendement) ?
- Pour quelle période ? Comment aurait-il été refixé ? (L'évolution des taux depuis 10 ans aurait rendu nécessaire 2 ou 3 refixations).

Ainsi nous avons porté notre choix sur le ratio combiné social.

### 3.1.3. Seuil de déclenchement

Pour chaque année considérée, le ratio combiné pris en référence ou en cible sera celui fixé dans le budget de l'année et le seuil de déviation maximal est fixé à 3 pts.

Pour l'étude du ratio de référence permettant de définir le seuil de déclenchement, nous avons tester trois propositions :

- P1 : Seuil = Ratio cible groupe + déviation définie
- P2 : Seuil = Ratio cible groupe + déviation moyenne [RC 31/12/N-1 + RC fin de période]
- P3 : Seuil = RC PSO entité (ratio combiné budgété) + déviation définie

Le suivi opérationnel est effectué via les indicateurs suivants :

- Suivi trimestriel du ratio  $S/P$  net exercice courant et des variations sur antérieurs
- Suivi mensuel des  $S/P$  dossiers exercice courant et des variations sur antérieurs dossiers
- Ces deux indicateurs permettent en effet d'appréhender les principales variations du ratio combiné en rapport avec un risque de prime (ratio  $S/P$ ) ou de provisionnement (variations sur antérieurs)
- La composante frais a été exclue du cadre d'appétence (mais bien présente dans le pilotage de l'activité) car celle-ci correspond plus à un indicateur dépendant principalement de notre entité (gestion et maîtrise des coûts de la compagnie).

### 3.2. Dimension solvabilité

Dans le cadre de cette dimension, nous avons fait le choix d'utiliser le ratio de solvabilité post-stress. C'est-à-dire un niveau de solvabilité minimal permettant de résister à une situation de stress. Il s'agit de l'indicateur central du dispositif de tolérance aux risques. Il reflète les deux dimensions à protéger dans le dispositif et renseigne directement sur la solvabilité de notre entité. A savoir :

- Le risque, avec le calcul du  $SCR$  en situation stressé
- La valeur, avec la prise en compte des fonds propres économiques.

Notre entité a défini un niveau de tolérance pour le ratio de solvabilité à 100%  $\pm$  5% sous stress financier et technique.

Les calculs des exigences de capital et des éléments éligibles intègrent pour les risques de souscription non-vie (prime et réserve) les résultats précédents issus du modèle interne partiel. En effet les estimations qui en résultent sont ainsi plus en adéquation avec le profil de risque de notre entité (volatilités calibrées sur notre activité propre).

Au regard de son bilan économique, du calcul de son  $SCR$  et de leurs projections, la direction décide de définir sa tolérance au risque comme suit : avoir un ratio de couverture toujours supérieur à 100%. Elle aurait pu prendre un seuil supérieur mais étant donné sa situation contrainte de solvabilité, notre entité décide d'élaborer une stratégie pour ne pas avoir de ratio de couverture inférieur à 100%, sauf cas critique où elle tolèrera un ratio de 95%. Ce dernier seuil constitue un seuil d'alerte, en-dessous duquel l'entreprise déclenchera des actions pour redresser sa solvabilité.

Des tests de sensibilité sont menés sur les états financiers et économiques de l'entreprise, ainsi que sur les exigences réglementaires afin de confirmer la définition de la tolérance au risque à un ratio de couverture toujours supérieur à 100%.

Le choix de ce seuil est principalement basé sur l'expertise et la stratégie du top management. En effet ce seuil n'est pas forcément le reflet du passé de notre entité. Cependant on peut le considérer comme une ambition résultante des management actions. Ce seuil est avant tout un plafond représentatif d'une perte du business prenant en compte des situations de stress assez grave.

### 3.2.1. Stress financier

Pour tester sa solvabilité, notre entité a fixé deux scénarios adverses de chocs financiers et techniques auxquels elle souhaite résister sans franchir un plancher matérialisé par une couverture à 100% du SCR. Ces scénarios représentent des situations économiques redoutées par le Groupe auxquelles s'ajoutent des stress techniques. En effet dans le cadre de la tolérance aux risques, il a été retenu l'option de combiner les stress techniques et financiers.

La première situation est celle d'une récession dans un contexte de taux bas qui se traduirait par un report des actifs risqués vers les actifs les plus sûrs.

- Un stress Récession : Ce stress simule un scénario de récession correspondant à une courbe de taux très proche du plus bas historique de fin Août 2019 (taux swap 10 ans à  $-0,1\%$  soit un taux « sans risque EIOPA » de  $-0,2\%$  hors Volatility Adjustment<sup>12</sup>), une très forte baisse des marchés actions, une tension sur l'ensemble des spreads (dettes corporate financières et non-financières, et dettes souveraines).

La seconde situation est celle d'une tension sur les obligations souveraines qui engendrerait un écartement des spreads des obligations souveraines les plus fragiles et, par effet de contagion, un écartement des spreads sur les obligations financières.

- Un stress Souverain : Ce stress simule une tension sur les dettes souveraines avec un fort écartement des spreads sur les obligations d'Etat et un écartement modéré sur la dette corporate ainsi qu'une baisse des marchés actions plus modérée (que dans le stress de récession), dans un contexte de taux bas (taux swap 10 ans à  $0\%$ ).

Les scénarios sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

---

<sup>12</sup> La volatility adjustment est une mesure contra-cyclique qui a pour objectif d'atténuer la procyclicité de l'exigence de capital en la réduisant lorsque la situation économique n'est déjà pas favorable

Par rapport à la situation de clôture (N-1)	Taux swap	Actions/ Immobilier	Spread Govies	Spreads Crédits	Stress technique
Scénario 1- Récession	Baisse des taux avec aplatissement	Baisse des actions Baisse modérée de l'immobilier	Maintien des spreads Govies ou léger écartement	Ecartement généralisé des spreads de crédit	Choc sur ratio combiné
Scénario 2- Tension sur les souverains	Baisse des taux	Baisse modérée	Ecartement graduel de l'ensemble des spreads Govies	Ecartement des spreads de crédit sur les financières	

FIGURE 42: STRESS TOLERANCE

Les niveaux de marché correspondant à ces situations redoutées ont été définis en valeur absolue (afin d'éviter d'éventuels effets contra-cycliques). Ainsi il n'est pas nécessaire de revoir ces niveaux chaque année (sauf en cas de situations particulières franchissement des niveaux en cours d'année ou modification structurelle). Les niveaux absolus sont déterminés à dire d'expert en s'appuyant sur un historique de 10 ans. Les chocs correspondent à l'écart entre ces niveaux absolus et la situation de fin d'année, Ils sont appliqués sur la situation économique constatée au 1er janvier de l'année en cours.

### 3.2.2. Stress technique

Un stress technique correspondant à la déviation du ratio combiné a été défini. A savoir une dégradation du ratio combiné de 3 pts. Comme présenté précédemment la déviation maximale du ratio combiné net a été objectivée pour l'entité sur la base d'analyses quantitatives (historique (10 ans), projections PSO) et qualitatives (vision métier au regard des projections PSO (horizon 1 an)).

Dans le cadre de notre entité, qui est une entité non-vie, de tel choc basé sur des scénarios de taux bas devraient être favorable. Alors qu'en réalité c'est le contraire, ce stress est préjudiciable du fait de la détention de GGvie.

Un coefficient de 0,79 est affecté au stress technique pour prendre en compte un effet de diversification entre les stress financiers et technique.

### 3.3. Gouvernance

Le Groupe auquel appartient notre entité a défini et met en œuvre une gouvernance propre à son cadre de tolérance aux risques. Celle-ci a deux objectifs principaux :

- Encadrer le suivi régulier des différents indicateurs de tolérance et les processus d'escalade à mettre en œuvre en cas de dépassement des seuils associés :
  - Suivi des indicateurs de solvabilité,
  - Suivi des indicateurs de résultat opérationnel,
  - Suivi des indicateurs de rating.
- Encadrer les processus de revue annuelle ou exceptionnelle du cadre de tolérance, évaluant sa pertinence au regard des évolutions constatées des contextes économiques et structurelles du Groupe.



Les processus sous-jacents à chacun de ces objectifs sont détaillés dans les sections suivantes.

### 3.3.1. Suivi des indicateurs de solvabilité

Les deux groupes d'indicateurs définis par le cadre de tolérance au risque du Groupe au titre du suivi de son niveau de solvabilité sont :

- Les niveaux actuels d'un certain nombre d'indicateurs techniques et financiers (niveaux de taux swap, spreads govies/crédit, actions, immobilier...) au regard de seuils absolus prédéfinis au sein des deux scénarios de stress tolérance au risque,
- Le niveau actuel des LATR (actions, immobilier, obligations privées et souveraines de ratings émissions inférieurs ou égaux à BBB) au regard de limites prédéfinies au niveau du Groupe (cf. annexe pour plus d'information).

#### Suivi des scénarios de stress tolérance au risque

La gouvernance mise en œuvre pour suivre les niveaux actuels des indicateurs techniques et financiers au regard des seuils absolus prédéfinis au sein des deux scénarios de stress est présentée dans le schéma ci-dessous et détaillée par la suite.

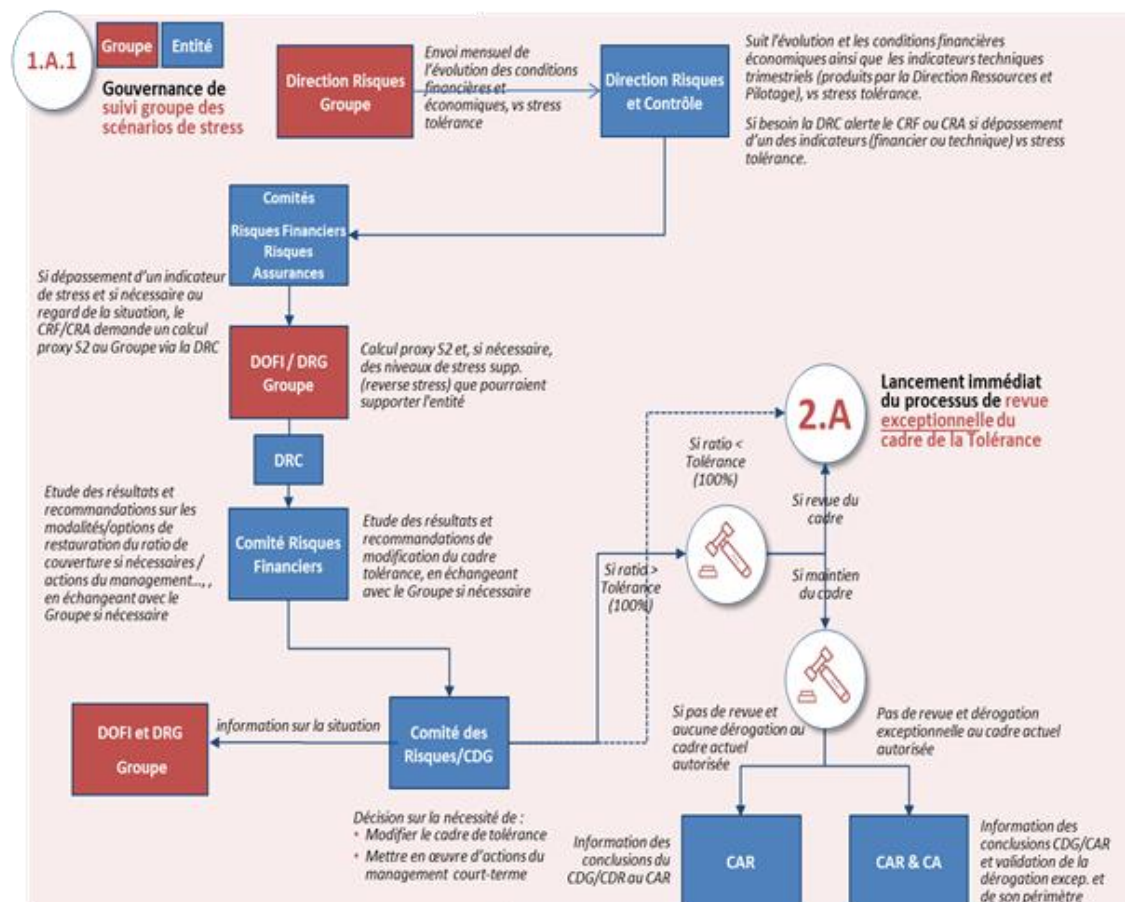


FIGURE 43 : SUIVI SCENARIO DE STRESSTOLERANCE RISQUES

La Direction Risques et Contrôle de notre entité, suit de façon mensuelle l'évolution des conditions économiques (à l'appui des informations communiquées par la Direction Risques Groupe). Et de façon trimestrielle l'évolution des indicateurs techniques à partir des éléments transmis par sa Direction Ressources et Pilotage et les compare aux seuils absolus prédéfinis au sein des deux scénarios de stress du cadre de tolérance. Elle informe les comités risques financiers et risques assurances de ces évolutions.

En cas de dépassement d'un ou plusieurs seuils absolus, la Direction Risques et Contrôle doit immédiatement alerter le Comité des Risques Financiers (CRF) en cas de dépassement du niveau d'un stress financier et le Comité des Risques Assurances (CRA) en cas de dépassement du niveau d'un stress technique et, si nécessaire au regard de la situation, demander à l'ALM Groupe d'effectuer un calcul proxy des ratios de solvabilité II Groupe et entités, sur base de la dernière clôture et avec les conditions économiques actuelles. Si besoin l'ALM Groupe doit également compléter ce calcul par des « reverse stress » permettant de déterminer les stress mono-facteurs que l'entité peut supporter pour arriver à sa tolérance. Les résultats doivent alors être transmis au CRF qui examinera les résultats et proposera des actions.

En fonction de l'écart entre le ratio solvabilité II calculé et la tolérance associée, le CRF doit transmettre au Comité des Risques les recommandations sur les actions à mener (mise en place d'actions du management, pertinence du cadre de tolérance aux risques au regard de la situation et, en cas de pertinence, les éventuelles dérogations exceptionnelles aux limites du cadre qui pourraient être autorisées jusqu'au prochain processus de revue annuelle du cadre de tolérance), sachant que :

- Si le ratio solvabilité II est inférieur à son niveau de tolérance : le Comité des Risques doit immédiatement initier le processus de revue exceptionnelle du cadre de tolérance (cf. chapitre 3.3), indépendamment de sa décision sur la nécessité ou non de mettre en place des actions du management.
- Si le ratio solvabilité II est supérieur à son niveau de tolérance : en fonction des niveaux de stress supplémentaires que l'entité peut supporter, le Comité des Risques devra décider sur la pertinence ou non du cadre de tolérance au regard de la situation, indépendamment de sa décision sur la nécessité ou non de mettre en place des actions du management.

### 3.3.2. Suivi des indicateurs de rentabilité

L'indicateur défini par le cadre de tolérance aux risques au titre du suivi du résultat opérationnel est le ratio combiné social. La gouvernance mise en œuvre pour suivre l'évolution de cet indicateur par rapport aux limites définies est présentée dans le schéma ci-dessous et détaillée par la suite.

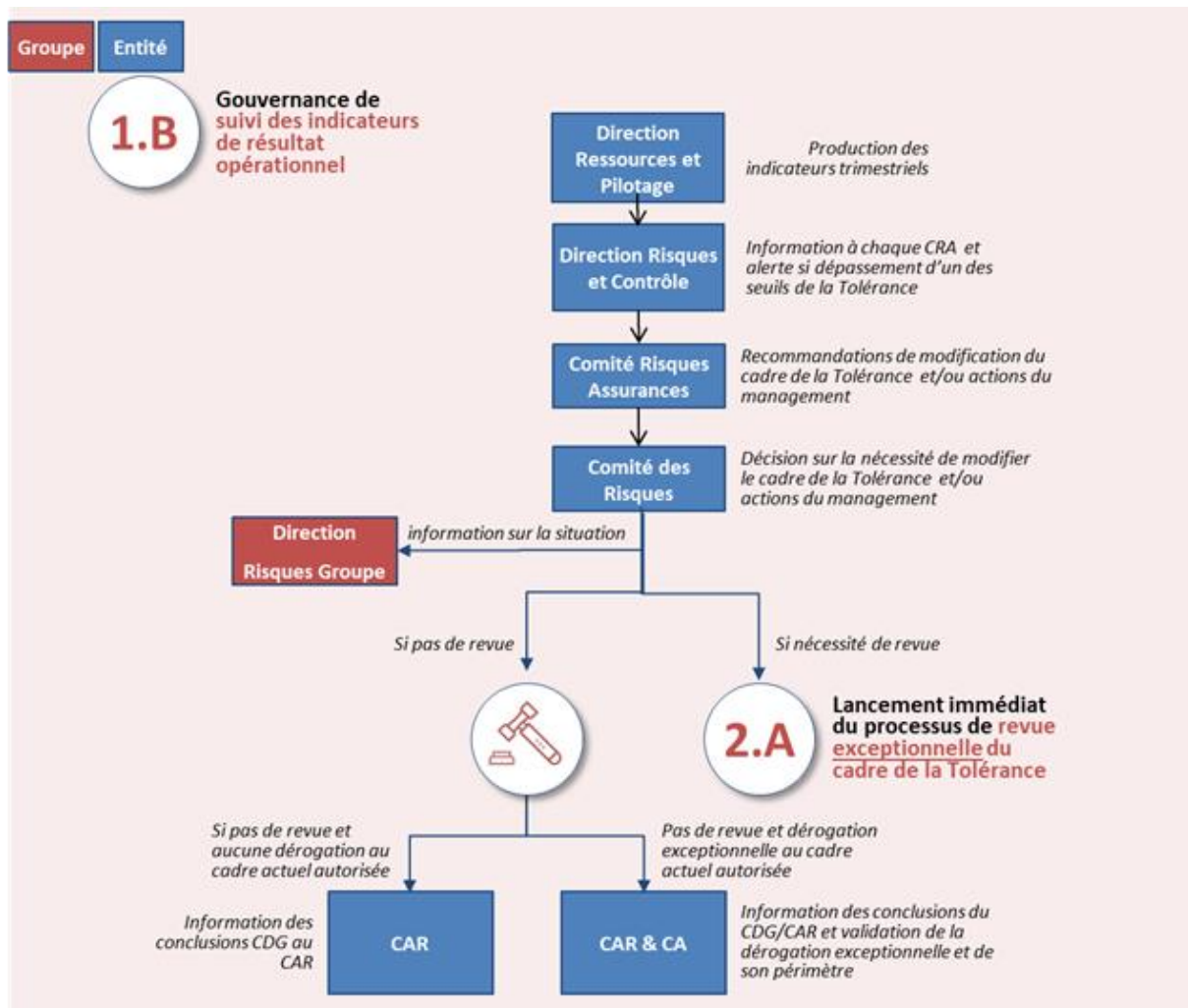


FIGURE 43 : SUIVI SCENARIO DE STRESSTOLERANCE RISQUES

Les Direction Risques & Contrôle et Direction Ressources et Pilotage de notre entité suivent de façon trimestrielle l'évolution du ratio combiné et informent trimestriellement le Comité des Risques Assurances de leurs évolutions.

En cas de dépassement, la Direction Risques et Contrôle doit immédiatement alerter ce comité de la situation. Le Comité des Risques Assurances doit alors fournir, pour décision, au Comité des Risques ses recommandations sur :

- La pertinence ou non du cadre de tolérance aux risques au regard de la situation,
- Les actions du management à mettre en place au regard de la situation,
- Une fois alerté par le Comité des Risques Assurances, le Comité des Risques doit alors décider si une revue du cadre de tolérance s'avère nécessaire.

### 3.3.3. Revue du cadre de tolérance

Il a été défini deux processus de revue du cadre de tolérance aux risques. Tout d'abord un processus de revue exceptionnelle qui est déclenché lorsque sa pertinence pourrait être remise en cause suite

au dépassement d'une ou plusieurs limites. Et un processus de revue annuelle qui a pour but d'évaluer sa pertinence au regard des évolutions constatées sur l'année, des contextes économiques et structurelles de l'entité.

- **Processus de revue exceptionnelle du cadre de tolérance**

La gouvernance mise en œuvre lors de la revue exceptionnelle de son cadre de tolérance est présentée dans le schéma ci-dessous et détaillée par la suite.

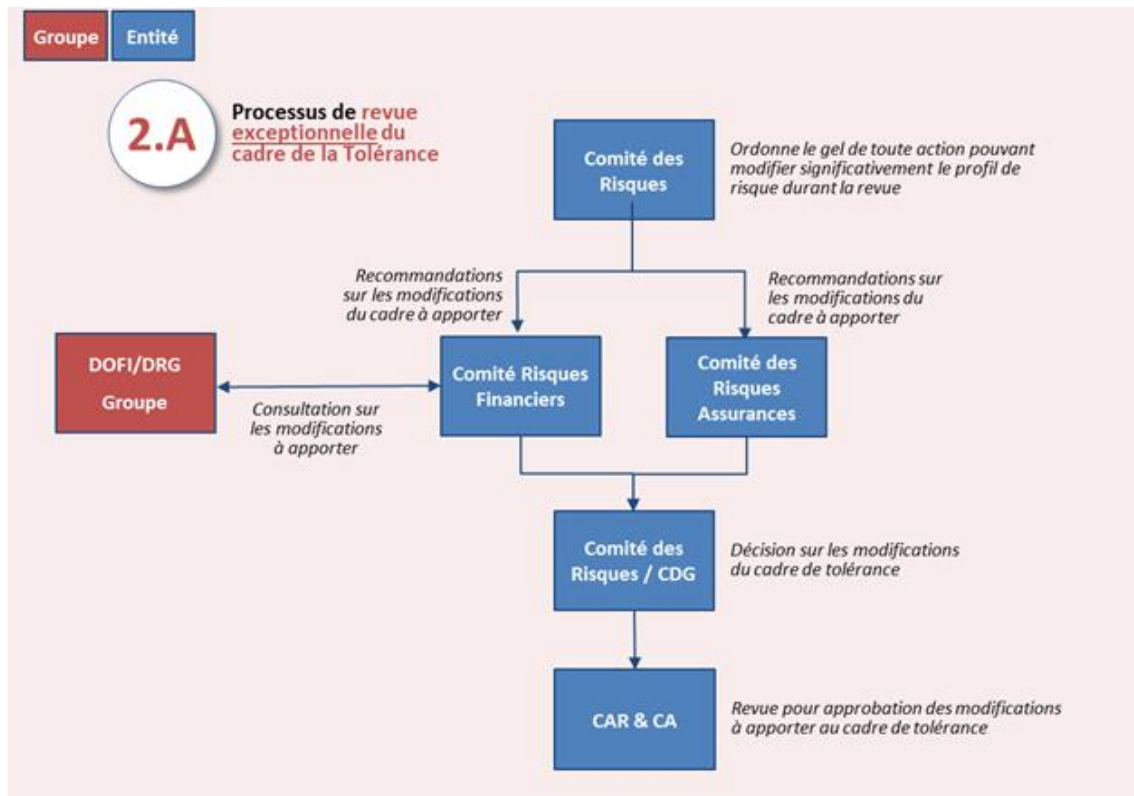


FIGURE 44 : REVU EXCEPTIONNELLE CADRE TOLERANCE

Une fois ce processus déclenché, le Comité des Risques doit ordonner le gel durant la revue de toute action pouvant modifier significativement le profil de risque.

En parallèle, les Comités des Risques Financiers et Assurances doivent définir les modifications du cadre de tolérance à apporter au regard de la situation qui a déclenché la revue et les soumettre au Comité des Risques pour approbation.

Les recommandations de modifications du Comité des Risques sont enfin proposées, pour décision, au Comité d'Audit et des Risques (CAR) puis au Conseil d'Administration (CA).

- **Processus de revue annuelle du cadre de tolérance**

La gouvernance mise en œuvre lors de la revue annuelle de son cadre de tolérance est présentée dans le schéma ci-dessous et détaillée par la suite.

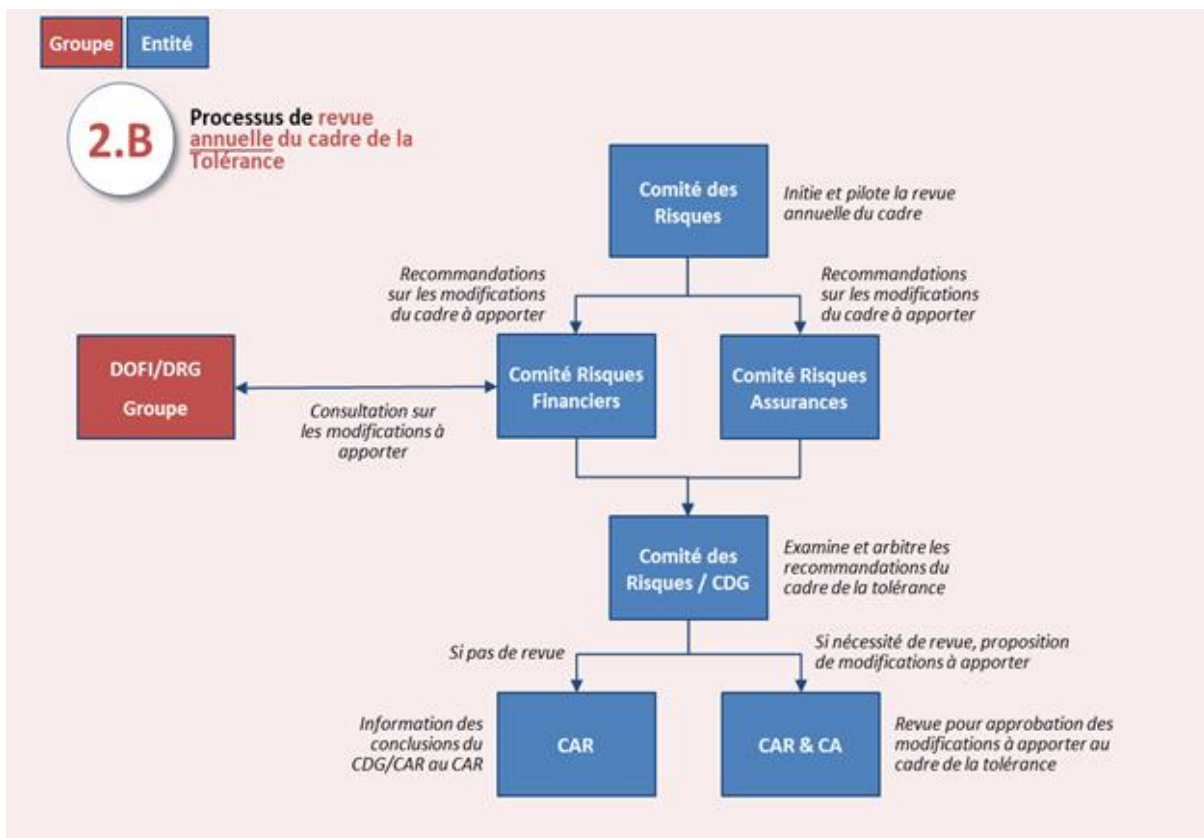


FIGURE 45: REVUE ANNUELLE TOLERANCE

La revue annuelle du cadre de tolérance aux risques est pilotée par le Comité des Risques. Celui-ci doit évaluer sa pertinence au regard des évolutions constatées sur l'année des contextes économiques et structurelle de l'entité. Il se fonde sur les recommandations des Comités Risques Financiers et Assurances. Si le Comité des Risques juge que le cadre est toujours pertinent, il doit alors informer le prochain Comité d'Audit et des Risques (CAR) de sa décision et des conclusions de la revue. S'il juge qu'il est nécessaire de modifier le cadre, il doit proposer, pour décision, au Comité d'Audit et des Risques (CAR) puis au Conseil d'Administration (CA) ses recommandations de modifications.

### 3.4. Analyse critique et limite du cadre

La mise en place d'un cadre de tolérance aux risques en parfaite adéquation avec le profil de risque de l'entité nécessite une bonne maîtrise de ses risques et une parfaite connaissance des impacts. Pour ce faire il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de son historique. Cependant l'analyse statistique seule ne saurait suffire.

En effet certains risques ne sont pas quantifiables ou manquent d'informations historiques. Notamment avec le contexte actuel de la crise sanitaire a démontré la difficulté à mesurer l'ampleur d'un risque comme la Pandémie Covid. Ou encore l'apparition de risque émergent comme le cyber risque. En plus tous ces éléments doivent être mise en cohérence avec la stratégie du top management.

La définition des stress et des niveaux de déviation devrait alors tenir compte de ces futurs changements structurels. Même si les stress financiers et techniques ont été calibrés pour prendre en

compte la situation Covid, il n'en est pas moins que la méconnaissance de l'impact prospectif final de cette crise rend cet exercice difficile.

Pour avoir une vision pertinente de notre déviation il aurait fallu qu'on dispose d'un historique de données plus important. Car dix ans d'historique ne peuvent être représentatives. De plus le fait de rajouter les années PSO crée un biais étant donné que c'est souvent une vision optimiste. Le ratio combiné est certes un indicateur connu, mais il n'est calculé complètement qu'à chaque semestre. Ce qui rend le suivi régulier plus limité.

La définition du seuil d'alerte a des limites. Car si on considère que le point de départ est défini à partir du passé donc l'analyse est biaisée par le poids de ce même passé. En effet un ratio bas peut conduire à retarder l'alerte et un ratio haut à contrario conduit à avoir une alerte pendant une courte période (1 à 2 ans).

## V. Besoin Global de Solvabilité (BGS)

L'objectif de nos travaux était de proposer une évaluation de notre capital ORSA prenant en compte notre profil de risque et les limites de tolérance. Ce capital est communément appelé Besoin Global de Solvabilité ou BGS.

Dans le cadre réglementaire, le terme est apparu avec l'arrivée de Solvabilité 2. Il est principalement cité dans l'article **R.354-3 du décret 2015-513** de la directive explicitant les trois exigences liées à l'ORSA avec un lien au système de gestion des risques et au cadre d'appétence au risque.

**Article 45 de la réglementation Solvabilité II « Évaluation interne des risques et de la solvabilité » :**  
*Dans le cadre de son système de gestion des risques, chaque entreprise d'assurance et de réassurance procède à une évaluation interne des risques et de la solvabilité. Cette évaluation porte au moins sur les éléments suivants :*

- *le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise*
- *le respect permanent des exigences de capital*

La Directive Solvabilité II laisse une grande liberté aux assureurs dans l'évaluation du Besoin Global de Solvabilité leur permettant ainsi de mieux prendre en compte leurs risques spécifiques et d'intégrer ces risques dans leurs gestions.

Nous allons dans cette partie expliciter cette évaluation afin de mieux appréhender notre profil de risque. Pour ce faire on passera par des rappels théoriques et la pratique du marché de l'assurance sur ce sujet. Car même si Solvabilité II est entrée en vigueur il y'a maintenant cinq ans, il est reste encore beaucoup de points en suspens.

### 1. Rappel et définition

Le Besoin Global de Solvabilité correspond à l'ensemble des moyens nécessaires à l'entité pour faire face aux risques auxquels elle est ou peut être confrontée à l'horizon défini par sa planification stratégique. Ce calcul est une évaluation prospective de tous les moyens, et non plus seulement les moyens financiers, nécessaires à l'entreprise pour faire face au risque mettant en péril les objectifs stratégiques en tenant compte notamment :

- du profil de risque spécifique de l'organisme ;
- des limites approuvées de tolérance au risque ;

Le Besoin Global de Solvabilité ou évaluation ORSA se différencie des exigences en capital réglementaires (SCR) selon plusieurs critères. Tout d'abord parce qu'elle est qualifiée d'interne car elle tient compte des spécificités du profil de risque de la compagnie, de son appétence et de son plan stratégique. Le calcul du BGS diffère donc de celui du SCR dans le sens où l'approche des risques est plus fidèle à l'activité même de la compagnie.



L'entreprise est libre quant au choix des méthodes pour déterminer son Besoin Global de Solvabilité dès lors que ces méthodes sont proportionnées à la nature, à l'ampleur et à la complexité des risques considérés et que l'organisme en démontre la pertinence. De ce fait il ressort des pratiques très différentes. Toutefois deux approches sont observées sur le marché.

- La première consiste à considérer le Besoin Global de Solvabilité comme un SCR ajusté au profil de risque de l'entreprise et intégrant les risques non couverts par la formule standard. En ce sens il est proche dans sa logique de la troisième évaluation de l'ORSA, qui s'appuie sur des analyses du profil de risque et de son adéquation à la formule standard.
- La seconde consiste à considérer le Besoin Global de Solvabilité comme le capital minimum nécessaire permettant à la compagnie de préserver un niveau de solvabilité conforme à l'appétence. Dans ce cas il est défini comme le niveau de fonds propres garantissant un ratio de solvabilité supérieur à un seuil après situation de stress.

Quel que soit l'approche retenue, le dispositif d'appétence aux risques doit préserver un niveau de ratio de couverture sur un horizon donné post-stress.

Les éléments de benchmark suivants permettent d'avoir un aperçu sur les approches retenues par le marché<sup>13</sup>.

	BGS<SCR	BGS=SCR	BGS>SCR	NR	Total
100% FS	2%	12%	12%	2%	<b>28%</b>
Hypothèses propres	13%	9%	39%	6%	<b>67%</b>
Modèle interne	1%	1%	3%	0%	<b>5%</b>
<b>Total</b>	<b>16%</b>	<b>22%</b>	<b>54%</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>

FIGURE 46 : BENCHMARK BGS

Nous allons par la suite présenter les approches retenues pour l'évaluation du BGS.

Pour le calcul du besoin global de solvabilité de notre entité, le choix retenu est d'utiliser une méthode de gestion spécifique, le modèle interne, qui est une autre alternative à la formule standard, en tenant bien compte du cadre de tolérance aux risques défini précédemment.

## 2. Evaluation du BGS

Il est important de noter que les différentes approches retenues dans le cadre de la troisième évaluation ORSA ne sont pas forcément opposées et peuvent être considérées comme des approches complémentaires et conjecturales. Ils dépendent aussi de la situation de solvabilité de l'entité. Car une entité avec une bonne situation de solvabilité pourra être moins exigeant en termes d'évaluation.

### 2.1. Approche antérieure

Avec les premiers travaux ORSA, notre entité a d'abord adopté une approche qualitative de son Besoin Global de Solvabilité. En effet dans les premiers rapports ORSA transmis à l'ACPR, notre entité

<sup>13</sup> Source ACPR du 16/06/2017



considérerait cette évaluation comme tous les éléments nécessaires pour faire face à ses risques et se contentait d'illustrer les écarts entre le pilier 1 et le pilier 2 en apportant quelques justificatifs. Tels que les mesures d'atténuation prouvant que notre entité malgré ces écarts couvrait bien tous ses risques à travers une situation de solvabilité bonne. Et aussi par le fait d'être adossé à un groupe solide.

### 2.1.1 Présentation des risques et des moyens mis en place

Les risques auxquels notre entité est ou pourrait être confrontée à court terme et/ou à moyen terme ont été identifiés et évalués selon différentes approches permettant de définir le profil de risques de l'entité.

Les risques considérés comme majeurs par l'entité (principalement les risques de nature financière et les risques d'assurance à fort aléas) ont fait l'objet de stress ad hoc pour évaluer la capacité de l'entité à résister à des situations adverses à court et moyen termes au regard de son profil de risques.

Les moyens mis en place par l'entité face à ces risques sont de différentes natures :

**Des moyens financiers** importants assurant une large couverture de la solvabilité réglementaire :

- Les fonds propres sociaux détenus par l'entité et qui constituent des capitaux de grande qualité pour la couverture de la solvabilité (classement en Tier 1 sans aucune restriction d'éligibilité sous solvabilité 2) représentent près de 63% des exigences en capital à fin 2019. Ils participent à la robustesse de la couverture de la solvabilité indépendamment de l'évolution de l'environnement financier.
- Ces fonds propres évoluent chaque année du résultat net social de l'entité. A l'horizon du plan d'affaires, l'amélioration de la marge de solvabilité s'élève à d'environ 10 pts avec les seuls résultats de l'entité

**Des dispositifs de maîtrise et d'atténuation** des risques adaptés au profil de risque de l'entité :

- A l'actif : La politique d'investissement de l'entité veille à diversifier les risques et encadrer les principaux risques financiers ; elle prévoit notamment des dispositifs de limites (limites primaires et secondaires), des protections financières ad hoc, des indicateurs de suivi visant à vérifier que les seuils d'alerte ou de déclenchement d'actions ne sont pas atteints.
- Au passif : La politique de souscription et de provisionnement définit les principes et règles de gestion et d'atténuation de ces risques ; cette politique vise à assurer l'atteinte des objectifs de rentabilité tout en réduisant la volatilité du ratio combiné. Elle assure le maintien dans le temps de la qualité du portefeuille de l'entité et d'un profil de risque équilibré. La politique de réassurance vise à réduire la volatilité associée au profil de risque assurance de l'entité, quantifier et réduire l'impact des événements extrêmes et limiter le risque de contrepartie ; cette politique définit les grandes lignes des protections de réassurance internes et externes, qui font l'objet de suivis annuels et sont pour partie définies de manière pluri annuelle. Les études régulières qui sont réalisées montrent la bonne adéquation de ces couvertures au profil de risque de l'entité qu'il s'agisse des risques climatiques (événements d'intensité exceptionnelle ou cumuls d'événements) ou non climatiques (dommage, responsabilité civile, assurance de personnes ...).

- Au niveau des risques opérationnels : L'amélioration continue des dispositifs de contrôle permanents. Le renforcement de la sécurité informatique au regard de la criticité du cyber-risque. Le maintien en condition opérationnelle des plans de secours et de continuité d'activité, et l'amélioration du dispositif de gestion de crise.

### 2.1.2 Revue des actions nécessaires pour satisfaire le BGS à court et moyen terme

Les simulations réalisées à court et à moyen termes montrent que notre entité résiste à des chocs sur les facteurs de risques les plus importants au regard de son profil de risques. A l'horizon de son plan d'affaire, la couverture des exigences en capital s'élève à 287% dans le scénario central et à 255% dans une hypothèse défavorable de maintien prolongé de taux bas.

Compte tenu de ces ratios de couverture et des moyens pérennes détaillés ci-dessus, mis en place par l'entité, aucune action spécifique n'apparaît nécessaire pour sécuriser le besoin global de solvabilité à court ou moyen terme de l'entité.

## 2.2. Approche actuelle

L'approche recommandée par le régulateur voudrait que le *BGS* ne se limite pas uniquement à une description des moyens mise en place pour une meilleure maîtrise de risque. Mais devrait également être enrichi et renforcé par des indicateurs quantitatifs pour un pilotage plus efficient. Comme la détermination d'un capital pour faire face aux différentes expositions de risques. Le *BGS* est le croisement de la tolérance au risque et du profil de risque de l'entreprise.

Ainsi l'évaluation de notre Besoin Global de Solvabilité est désormais fondée sur :

- Une exigence de capital mesurant les risques de souscription non-vie (prime et réserve) via un modèle interne partiel.
- Un cadre de tolérance au risque définissant les deux scénarios de crise auquel l'entité souhaite résister : chocs sur les marchés financiers complétés par un choc technique.

Parmi les trois dimensions (Résultat Opérationnel Assurance, Rating et Solvabilité) fixées présentées précédemment dans le cadre de tolérance au risque, la solvabilité mesurée par le ratio de solvabilité est l'indicateur central.

De plus notre entité a fixé deux scénarios adverses de chocs financiers et techniques auxquels il souhaite résister sans franchir un plancher matérialisé par une couverture à 100% du *SCR*. Ces deux scénarios se distinguent par la nature des chocs financiers qui les composent. Pour rappel :

- Scénario 1 de récession (crise financière avec une baisse importante de l'ensemble des actifs)
- Scénario 2 de crise sur les états souverains de la zone euro.
- Ces scénarios ont été complétés par un choc technique matérialisé par une déviation de 3 points du ratio combiné.

Nous considérons que le Besoin Global de Solvabilité ainsi calculé reflète l'exigence de capital requise compte tenu du profil de risque, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de la compagnie.

Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux de solvabilité simulés dans le cadre de ces scénarios :

Éléments de couverture du SCR (en M€)	Situation initiale 2019		Situation post Stress*	
	FS	MIP	Tolérance 1	Tolérance 2
Éléments éligibles	828,8	865,6	680,6	764,2
Exigence en capital	677,8	551,5	532,7	541,5
<b>Ratio de couverture du SCR</b>	<b>122%</b>	<b>157%</b>	<b>128%</b>	<b>141%</b>
<b>Seuil Tolérance</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>

FIGURE 47 : ELEMENTS DE COUVERTURE BGS

Sur la base de ces simulations, la situation de solvabilité de notre entité dans ce cadre plus contraint demeure satisfaisante à 128% et supérieure au seuil retenu de 100%.

### 2.3. Comparaison

Au-delà des exigences du régulateur, nous pensons qu'à travers l'ORSA et la définition du BGS, il doit y avoir un apport de la gestion des risques dans le contrôle des risques interne. Ce qui permettrait de mieux suivre, appréhender son dispositif d'atténuation du risque afin d'être en adéquation avec sa stratégie. L'ambition stratégique ne saurait aller sans une bonne maîtrise des risques. D'où la nécessité d'avoir une bonne métrique pour définir son profil.

## 3. Limite et perspective

Une vision globale de la stratégie de notre entité, nous a permis d'utiliser une bonne métrique permettant une meilleure modélisation de nos risques. Ce qui a pour conséquence de mieux appréhender nos risques. Cependant une vision globale de ses expositions et un calcul des exigences réglementaire à travers un modèle interne ne saurait suffire à avoir une bonne maîtrise. Car se posera la question de sa déclinaison par métier. Comment redescendre sa stratégie au niveau des différents métiers. Un deuxième point pourrait être développé à savoir une meilleure diffusion de la culture risque auprès des différents métiers (souscription...gestion des sinistres).

Comment associer sa tolérance aux risques au niveau métier. Notre entité s'est contentée de définir ses limites et seuils au niveau macro. Mais concrètement comment un responsable des sinistres le prend en compte et qu'est-ce que ça pourrait changer pour garder une certaine cohérence. Pour le moment nous avons simplement répondu à une demande du régulateur et somme arrêté à un niveau macro.

Il serait alors intéressant d'aller au-delà de la modélisation avec la mise ne place de use test. Notre entité a commencé dans le cadre de sa stratégie la mise en place de P&L (*Profit and Loss*) permettant de croiser les résultats espérés et le réel constaté. Ce qui permettrait de faire des ajustements et mieux affiner la modélisation permettant une meilleure adéquation au profil de risque.

## VI. Conclusion

Les différents travaux présentés dans ce mémoire font suite à une observation de l'ACPR sur l'évaluation du Besoin Global de Solvabilité. En effet le régulateur demande à notre entité d'avoir une approche plus quantitative à travers la mise en place d'un vrai cadre de tolérance aux risques prenant en compte les aspects de son profil de risque.

Tout au long de ce mémoire, nous avons répondu aux différentes questions posées dans notre problématique :

- En quoi le profil de risque de notre entité diffère de celui qui sous-tend la formule standard ?
- Quelle approche retenir pour mieux appréhender notre profil de risque (*FS/USP/MIP*) ?
- Comment définir notre cadre de tolérance aux risques ?

L'écart entre notre profil de risque et celui de la Formule Standard se manifeste principalement au niveau de la divergence entre le portefeuille de notre entité et celui sur lequel a été calibrée la Formule Standard. En effet Calibrée sur un panel de portefeuilles européens, la formule standard est par nature moins adaptée au profil de risque spécifique de chaque entreprise, dans le sens où elle ne prend pas en compte les aspects suivants :

- La taille du portefeuille, qui a un impact sur la volatilité de la distribution des sinistres
- La structure de réassurance qui est imparfaitement prise en compte (absence de facteur d'ajustement pour tenir compte des structures de réassurance non-proportionnelle en *XS* et en *Stop Loss* et la réassurance par tranche)
- Les risques spécifiques telle que l'assurance construction

Afin de mieux appréhender cet écart, nous avons procédé à la mise en application de différentes approches (*USP* et *MIP*). Après plusieurs comparaisons, il s'avère que l'utilisation d'une modélisation interne permet de mesurer l'écart entre le profil de risques de notre entité et les hypothèses qui sous-tendent le calcul du *SCR* réglementaire la Formule Standard.

Le modèle interne, bien que plus complexe à mettre en œuvre, permet à partir de nos données une modélisation personnalisée et globale sur le périmètre de souscription non-vie. Ce dernier qui est le risque le plus importants permet une meilleure appréciation du besoin en capital pour la solvabilité.

Au-delà de l'exigence en capital, nous avons aussi utilisé le modèle pour la mise en œuvre de la stratégie de notre entité. Notamment dans l'*ERM* et plus particulièrement pour l'évaluation du *BGS*.

En pratique nous avons défini un cadre de tolérance aux risques permettant ainsi d'affiner notre profil de risque. A savoir la mise en place d'indicateurs stratégiques de suivi, tels que le ratio de solvabilité, le ratio combiné et le rating et des seuils d'alerte. Par ailleurs une gouvernance adéquate est prévue en cas de dépassement de ces seuils.

Nous avons intégré l'ensemble de ces travaux pour l'évaluation de notre *BGS* tel que défini par le régulateur à savoir un besoin prenant en compte notre profil mais aussi notre tolérance aux risques.

Les travaux de ce mémoire ont été effectués dans un contexte pilier 2 et de ce fait les conclusions restent avant tout interne et propre à notre entité. Cependant les résultats de ces travaux ont permis de mieux redéfinir tous les risques auxquels elle est exposée et ainsi se projeter afin d'avoir une évaluation plus en adéquation avec son profil de risque. Dans ce sens notre entité a décidé de soumettre maintenant un dossier d'homologation pour l'utilisation du *MIP* Groupe pour son calcul de ses exigences en capital en vision solo.

# Bibliographie

- [1] M. M. e. M. V. WUTRICH, «Modelling the claim development result for solvency purposes,» *Casualty Actuarial Society E-Forum*, 2008.
- [2] M. D. A. Charpentier, *Mathématiques de l'assurance non-vie*, Economica, 2004.
- [3] F. D. J. E. e. D. H. P. Artzner, «Coherent Measures of Risk,» *Mathematical Finance*, Juillet 1999.
- [4] P. Thérond, «Théorie de la crédibilité,» chez *University Lecture*, 2011.
- [5] Gollier, *Dictionnaire de l'économie de l'assurance*, 1994.
- [6] EIOPA, «Consultation paper n°75 du 29 janvier 2010».
- [7] P. V. Pierre Thérond, «Appétence au risque : intégration au pilotage d'une société d'assurance,» 2010.
- [8] X. Aguenos, «Appétit pour le risque et gestion stratégique d'une société d'assurance non-vie».

# ANNEXE

## 1. Chain Ladder

**Théorème 1 :** Si  $1 \leq i \leq N$ ,  $E[C_{i,N}|D] = C_{i,N+1-i} \times \prod_{j=1}^{i-1} f_{N-j}$

*Démonstration :*

Soit  $1 \leq i \leq n$ , en utilisant la notation :

$$E_i[X] = E[X|C_{i,1}, \dots, C_{i,N+1-i}]$$

On écrit :

$$\begin{aligned} E[C_{i,N}|D] &= E_i[C_{i,N}] \\ &= E_i \left[ E[C_{i,N}|C_{i,1}, \dots, C_{i,N-1}] \right] \\ &= E_i[C_{i,N-1} \times f_{N-1}] \\ &= E_i[C_{i,N-1}] \times f_{N-1} \end{aligned}$$

En appliquant les hypothèses de Chain Ladder, on obtient :

$$\begin{aligned} E[C_{i,N}|D] &= E_i[C_{i,N-1-i}] \times f_{N-1-i} \times \dots \times f_{N-1} \\ &= C_{i,N-1-i} \times f_{N+1-i} \times \dots \times f_{N-1} \end{aligned}$$

**Théorème 2 :** les estimateurs  $\hat{f}_k$  sont sans biais et non corrélés

*Démonstration :*

Soit  $k$  tel que  $1 \leq k \leq N$ . On note  $B_k$  la partie supérieure gauche du triangle de règlements

$$B_k = \{C_{i,j} \mid i + j \leq N + 1\}$$

Avec les hypothèses de Chain ladder on obtient :

$$\begin{aligned} E[C_{i,k+1}|B_k] &= E[C_{i,k+1}|C_{i,1}, \dots, C_{i,k}] \\ &= C_{i,k} \times f_k \end{aligned}$$

Nous pouvons donc écrire :

$$E[\hat{f}_k|B_k] = \frac{\sum_{j=1}^{N-k} E[C_{j,k+1}|B_k]}{\sum_{j=1}^{N-k} C_{j,k}}$$

$$= f_k$$

Ce qui prouve le caractère sans biais des  $f_k$  :

$$E[\hat{f}_k] = E[E[\hat{f}_k|B_k]]$$

$$= f_k$$

Pour prouver la non-corrélation, on écrit, pour  $j < k$

$$E[\hat{f}_k \hat{f}_j] = E[E[\hat{f}_k \hat{f}_j|B_k]]$$

$$= E[\hat{f}_j \times E[\hat{f}_k|B_k]]$$

$$= E[\hat{f}_j] \times f_k$$

$$= E[\hat{f}_j] \times E[\hat{f}_k]$$

## 2. Matrice corrélation FS

Matrice de corrélation entre les sous modules du risque de souscription Non-vie

CorrNL	Primes&Réerves	Rachat	Catastrophes
Primes&Réerves	100%	0%	25%
Rachat	0%	100%	0%
Catastrophes	25%	0%	100%

Matrice de corrélation des risques de primes et de réserves

CorrP&R	Primes	Réserves
Primes	100%	50%
Réserves	50%	100%

Matrice de corrélation entre les Lob non-vie

CorrLob	Motor vehicle liability	Motor, other classes	Marine, aviation and transport	Fire and other damage	General liability	Credit and suretyship	Legal expenses	Assistance	Miscellaneous
Motor vehicle liability	100%	50%	50%	25%	50%	25%	50%	25%	50%
Motor, other classes	50%	100%	25%	25%	25%	25%	50%	50%	50%
Marine, aviation and transport	50%	25%	100%	25%	25%	25%	25%	50%	50%
Fire and other damage	25%	25%	25%	100%	25%	25%	25%	50%	50%
General liability	50%	25%	25%	25%	100%	50%	50%	25%	50%
Credit and suretyship	25%	25%	25%	25%	50%	100%	50%	25%	50%
Legal expenses	50%	50%	25%	25%	50%	50%	100%	25%	50%
Assistance	25%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	100%	50%
Miscellaneous	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%

Matrice de corrélation entre les modules du SCR



Corr	Marché	Défaut	Vie	Santé	Non-vie
Marché	100%	25%	25%	25%	25%
defaut	25%	100%	25%	25%	50%
Vie	25%	25%	100%	25%	0%
Santé	25%	25%	25%	100%	0%
Non-vie	25%	50%	0%	0%	100%

### 3. Exigences en capital

#### Exigence en capital risque de réserve

En M€

Ligne d'activité	MIP 2020			
	BE S2 net	Coefficient de variation	SCR de réserves	SCR / BE S2
MEDICAL	14,4	9,6%	3,9	27,4%
INCOME	20,4	6,8%	3,8	18,7%
WORKERS				
MTPL	481,4	4,1%	53,4	11,1%
MOTOR_OTHER	34,8	10,4%	10,4	29,8%
MAT	0,7	42,0%	1,1	160,5%
FIRE	284,3	4,7%	36,5	12,8%
GTPL	607,1	6,3%	106,0	17,5%
CREDIT	1,9	19,0%	1,1	59,6%
LEGAL ASSISTANCE				
MISC	0,1	20,0%	0,1	63,3%
TOTAL GROUPE MIP	1 445,1	4,3%	160,6	11,1%
Gain de diversification			55,8	3,9%

#### Exigence en capital risque de prime & catastrophe

En M€

Ligne d'activité	MIP 2020			
	Primes acquises brutes	Ecart-type net / Primes brutes	SCR de prime (écart à la moyenne)	SCR / Primes brutes
MEDICAL	129	4,0%	14	11,1%
INCOME	22	9,3%	8	34,6%
WORKERS				
MTPL	205	7,1%	44	21,4%
MOTOR_OTHER	304	4,2%	35	11,6%
MAT	1	18,4%	1	55,4%
FIRE	552	6,3%	86	15,6%
GTPL	131	9,0%	38	29,3%
CREDIT				
LEGAL				
ASSISTANCE	29	9,0%	8	28,2%
MISC	0	10,9%	0	34,3%
TOTAL GROUPE MIP	1 374	4,0%	152	11,0%
Gain de diversification			83	6,1%

#### 4. Benchmark marché français

##### Dimensions suivies par la Tolérance aux risques

Selon cette enquête récente menée auprès d'organismes de nature et taille diverses sur l'ORSA, la quasi-totalité des sondés déclarent avoir formalisé précisément leur appétence au risque, en se reposant sur des indicateurs quantitatifs de mesure du risque, avec des seuils et des limites. « Le ratio de solvabilité, reste, dans bien des cas, l'indicateur de référence ».

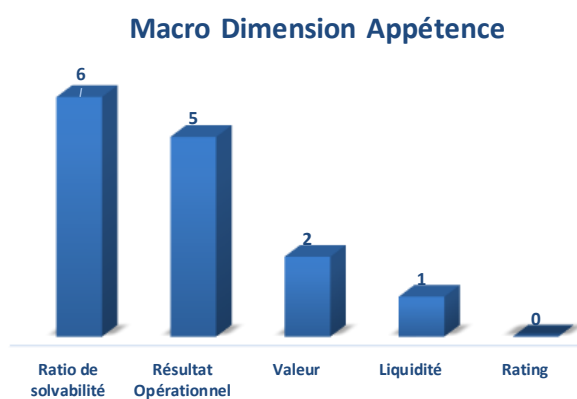


FIGURE 48 : MACRO-DIMENSIONS APPETENCE

Comme le démontre les résultats de l'étude la quasi-totalité des acteurs du marché ont choisi de piloter leur appétence via le suivi de deux dimensions principales : La solvabilité et le résultat.

Sur la dimension résultat, les deux indicateurs principaux retenus sont le résultat *IFRS* et/ou un *ROE*.

Nous constatons que sur le marché très peu d'acteurs ont choisi d'ajouter d'autres dimensions à ces deux principales. Les exceptions portent sur :

- La valeur (accumulation profits futurs, Value of In-Force (VIF), fond propre disponible...)
- La liquidité

Aucun n'acteur n'a formellement choisi le suivi de sa notation comme objectif du cadre d'appétence. Mais cela peut être fait de façon implicite via le suivi des autres dimensions.

Sur l'échantillon du benchmark, le nombre de macro indicateurs suivis va de 1 à 7.

## Cible d'appétence

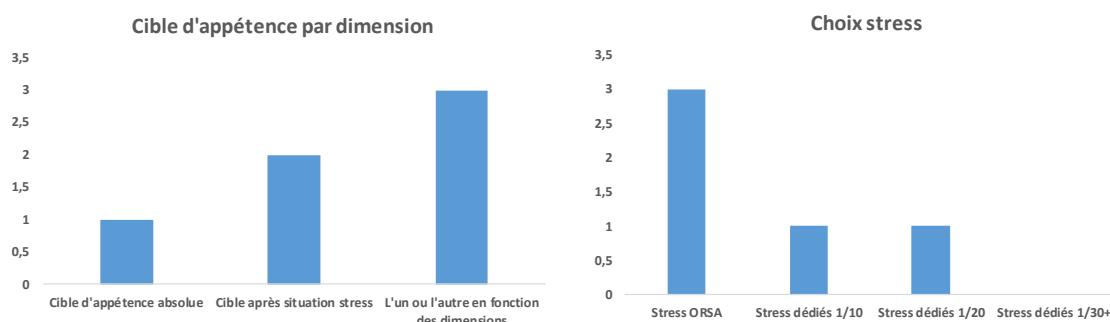
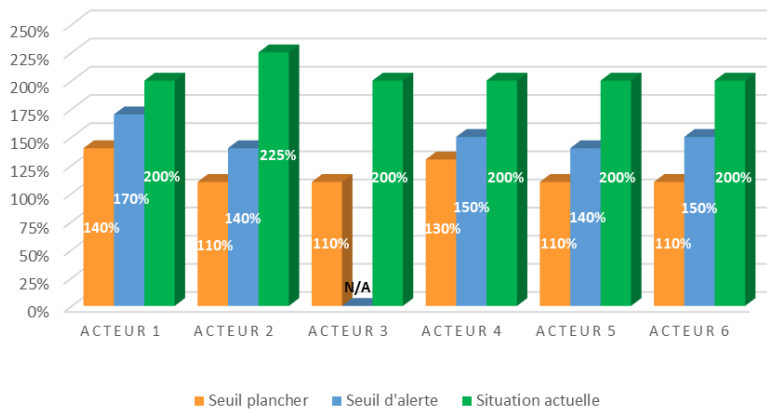


FIGURE 49 : CIBLE APPETENCE

Le mode de définition des cibles d'appétence par dimension est très hétérogène. Certains préfèrent une cible absolue pour la solvabilité et des niveaux de résultat cibles post stress alors que d'autres ont une vision inverse. La prise en compte d'une situation après stress est cependant une pratique largement partagée.

Concernant le choix des stress, l'approche de place est de s'appuyer sur certains scénarios *ORSA* lorsque cela est possible. L'exception est pour les acteurs où les chocs *ORSA* sont trop extrêmes pour un cadre d'appétence. Dans ce cas, des stress dédiés avec des périodes de retours 1/10 ans ou 1/20 ans sont alors définis de façon ad-hoc.

## Le seuil plancher de solvabilité



**FIGURE 50 : SEUIL TOLERANCE**

Nous constatons que le niveau plancher d'appétence est très homogène au sein du marché et se situe aux alentours de 110% – 120% et ce quelque soit le niveau de ratio de solvabilité de la compagnie.

Par ailleurs, la majorité des acteurs ont choisi de mettre en place un seuil d'appétence supplémentaire, supérieur au seuil plancher et servant de seuil d'alerte du management dans le cadre de la gouvernance. Ce seuil d'alerte est en moyenne sur le marché de 140% – 150%.

# Table des figures

Figure 1 : Primes et passifs d'assurance

Figure 2 : Modules et sous modules du SCR en Formule Standard

Figure 2 : Modules *et sous modules du SCR en Formule Standard* Comptables et BE nets de réassurance

Figure 2 : Modules *et sous modules du SCR en Formule Standard* des exigences en capital

Figure 4 : Exigences en capital des risques Cat-Nat

Figure 5 : Exigences en capital catastrophe

Figure 6 : Exigences en capital Souscription non-vie

Figure 7 : Exigence en capital global

Figure 8 : Détail des éléments éligibles

Figure 9 : Marge pour risque

Figure 10 : Éléments éligibles

Figure 12 : Décomposition de l'exigence en capital FS

Figure 13 : Décomposition SCR P&R

Figure 15 : Coefficient de crédibilité

Figure 16 : Volatilité USP risque de prime RC-Auto

Figure 17 : Volatilité USP risque de réserve RC-Auto

Figure 18 : Volatilité USP risque de prime RCG

Figure 19 : Volatilité USP risque de réserve RCG

Figure 20 : Taux boni mali RCG

Figure 21 : Volatilité USP risque de réserve RCG (hors PSNEM)

Figure 22 : Synthèse volatilité USP (RCA & RCG)

Figure 23 : schéma calibration risque *de souscription non-vie MIP*

Figure 25 : Volatilité risque de réserve

Figure 26 : Exigence en capital risque de réserve

Figure 27 : Exigence en capital sinistralité grave

Figure 28 : Exigence en capital risque attritionnel

Figure 29 : Volatilité risque de prime/cat MIP

Figure 30 : Exigence en capital risque de prime MIP

Figure 31 : Agrégation SCR P&R

Figure 32 : Exigence en capital P&R

Figure 33 : Gains de diversification méthode 1

Figure 34 : Gain de diversification méthode 2

Figure 35 : Exigence en capital P&R (MIP vs FS)

Figure 36 : Exigence en capital global (MIP vs FS)

Figure 37 : Evaluation de la marge pour risque

Figure 38 : Ratio de solvabilité (MIP&FS)

Figure 39 : Dimensions appétence

Figure 48 : Macro-dimensions Appétence

Figure 49 : Cible appétence

Figure 46 : Benchmark BGS

Figure 47 : Eléments de couverture BGS