

**Mémoire présenté le :  
pour l'obtention du diplôme  
de Statisticien Mention Actuariat  
et l'admission à l'Institut des Actuares**

Par : DEGOMME Cyril

**Titre du mémoire :**

*Amélioration de la vision et du provisionnement du risque responsabilité civile automobile en vision Groupe*

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

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

Membres présents du jury de la filière :

Signature :

Entreprise :

Nom : Groupama

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise

Membres présents du jury de l'Institut des Actuares :

Signature :

Nom : VINCENT Ivan

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 :



## Résumé

Le provisionnement est au cœur de l'activité d'une compagnie d'assurance et en constitue l'un des principaux enjeux, autant sur un plan économique que prudentiel. La réglementation Solvabilité II exige en effet une estimation des provisions au plus juste, au Best Estimate.

La problématique du « juste provisionnement » est d'autant plus critique sur les risques qui constituent la majeure partie des provisions positionnées et sur les branches à développement long où la charge est plus instable, comme c'est le cas de la branche Responsabilité Civile Automobile (RCA).

C'est pour répondre à cette exigence de justesse que nous nous interrogeons dans ce mémoire sur les pistes permettant d'améliorer le provisionnement des sinistres à payer sur la branche RCA en vigueur chez Groupama Assurances Mutuelles.

Parmi les paramètres du provisionnement qui ont été évalués, nous avons en particulier cherché à réévaluer le seuil de segmentation des sinistres actuellement utilisé à l'aide de méthodes statistiques issues de la Théorie des Valeurs Extrêmes, telles que le Peak-Over-Threshold et l'estimateur de Hill.

Des tests de sensibilités des seuils ont été réalisés et des indicateurs ont été définis afin de permettre une analyse des résultats. Ensuite, nous avons appliqué nos nouveaux modèles, définis à l'aide des seuils et méthodologies déterminés précédemment, aux données, et les avons comparés aux résultats du modèle actuellement en vigueur. Enfin, nous avons évalué la qualité et la pertinence des modèles par le biais d'un backtesting sur les données historiques.

**Mots-clés** : Assurance non-vie, RCA, provisionnement, Best Estimate, Chain-Ladder, Mack, segmentation des sinistres, théorie des valeurs extrêmes.

---

## Abstract

Reserving is at the heart of an insurance company's activity and is one of its main challenges, both from an economic and prudential point of view. Solvency II regulations require that provisions be estimated as accurately as possible, at Best Estimate.

The problem of "fair provisioning" is all the more critical for risks that constitute the major part of the positioned reserves and for long-tail lines of business where the load is more unstable, as is the case for the Motor Liability line of business.

It is in order to meet this requirement for accuracy that we examine in this thesis the ways in which the provisioning of claims to be paid on the Motor Liability LoB in force at Groupama Assurances Mutuelles could be improved.

Among the reserving parameters that have been evaluated, we have in particular sought to re-evaluate the claims segmentation threshold currently used using statistical methods derived from the Extreme Value Theory, such as the Peak-Over-Threshold and the Hill estimator.

Sensitivity tests of the thresholds were performed, and indicators were defined to allow an analysis of the results. Next, we applied our new models, defined using the previously determined thresholds and methodologies, to the data, and compared them to the results of the current model. Finally, we evaluated the quality and relevance of the models through backtesting on historical data.

Key words: Non-life insurance, Motor Liability, reserving, Best Estimate, Chain-Ladder, Mack, claims segmentation, extreme value theory

---

# Synthèse

## Constat

Dans certaines entités du Groupe Groupama Assurances Mutuelles, les sinistres liés au risque de Responsabilité Civile Automobile peuvent représenter jusqu'à 20% de la charge totale et près de 40% des provisions constituées pour les sinistres à payer. Cette particularité de la branche à développement long qu'est la Responsabilité Civile Automobile (RCA) fait d'elle un véritable point d'attention lors des arrêtés des comptes.

De plus, le provisionnement est naturellement un enjeu d'autant plus critique que le déroulé des sinistres est long et incertain : sur des branches à développement très long, comme la Responsabilité Civile Automobile (RCA), il est donc essentiel de bien comprendre les méthodes utilisées et leurs limites pour provisionner au mieux. Au sein de Groupama Assurances Mutuelles, le provisionnement de la branche RCA est principalement basé sur des méthodes statistiques déterministes appliquées à des triangles de liquidations.

Or, à l'heure actuelle chez Groupama, seules deux catégories de sinistres sont considérées dans le cadre du provisionnement : les sinistres dits « attritionnels » et les sinistres dits « graves ». Les provisions et la marge réalisées sont déterminées sur la base de ces deux profils de sinistres.

## Contexte et problématique

Le provisionnement est au cœur de l'activité d'une compagnie d'assurance et en constitue l'un des principaux enjeux, autant sur un plan économique que prudentiel. Le Code des Assurances (Article R331-1) stipule en effet que « les provisions techniques doivent être suffisantes pour le règlement intégral de leurs engagements vis-à-vis des assurés, des entreprises réassurées et bénéficiaires de contrats ». Cette logique de prudence est également reprise dans les directives Solvabilité II qui impose aux compagnies d'assurances de valoriser en juste valeur et de disposer d'une marge de provisions.

La justesse du provisionnement dans une compagnie d'assurance est donc cruciale pour deux raisons. D'une part car l'estimation des provisions est une étape nécessaire dans le calcul du capital requis sous Solvabilité II (SCR et MCR), et d'autre part car un sous-provisionnement peut être révélateur d'une incapacité de l'assureur à respecter ses engagements vis-à-vis de ses assurés, tandis qu'à l'inverse un sur-provisionnement contribue à limiter le résultat technique de l'assureur.

De ce fait, de nombreuses méthodes actuarielles ont été développées dans le but de prédire le plus précisément possible les provisions pour sinistres à payer afin de couvrir l'ensemble des engagements de l'assureur et de libérer davantage de résultat.

Ces méthodes bien qu'efficaces sont cependant limitées, et il est légitime de se demander s'il est possible d'améliorer la vision du risque et son provisionnement en conservant ces méthodes de projection.

---

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons donc à la problématique suivante : **est-il possible d'améliorer la vision du risque RCA (Responsabilité Civile Automobile) ainsi que le provisionnement de ce risque en conservant les méthodes de projections déterministes actuellement utilisées au sein de Groupama ?**

Nous apporterons un intérêt particulier à la **provision pour sinistre à payer** et à la partie **provision pour IBNR** avec une vision en Norme Solvabilité II.

Les travaux sont effectués sur le périmètre neuf Caisses Régionales (CR) métropolitaines de Groupama. Une vision Groupe est définie via l'agrégation de l'ensemble des données des caisses. Cela donne ainsi une vision « Toutes caisses » à partir de laquelle les triangles de charges seront construits.

### **Recherche de nouveaux seuils**

Dans le cadre de notre étude, la variable de détermination des seuils et d'analyse est la charge nette de recours des sinistres. Cela permet de ne pas capter les variations de la charge totale des sinistres dues aux recours, qui peuvent venir perturber les projections.

Afin de déterminer de nouveaux seuils, nous avons rappelé les bases de la Théorie des Valeurs Extrêmes et avons appliqué deux méthodes :

- La méthode de la Mean Excess Function ;
- La méthode de Hill.

Nous avons défini, à l'aide des représentations graphiques de ces méthodes de TVE et du logiciel *Rstudio* (package *ggplotly*) de nouveaux seuils.

Ainsi, le nouveau modèle proposé est un modèle composé de deux seuils : le premier à 0,55M€, le second à 2,2M€. Ces deux seuils permettent de découper le triangle total en trois tranches : une tranche « attritionnelle » pour les sinistres dont la charge nette de recours est inférieure à 0,55M€, une tranche « grave » pour les sinistres dont la charge est comprise entre 0,55M€ et 2,2M€ et une tranche « exceptionnelle », non modélisée, pour les sinistres dont la charge est supérieure à 2,2M€. Tandis que le modèle actuel repose sur une modélisation avec un unique à 1,5M€. Un modèle à deux tranches dont la tranche des sinistres « graves », c'est-à-dire supérieurs à 1,5M€, n'est pas modélisé.

Le nouveau modèle modélise une plus grande partie des sinistres et projette ainsi une plus grande part de la charge totale du risque.

### **Modélisation**

Les modélisations ont été faites à partir des méthodes statistiques utilisées au sein de Groupama.

---

Nous avons appliqué la méthode Chain ladder classique aux triangles de données préalablement construits.

La méthode de **Chain-Ladder** est une méthode déterministe qui repose sur le calcul de coefficients de passage d'une année de développement à une autre.

Le Chain-Ladder est une méthode très utilisée dans le domaine du provisionnement car c'est une méthode simple et facilement auditable, mais elle ne permet pas de déterminer la volatilité du triangle créé. C'est pour cette notion de volatilité que nous présentons la méthode de Mack.

La méthode de Thomas **Mack** (1993) propose une évaluation de l'incertitude sur l'estimation des provisions Chain Ladder via une formule fermée. Elle reprend l'approche Chain Ladder pour le montant de provision moyen, et permet de plus de mesurer l'écart type de cette estimation à l'aide des facteurs de développement du triangle.

La méthode permet le calcul d'un intervalle de confiance pour les provisions pour sinistres à payer, permettant ainsi, sous une hypothèse de distribution des réserves, de choisir un montant de provision associé à une probabilité donnée d'être en mesure de dédommager l'ensemble des assurés. La « volatilité de Mack » représente l'erreur quadratique moyenne de prédiction de la provision. C'est à partir des résultats du modèle de Mack que nous pourrions déterminer le niveau de marge pour risque de nos modèles.

### **Principaux résultats**

L'indicateur principal de l'étude est inévitablement le niveau de Boni/Mali. Le niveau de Boni/Mali est un indicateur de performance du modèle dans le sens où il nous permet de spécifier si nous sommes en situation de sous-provisionnement ou en situation de sur-provisionnement. L'un des indicateurs permettant d'une certaine manière de « classer » les modèles proposés est le montant des Boni/Mali. Un niveau de B/M faible signifie qu'une meilleure estimation de la charge ultime a été réalisée si l'on compare plusieurs modèles.

Le principal autre indicateur est la volatilité estimées par le modèle de Mack. L'écart-type de Mack, déterminé en fonction de la modélisation, permet d'approcher la marge de prudence défini dans Solvabilité II et permet ainsi de quantifier le niveau de prudence du modèle et la volatilité des triangles de données.

Au vu des résultats des modélisations et du backtesting, la configuration la plus juste en norme Solvabilité 2 est la configuration basée sur les nouveaux seuils estimés avec la méthode de provisionnement au premier euro.

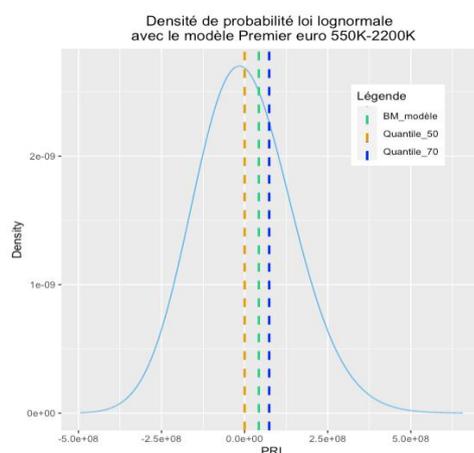
Des analyses, il en résulte que le nouveau modèle semble bien améliorer la vision et le provisionnement du risque RC Auto.

Selon nos modélisations, cette configuration est celle qui :

- Estime le mieux les B/M ;
  - Minimise les B/M ;
  - A la part de B/M sur Best Estimate la plus faible ;
-

- Est la plus stable sur les trois arrêtés du point de vue de l'évolution des B/M dans le temps et de la volatilité des tranches définies.

En traçant le graphique de la densité de probabilité de la loi associée au modèle :



Graphique : Densité de probabilité loi log normale définie avec le modèle « Premier € 550K-2200K »

Nous pouvons facilement lire que les B/M de ce modèle sont inférieurs à la PRI estimée.

Ci-dessous un tableau récapitulatif de l'ensemble des résultats obtenus sur les différents modèles :

Indicateur	Configuration			
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K
B/M	43 643	31 073	48 940	27 428
Quantile	68,6%	64,0%	70,6%	62,50%
Quantile 70%	47 492	47 503	47 464	47 510

Tableau : Récapitulatif des B/M et du quantile de la loi correspondant

Avec ce tableau, nous observons que le modèle avec les quantiles les plus faibles est celui correspondant à un modèle au premier euro avec deux tranches l'une à 0,55M€ et l'autre à 2,2M€. Le modèle peut être ainsi caractérisé de prudent au vu de l'ensemble des indicateurs.

### Limites et ouverture

- La méthode de provisionnement utilisée, la méthode Chain Ladder, a des inconvénients. En effet, les coefficients de passage en queue de distribution du triangle sont déterminés sur très peu de données, le coefficient le plus à droite est calculé à partir de deux montants seulement. Ces coefficients peuvent faire considérablement varier la projection. Qui plus est, le Chain-Ladder est très sensible aux évolutions de coefficients de développements et ainsi à l'entrée d'une nouvelle diagonale dans le triangle à chaque arrêté. Une sélection des diagonales a été effectuée mais des années d'inventaire particulières liées à des changements de gestions ou à la crise sanitaire par exemple peuvent venir perturber la projection de l'ultime.

- Les sinistres « graves » ou « exceptionnel » selon la configuration ne sont pas projetés. Il pourrait être intéressant d'appliquer des méthodes de provisionnements spécifiques au provisionnement de ces sinistres à charge très élevée et d'intégrer les résultats à la restitution ainsi qu'aux analyses. Cette limite va de pair avec la possibilité d'affiner davantage le tranchage des sinistres en déterminant des seuils plus fins et d'appliquer des méthodes de provisionnements spécifiques selon la matérialité des tranches créées. Cela permettrait de distinguer par exemple les petits sinistres attritionnels, des moyens sinistres attritionnels et des « graves » attritionnels et ce sur chaque tranche et d'analyser le cadencement de chacune des sous-catégories créées.

L'une des possibilités pour essayer d'outrepasser ces limites pourrait être d'appliquer une étude de provisionnement ligne à ligne. De plus en plus de travaux et de mémoire traitent cette méthode de provisionnement.

## Remerciements

Je remercie tout particulièrement Ivan VINCENT, mon tuteur académique, pour son expertise, sa pédagogie et son soutien dans cette étude menée au sein de Groupama Assurance Mutuelles.

Je tiens à remercier Olivier Lopez, directeur de l'Institut de Statistiques de l'Université de Paris, ainsi que l'ensemble des enseignants de l'ISUP.

J'adresse également mes remerciements les plus sincères à mes collègues et amis Paul NGUYEN et Vincent NOEL pour leur aide, leur disponibilité ainsi que leurs précieux conseils.

Je souhaite remercier l'ensemble des professeurs et chercheurs que j'ai été amené à rencontrer tout au long de mon cursus scolaire et universitaire.

Ce mémoire aura traversé avec moi de multiples épreuves dont la situation particulière dans laquelle nous sommes toujours aujourd'hui.

Merci du plus profond à Marine, sans qui cela n'aurait pas été possible.

Merci à tous mes proches qui m'ont soutenu et qui me manquent.

Merci Sylvie, Lionel, Alphonse, Jérôme, Thomas, Omar.

---

# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>I- CONTEXTE GENERAL</b> .....	<b>3</b>
1- ASSURANCE ET ASSURANCE NON-VIE .....	3
2- PRINCIPE DU PROVISIONNEMENT ET DEFINITIONS DES PROVISIONS .....	5
3- CADRE REGLEMENTAIRE : SOLVABILITE II ET IFRS .....	8
a. Normes Solvabilité II.....	8
b. Normes IFRS 4 et 17.....	14
4- PLACE ECONOMIQUE DE GROUPAMA ASSURANCES MUTUELLES ET SES ENJEUX .....	16
<b>II- CADRE DE L'ETUDE</b> .....	<b>19</b>
1- PROVISIONNEMENT A GMA.....	19
2- EXPLICATION DE LA CONSTRUCTION DES TRIANGLES ET DES METHODES DE PROVISIONNEMENT CLASSIQUES.....	22
3- LA VIE D'UN SINISTRE.....	28
4- SEGMENTATION DE LA SINISTRALITE .....	29
5- DEFINITION ET GESTION DES SINISTRES GRAVES.....	30
<b>III- PRESENTATION DES DONNEES</b> .....	<b>32</b>
1- COMPOSITION DE LA BASE DE DONNEES.....	32
2- RETRAITEMENT DES DONNEES .....	34
3- STATISTIQUES DESCRIPTIVES .....	35
4- CONSTRUCTION DES TRIANGLES A PARTIR DES DONNEES .....	41
<b>IV- PREMICES DE L'ETUDE : PERIMETRE, CHOIX ET HYPOTHESES</b> .....	<b>44</b>
1- RAPPEL DU PERIMETRE DE L'ETUDE.....	44
2- CHOIX ET HYPOTHESES RETENUS .....	44
<b>V- LA SEGMENTATION DES SINISTRES ET INDICATEURS</b> .....	<b>48</b>
1- ANALYSE DU SEUIL ACTUEL .....	48
2- METHODES D'ESTIMATION DE SEUIL : RAPPEL DE TVE, POT, MEP, HILL.....	50
3- RECHERCHE DE NOUVEAUX SEUILS.....	57
4- TESTS DE LA SENSIBILITE DES SEUILS .....	61
5- SELECTION ET DEFINITION D'INDICATEURS D'ANALYSE DES RESULTATS.....	67
<b>VI- APPLICATION NUMERIQUE</b> .....	<b>72</b>
<b>VII- BACKTESTING</b> .....	<b>79</b>
<b>VIII- ETUDES CONNEXES</b> .....	<b>85</b>
1- PASSAGE DE RESULTATS TOUTES CAISSES A UNE ANALYSE PAR CAISSE.....	85
2- AUTOMATISATION DE L'ANALYSE ET DES ETAPES DU PROCESSUS DE PROVISIONNEMENT .....	92
<b>IX- LES LIMITES DES TRAVAUX</b> .....	<b>95</b>
<b>X- CONCLUSION</b> .....	<b>97</b>
<b>XI- TABLES ET FIGURES</b> .....	<b>99</b>
<b>XII- LISTE DES ACRONYMES</b> .....	<b>102</b>
<b>XIII- BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>103</b>
<b>XIV- ANNEXES</b> .....	<b>104</b>

---



# Introduction

Le provisionnement est au cœur de l'activité d'une compagnie d'assurance et en constitue l'un des principaux enjeux, autant sur un plan économique que prudentiel. Le Code des Assurances (Article R331-1) stipule en effet que « les provisions techniques doivent être suffisantes pour le règlement intégral de leurs engagements vis-à-vis des assurés, des entreprises réassurés et bénéficiaires de contrats ». Cette logique de prudence est également reprise dans les directives Solvabilité II qui impose aux compagnies d'assurances de valoriser en juste valeur et de disposer d'une marge de provisions.

La justesse du provisionnement dans une compagnie d'assurance est donc cruciale pour deux raisons. D'une part car l'estimation des provisions est une étape nécessaire dans le calcul du capital requis sous Solvabilité II (SCR et MCR), et d'autre part car un sous-provisionnement peut être révélateur d'une incapacité de l'assureur à respecter ses engagements vis-à-vis de ses assurés, tandis qu'à l'inverse un sur-provisionnement contribue à limiter le résultat technique de l'assureur.

De ce fait, de nombreuses méthodes actuarielles ont été développées dans le but de prédire le plus précisément possible les provisions pour sinistres à payer afin de couvrir l'ensemble des engagements de l'assureur et de libérer davantage de résultat.

Le provisionnement est naturellement un enjeu d'autant plus critique que le déroulé des sinistres est long et incertain : sur des branches à développement très long, comme la Responsabilité Civile Automobile (RCA), il est donc essentiel de bien comprendre les méthodes utilisées et leurs limites pour provisionner au mieux. Au sein de Groupama Assurances Mutuelles, le provisionnement de la branche RCA est principalement basé sur des méthodes statistiques déterministes appliquées à des triangles de liquidations.

Ces méthodes bien qu'efficaces sont cependant limitées, et il est légitime de se demander s'il est possible d'améliorer la vision du risque et son provisionnement en conservant ces méthodes de projection.

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons donc à la problématique suivante : **est-il possible d'améliorer la vision du risque RCA (Responsabilité Civile Automobile) ainsi que le provisionnement de ce risque en conservant les méthodes de projections déterministes actuellement utilisées au sein de Groupama ?**

Le principal objet de ce mémoire est relatif à la segmentation des sinistres. En effet, le processus d'optimisation du provisionnement se fait en partie *via* la création de groupes homogènes de sinistres (« sinistres attritionnels », « sinistres graves », « sinistres exceptionnels », ...), que l'on peut mieux modéliser qu'un ensemble hétérogène de sinistres.

Or, à l'heure actuelle chez Groupama, seules deux catégories de sinistres sont considérées dans le cadre du provisionnement : les sinistres dits « attritionnels » et les sinistres dits « graves ». Les provisions et la marge réalisée sont déterminées sur la base de ces deux profils de sinistres. Dans ce mémoire, on étudiera donc cette segmentation afin d'optimiser au mieux le provisionnement des sinistres à payer.

Nous aborderons dans un premier chapitre le cadre général de l'assurance non-vie et du provisionnement ainsi que la réglementation en place aujourd'hui. Nous exposerons brièvement l'organisation de Groupama Assurances Mutuelles et le cadre de l'étude. Enfin, nous détaillerons la vie d'un sinistre de son ouverture à sa clôture, et nous poserons les définitions des méthodes de comptabilisation de la sinistralité et des méthodes de provisionnement aussi bien déterministes que stochastiques.

Dans un deuxième chapitre, nous présenterons les données utilisées pour l'étude, ainsi que le retraitement et l'analyse descriptive qui ont été réalisés. Nous exposerons la construction des triangles de liquidation à partir des méthodes formulées dans le chapitre précédent.

Dans un troisième chapitre, nous chercherons dans un premier temps à déterminer de nouveaux seuils de segmentation des sinistres à l'aide des méthodes Peak-Over-Threshold et Hill. Nous sélectionnerons et définirons des indicateurs permettant l'analyse des modèles de provisionnement proposés. Dans un second temps, nous appliquerons nos modèles aux données dans le but d'obtenir une estimation de la charge ultime pour chaque survenance, puis nous analyserons la stabilité de la charge ultime du modèle actuel de Groupama et des nouveaux modèles à travers plusieurs tests de sensibilités. Enfin, nous réaliserons un backtesting des modèles dans le but d'analyser la robustesse et la précision des nouveaux modèles proposés.

Dans un quatrième et dernier chapitre, nous ouvrirons le mémoire à des études connexes. Nous présenterons notamment une méthode d'analyse de la marge pour risque au sein des Caisses Régionales de Groupama à partir de la vision Groupe, et nous développerons une automatisation du processus de provisionnement actuel avant d'analyser les résultats finalement obtenus.

# I- Contexte général

## 1- Assurance et assurance non-vie

Le mot *assurance* provient du verbe « assurer », lui-même tiré de l'ancien français « asseürer » qui signifie « rendre sûr ». C'est de cet objectif de servir de sureté qu'est né l'activité d'assurance. Assurer un service, promettre une garantie, c'est l'engagement des sociétés d'assurance.

Aujourd'hui, l'assurance est un système fondé sur la mutualisation. Les cotisations des assurés, personnes physiques ou morales, sont mises en commun et permettent de couvrir ceux qui parmi les cotisants, subiront un sinistre au cours de leur existence. Pour couvrir leurs assurés, les compagnies d'assurance fonctionnent au moyen d'un mécanisme unique : le « cycle inversé ». C'est-à-dire que les assurés paient pour un service dont ils auront potentiellement besoin au cours de leur vie, sans que cela soit certain, contrairement aux autres activités de prestation de services pour lesquelles nous payons après avoir bénéficié du service. De son côté, la compagnie d'assurance s'engage à verser une prestation à l'assuré si le risque se réalise.

Cette engagement de la compagnie assurance se définit dans un contrat d'assurance. Dans un contrat d'assurance, différents partis se distinguent : l'assuré, personne physique ou morale qui court le risque ; le souscripteur du contrat d'assurance, qui signe le contrat ; le bénéficiaire, personne physique ou morale qui perçoit la prestation stipulé dans le contrat selon le risque ; et la société d'assurance qui s'engage à indemniser le bénéficiaire selon certaines modalités et clauses propres au contrat.

Un contrat ne peut porter sur n'importe quel risque. Il faut en effet, qu'il respecte certaines conditions définies dans le Code des Assurances. Un risque est assurable s'il respecte certaines conditions :

- Il doit présenter un caractère aléatoire ;
- Il est mutualisable, c'est-à-dire que les primes payées par l'ensemble des assurés permettent de couvrir les sinistres subis par les assurés concernés ;
- La perte encourue par le bénéficiaire doit être quantifiable et doit être subie durant une période bien définie ;
- L'aléa moral et la sélection adverse doivent être suffisamment contrôlés ;
- Le risque se produit suffisamment fréquemment pour pouvoir estimer une probabilité de survenance et ainsi calculer une prime adéquate ;
- Les pertes possibles liées à la survenance du risque ne doivent pas être trop élevées.

Ainsi, la compagnie d'assurance se doit d'être en capacité de subvenir au besoin d'un grand nombre de ses assurés. C'est par le biais de la réglementation Solvabilité 2 qu'il a été défini des indicateurs de solvabilité et de capital minimum requis pour les sociétés d'assurance. Ces dernières doivent constituer des provisions et des fonds suffisants au risque qu'elle porte pour l'ensemble de ses assurés. De plus, l'ensemble des activités d'assurance est régi par un cadre

légal précis le Code des Assurance. Nous reviendrons sur la législation et la réglementation dans la prochaine partie.

L'assurance se décompose en deux grandes catégories : l'assurance vie et l'assurance non-vie. L'assurance non-vie, contrairement à l'assurance vie et comme le terme l'indique, concerne les opérations d'assurance qui n'affectent pas la vie humaine d'une personne physique ou morale, mais ses biens. Un contrat d'assurance non-vie implique : une compagnie d'assurance, un bénéficiaire et, le cas échéant, un assuré si celui-ci n'est pas le bénéficiaire de la prestation. Ainsi, l'assuré, bénéficiaire ou non, paie une prime à l'assureur qui indemnise le bénéficiaire lors de la survenance d'un sinistre.

Contrairement à l'assurance vie, la survenance du sinistre en assurance non-vie peut difficilement être prédite de même que son coût. Ainsi, en assurance non-vie, il est impossible de concevoir une prestation forfaitaire comme il est le cas en assurance-vie.

L'assurance non-vie peut être définie comme l'ensemble des opérations d'assurance qui n'ont pas pour objet la vie (le décès ou la survie) de l'assuré. Elle permet de couvrir des risques de type événementiels et précis par des assurance de dommage de type IARD (Incendie, Accidents, et Risque Divers), de responsabilité ou de personnes (hors rentes) par exemple.

De manière générale, l'assurance dommage couvre des biens matériels appartenant à l'assuré contre des risques de détérioration ou de perte de ces derniers : vol, accident, incendie etc. Dans le cas de sinistres avec des conséquences sur l'activité professionnel de l'assuré, les pertes d'exploitation peuvent être assuré. Aujourd'hui, dans la crise que nous vivons, les contrats couvrant le risque de perte d'exploitation sont dans l'actualité du fait de l'arrêt massif d'activité à l'échelle du pays et de la situation compliquée dans laquelle certains assurés sont désormais du fait de l'arrêt de leur activité. Ces contrats font généralement l'objet de clauses d'exclusion importantes dans la définition du risque assuré par l'entreprise d'assurance.

L'assurance de responsabilité telle que la responsabilité civile générale ou la responsabilité civile automobile couvrent les dommages matériels ou immatériels dont l'assuré est responsable non intentionnellement vis-à-vis d'un tiers par négligence, imprudence, ou commis par ses enfants, préposés, animaux ou choses dont il est responsable. Ce type de contrat concerne aussi bien les particuliers que les professionnels, les entreprises ou mêmes des associations. L'assureur de responsabilité civile indemnise, au titre des garanties souscrites, la victime d'un préjudice dont son client est responsable. L'assureur ne garantit cependant pas des éventuelles sanctions pénales encourues par l'assuré. L'assurance de responsabilité civile est une assurance de principe indemnitaire. C'est-à-dire que la victime perçoit une indemnité correspondant au dommage subi, dans la mesure où elle apporte trois preuves : le fait dommageable, le préjudice et un lien de causalité.

C'est sur cette partie de l'assurance et ce type de risques que porte l'étude qui suit et plus particulièrement, sur la responsabilité civile automobile. Ces branches de l'assurance, de par leur nature, sont des branches de sinistralité à développement long. En effet, lors d'un accident ou un dossier de responsabilité, les différentes parties : l'assuré responsable involontaire d'un sinistre, l'assureur du responsable assureur, la victime tiers du sinistre et

l'assureur de la victime, échangent sur les conditions et les dommages causés. Ces échanges impliquent parfois un recours judiciaire et les dossiers sont parfois clos très tardivement. A cela s'ajoute la situation et état de la victime qui évolue dans le temps. Un dossier évalué à l'ouverture à un certain montant peut voir son coût réévalué 10 ans plus tard à la suite d'un changement de l'état de la victime. Cela fait de ces branches des branches dites à « développement long », en comparaison aux « branches courtes », telles le dommage aux biens où l'indemnisation se fait plus rapidement et sur de plus court termes.

Qui plus est, la branche responsabilité civile automobile, à l'instar de la branche responsabilité civile, fait l'objet de sinistres au coût important. La bonne estimation et visualisation de ces risques est primordiale pour une compagnie d'assurance. Cet enjeu de « bonne estimation » est d'autant plus complexe du fait du cycle de production inversé en assurance, défini en amont de cette partie. Cette inversion du cycle oblige la compagnie d'assurance à prévoir sa sinistralité et ainsi sa dette probable.

Ces montants de sinistralité ne sont pas évaluables avec certitude. L'assureur doit les anticiper et constituer une provision pour pouvoir y faire face dans les années futures. Pour ce faire, la compagnie d'assurance doit définir des provisions techniques.

## **2- Principe du provisionnement et définitions des provisions**

Les provisions techniques sont des réserves exclusivement consacrées au règlement des sinistres survenus et aux frais qui y sont liés. Elles permettent à l'assureur de respecter les engagements contractuels pris envers ses assurés, et sont imposées par la réglementation. Ces provisions doivent prendre en compte les sinistres déclarés à l'assureur, les provisions dossier/dossier établis par les gestionnaires de sinistres, et ceux qui ne le sont pas encore, à savoir, les sinistres tardifs ou IBNR (Incurred But Not Reported), les provisions estimées par les actuaires.

L'autorité des normes comptables a établi la liste des différentes catégories de provisions techniques existantes en assurance non-vie dont les principales sont les suivantes :

1. Provision mathématique des rentes
2. Provision pour primes non acquises
3. Provision pour risques en cours
4. Réserve de capitalisation
5. Provision pour sinistres à payer
6. Provision pour risques croissants
7. Provision pour égalisation
8. Provision pour risque d'exigibilité

Rentrons plus en détail sur le fonctionnement de certaines provisions :

- La provision pour primes non acquises (PPNA) : cette provision correspond au montant de la prime qu'effectue l'assuré auprès de l'assureur au moment de la souscription du contrat. Elle permettra à l'assureur de respecter l'engagement contractuel pris, à savoir, couvrir l'assuré pendant toute la durée de l'exécution du contrat.  
La prime ainsi versée est amortie de façon linéaire et répartie de façon proportionnelle sur l'exercice comptable en cours, l'autre partie de la prime est acquise durant les exercices suivants, le cas échéant. Ainsi, on peut dire que les PPNA correspondent au montant des primes non acquises pendant l'exercice en cours.
- Les provisions pour risques en cours (PREC) : elles sont utiles dans les cas où l'assureur n'a pas pu définir avec exactitude le montant des frais destinés à couvrir les sinistres, ou lorsque les modèles de tarification établis comportent des erreurs. Cela peut être dû à une estimation trop faible du montant de la prime demandée aux assurés entraînant l'impossibilité pour l'assureur de régler les prestations indemnitaires. Afin d'éviter de se trouver dans ce cas de figure, l'assureur prévoit donc une provision sur risque en cours qui permet d'éviter que le ratio sinistres sur primes ou « loss ratio » soit supérieur à 100%.
- Les Provisions pour risques croissants (PCR) : elles sont nécessaires afin de faire face aux risques qui, dans le temps, ont une chance croissante de survenir. C'est le cas notamment de l'assurance maladie qui, liée au phénomène de vieillesse, augmente la chance qu'un sinistre ait lieu.

Intéressons-nous davantage aux provisions pour sinistres à payer.

- Les provisions pour sinistres à payer (PSAP) : elles correspondent au *Best Estimate* dans le cadre de la norme Solvabilité 2 ou de *LIC* (Liability for Incurred Claim) dans le cadre de la norme IFRS17. Ces provisions sont des réserves destinées à respecter les engagements à venir pris par l'assureur lorsqu'un sinistre couvert par le contrat d'assurance se produit. Selon l'article R331-6 du code des assurances « la provision pour sinistres à payer est calculée exercice par exercice. Sans préjudice de l'application des règles spécifiques à certaines branches prévues à la présente section, l'évaluation des sinistres connus est effectuée dossier par dossier, le coût d'un dossier comprenant toutes les charges externes individualisables ; elle est augmentée d'une estimation du coût des sinistres survenus mais non déclarés. La provision pour sinistres à payer doit toujours être calculée pour son montant brut, sans tenir compte des recours à exercer ; les recours à recevoir font l'objet d'une évaluation distincte. Par dérogation aux dispositions du deuxième alinéa du présent article, l'entreprise peut, avec l'accord de l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, utiliser des méthodes statistiques pour l'estimation des sinistres survenus au cours des deux derniers exercices. » (Code des assurance Article A341-1).

Cette provision PSAP est constituée des éléments suivants :

- Provision dossier/dossier (D/D) : il s'agit de la méthode réglementaire utilisée. Elle permet d'établir le montant restant à payer par l'assureur sur chacun des sinistres. Le montant est établi par les gestionnaires de sinistres en fonction de critères préétablis. Le montant du sinistre peut également être défini par un expert mandaté par l'assureur. La somme de ces chiffrages et estimations constitue la provision D/D.
- Les provisions IBNR sont calculées par les actuaires. Elles sont ajoutées aux provisions D/D afin de tenir compte des sinistres tardifs. Les sinistres tardifs sont des sinistres non connus au moment du chiffrage mais déclarés avant la date de clôture de l'exercice comptable. Il existe deux types de sinistres IBNR :
  - Incurred But Not Enough Reported (IBNER) : cela correspond aux sinistres survenus mais sous-évalués. Cette provision existe afin de suivre l'évolution du coût d'un sinistre jusqu'à la clôture définitive du dossier. Il arrive en effet que le chiffrage du montant d'un sinistre puisse varier à plusieurs reprises tant que le dossier n'est pas clos. Par exemple, lorsqu'un accident corporel survient, il se peut que les séquelles apparaissent plus tard et nécessitent d'autres soins, il faudra alors revoir le chiffrage à la hausse.
  - Incurred But Not Yet Reported (IBNYR) : cela correspond aux sinistres survenus mais non encore déclarés. Cette provision permet de couvrir les sinistres ayant lieu pendant la durée du contrat mais qui seront connus de l'assureur bien plus tard, après la clôture de l'exercice comptable en cours. Ces sinistres sont appelés « sinistres tardifs ». Par exemple, cela arrive lorsque l'assuré ne se rend pas compte qu'il a subi un dommage sur sa voiture qu'il n'utilise pas tous les jours, et déclare le sinistre plusieurs semaines plus tard.

Dans ce mémoire, nous nous **intéresserons** à cette provision, la **provision pour sinistre à payer (PSAP=D/D+IBNR)** et davantage à la partie **IBNR de la provision**.

A noter que depuis 1991, il existe une méthode de calcul des provisions dite statistique, basée sur l'historique des données de l'assureur, ce mode de calcul est possible à condition que les données sur lesquelles l'assureur s'appuie soient fiables, que le modèle futur possède la même structure et que l'activité de la branche soit constante.

Les méthodes dites déterministes permettent de définir le montant de provision minimum à détenir par la compagnie d'assurance.

Parmi ces méthodes, les plus connues sont les suivantes :

- La méthode Loss Ratio : la méthode du Loss Ratio estime le montant des réserves à partir du ratio sinistre sur prime uniquement. En plus de la sinistralité, l'exposition au risque est ainsi prise en considération dans cette méthode.

- La méthode de Chain Ladder permet d'estimer un rythme moyen de développement du sinistre en s'appuyant sur l'historique.
- La méthode Bornhuetter-Fergusson permet d'analyser l'évolution du sinistre en combinant données historiques et un ratio sinistre sur prime provenant de facteurs externes.
- Les méthodes stochastiques permettent une détermination du montant de réserves ainsi qu'une estimation de leur variabilité. De plus, sous certaines conditions il est possible d'ajuster une distribution aux données. Les deux méthodes les plus utilisées sont :
  - o Le modèle de Mack qui permet d'estimer la fluctuation des sinistres à l'exemple d'un Chain Ladder, et de proposer une estimation des moments.
  - o Le Bootstrap est un processus de redistribution, permettant de définir une répartition sous-jacente des réserves à détenir.
- La méthode Fréquence/Coût estime séparément la fréquence et le coût moyen des sinistres par deux lois ou projection distinctes, afin de les combine pour obtenir la sinistralité ultime.

Comme évoqué, les normes d'assurances définissent des variables et leur méthode de calculs.

Les autorités de contrôle veillent au respect des impératifs, des règles de prudence et des limitations. L'ensemble des compagnies d'assurance suivent des règlements stricts.

### **3- Cadre réglementaire : Solvabilité II et IFRS**

#### **a. Normes Solvabilité II**

Solvabilité II est un cadre réglementaire entré en vigueur le 1er janvier 2016, visant à fixer le régime de solvabilité applicable aux entreprises d'assurances des pays membres de l'Union Européenne. La norme vient remplacer Solvabilité 1 qui avait été mise en place dans les années 70 dans le but de garantir une harmonisation des règles de solvabilité. Cependant, Solvabilité 1 ne prenait pas en compte les risques économiques pouvant impacter les entreprises d'assurance, ce que Solvabilité 2 a permis.

Solvabilité II a deux grands objectifs :

- Permettre aux assureurs de garantir leur solvabilité
- Modeler un marché européen unique de l'assurance

Afin d'en faciliter la compréhension, voici un schéma présentant la norme Solvabilité II et notamment, les trois piliers représentant les fondement du cadre prudentiel :

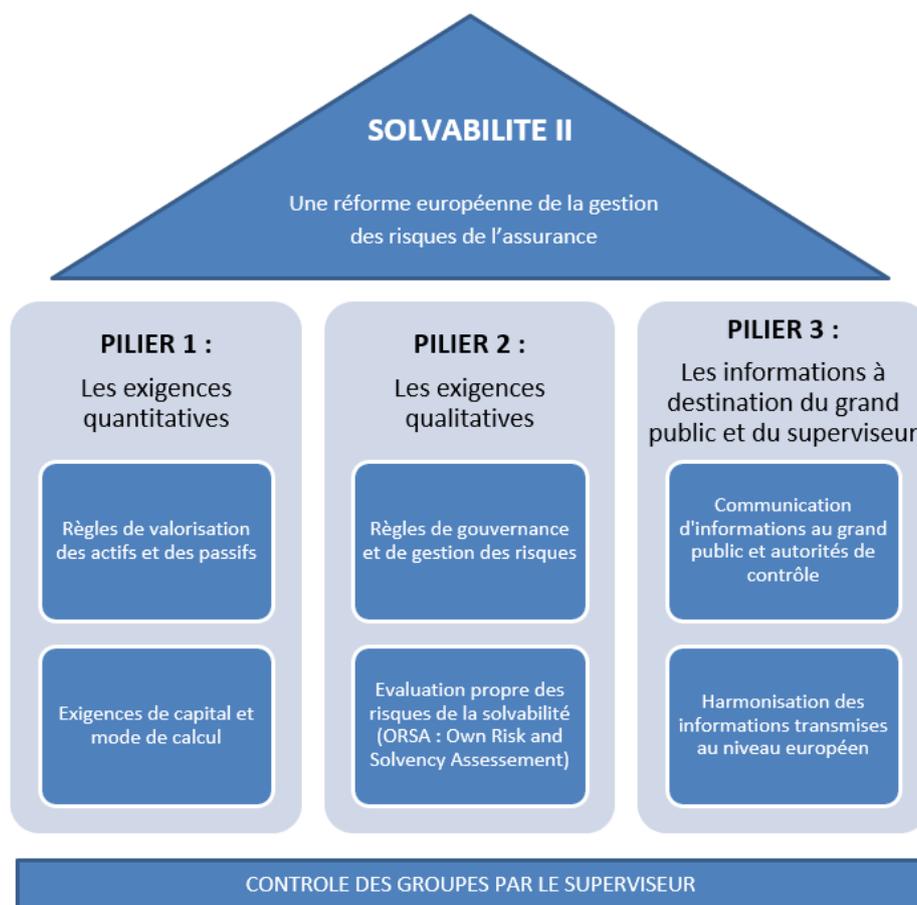


Figure I.1 : Les trois piliers de Solvabilité II

- **Pilier 1**

Le premier pilier représente les exigences quantitatives que doivent respecter les sociétés d'assurance. Ces exigences doivent être prise en compte dans : le calcul des provisions techniques, le montant attendu de capital, le cadre réglementaire des placements ainsi que dans les critères de détermination des passifs bénéficiant de la couverture des exigences de capital. Deux indicateurs clés sont définis dans ce premier pilier :

- Le **MCR** : Minimum Capital Requirement : capital minimum exigé par les autorités de régulation
- Le **SCR** : Solvency Capital Requirement : capital cible requis dans le but d'assurer la solvabilité de l'assureur, suivant des critères relatifs à son secteur d'activité et son organisation propre. A noter que le SCR doit toujours être strictement supérieur au MCR.

- **Pilier 2**

Le second pilier correspond quant à lui aux exigences qualitatives impliquant des activités de contrôle. Il a pour objectif d'harmoniser les pratiques à l'échelle européenne et de mettre la réglementation et les contrôles des entreprises d'assurance aux normes, par rapport au contrôle des modes de calcul et de la gestion des risques. Pour cela, les sociétés d'assurance sont incitées à adopter la démarche ERM : (Entreprise Risk Management) méthode de contrôle des risques afin d'assurer une bonne maîtrise de leurs risques.

- **Pilier 3**

Le troisième et dernier pilier définit les exigences à destination du grand public et du superviseur. Avec l'instauration de Solvabilité II, les compagnies d'assurances doivent publier des informations vérifiables concernant les thèmes des deux précédents piliers. Ces informations ainsi publiées au grand public et aux superviseurs, leur permettront d'avoir accès à une base de données grâce à laquelle ils pourront définir si l'estimation et le contrôle des risques réalisés par la société sont suffisants. Les informations publiées devront inclure obligatoirement :

- La performance financière ;
- Les profils de risques, données et hypothèses utilisées ;
- Les mesures d'incertitudes, incluant la mesure d'adéquation des estimations antérieures et la sensibilité des résultats à la volatilité du marché.

Le **principe fondamental** de Solvabilité 2 est que les actifs comme les passifs soient évalués selon leur valeur économique c'est-à-dire, le montant qu'une tierce personne devrait payer ou recevoir si elle devait vendre ou acquérir les passifs ou actifs. Les fonds propres disponibles sont ainsi calculés en soustrayant la valeur des actifs à la valeur des passifs. Le bilan est donc établi comme suit :

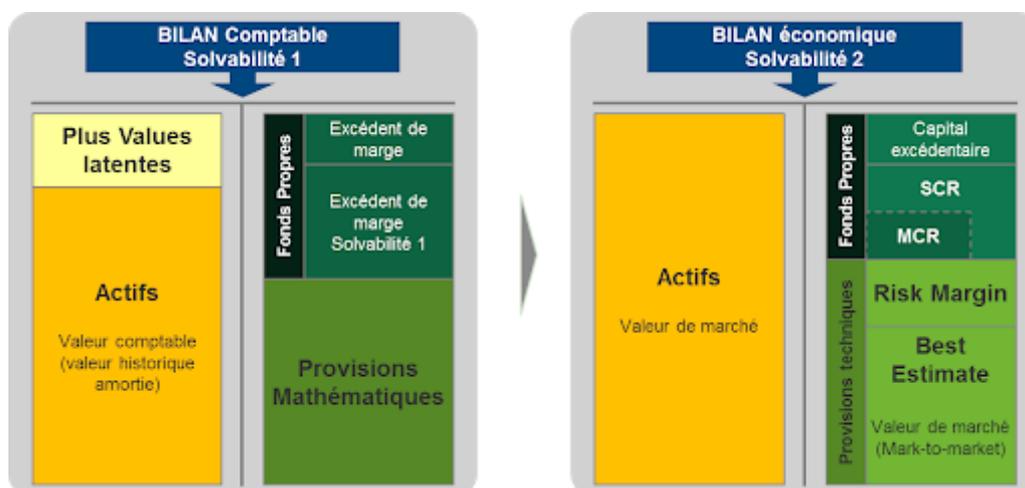


Figure I.2 : Bilan Solvabilité 1 et Bilan Solvabilité 2

La norme Solvabilité II implique une réglementation spécifique dans la tenue de la comptabilité des sociétés d'assurance, nous détaillerons la réglementation mise en place concernant l'actif puis, nous évoquerons la réglementation concernant le passif.

- **Réglementation sur l'actif**

Les actifs correspondent aux biens et placements que possède la société d'assurance. La réglementation impose à la société d'assurance de garantir un niveau de liquidité suffisant lui permettant de prévenir tout risque de dépréciation de l'actif. Cela permet de limiter les risques pris par les compagnies d'assurance qui, tentées par une plus forte rentabilité, pourraient diminuer le tarif des primes à payer par leurs assurés.

- **Réglementation sur le passif**

Le passif équivaut à l'obligation d'assurance qu'à la société d'assurance envers ses assurés. En effet, il regroupe l'ensemble des capitaux mis en réserve par l'assureur qui lui permettront de répondre à son engagement étant d'assurer ses clients dans le cas où un sinistre surviendrait. Cette réserve comprend les éléments suivants :

- **Best Estimate** : le BE correspond à l'espérance de la valeur actuelle nette de tous les flux probables et futurs du passif (prestations, commissions, frais, etc.) sous la probabilité de risque-neutre.
- **Risk margin** : la RM est la marge de risque de la société, elle est complémentaire au Best Estimate. Elle représente les coûts potentiels du transfert des obligations d'assurance à un tiers en cas de défaillance de l'assureur.

Pour revenir plus en détail sur le Pilier 1 de la directive Solvabilité II, le passif, comprenant les fonds propres de l'entreprise, est imposé afin de respecter deux niveaux réglementaires de fonds propres le MCR et le SCR.

- **MCR : Minimum Capital Requirement**

Le MCR est le seuil minimum de fonds propres en-dessous duquel la société d'assurance ne peut descendre, sous peine de subir une inspection de la part des instances de contrôle.

- **SCR : Solvency Capital Requirement**

Le SCR est la valeur des fonds propres que l'entreprise doit détenir afin de pouvoir garantir le paiement de ses engagements aux assurés et réassureurs à horizon un an et au niveau 99,5% (niveau de solvabilité requis) et ce, même en cas de situation de crise telle que la ruine économique. La « ruine économique » est le cas où le Best Estimate des passifs est supérieur à la valeur marché de l'actif. L'horizon à un an a été déterminé car la norme Solvabilité impose aux assureurs de pouvoir distribuer et disposer des fonds propres en un an.

De ce fait, les compagnies d'assurance doivent calculer le SCR qui correspond à une exigence de fonds propres pour faire face à un scénario de crise qui arriverait une fois tous les 200 ans.

Le SCR peut être calculé de plusieurs façons différentes :

- Soit par une formule standard calibrée uniformément sur le marché européen ;
- Soit par un modèle interne développé par l'assureur et après autorisation par le superviseur ;
- Soit par une combinaison de ces deux méthodes.

Le SCR formule standard, est calculé selon une approche modulaire, comme l'indique le schéma ci-dessous. L'organisme doit calculer la perte subie en cas d'événement défavorable lié à une trentaine de facteurs de risque. Pour tenir compte de la probabilité faible de réalisation simultanée de tous ces événements, la formule standard introduit des corrélations entre ces facteurs de risque et permet ainsi à l'organisme de constater des bénéfices de diversification. Enfin, pour refléter au mieux la réalité économique, la perte brute observée par l'organisme (BSCR ou SCR de base) peut encore être atténuée par deux effets avant d'obtenir le SCR final :

- D'une part, la prise en compte de la capacité de l'organisme à transférer une partie de sa perte aux assurés via une moindre participation aux bénéfices que celle qu'il avait escomptée avant le choc ;
- D'autre part, l'imputation de la perte au résultat fiscal qui conduira dans la plupart des cas à payer *in fine* moins d'impôts dans le futur que ceux qui avaient été comptabilisés au bilan initial. (source : ACPR)

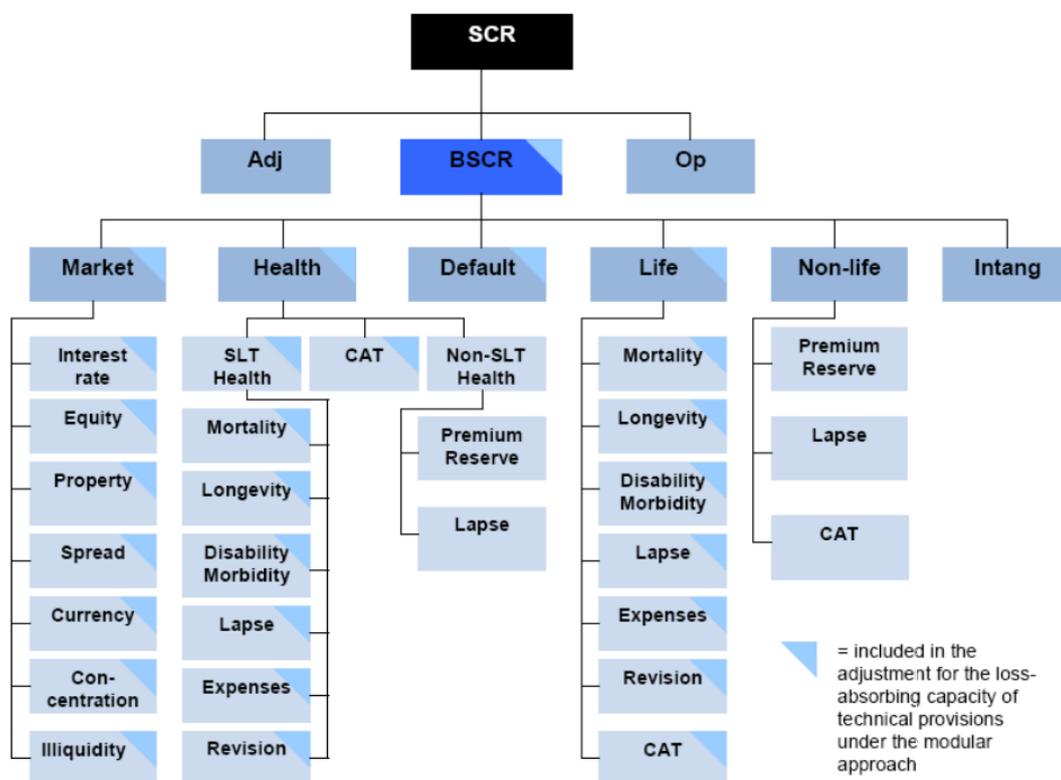


Figure I.3 : Constitution du SCR par les différents modules de risque (source : ACPR)

*La suite des explications a été en partie reprise du mémoire de Mickaël PERRIN « Calibration des Undertaking Specific Parameters et leurs impacts sur les fonds propres »*

La formule standard prend 7 risques en compte :

- Risque de marché
- Risque de souscription non-vie
- Risques de souscription vie
- Risque de santé
- Risque d'intangibilité des actifs incorporels
- Risque de défaut
- Risque opérationnel

**Cette étude est portée sur le provisionnement non-vie** qui est rattaché au risque de souscription non-vie. Le risque de souscription non-vie regroupe l'ensemble des risques pris par un assureur lors de la distribution de contrats d'assurance. Dans les spécifications techniques du QIS 5, le risque de souscription non-vie se décompose en trois sous-modules :

- Le risque de réserve et de prime
- Le risque de catastrophe
- Le risque de rachat

- **Le risque de prime**

Le risque de prime est une sous-estimation de la tarification. Cela se manifeste lorsque le coût réel des sinistres et des frais qu'il implique sont plus élevés que leur tarification initiale.

- **Le risque de réserve**

Ce risque quantifie l'inexactitude qui peut exister lorsque l'assureur estime le montant des engagements pris envers ses assurés. Lorsque le montant des provisions est calculé, le reste à payer n'est pas connu par l'assureur, cela peut entraîner une sous-estimation des réserves.

Le calcul de l'exigence en capital au titre du risque de primes et de réserve Non-Vie doit s'effectuer à la maille Line of Business (LoB) a minima. La segmentation proposée par Solvabilité II est la suivante :

LoB (Line Of Business)	Segment de revue
01_D_MEDICAL	01_sante
02_D_INCOME	02_aaexa
	02_ap_hors_rentes
	02_gav
04_D_MTPL	04_auto_rc
05_D_MOTOR_OTHER	05_auto_dom
06_D_MAT	06_aviation
	06_marine_transport
07_D_FIRE	07_cat_ccr
	07_construction_do
	07_construction_do_non_dec
	07_dab
	07_gareat
	07_incendie
	07_mrc
	07_recoltes
	07_serres
07_tempeete_neige	
08_D_GTPL	08_construction_rcd
	08_construction_rcd_non_dec
	08_rc
	08_rc_pool
09_D_CREDIT	09_credit
10_D_LEGAL	10_pj
11_D_ASSISTANCE	11_assistance
12_D_MISC	12_divers
33_LA_HEALTH	33_dependance

Tableau I.4 : Extraction de la segmentation par LOBs et Segments de revue

L'objectif de cette segmentation est de constituer des groupes homogènes de risques de sorte à pouvoir renforcer la robustesse des méthodes appliquées. Cette segmentation est également exigée pour le calcul des provisions techniques.

## b. Normes IFRS 4 et 17

La détermination des provisions doit également répondre aux nouvelles normes IFRS. Le développement de la norme a été étalé en deux phases. La première consiste à appliquer une norme temporaire IFRS 4 qui maintient les normes locales de comptabilisation et ajoutent à cela des dispositifs pour réduire les différences nées d'actifs comptabilisés en valeur de marché et de passif au coût amorti.

Le 18 mai 2017, l'IASB a publié la norme IFRS 17 (IFRS 4 phase 2), norme définitive pour les contrats d'assurance. D'où la nécessité d'adapter nos calculs des provisions techniques. L'application est initialement prévue pour l'exercice 2021, puis reportée à l'exercice 2022.

Un des objectifs de cette nouvelle norme est d'harmoniser les règles de comptabilité au niveau international. Cela permettra de pouvoir comparer aisément la comptabilité des entreprises d'assurance concernées.

En norme IFRS17, le passif est décomposé selon :

- La valeur actuelle des flux de trésorerie futurs : qui correspond à la valeur actualisée des flux de trésorerie nécessaires pour remplir les engagements contractuels ;
- L'ajustement pour risque : il s'agit d'une provision constituée afin de palier à l'incertitude d'évaluation de la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs, on peut parler d'une marge de prudence ;
- La marge de service contractuelle : elle estime les bénéfices attendus et non encore réalisés ;
- Les capitaux propres : ils représentent les capitaux dont dispose l'entreprise d'assurance.

L'ajustement pour risque est semblable à la marge pour risque déterminée en Solvabilité II dans le bilan. Ce dernier est calculé de sorte que la somme de la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs et de l'ajustement pour risque représente un certain quantile relatif à l'estimation de la charge ultime à laquelle les paiements déjà effectués y sont soustraits. Le quantile est choisi par l'assureur et doit le publier.

Dans le cadre de Groupama Assurance Mutuelle, le projet IFRS 17 est en cours de mise en œuvre. Un objectif d'harmonisation entre les différentes visions partagées est en place au sein du groupe sur les portefeuilles de Groupama. Afin de mener à bien ce projet, il est important de challenger les méthodes actuelles. A cela s'ajoute la volonté de récupérer, de travailler et d'analyser les résultats à une maille plus fine. Ces sujets sont en discussion au sein du groupe et motivent l'initiation d'études avec des approches et estimations différentes des celles utilisées actuellement.

Parmi les changements apportés par la nouvelle norme comptable internationale IFRS 17, la maille de calcul de la détermination de l'engagement de l'assureur est l'un des principaux. La norme IFRS 17 requiert en amont de la comptabilisation la création de groupes de contrats (paragraphe 14 à 24 et paragraphe 61 de la norme Comptable). Ces groupes ne devraient pas être modifiés après leur comptabilisation initiale. Ils sont appelés Unités de Mesure ou Groupe de Contrats (GoC). Cette maille de calcul est une nouveauté d'IFRS 17.

Néanmoins, la norme permet de choisir une maille d'évaluation des traités, différente de la maille du groupe de contrats. En particulier, les flux peuvent être calculés à un niveau supérieur au groupe de contrats. L'entité doit ensuite pouvoir répartir les flux de trésorerie qui en résultent entre les différents groupes.

Une bonne segmentation en amont semble essentielle afin de conserver une estimation à un niveau de risque homogène et assurer une bonne répartition au niveau de groupe de contrat.

Groupama Assurance Mutuelle par son statut de compagnie d'assurance, s'inscrit dans le cadre réglementaire Solvabilité II, et opère sa transition liée à la mise en place de la nouvelle norme IFRS17.

## **4- Place économique de Groupama Assurances Mutuelles et ses enjeux**

Nous présentons dans un premier temps Groupama Assurances Mutuelles (GMA) en quelques dates et chiffres puis dans un second l'organisation singulière de GMA.

### **i. Groupama : quelques dates et chiffres**

Groupama est une société d'assurance mutuelle, leader dans le secteur de l'assurance agricole, des collectivités locales, de la protection juridique et dans le domaine de la santé individuelle en France. Aujourd'hui, le groupe engendre 11,9 milliards de chiffre d'affaires en France, rassemble 6,5 millions de clients et sociétaires et se place à la 8ème place en tant qu'assureur généraliste. Le groupe est implanté dans 9 pays, et compte 5,5 millions de clients à l'international avec 2,4 milliards de chiffre d'affaires.

C'est la loi du 4 juillet 1900 qui est à l'origine de la création du groupe, celle-ci autorisant pour la première fois, la création de mouvements mutualistes agricoles, ce qui donna la naissance des groupes A.M.A pour Assurances Mutuelles Agricoles.

A partir de 1963, les Assurances Mutuelles Agricoles ouvrirent leur activité à l'ensemble des risques dommages et lancèrent en 1972, une activité d'assurance-vie.

La marque Groupama née quant à elle, en 1986. Elle regroupe l'ensemble des A.M.A en une seule et même entité, ce qui lui permet de faire le poids face aux nouvelles parties prenantes de l'économie et à la mondialisation en marche.

Par la suite, Groupama fera l'acquisition de Gan afin de complémentariser son offre. Puis en 2001, le groupe s'allie à la Société Générale dans le but d'étoffer son offre bancaire. A partir de 2002, Groupama entreprend une croissance externe en France comme à l'international avec notamment l'acquisition de CGU Courtage.

En 2003, la Caisse Centrale des A.M.A est dissoute et est remplacée par Groupama S.A qui devient le réassureur unique des caisses régionales. Par ailleurs, la Fédération Nationale Groupama est créée afin de rester en adéquation avec la stratégie de croissance du groupe.

C'est entre 2006 et 2010 que Groupama entreprend une forte croissance à l'international et réalise de nombreux partenariats, notamment grâce à l'acquisition d'entités à l'étranger. Citons notamment l'acquisition de l'assureur grec Phoenix Metrolife, des sociétés d'assurance roumaines BT Asigurari et Asiban, partenariat et création d'une co-entreprise avec la Banque Postale et enfin, accord de joint-venture avec le groupe AVIC en Chine.

Après deux années difficiles de 2011 à 2012 dû à la crise financière, Groupama retrouve une bonne santé financière et lance une nouvelle stratégie à horizon 2018 fondée autour de 4 axes : un développement rentable, des clients satisfaits, une culture de l'efficacité et des collaborateurs engagés.

Depuis le 7 juin 2018, Groupama SA se veut être une caisse de réassurance mutuelle agricole de portée nationale, elle est connue par le grand public sous le nom de Groupama Assurances Mutuelles. Cette nouvelle organisation confère au groupe une cohérence et une simplification de son organisation autour de 3 niveaux de mutualisation : les caisses locales, régionales et nationales. Groupama réaffirme ainsi son lien historique avec le mutualisme, au service d'un projet économique ambitieux et ce, pour le bénéfice de ses clients et sociétaires.

Cette organisation très propre à Groupama nécessite de travailler à la fois sur une vision Groupe des sujets mais également sur des approches singulières pour chaque entité du Groupe.

## **ii. Organisation de Groupama Assurances Mutuelles**

Afin de répondre aux enjeux locaux, Groupama est organisé de la façon suivante :

- 9 caisses régionales métropolitaines : ce sont des entreprises d'assurances mutuelles agréées et garantes d'une réelle proximité clients. Elles ont pour rôle de réassurer les caisses locales d'assurances mutuelles qui leurs sont adhérentes en facilitant leur mode d'organisation.
- 2 800 caisses locales : réassurées par les caisses régionales, les caisses locales sont réparties sur l'ensemble du territoire métropolitain et vivent selon un mode de fonctionnement mutualiste. En effet, un représentant local est élu par les sociétaires pour chaque caisse, qui eux-mêmes élisent des représentants régionaux et nationaux. Tous bénévoles, ils sont l'intermédiaire entre Groupama et ses clients afin de recueillir leur avis et ainsi, améliorer l'offre du groupe.
- 2 caisses spécialisées : Groupama Forêts Assurances et Producteurs de tabac.
- 2 Caisses d'outre-mer : Antilles-Guyane et Océan Indien.
- 1 Caisse Nationale de réassurance mutuelle agricole : Groupama Assurances Mutuelles qui réassure les Caisses Régionales. Administrée par 15 membres élus du Conseil d'administration, sa mission est le pilotage des activités opérationnelles de Groupama, elle a également le statut d'organisation professionnelle agricole.
- Les filiales du Groupe : Groupama Holding Filiales et Participations
  - Filiales d'assurance : au travers de ses marques Gan, Amaguiz et de la co-entreprise La Banque Postale, Groupama propose des produits d'assurances
  - Filiales de services : Groupama propose une multitude de services : assurance-crédit, protection juridique, télésurveillance.
  - Filiales financières : elles proposent des activités et produits bancaires, de la gestion d'actifs mobiliers et immobiliers.
  - Filiales internationales : implanté dans 9 pays, Groupama s'organise en trois zones :
    - Zone méditerranée
    - Zone PECO
    - Zone Asie

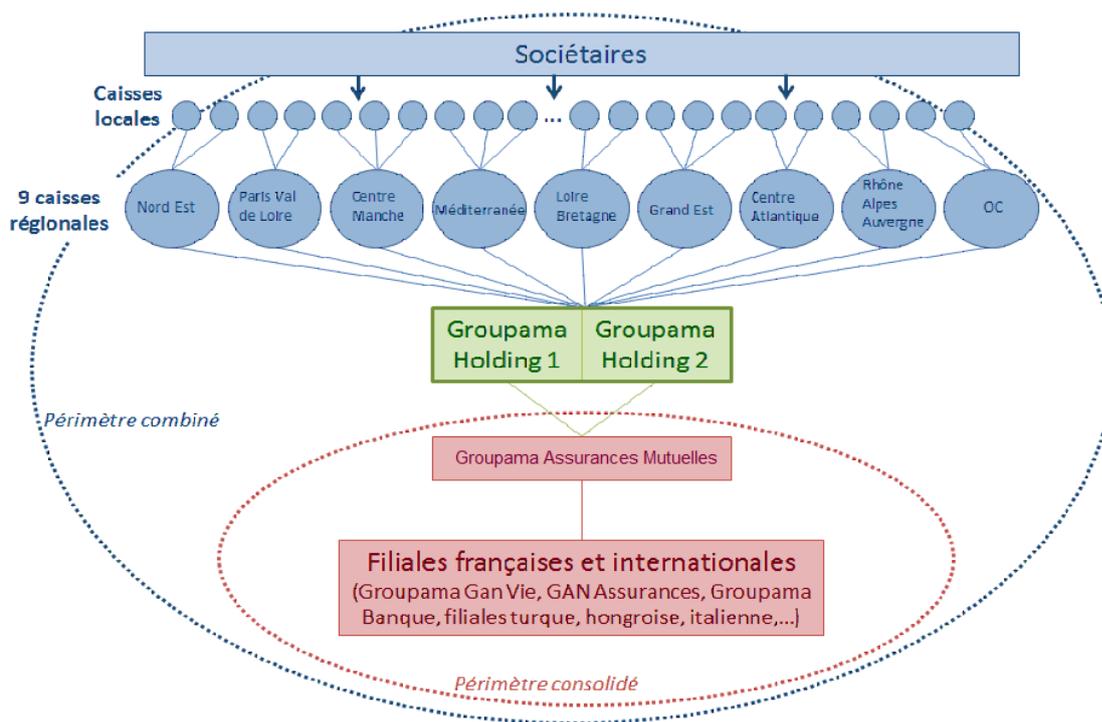


Figure I.5 : organisation interne du groupe Groupama (source : Sénat)

L'entrée en vigueur de Solvabilité II a fait évoluer les exigences en matière de documentation des travaux actuariels ainsi que les études et quantifications.

Afin de répondre à ces nouvelles exigences, la Direction Actuariat Groupe et ses équipes de provisionnement, réalisent des études actuarielles de provisionnement des sinistres non-vie pour le compte de Groupama Assurances Mutuelles et de ses entités. A ce titre, elles assurent la collecte, la validation et le contrôle de qualité des données. Les équipes réalisent également l'ensemble des projections et études sur le périmètre du rapport actuariel, et fournissent l'écriture de convergence permettant d'arrêter le niveau de provisions de sinistres des entités. La suffisance des provisions est vérifiée à l'aide de modèles alternatifs, qui permettent également une étude de sensibilité des modèles aux hypothèses retenues.

## II- Cadre de l'étude

### 1- Provisionnement à GMA

Dans le cadre de Groupama Assurance Mutuelle, le provisionnement est fait à l'aide de l'outil de gestion de base de données et de modélisation *ResQ*. Cette étape de modélisation via outil est la dernière étape d'un long processus de récupération des données des différentes entités du groupe et de validation des données par divers contrôles.

Comme évoqué, les données sont récupérées pour chacune des entités du groupes.

Dans le cadre de cette étude, nous nous concentrerons sur les données des neuf Caisses Régionales (CR) métropolitaines et évoquerons le process uniquement pour ces entités.

A Groupama, un suivi de situation des caisses ainsi qu'un second regard sur le provisionnement de celles-ci au niveau groupe.

Ces neuf Caisses Régionales sont :

Caisse	Acronyme	Numéro
Groupama Méditerranée	GMED	CR13
Groupama Grand-Est	GGE	CR21
Groupama Centre Manche	GCM	CR28
Groupama OC	GOC	CR31
Groupama Loire Bretagne	GLB	CR35
Groupama Nord-Est	GNE	CR51
Groupama Rhone-Alpes Auvergne	GRAA	CR69
Groupama Paris Val de Loire	GPVL	CR75
Groupama Centre Atlantique	GCA	CR79

Tableau II.1 : Ensemble des Caisses Régionales métropolitaines avec leur acronyme et numéro

Pour ces neuf entités, des hypothèses, des choix méthodologiques, des modélisations sont appliquées et effectuées en gardant le plus possible une homogénéité entre les caisses.

Dans la suite de l'étude, nous adopterons une vision Groupe. C'est-à-dire une vision agrégée de l'ensemble des données d'entrée des caisses. Cette vision « Toutes caisses » avec ainsi davantage de matérialité et de données permettant une analyse plus robuste sur un périmètre plus large.

En termes de besoin pour le provisionnement, il est nécessaire de construire des triangles de liquidation des sinistres. Un triangle de charges ou de paiements est constitué des éléments suivants : l'année de survenance, l'année de développement et enfin, de l'année d'inventaire.

Les données des sinistres sont agrégées de la façon suivante :

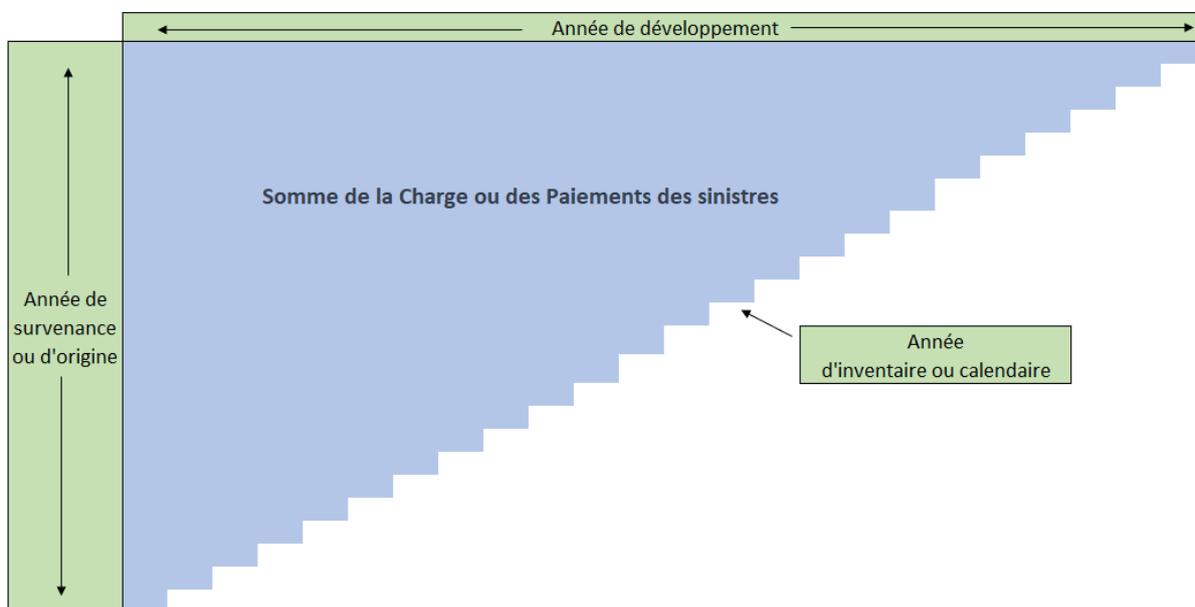


Figure II.2 : Schéma d'un triangle de liquidation

Sur ce schéma :

- Les lignes correspondent aux années de survenance ou d'origine des sinistres ;
- Les colonnes correspondent aux années de développement ;
- Les diagonales correspondent aux années d'inventaire.

Chaque diagonale donne l'information sur la dernière année d'arrêté comptable.

En termes de normes sur le provisionnement au sein des caisses, les provisions techniques sont déterminées selon deux normes comptables :

- En norme IFRS : les provisions sociales = BE + Marge de prudence.

La marge de prudence est calculée en tant que Provision pour Risque et Incertitude (PRI). Le modèle stochastique de Mack est utilisé pour quantifier cette provision.

- En norme Solvabilité 2 : les provisions de sinistres solvabilité 2 = BE + Marge pour risque.

La marge pour risque est proportionnelle au  $SCR_0$ . La marge pour risque est également modélisée par la méthode de Mack.

Pour respecter les normes et les estimateurs présentés, des méthodes déterministes, statistiques et stochastiques sont appliquées afin de calculer et d'approcher les montant Best Estimate et de PRI. Parmi les diverses méthodes existantes aujourd'hui, nous utilisons au sein de la vision Groupe, la méthode de Chain Ladder et la méthode de Bonhuetter-Ferguson pour déterminer le BE, et la méthode de Mack et de rééchantillonnage Bootstrapsap et utilisée pour approcher la PRI.

Dans le cadre de provisionnement en vision Groupe, nous nous limiterons à ces méthodes. Les autres méthodes telle que le London Chain, le modèle Log-Normal, la modélisation GLM, la méthode Merz-Wüthrich ou encore le provisionnement ligne à ligne pourront faire l'objet d'évolution de l'étude et des résultats.

## 2- Explication de la construction des triangles et des méthodes de provisionnement classiques

Pour évaluer les PSAP, la méthode réglementaire préconise la méthode dossier/dossier (D/D) : l'assureur calcule le montant qu'il reste à payer sur chaque sinistre déclaré, auquel est ajouté une estimation de la charge des sinistres dits « tardifs ». Les sinistres tardifs sont les sinistres survenus avant la date d'inventaire mais non connus à la date d'arrêté de ce dernier. Les méthodes d'évaluation statistique sont autorisées avec l'accord des autorités de contrôle. Les approches statistiques présentées ensuite, sont des méthodes basées sur l'ensemble de l'historique des données disponibles respectant les exigences qualitatives de Solvabilité II.

### i. Construction des triangles

Les triangles de liquidation sont des tableaux à double entrée représentant l'évolution des sinistres selon différents critères.

Les triangles de règlements ou de charge, correspondant respectivement aux paiements réalisés par la compagnie et à la somme des paiements et provisions dossier/dossier. D'autres types de triangles peuvent être construits, tels que les triangles du nombre de sinistres, de coût-moyen, de provision dossier/dossier, de recours etc. qui apportent des informations supplémentaires sur la constitution de la branche étudiée.

Tous ces triangles peuvent être construits de manière cumulée ou incrémentale. Nous travaillerons dans ce mémoire avec des triangles de règlements cumulés.

Ces triangles, en reprenant le schéma précédent, sont de la forme suivante :

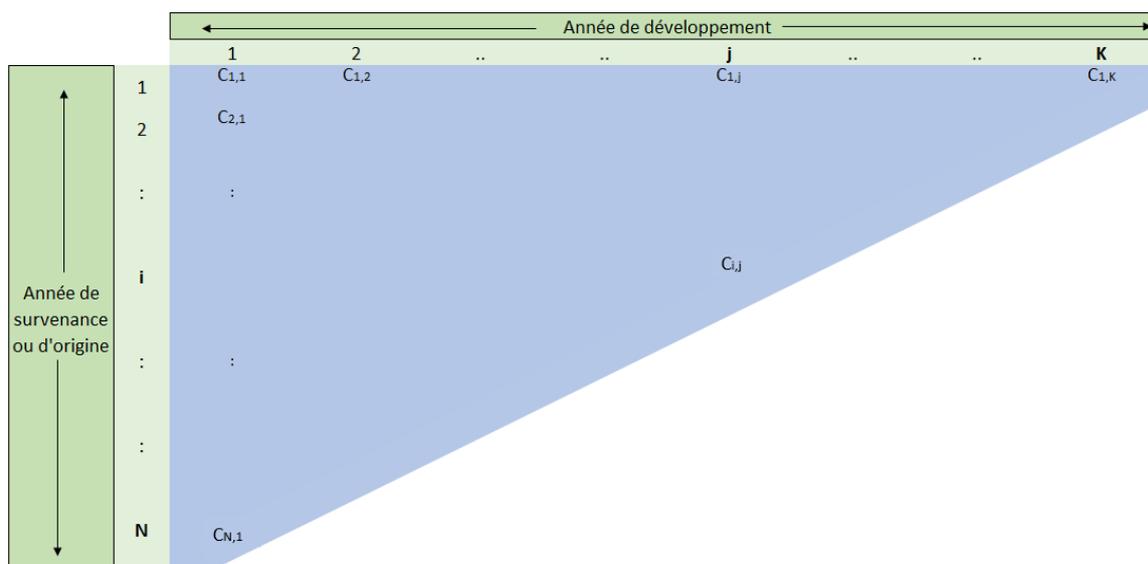


Figure II.3 : Triangle de liquidation

Où :

- $i$  représente l'année de survenance du sinistre ;
- $j$  représente l'année de développement du sinistre ;
- $N$  : représente l'année de survenance maximale ;
- $K$  : représente l'année de développement maximale ;
- $C_{i,j}$  est le montant cumulé des règlements des sinistres survenus l'année  $i$  au bout de  $j$  années de développement.

Le but des méthodes statistiques est d'estimer la partie triangulaire inférieure afin de déterminer le montant de provisions nécessaires. Cela peut notamment se faire grâce à la méthode Chain-Ladder.

## ii. Chain ladder

La méthode Chain ladder est une méthode déterministe très utilisée en provisionnement d'assurance non-vie. Cette méthode permet d'obtenir l'évolution de la sinistralité dans le temps.

C'est d'ailleurs cette méthode qui est majoritairement utilisée au sein des Caisses Régionales à Groupama.

### Hypothèses méthode Chain Ladder :

1. Il existe  $f_1, \dots, f_{N-1} > 0$  facteurs de développement tels que  $\forall i = 1, \dots, N$  et  $\forall j = 1, \dots, N - 1$  on a :

$$\begin{aligned} E[C_{i,j+1} \setminus C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] &= E[C_{i,j+1} \setminus C_{i,j}] \\ &= C_{i,j} \times f_j \end{aligned}$$

2. Les paiements cumulés  $C_{i,j}$  des années de survenances  $i$  sont indépendants. Les coefficients Chain-Ladder sont estimés par :  $\forall j = 1, \dots, N - 1$

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

A partir des deux hypothèses de la méthode, nous obtenons :

1.  $\forall_i = 1, \dots, N$  ;

$$\begin{aligned} E[C_{i,N} \setminus D_N] &= E[C_{i,N} \setminus C_{i,N-j}] \\ &= C_{i,N-i} f_{N-i} \times \dots \times f_{N-1} \end{aligned}$$

2. Les facteurs de Chain Ladder  $\hat{f}_j$  sont des estimateurs sans biais et non corrélés. Il est alors possible d'estimer le montant des paiements ou de charges cumulées à l'ultime :  $\forall_i = 1, \dots, N$

$$\begin{aligned} \widehat{C}_{i,N}^{CL} &= \widehat{E}[C_{i,N} \setminus D_N] \\ &= C_{i,N-i+1} \hat{f}_{N-i+1} \times \dots \times \hat{f}_{N-1} \end{aligned}$$

Ce qui nous permet de calculer la provision par année de survénance, qui correspond à l'estimation des paiements entre aujourd'hui et l'ultime :

$$\begin{aligned} \widehat{R}_i &= \widehat{E}[C_{i,N} \setminus D_N] - C_{i,N-i+1} \\ &= \widehat{C}_{i,N}^{CL} - C_{i,N-i+1} \\ &= C_{i,N-i+1} (\hat{f}_{N-i+1} \times \dots \times \hat{f}_{N-1} - 1) \end{aligned}$$

Et la provision globale  $\widehat{R}$  correspond à la somme des provisions par année de survénance.

La pondération et les choix se font sur la sélection des coefficients de développement individuels. Pour se faire, il faut procéder à une sélection de coefficients de développement dans le triangle. Le retraitement est fait avec cohérence en fonction des connaissances sur les différents portefeuilles des caisses.

Il existe des facteurs externes et internes aux entités qui peuvent perturber et impacter la sinistralité et ainsi le triangle de liquidation.

Parmi les facteurs externes, un changement économique peut venir modifier, augmenter ou diminuer, la sinistralité. Il peut aussi entraîner une modification de la politique ou de la législation. C'est notamment ce qu'a engendré la crise sanitaire actuelle. En effet, les mesures sanitaires et économiques ont impacté la sinistralité de l'ensemble des entités d'assurance : diminution de la fréquence sur certaines branches, apparition d'une part plus importante de petits sinistres ou encore rattrapage de la sinistralité dans la période post-confinement. Ces phénomènes et ces variations se manifestent dans les triangles de liquidation.

Parmi les facteurs internes : la modification de gestion, de politique d'indemnisation ou de politique de souscription, la récupération ou perte d'un portefeuille, un changement de programme de réassurance ou encore des changements d'hypothèses de provisionnement, modifient la vision du risque et l'évolution de la sinistralité.

Ainsi, une sélection de coefficients est faite afin d'éviter les perturbations d'un arrêté à un autre et de modéliser au mieux le risque et la tranche. Ces choix sont appuyés d'analyses métier, d'avis d'experts et d'analyses statistiques.

### **Validation des hypothèses du Chain Ladder :**

Le Chain Ladder repose sur les hypothèses présentées. Ces hypothèses ont bien été vérifiées. Voici des propositions de validation des hypothèses :

- Pour la validation hypothèse 1 : la méthode Chain Ladder suppose que les facteurs de développement sont indépendants en fonction des années de survenance (hypothèse de linéarité). En traçant le graphique des  $C_{i,j}$   $C_{i,j+1}$  pour une année de développement, les points des couples devraient être alignés.
- Pour la validation hypothèse 2 : cette dernière peut être vérifiée à partir du triangle de développement des coefficients. Si les facteurs de développement sont relativement stables par année de développement, alors cela signifie que les années de survenance sont indépendantes.

La méthode Chain Ladder est une méthode déterministe simple mais qui ne permet pas de déterminer la volatilité du triangle créé. C'est pour cette notion de volatilité que nous présentons la méthode de Mack.

### **iii. Modèle de Mack**

Le modèle de Mack est une méthode stochastique développée par Thomas Mack en 1993 dans son article *Distribution-free calculation of the standard error of Chain Ladder reserves estimates*.

Le modèle de Mack reprend les hypothèses de la méthode de Chain Ladder et en ajoute une sur les moments d'ordre 2 afin d'estimer l'erreur de prédiction.

Le modèle de Mack est intéressant en provisionnement car il permet de déterminer une volatilité, indicateur important qui n'est pas estimé par la méthode Chain Ladder.

**Hypothèses modèle de Mack :**

1. Il existe  $f_1, \dots, f_{N-1} > 0$  facteurs de développement tels que  $\forall i = 1 \dots N$  et  $\forall j = 1, \dots, N - 1$  on a :

$$\begin{aligned} E[C_{i,j+1} \setminus C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] &= E[C_{i,j+1} \setminus C_{i,j}] \\ &= C_{i,j} \times f_j \end{aligned}$$

2. Les paiements cumulés  $C_{i,j}$  des années de survénances  $i$  sont indépendants.
3. Il existe  $\sigma_1^2, \dots, \sigma_{N-1}^2$  paramètres de variance tels que  $\forall i = 1 \dots N$  et  $\forall j = 1, \dots, N-1$  on a :

$$\begin{aligned} Var[C_{i,j+1} \setminus C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] &= Var[C_{i,j+1} \setminus C_{i,j}] \\ &= C_{i,j} \times \sigma_j^2 \end{aligned}$$

Les facteurs de développement sont estimés de la même façon que dans la méthode Chain Ladder :

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

Le paramètre de variance est estimé par :  $\forall 0 \leq k \leq N - 2$

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{1}{N - k - 1} \sum_{i=1}^{N-k} C_{i,k} \left( \frac{C_{i,k+1}}{C_{i,k}} - \hat{f}_k \right)^2$$

Cet estimateur est sans biais pour  $k = 1, \dots, N - 2$ , pour  $k = 1$ , la variance est estimée par :

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

La méthode de Mack donne les mêmes résultats que celle de Chain Ladder, mais elle permet en plus de calculer l'erreur de prédiction sur la provision, en mesurant l'écart quadratique moyen MSEP (Mean Square Error of Prediction).

$$\begin{aligned} MSEP &= E[(R - \hat{R})^2] \\ &= E[(\hat{R} - E[R])^2] + E[(R - E[R])^2] \\ &= MSE + Var(R) \end{aligned}$$

L'erreur de prédiction peut être séparée en deux, un facteur de variance  $V(R)$  (process error), et une erreur d'estimation MSE.

**Théorème :** Sous les 3 hypothèses, la MSEP ( $\widehat{R}_i$ ) peut être estimée par :

$$MSEP(\widehat{R}_i) = \widehat{C}_{i,N}^2 \sum_{k=N+1-i}^{N-1} \frac{\widehat{\sigma}_k^2}{\widehat{f}_k^2} \left( \frac{1}{\widehat{C}_{i,k}} + \frac{1}{\sum_{j=1}^{N-k} C_{j,k}} \right)$$

Il est alors possible de déduire de ce théorème une estimation de l'erreur de prédiction de la provision totale :

**Corollaire :** Sous les conditions du théorème, la MSEP estimée de la provision totale est :

$$MSEP(\widehat{R}) = \sum_{i=2}^N \{MSEP(\widehat{R}_i) + \widehat{C}_{i,N} \left( \sum_{j=i+1}^N \widehat{C}_{j,N} \right) \sum_{k=N+1-i}^{N-1} \frac{2\widehat{\sigma}_k^2/\widehat{f}_k^2}{\sum_{n=1}^{N-1} C_{n,k}} \}$$

#### Validation des hypothèses du modèle de Mack :

Le modèle de Mack repose sur des hypothèses présentées. Ces hypothèses ont bien été vérifiées. Voici des propositions de validation des hypothèses :

- Pour la validation hypothèse 1 et 2 : les hypothèses sont identiques aux modèles de Chain Ladder, il est donc possible de les valider de la même manière.
- Pour la validation hypothèse 3 : pour valider, il est nécessaire d'analyser le caractère aléatoire des résidus :

$$r_{i,k} = \frac{C_{i,k+1} - \widehat{f}_k C_{i,k}}{\sqrt{C_{i,k}}}$$

Par l'utilisation du modèle de Mack stochastique non paramétrique avec des hypothèses sur l'espérance et la variance, il est possible de quantifier l'erreur de prédiction dans le calcul de la provision pour sinistre à payer. En revanche, il n'est pas possible d'obtenir la modélisation complètes des provisions et le quantile de ces dernières vues à l'ultime. Une hypothèse de distribution sur les provisions peut le permettre (ajuster une loi normale ou log-normale à l'aide des deux moments par exemple).

### 3- La vie d'un sinistre

Un sinistre est par définition, un « événement (incendie, décès, vol...) générateur de dommages assurés ». Il permet à l'assuré de faire valoir ses garanties au contrat. L'événement générateur n'est pas toujours ponctuel et soudain, il peut être continu et répété conduisant à des dommages corporels ou matériels.

Le sinistre répond à un cycle de vie bien connu des sociétés d'assurance. Ainsi, au cours de sa vie, le sinistre passera par les étapes suivantes :

- La survenance du sinistre ;
- La déclaration de ce sinistre auprès de l'assureur. Le sinistre est dit « tardif » si la déclaration est faite lorsque la période de couverture du contrat est finie ;
- L'enregistrement du sinistre par l'assureur et son provisionnement (estimation dossier/-dossier faite les gestionnaires de sinistres) ;
- L'estimation du montant de l'indemnisation ;
- Le versement des garanties à l'assuré et le cas échéant, les éventuels recours ;
- La clôture du dossier sinistre.

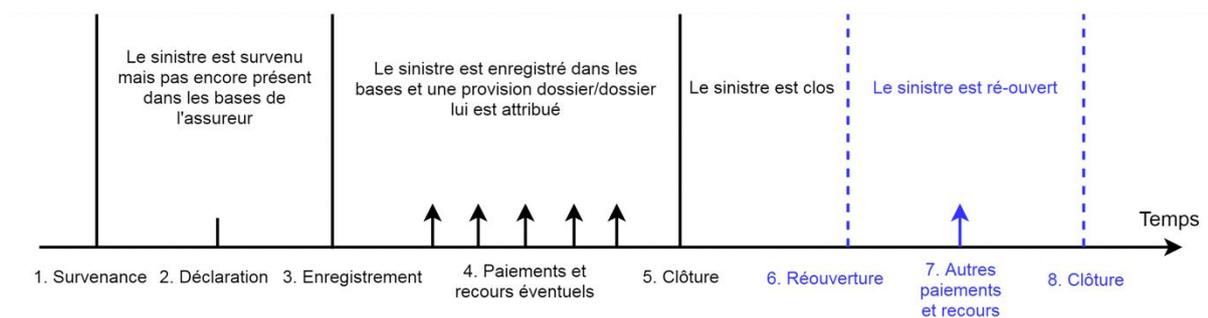


Figure II.4 : Les étapes de la vie d'un sinistre (Source : Partrat C. 2007)

Le dossier sinistre peut être amené à être rouvert après sa clôture, dans ce cas, intervient alors le paiement des garanties suite aux éventuels recours avant la clôture définitive du dossier sinistre.

Un recours est par définition, lorsque l'assureur a versé une indemnité qu'il ne devait pas ou que l'indemnité versée est supérieure au montant qui aurait dû être perçu compte tenu du type de litige. Lorsque l'assureur indemnise la victime d'un dommage causé par son assuré, il ne dispose en principe d'aucun recours. En revanche, si l'auteur du dommage est un tiers, l'assureur qui a indemnisé la victime, quelle qu'elle soit, peut se retourner contre le tiers responsable.

Lorsqu'un assureur a versé une indemnité, il se présente deux cas de figure distincts à travers lesquels il va chercher à se faire rembourser. S'il a versé une indemnité supérieure à ce qu'il devait ou une indemnité qu'il ne devait pas, il doit pouvoir récupérer l'excédent ou la totalité du versement. Dans ce cas, l'assureur peut exercer l'action en répétition de l'indu ou, à défaut,

l'action de " *in rem verso* " (ou enrichissement sans cause). D'autre part, s'il a versé à son assuré l'indemnité prévue au contrat, il peut se retourner contre le responsable du sinistre pour lui réclamer un remboursement.

Du fait de ces recours, certains sinistres de responsabilité civile automobile (segment 04\_auto\_rc de la LOB 04\_MTPL), sont complexes car ils engagent différents tiers et de multiples responsabilités. Ces recours et l'indemnisation peuvent parfois être fixés pour la compagnie d'assurance tardivement, ce qui entraîne également des évolutions de charge de ces sinistres.

Dans le cadre de l'étude, nous projetterons les données nettes de recours.

Pour continuer à préciser le cadre et la problématique actuarielle du provisionnement, il est intéressant d'aborder le sujet de la segmentation des sinistres.

## **4- Segmentation de la sinistralité**

Concrètement, le fait de séparer la base de sinistre et d'avoir des triangles de liquidation différents selon des critères spécifiques est une façon d'affiner et d'améliorer la modélisation de la sinistralité.

L'idée est de séparer la base en sous-groupes les plus homogènes possibles.

Plusieurs possibilités de segmentation s'offrent à l'actuaire :

- Une différenciation par type de dommages : matériels ou corporels par exemple ;
- Une différenciation par type de contrats : à une maille plus fine que matériel ou corporel, en redescendant au niveau de contrat. Par exemple, en assurance automobile, sur le véhicule assuré que ce soit un véhicule deux roues ou 4 roues. Il est possible de redescendre à une maille métier très fine dans les données selon ce que nous souhaitons étudier.
- Une différenciation par segment de revue : chaque segment de revue est lié à une LOB. Dans la LOB 7 D\_FIRE (« Damage Fire », Dommage Incendie en français) par exemple se trouve le segment de revue dommage aux biens, le segment de revue incendie, deux catégories différentes parmi les autres segments de revue de la LOB 7 regroupés dans cette LOB.

L'objectif, en segmentant la sinistralité, est d'obtenir des provisions les plus justes possibles (logique de Best Estimate).

L'enjeu de la segmentation est donc de séparer les sinistres en sous-groupes homogènes mais également de conserver une matérialité dans les sous-groupes créés. Si les groupes créés sont peu matériels, c'est-à-dire peu de fréquence et donc de charges de sinistres, il devient difficile de modéliser ou d'ajuster un modèle et ainsi, d'obtenir des estimations fiables.

C'est un point important sur lequel nous reviendrons lorsque nous analyserons les données disponibles et que nous déterminerons de nouveaux seuils.

De manière générale, les sous-groupes sont créés en fonction du coût des sinistres.

A Groupama et au sein des entités étudiées, en responsabilité civile automobile le seuil de séparation des sinistres est de 1,5M €. En dessous de ce seuil, le terme de sinistralité « attritionnelle » est donné. Au-dessus de celui-ci, le groupe représente les sinistres dits « graves ».

Le seuil d'1,5M€ définit des tranches. Le terme de tranche attritionnelle et de tranche des graves sera utilisé dans la suite de ce mémoire.

La partie attritionnelle correspond ainsi aux sinistres de masse : faible coût mais plus fréquent. Dans la vie de tous les jours, il y a davantage de petits sinistres et de petits dégâts que d'importants sinistres causant de gros dommages.

La partie grave correspond aux sinistres onéreux : coût important mais peu fréquent. Cela s'observe aisément dans les bases de sinistralité des compagnies d'assurance. Le coût moyen est plus important pour les sinistres graves que celui des sinistres attritionnels.

Il est possible de séparer la base en plusieurs tranches, en plusieurs sous-groupe, de distinguer les petits attritionnels, les graves très importants etc.

Dans la suite de cette étude, la sinistralité sera analysée selon la charge des sinistres : c'est-à-dire la provision D/D + les paiements.

De part cette distinction, entre attritionnel et grave, il est important de préciser davantage la méthode de comptabilisation, c'est-à-dire de prise en compte et de suivi des sinistres dans chaque tranche.

## **5- Définition et gestion des sinistres graves**

La définition de « grave » est clé dans le provisionnement. C'est à partir de cette définition que les sinistres seront comptabilisés dans la tranche attritionnelle ou la tranche grave.

L'attribution d'un sinistre à telle ou telle tranche peut être faite à différent moment de la vie du sinistre. Cela peut être fait dès l'ouverture du sinistre, en cours de développement du sinistre, à temps donné précis ou à la clôture de celui-ci ...

Ce choix peut paraître anodin mais il a un véritable impact sur la donnée des triangles de liquidation et de ce fait, sur la détermination juste des provisions.

Nous exposerons ici différentes définitions possibles et ouvrirons une discussion dans le chapitre suivant sur celle choisie pour cette étude et ce qu'elle implique.

Pour définir la gravité, c'est la charge sinistre qui est analysée.

Avec le recul sur l'ensemble des possibilités, trois grandes options se dégagent :

- L'option « Grave selon évolution du sinistre » : cette option revient à regarder par année de développement dans quelle tranche se situe le sinistre. Si un sinistre est ouvert avec un montant de charge correspondant à la tranche attritionnelle, il sera alors en attritionnel. Si sa charge augmente et le fait passer en tranche grave, alors il sera

comptabilisé en tant que grave et sa charge passera dans le triangle des sinistres graves. Il est possible que la charge du sinistre fluctue faisant passer le sinistre d'une tranche à une autre selon ses variations.

Cette méthode a l'avantage d'être simple d'application et d'analyse. En revanche, cela implique potentiellement une importante variation de la charge des tranches d'une année de développement à une autre. Les cadences sont alors perturbées et des projections peuvent être erronées par ces changements de tranches venant perturber la modélisation. Cela a un impact sur la charge de la tranche et sur le nombre de sinistres de la tranche ;

- L'option « Grave un jour, grave toujours » : cette option consiste à observer le maximum de la charge atteinte au cours de la vie de chaque sinistre et ce, de son ouverture à la dernière date d'observation. Cette charge maximale permet de définir la tranche à laquelle appartient le sinistre pour l'ensemble de son développement : si la charge maximale atteinte par le sinistre est supérieure au seuil de grave défini, alors le sinistre sera comptabilisé en tant que grave pour chaque échéance même passée. Par cette catégorisation, un sinistre peut passer d'une tranche supérieure à une autre mais ne peut pas redescendre entre deux dates d'arrêtés ;
- L'option « Grave un jour, grave à partir de ce jour » : cette option se différencie de la précédente du fait qu'elle ne tient pas uniquement compte de la charge maximale mais aussi de l'année de passage du sinistre de la tranche attritionnelle à grave. Lorsque plus d'un seuil a été défini, l'option tient comptes des différentes années passage du sinistre d'une tranche à une autre. Cela en gardant la particularité de l'option précédente qu'un sinistre ne peut pas redescendre de tranche.  
Cette option se fait « sans reprise d'historique » : cela signifie que les précédents développements de sinistres qui passent d'une tranche à une autre restent dans la tranche précédente inférieure. Si un sinistre attritionnel passe grave, les observations futures seront dans le triangle de grave et les observations passées resteront dans le triangle attritionnel.

# III- Présentation des données

Le cœur de notre métier repose sur la donnée et sa qualité. Ce n'est pas sans raison que des exigences qualitatives sur les données sont rédigées dans les normes, notamment Solvabilité II. Ces normes permettent de donner un cadre pour les études et analyses effectuées sur les données d'une entreprise d'assurance. Afin que les calculs d'indicateurs et des modélisations garantissent une vision correspondante à la réalité de l'entreprise, de sa position dans le marché ainsi que de sa situation financière, des critères de qualité de données sont exigés.

Dans le cadre de Solvabilité II, les données doivent être « appropriées », « exhaustive » et « exacte ».

Dans cette partie, nous présenterons dans un premier temps les données récupérées sur lesquelles nous basons notre étude, dans un deuxième temps, nous analyserons ces données à l'aide de statistiques descriptives, puis dans un troisième temps, nous expliciterons les retraitements effectués sur les données.

Ces étapes sont nécessaires afin de comprendre les données manipulées et nettoyer la base qui nous servira pour la suite de l'étude.

Enfin, nous évoquerons la constitution des données d'entrée pour la construction des triangles de liquidation permettant la projection des celles-ci avec les méthodes présentées dans le chapitre introductif.

## 1- Composition de la base de données

Dans ce mémoire, la base de données utilisée correspond à l'agrégation de base de données des entités à l'étude. Un travail a été effectué sur la récupération de l'ensemble de ces bases et de leur qualité.

Dans ces bases, plus d'une cinquantaine de variables sont présentes. Il a été nécessaire de réduire cette base que ce soit en nombre de lignes ou en nombre de colonnes.

La base de données comporte une liste exhaustive variables telles que :

- L'identifiant : identifiant du dossier du sinistre, identifiant du contrat, identifiant du sous-dossier de la victime, identifiant du type entité de l'assuré, identifiant du souscripteur...
- Le type : type de sinistre, type de coût moyen appliqué par le gestionnaire...
- La somme : la somme des règlements, la somme des règlements depuis l'origine du sinistre, la somme des recours de la période, le coût du sinistre...
- La date : la date d'ouverture du sinistre, la date de clôture, la date d'ouverture pour un dommage particulier...

L'étude porte sur la Line Of Business Motor Third Liability et plus particulièrement, sur le segment de revue correspondant aux risques de la responsabilité civile automobile. Ce premier point permet de réduire considérablement la base en termes de lignes, de données de sinistres. Aussi, l'étude porte sur le provisionnement par triangle de liquidation et l'étude de nouveaux seuils. L'ensemble des variables ne sont pas nécessairement utiles pour la suite de l'étude. Il a été décidé de ne conserver que les variables apportant une information primordiale à l'étude.

La base de données a été réduite aux données essentielles.

Les principales variables conservées sont :

- L'identifiant unique d'un sinistre ;
- L'identifiant de la sous-catégorie de réassurance ;
- Le type de sinistre ;
- Le code d'état du sinistre.

Des variables ont également été créés à partir de la sous-catégorie de réassurance :

- Le segment de risque ;
- Le segment de revue ;
- La Line Of Business ;

Les principales variables quantitatives utilisées sont celles permettant la recherche de nouveaux seuils et la création des triangles de liquidation tels que :

- L'année de survenance ;
- L'année comptable ;
- Le montant de paiements ;
- Le coût ;
- Le montant de recours ;
- La provision dossier/dossier ;

L'année de développement a également été créée à partir des variables de date.

Pour la suite du mémoire, il est important de préciser que nous nous intéresserons à la charge nette de recours, c'est-à-dire la charge moins les recours. Dans le cadre de l'étude d'une branche à développement long, l'étude et la projection de la charge sont privilégiées. Le fait est que, pour les sinistres à développement long, les premiers règlements peuvent arriver plus tardivement que pour les sinistres à développement court. Le paiement des sinistres des branches à développement long peut se faire plusieurs années après la souscription, c'est le cas notamment de la responsabilité civile ou de l'assurance décennale.

Des contrôles ont été effectués sur les données. Parmi ces contrôles, il a par exemple été contrôlé les éléments suivants : la date d'ouverture est bien supérieure à la date de survenance, la date d'année comptable est supérieure à la date de survenance, la somme de la charge et des paiements est bien égale à la provision, il n'y a pas de doublons de ligne...

Une réconciliation des données sur une entité et une année a également été effectuée sur les sinistres de responsabilité civile automobile.

Un contrôle de pourcentage de complétion de la base a été effectué avec des résultats très satisfaisant.

## **2- Retraitement des données**

### **i. Retraitement des anomalies de données**

La récupération et de la construction de la base de données servant à l'ensemble de l'étude est une étape clé pour notre étude. C'est pourquoi certains retraitements sont indispensables afin d'obtenir la base de données préalable à une modélisation correcte et en définitive une bonne interprétation des résultats en sortie.

Les anomalies dans les données ont été corrigées. Parmi celles-ci les plus importantes sont :

- Des sinistres qui ont parfois une date de comptabilisation inférieure à la date de survenance : les lignes des sinistres correspondant à ces anomalies ont été retirées de la base après avoir vérifié de la cohérence des autres développement de ces sinistres ;
- Des sinistres dont la date de clôture est inférieure à la date de comptabilisation : cela a été retraité de la même façon que pour l'anomalie précédent ;
- Des mouvements de sinistres répétés : les anomalies de doublons ont également été retirées de la base de données en vérifiant bien l'unicité.

### **ii. Retraitement des effets taux**

Sur la base de données créées, les provisions des inventaires 2016 à 2020 ont été retraitées des impacts des taux ANC à partir d'une méthode de mise en As-If. Les rentes potentielles (sinistres corporels) sont incluses dans les triangles de provisions. Elles sont calculées selon les règles de l'article A331.10 du code des assurances (avec un taux d'actualisation qui est fonction du TME).

Dans le cadre des études de ce mémoire, les provisions des inventaires 2016 à 2020 sont recalculées en retenant le taux de 2015 à la place de celui des comptes sociaux, c'est-à-dire 60% du taux TME moyen sur 24 mois + 10 bps.

Le taux TME 24 mois + 10 bps correspond au taux moyen en cours des vingt-quatre derniers mois des emprunts de l'Etat français majoré de 10 points de base. Le taux TME au 31/12/2019 par exemple est de 0,45%.

Il est ainsi possible de quantifier l'écart entre les provisions brutes retraitées et non retraitées.

En appliquant ce retraitement, les coefficients de développement des survenances retraités des effets de taux sont modifiés si nous comparons à un triangle non retraité.

En définitive, nous obtenons le triangle de charges RC Auto dans lequel les charges des inventaires 2016 à 2020 correspondent à une mise en As-If des charges au taux d'actualisation de 2015.

La méthode de mise en As-If permet d'estimer la charge en valeur actualisée des sinistres par l'application d'un coefficient-taux par année de survenance des sinistres.

C'est à partir de ce triangle que nous déterminerons les coefficients de développement par l'application de la méthode Chain Ladder pour la détermination des charges ultimes des modèles.

Le retraitement de ces données impacte majoritairement les sinistres des tranches élevées. En effet, les sinistres en rentes potentielles sont des sinistres corporels. Ces sinistres corporels ont une charge moyenne beaucoup plus importante que les sinistres matériels du segment de risque RC Auto. C'est pour cette raison que le retraitement des taux impacte majoritairement les sinistres au coût élevé.

### **3- Statistiques descriptives**

Dans cette partie, nous allons nous familiariser avec les données récupérées. L'idée est de comprendre de quoi est composé notre base de données. Il est indispensable de savoir, selon diverses caractéristiques, quel type de sinistre seront plus en compte dans l'analyse et quels sinistres seront projetés lors du provisionnement.

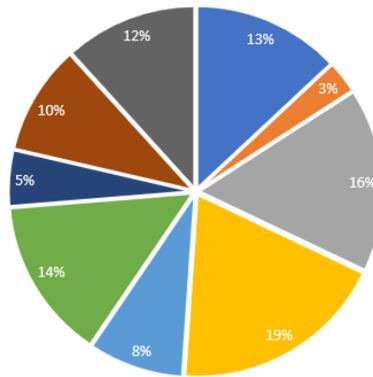
Pour cette partie, nous nous sommes restreints aux données comptables de 2019.

La base est ainsi composée de 12 187 811 sinistres uniques à fin 2019.

*Des données sensibles du Groupe et des entités étant utilisées, les graphiques affichés sont anonymisés et les données modifiées pour des raisons de confidentialité.*

Ci-dessous le graphique de la répartition du nombre de sinistres total par caisse :

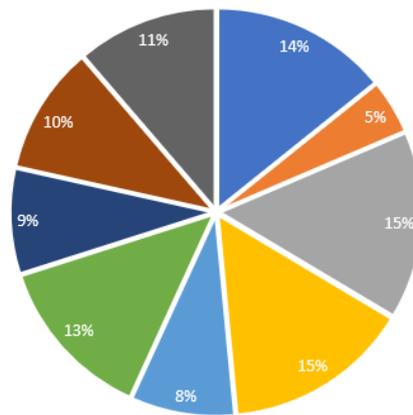
Répartition du nombre de sinistres total par caisse



Graphique III.1 : Répartition du nombre de sinistres total par caisse

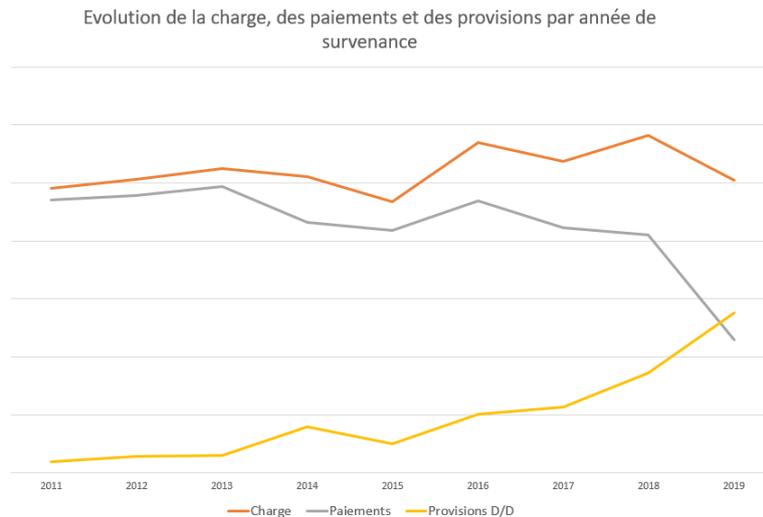
Et celui de la répartition de la charge total par caisse :

Répartition de la charge totale par caisse



Graphique III.2 : Répartition de la charge totale par caisse

Il peut être intéressant de tracer l'évolution de la charge, des paiements et des provisions D/D par année de survenance :



Graphique III.3 : Evolution de la charge, des paiements et des provisions D/D par année de survenance

Nous remarquons bien la différence entre les années de survenance passées et les années de survenance récentes. La provision D/D positionnée est plus importante pour les années récentes étant donné que les sinistres n'ont pas encore évolué et que les paiements n'ont pas encore tous été effectués.

Les sinistres peuvent être distingués en deux catégories :

- les sinistres clos ;
- les sinistres en cours.

Etat sinistre	Nombre	Charge	Coût Moyen
En cours	9%	47%	20 375
Clos	91%	53%	2 197

Tableau III.4 : Part des sinistres Clos et En cours par rapport au total

Il est intéressant de garder les deux catégories de sinistres dans la suite de l'étude. En effet, le nombre de sinistre « en cours » correspond à 9% du nombre de sinistre total et représente 47% de la charge totale du segment RC Auto. Ce sont en grande partie ces sinistres que nous cherchons à estimer dans nos projections en ayant la grande quantité d'information que nous apportent les sinistres clos et leur développement.

Leur coût moyen est supérieur à celui des sinistres clos. Cela signifie que la provision D/D estimée par les gestionnaires est prudente et que les sinistres ont tendance à voir leur coût diminué avec le temps. Des bonis ont donc ainsi tendance à être effectués au moment de la clôture du sinistre comparativement à son montant à l'ouverture.

Aussi, les sinistres encore « en cours » sont composés en partie par des sinistres récents qui n'ont donc pas encore évolué dans le temps et en partie par des sinistres avec un développement

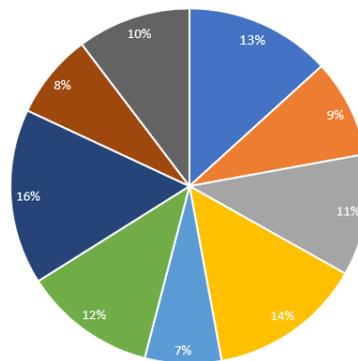
longs caractéristiques des sinistres compliqués en termes de gestion et qui ont en moyenne une charge supérieure.

Dans le cadre des travaux de ce mémoire, nous nous intéresserons à la branche Responsabilité Civile Automobile. Regardons plus en détail les statistiques descriptives sur cette branche.

Le nombre total de sinistres en RC Auto est de 1 287 227 sinistres uniques.

Ci-dessous la répartition du nombre de sinistres en RC Auto par caisse :

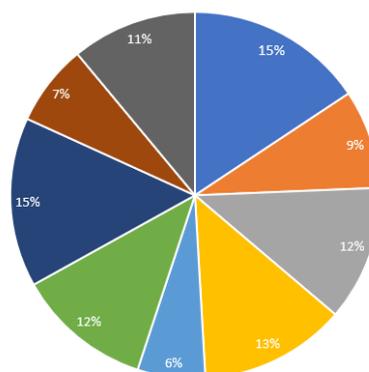
Répartition du nombre de sinistres total en RC Auto par caisse



Graphique III.5 : Répartition du nombre de sinistres en RC Auto par caisse

Et la répartition de la charge totale du segment RC Auto par caisse :

Répartition de la charge totale en RC Auto par caisse



Graphique III.6 : Répartition de la charge totale en RC Auto par caisse

La répartition de la charge totale de RC Auto est telle que :

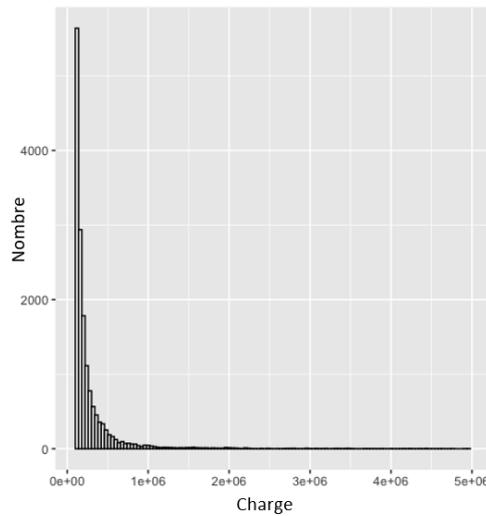
Segment de revue	Moyenne	Minimum	Maximum	Quantile 25%	Quantile 50%	Quantile 75%	Quantile 95%	Quantile 99%	Quantile 99,5%
04_auto_rc	3 421	0	22 073 010	723	1 242	1 446	4 695	21 576	52 040

Tableau III.7 : Répartition de la charge totale du risque RC Auto

Le coût minimum d'un sinistre est de 0 euro (certainement à la revue du coût d'un sinistre), le coût maximum est de 22 millions d'euros.

Le coût moyen d'un sinistre est de 3 421 euros.

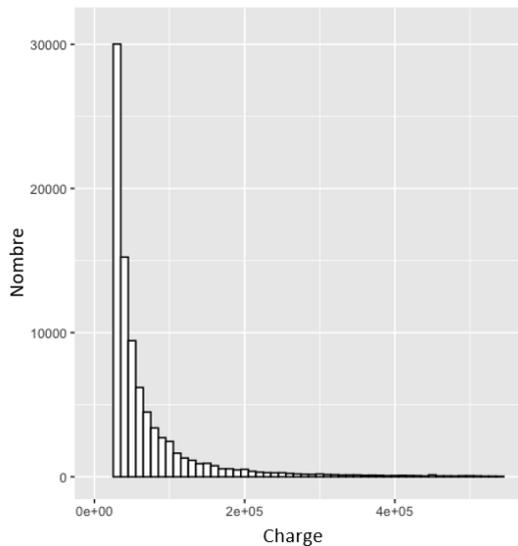
Ci-dessous l'histogramme des sinistres selon la charge en RC Auto :



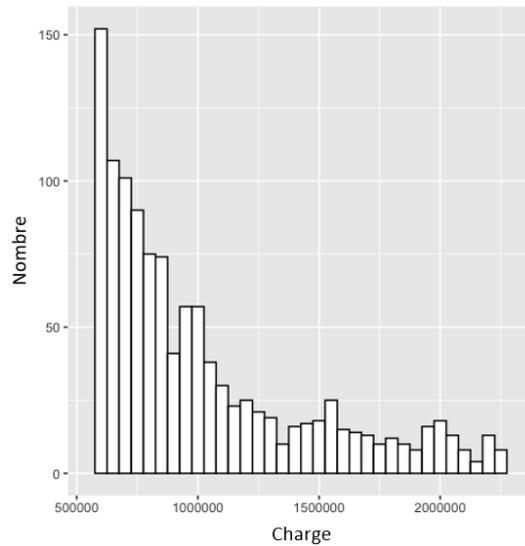
Graphique III.8 : Histogramme des sinistres selon la charge en RC Auto

Un filtre a été appliqué étant donné le nombre de petits sinistres présents en base.

En limitant d'avantage sur la partie gauche de l'histogramme et la partie, nous obtenons ces répartitions :



Graphique III.9 : Histogramme de la charge en RC Auto – zoom à gauche



Graphique III.10 : Histogramme de la charge en RC Auto – zoom à droite

Ce que nous montre ces graphiques est l'importante quantité de petits sinistres confirmé par le résultat des différents quantiles. Seulement 0,5% des sinistres ont une charge totale supérieure à 52040 euros.

Dans la partie suivante, nous abordons la construction des triangles basés sur les données présentées dans cette partie.

## 4- Construction des triangles à partir des données

Les méthodes de projection à partir des triangles de liquidation ont l'avantage de nécessiter des données simples à construire une fois ces données correctement retraitées.

Les méthodes des triangle de liquidation et des méthodes de projection présentées dans la partie II-2 sont appliquées.

Par souci de confidentialité sur certaines données sensibles du Groupe et des entités, les données présentées dans cette partie ne correspondent pas aux données réelles. Les montants ont été modifiés.

En effectuant un tableau à double entrée, avec en ligne les années de survenance et en colonne les années de développement, nous obtenons par exemple ce triangle de charges :

Année de développement	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Année de survenance																									
1996	39 043	40 463	37 503	36 238	35 223	35 545	34 770	33 858	33 822	33 229	33 223	32 312	32 226	32 195	32 475	32 239	31 837	31 853	31 910	31 899	31 899	31 901	31 902	31 932	
1997	49 618	50 233	46 647	46 361	46 578	44 068	43 845	44 017	44 333	45 037	45 665	46 155	47 620	48 654	47 718	48 866	50 641	49 422	51 115	52 032	51 701	51 426	51 113	-	
1998	48 315	48 913	46 816	43 788	42 193	41 878	41 633	42 578	42 479	42 475	42 495	42 438	44 250	44 071	42 836	43 436	43 523	44 182	44 597	44 676	48 289	48 221	-	-	
1999	42 586	46 219	44 535	42 018	41 364	41 206	38 857	38 296	38 175	37 337	37 306	37 664	37 852	37 805	40 082	41 309	41 923	42 380	43 912	43 902	43 827	-	-	-	
2000	39 667	44 838	41 813	40 538	40 472	40 430	39 261	38 998	38 265	39 518	39 735	39 405	39 290	37 985	36 626	35 391	35 453	35 455	35 380	35 369	-	-	-	-	
2001	47 090	51 516	48 056	47 161	46 476	43 661	43 888	43 457	43 755	43 753	43 639	46 125	46 292	46 512	44 938	43 003	42 998	43 087	43 089	-	-	-	-	-	
2002	50 080	51 185	47 718	46 271	43 663	43 750	42 616	41 904	39 416	39 619	40 022	39 644	39 428	39 154	39 140	39 120	39 125	39 103	-	-	-	-	-	-	
2003	41 369	44 151	40 034	38 199	33 231	30 586	31 020	30 136	29 824	29 892	29 940	29 954	29 956	29 851	29 832	29 550	29 559	-	-	-	-	-	-	-	
2004	51 204	51 046	48 647	44 212	42 291	38 410	35 995	36 298	35 342	35 283	35 646	35 488	35 664	35 622	35 906	35 714	-	-	-	-	-	-	-	-	
2005	41 470	43 944	39 397	36 470	35 825	35 832	35 034	35 237	33 904	33 820	33 715	33 071	33 453	33 564	33 537	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2006	43 117	45 114	43 219	40 815	39 621	39 014	38 237	37 751	37 867	37 610	37 151	38 129	38 264	37 982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2007	32 904	40 944	37 705	37 518	36 202	35 235	33 884	36 243	36 325	36 554	36 459	36 236	36 140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2008	27 025	35 517	34 572	35 691	36 167	36 623	36 693	36 923	32 631	32 886	31 311	31 245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2009	25 831	35 271	37 403	37 172	38 099	37 722	39 070	38 841	38 521	38 234	38 523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2010	24 740	38 679	39 592	40 058	40 037	40 279	40 415	42 606	42 817	43 017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2011	29 758	37 932	37 299	37 163	36 707	38 002	36 433	34 358	34 197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2012	30 914	51 107	50 776	50 093	50 427	48 875	48 087	48 202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2013	35 498	42 851	43 473	43 666	42 294	40 416	41 004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2014	45 374	72 632	74 104	73 426	70 913	75 697	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2015	41 228	49 884	48 852	49 152	49 681	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2016	39 480	53 433	50 547	50 830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2017	34 619	50 620	51 593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2018	31 121	37 082	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2019	28 080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	920 221	

Tableau III.11 : Triangle de charges nettes en K€

Ce tableau donne le déroulé de la charge nette de recours.

La valeur de coordonnées (2006 ; 4) correspond à la somme de la charge nette de recours des sinistres survenus en 2006 dont la charge est vue après 4 années de développement.

De la même manière sont construits les triangles de nombre et de coefficients de passage :

Année de développement	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Année de survenance																									
1996	3	5	6	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
1997	10	8	8	10	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
1998	6	7	7	6	5	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
1999	4	7	6	6	6	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
2000	1	3	3	3	4	4	5	6	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
2001	5	7	6	6	6	6	6	6	5	4	4	5	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2002	8	10	10	9	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2003	2	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2004	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2005	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2006	6	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2007	7	6	5	9	8	7	6	7	8	8	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
2008	2	4	3	5	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
2009	2	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2010	1	2	3	3	3	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2011	4	7	7	8	9	9	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
2012	2	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2013	5	5	8	9	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2014	6	12	15	15	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
2015	12	14	12	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
2016	10	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
2017	5	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
2018	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
2019	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Total	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	

Tableau III.12 : Triangle de nombres

Année de développement	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Année de survie																								
1996	1,02	0,93	0,98	0,96	1,01	0,98	0,99	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
1997	1,02	0,92	0,98	0,95	0,94	1,00	0,99	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	0,99	0,99	1,01		
1998	0,98	0,95	0,94	0,95	0,96	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01		
1999	1,02	0,95	0,94	0,98	0,99	0,93	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,00	1,01	0,99	0,99	1,00			
2000	1,02	0,99	0,97	0,99	0,99	0,97	0,98	1,00	1,01	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
2001	1,07	0,91	0,98	0,98	0,94	0,99	0,99	0,99	1,00	0,98	1,01	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00				
2002	1,04	0,95	0,97	0,94	0,99	0,97	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
2003	1,07	0,90	0,95	0,94	0,94	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00							
2004	1,02	0,94	0,91	0,94	0,95	1,00	1,01	0,99	1,00	1,01	0,99	1,00	1,01	1,00	1,01	0,99								
2005	1,06	0,91	0,92	0,97	0,99	0,97	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00									
2006	1,05	0,94	0,91	0,96	0,98	1,00	0,99	1,01	0,99	0,98	1,02	1,01	0,99											
2007	1,20	0,90	0,95	0,97	1,00	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	0,99	1,00												
2008	1,23	0,97	0,94	0,99	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00													
2009	1,29	0,91	0,98	0,99	0,99	1,02	1,00	1,00	0,98	1,01														
2010	1,27	1,02	0,99	0,98	0,99	1,00	1,01	0,99	0,99															
2011	1,29	0,96	0,98	1,00	1,01	1,00	0,97	0,99																
2012	1,28	0,94	0,98	1,00	0,97	0,98	1,02																	
2013	1,28	0,97	1,00	0,96	0,97	0,99																		
2014	1,30	1,02	0,97	0,92	1,04																			
2015	1,14	0,99	0,97	1,00																				
2016	1,22	0,94	1,00																					
2017	1,23	1,00																						
2018	1,22																							

Tableau III.13 : Triangle de coefficients de passages

En appliquant la méthode Chain Ladder, nous pouvons obtenir ce triangle projeté de la charge nettes de recours de l'exemple :

Année de développement	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Année de survie																									
1996	39 043	40 463	37 503	36 238	35 223	35 545	34 770	33 858	33 822	33 229	33 223	32 912	32 226	32 195	32 475	32 239	31 837	31 853	31 910	31 899	31 899	31 901	31 902	31 932	
1997	49 618	50 235	46 847	46 361	46 578	44 068	43 845	44 017	44 333	45 037	45 665	46 155	47 620	48 854	47 718	48 866	50 641	49 422	51 115	52 052	51 701	51 426	51 113	51 161	
1998	48 315	48 913	46 816	43 788	42 153	41 878	41 633	42 578	42 479	42 475	42 495	42 438	44 250	44 071	42 836	43 436	43 533	44 182	44 597	44 676	48 289	48 211	48 040	48 085	
1999	42 586	46 219	44 535	42 018	41 264	41 206	38 857	38 296	38 175	37 337	37 306	37 664	37 852	37 805	40 082	41 309	41 923	42 380	43 912	43 902	43 827	43 714	43 550	43 591	
2000	39 667	44 838	41 813	40 538	40 472	40 430	39 261	38 398	38 265	39 518	39 735	39 405	39 290	37 985	36 626	35 391	35 453	35 455	35 380	35 369	36 026	35 933	35 799	35 832	
2001	47 090	51 516	48 056	47 161	46 476	43 661	43 888	43 457	43 755	43 753	43 639	46 125	46 292	46 512	44 938	43 003	42 998	43 087	43 089	43 290	44 094	43 980	43 816	43 857	
2002	50 080	51 185	47 718	46 271	43 863	43 750	42 616	41 904	39 416	39 619	40 022	39 644	39 428	39 154	39 140	39 120	39 125	39 103	39 753	39 938	40 681	40 576	40 424	40 462	
2003	41 369	44 151	40 034	38 159	33 231	30 586	31 020	30 136	29 824	29 862	29 940	29 954	29 956	29 851	29 832	29 550	29 559	29 731	30 225	30 366	30 931	30 851	30 755	30 764	
2004	51 204	51 046	48 647	44 212	42 291	38 410	35 995	36 298	35 342	35 283	35 646	35 488	35 664	35 622	35 906	35 714	35 844	36 053	36 652	36 823	37 508	37 411	37 271	37 306	
2005	41 470	43 944	39 397	36 470	35 825	35 832	35 034	35 237	33 904	33 820	33 715	33 071	33 453	33 564	33 537	32 877	32 997	33 190	33 742	33 899	34 529	34 440	34 311	34 343	
2006	43 117	45 114	43 219	40 815	39 621	39 014	38 237	37 751	37 867	37 610	37 131	38 129	38 264	37 982	37 704	36 963	37 098	37 314	37 934	38 111	38 820	38 719	38 574	38 611	
2007	32 994	40 944	37 705	37 518	36 202	36 235	35 884	36 243	36 525	36 554	36 459	36 236	36 140	36 019	35 756	35 053	35 180	35 386	35 974	36 142	36 814	36 718	36 581	36 615	
2008	27 025	35 517	34 572	35 691	36 167	36 623	36 693	36 923	32 631	32 886	31 311	31 245	31 353	31 248	31 020	30 410	30 521	30 699	31 209	31 355	31 938	31 855	31 736	31 766	
2009	25 831	35 371	37 403	37 172	38 099	37 722	39 070	38 841	38 521	38 234	38 323	38 502	38 636	38 506	38 225	37 474	37 610	37 829	38 458	38 638	39 356	39 354	39 144	39 144	
2010	24 740	38 679	39 592	40 058	40 037	40 279	40 415	42 606	42 817	43 017	42 545	42 523	42 670	42 527	42 217	41 387	41 537	41 779	42 474	42 672	43 465	43 353	43 191	43 231	
2011	29 758	37 932	37 299	37 163	36 707	38 002	36 433	34 358	34 197	34 187	33 811	33 793	33 911	33 797	33 550	32 890	33 010	33 203	33 755	33 912	34 543	34 453	34 324	34 356	
2012	30 914	51 107	50 776	50 093	50 427	48 875	48 087	48 202	47 110	47 095	46 578	46 553	46 715	46 559	46 219	45 310	45 475	45 740	46 501	46 717	47 586	47 463	47 285	47 329	
2013	35 498	42 851	43 473	43 866	42 294	40 416	41 004	41 052	40 122	40 109	39 669	39 647	39 785	39 652	39 362	38 588	38 729	38 955	39 603	39 787	40 527	40 422	40 270	40 308	
2014	45 374	72 632	74 104	73 426	70 913	75 697	75 592	75 679	73 965	73 941	73 130	73 091	73 345	73 099	72 565	71 138	71 397	71 814	73 008	73 948	74 711	74 518	74 239	74 309	
2015	41 228	49 884	48 652	49 152	49 681	50 278	50 209	50 267	49 128	49 113	48 574	48 548	48 716	48 553	48 198	47 251	47 423	47 699	48 492	48 718	49 624	49 496	49 310	49 357	
2016	39 480	53 433	50 547	50 830	50 132	50 735	50 664	50 723	49 574	49 558	49 015	48 988	49 159	48 994	48 636	47 680	47 853	48 132	48 933	49 161	50 075	49 945	49 758	49 805	
2017	34 619	50 620	51 593	51 518	50 812	51 422	51 351	51 411	50 246	50 230	49 679	49 652	49 825	49 658	49 295	48 326	48 502	48 785	49 596	50 422	50 733	50 622	50 432	50 480	
2018	31 121	37 082	36 938	36 884	36 378	36 815	36 764	36 807	35 973	35 962	35 367	35 348	35 672	35 552	35 292	34 598	34 724	34 927	35 598	35 673	36 336	36 242	36 107	36 141	
2019	28 080	38 594	38 444	38 388	37 862	38 317	38 264	38 308	37 440	37 428	37 018	36 998	37 126	37 002	36 732	36 009	36 141	36 351	36 956	37 128	37 818	37 721	37 579	37 615	
Total	920 221	1 102 171	1 065 483	1 043 632	1 022 549	1 015 796	1 005 587	1 003 351	985 431	985 887	980 395	981 709	987 350	984 562	977 862	964 581	969 099	973 067	988 776	993 384	1 011 850	1 009 235	1 005 454	1 006 399	

Tableau III.14 : Triangle de charges nettes projetées sur 23 ans en K€

Nous obtenons ainsi à partir de ce triangle la Charge Ultime nette de recours par année de survie :

	Charge Ultime
1996	31 932
1997	51 161
1998	48 085
1999	43 591
2000	35 832
2001	43 857
2002	40 462
2003	30 764
2004	37 306
2005	34 343
2006	38 611
2007	36 615
2008	31 766
2009	39 144
2010	43 231
2011	34 356
2012	47 329
2013	40 308
2014	74 309
2015	49 357
2016	49 805
2017	50 480
2018	36 141
2019	37 615
<b>Total</b>	<b>1 006 399</b>

Tableau III.15 : Tableau exemple de la Charge Ultime nette de recours obtenue par Chain Ladder par année de survenance et au total en K€

La charge ultime obtenue sur cette exemple est de 39 144 K€ pour l'année de survenance 2009, et de 1 006 399 K€ au total. Ces montants sont calculés par méthode de projection Chain-Ladder et correspondent à la valeur de la charge du dernier développement du triangle.

Ce procédé a été appliqué avec différentes hypothèses et méthodologies sur plusieurs années d'arrêtés ainsi qu'avec plusieurs seuils dans les parties suivantes.

Dans la partie suivante, nous revenons sur l'ensemble des choix méthodologiques et les hypothèses fixées pour nos travaux.

# IV- Prémices de l'étude : périmètre, choix et hypothèses

## 1- Rappel du périmètre de l'étude

Cette partie résume les différentes restrictions du périmètre d'étude qui ont été introduites dans les premiers chapitres.

L'étude rentre dans le cadre du risque de souscription non-vie défini par Solvabilité II. Le sujet porte sur le provisionnement rattaché à ce risque, c'est-à-dire sur la partie provisionnement non-vie.

Dans ce risque, le sous-module concerné est le risque de réserve et de prime. L'étude est faite en norme Solvabilité.

Dans le cadre de ce mémoire au sein de Groupama, l'analyse est portée sur le périmètre agrégé des neuf Caisses Régionales (CR) métropolitaines. Une vision Groupe est calculée via l'agrégation de l'ensemble des données des caisses. Cela donne ainsi une vision « Toutes caisses » à partir de laquelle les triangles de charges seront construits.

Dans certaines entités du Groupe Groupama Assurances Mutuelles, les sinistres lié au risque de Responsabilité Civile Automobile peuvent représenter jusqu'à 20% de la charge totale et près de 40% des provisions constituées pour les sinistres à payer. Cette particularité de la branche à développement long qu'est la Responsabilité Civile Automobile fait d'elle un véritable point d'attention lors des arrêtés comptables. Un focus a été fait sur le risque de Responsabilité Civile Automobile, présent dans la LOB 04\_MTPL dans le segment de revue 04\_auto\_rc.

La sinistralité de ce segment de revue est analysée selon la charge des sinistres : c'est-à-dire la provision Dossier/Dossier (D/D) plus les paiements et sur des données nettes de recours. Le triangle des charges sinistres contient une information supplémentaire par rapport au triangle de paiements, à savoir le montant des provisions dossiers/dossiers.

## 2- Choix et hypothèses retenus

Dans le but d'interpréter de manière cohérente avec l'objectif recherché, d'analyser les données pour trouver des seuils de séparation de la base de sinistralité selon le coût des sinistres et de vérifier la robustesse des nouvelles méthodes proposées, des hypothèses et des choix ont été retenues sur les données et la méthodologie :

## **i. Sur les données :**

- La première est sur la situation des sinistres : ouvert, clos, ou en cours. Au vu des statistiques effectuées dans la partie précédente, il a été décidé de considérer l'ensemble de la base de sinistralité sur ce point. La part des sinistres en cours représente 9% du nombre de sinistre total et représente 47% de la charge totale du segment RC Auto. Ce sont en grande partie ces sinistres que nous cherchons à estimer dans nos projections en ayant la grande quantité d'information que nous apportent les sinistres clos et leur développement.
- Compte tenu de la perturbation des données sur 2020 du fait de la crise du Covid, les données ont été sélectionnées en prenant le soin de ne pas prendre en considération les données de 2020. Il a été constaté sur les données qu'elles ont été fortement perturbées durant cette année en raison de la survenance du Covid et de l'ensemble des mesures transitoires de sécurité à l'échelle de la nation.
- Les données utilisées pour l'étude des seuils sont les données vues au Q4 2019. Les sinistres récents comme les plus anciens ont été pris en compte de la même façon.
- Sur les données des triangles de liquidation, l'historique remonte à 1996. Les survenances de sinistres vont ainsi de l'année 1996 à 2019, de même pour les années comptables. Cet historique permet de déterminer les coefficients de passage, le cadencement et les projections sur de nombreuses années. Les données sont donc bien appropriées et exhaustives.

## **ii. Sur la méthodologie :**

- Pour respecter les normes et les estimateurs présentés, des méthodes déterministes, statistiques et stochastiques sont appliquées afin de calculer et d'approcher les montants Best Estimate et de PRI. Parmi les diverses méthodes existantes aujourd'hui, nous utilisons au sein de la vision Groupe, la méthode de Chain Ladder et la méthode de Bonhuetter-Ferguson pour déterminer le BE, et la méthode de Mack et de rééchantillonnage Bootstrap est utilisée pour approcher la PRI.
- Pour le choix de la comptabilisation des graves dans les triangles, trois méthodes ont été présentées. Le choix a été fait d'adopter la même méthode de comptabilisation pour les différents modèles proposés. L'option « Grave selon évolution du sinistre » a été retenue : cette option revient à regarder par année de développement dans quelle tranche se situe le sinistre. Si un sinistre est ouvert avec un montant de charge correspondant à la tranche

attritionnelle, il sera alors en attritionnel. Si sa charge augmente et le fait passer en tranche grave, alors il sera comptabilisé en tant que grave et sa charge passera dans le triangle des sinistres graves. Il est possible que la charge du sinistre fluctue et le fasse passer d'une tranche à une autre selon ses variations.

- Les triangles de charges peuvent être construits de différentes manières. Deux méthodologies sont à distinguer. Les triangles créés par tranche sont conçus soit avec une approche dite « sous-crête sur-crête », soit par une approche dite « au premier euro ».
  - **L'approche « sous-crête sur-crête »** : signifie sous le seuil d'écrêtement ou supérieur au seuil d'écrêtement. Le seuil d'écrêtement est ici représenté par le seuil qui différencie les sinistres attritionnels des graves. Elle se caractérise par l'allocation de la partie de la charge du sinistre dépassant le seuil d'écrêtement à la tranche supérieure, la tranche des sinistres supérieurs au seuil d'écrêtement. La charge du sinistre présente dans la tranche attritionnelle, la tranche sous le seuil d'écrêtement, est plafonné par le niveau de ce seuil. Un schéma explicatif sera présenté à l'aide d'un exemple une fois avoir présenté la méthode « au premier euro ».
  - **L'approche « au premier euro »** : signifie que la charge du sinistre est considérée dès le premier euro de la charge dans une des tranches créées. Si la charge du sinistre est inférieure au seuil défini, alors il sera comptabilisé en attritionnel. Si la charge du sinistre est supérieure au seuil, alors l'entièreté de sa charge sera comptabilisée dans la tranche grave.

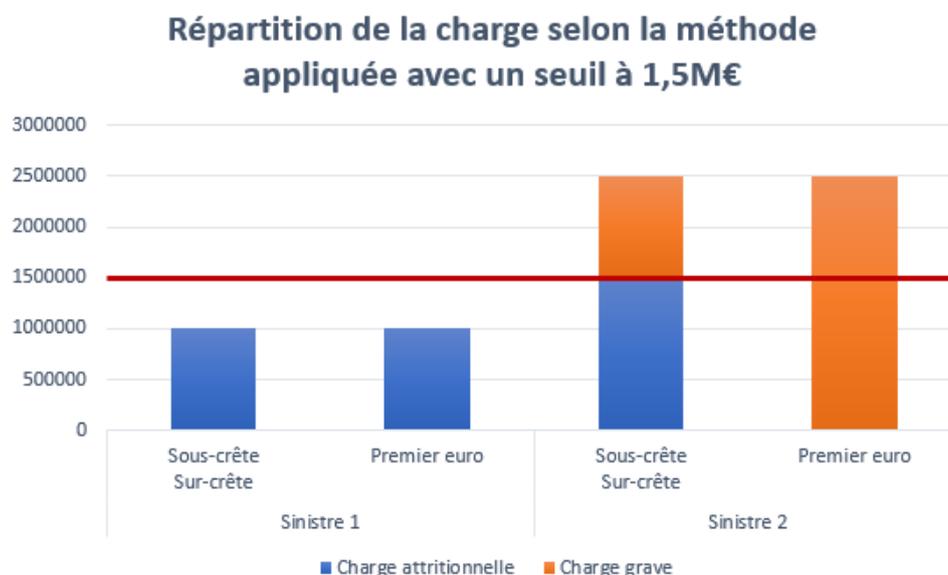


Figure IV.1 : Exemple explicatif différenciant la méthode sous-crête sur-crête de la méthode au premier euro

Le choix entre les deux méthodes n'est pas arrêté, ce choix est encore à l'étude et fera l'objet d'analyses. C'est pourquoi ces deux méthodologies seront testées dans la partie analytique.

- La méthodologie utilisée pour déterminer l'IBNR XS sur plusieurs arrêts est celle du nombre moyen projeté multiplié par le coût moyen estimé approché par méthode statistique. Les résultats des différentes méthodes étant sensiblement proche, le choix a été fait d'utiliser la méthode la plus simple et rapide d'exécution.
- Le choix méthodologique fait pour la détermination de la **Provision pour Risque et Incertitude** (PRI), une marge pour risque groupe, est défini par une approche 70/30. Le choix s'appuie sur méthodologie qui permet de mesurer le degré de prudence dans le calcul des provisions de sinistres et se positionne sur un quantile à 70% d'une loi log-normale ajusté par les calculs des moments. Le choix est fait de prendre une loi-log normale et le quantile à 70%. Le montant de PRI déterminé sera pris en considération et interprété, le quantile pourra être revu à la hausse ou à la baisse.

## **V- La segmentation des sinistres et indicateurs**

Pour rappel, la segmentation de la sinistralité a un rôle clé dans la connaissance de la sinistralité et l'estimation la plus juste de la provision. L'enjeu repose sur la création de groupes homogènes.

Dans cette étude, ces groupes ont été créés sur le segment de revue 04\_auto\_rc en fonction de la charge des sinistres.

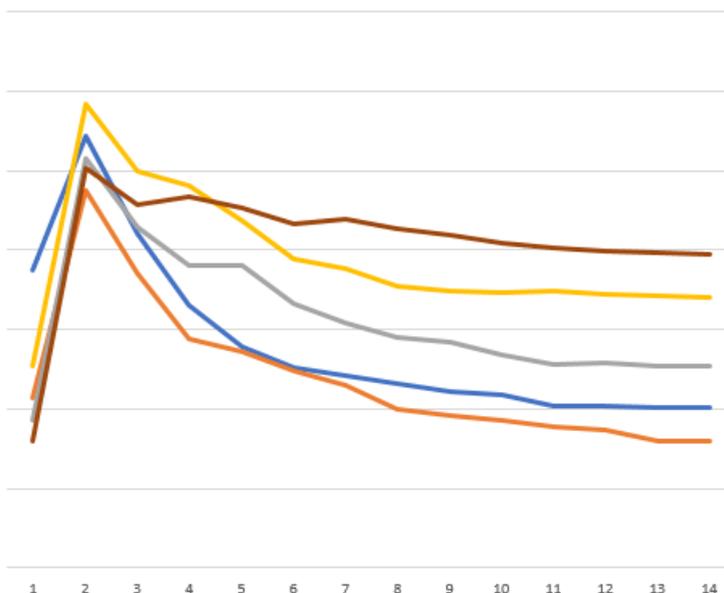
C'est ce point spécifique qui est abordé dans cette partie : la recherche de seuils à partir de méthodes statistiques dans le but de challenger le seuil actuel. Des méthodes d'estimation alternatives sont également présentées dans le but d'apporter une autre vision des modélisations et d'améliorer l'analyse des résultats au chapitre suivant.

### **1- Analyse du seuil actuel**

Historiquement à Groupama, un tranchage de la sinistralité est fait sur ce segment de revue. Il a été décidé de séparer les sinistres selon leur charge à partir d'un seuil fixé à 1,5M€. Les sinistres situés en dessous de ce seuil appartiennent à la tranche « Attritionnelle », les sinistres supérieurs à celui-ci appartiennent à la tranche « Grave ».

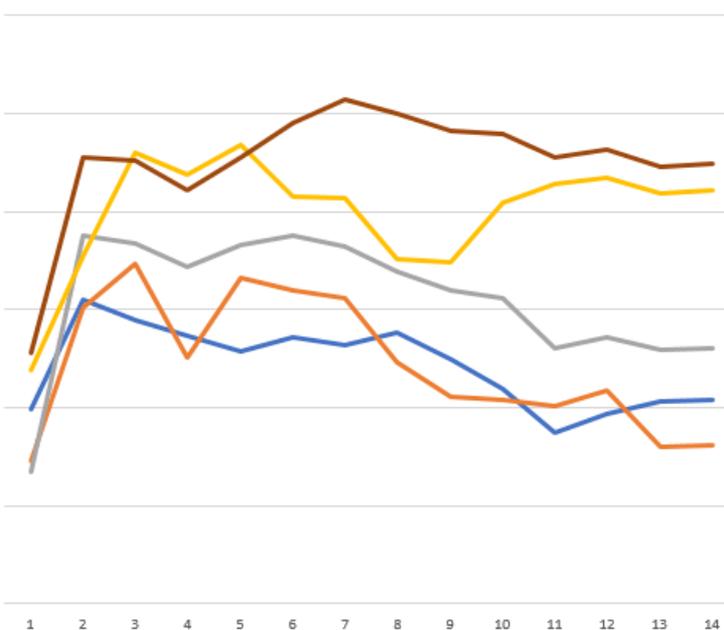
Il est intéressant d'analyser l'évolution de la charge des sinistres attritionnels et des sinistres graves du segment RC Automobile avec le seuil actuel.

Evolution de la charge des sinistres attritionnels (<1,5M€)



Graphique V.1 : Evolution de la charges des sinistres attritionnels (<1,5M€) par année de développement en fonction de l'année de survenance

Evolution de la charge des sinistres graves (>1,5M€)



Graphique V.2 : Evolution de la charges des sinistres graves (>1,5M€) par année de développement en fonction de l'année de survenance

Par principe de confidentialité sur certaines données sensibles du Groupe et des entités, les graphiques ont été tronqués. L'information interprétée de ces graphiques ne portant pas sur les montants mais sur l'évolution et l'allure de la charge, les graphiques comportent l'ensemble de l'information nécessaire pour l'analyse faite.

L'axe des abscisses représente les années de développement.

L'axe des ordonnées représente la charge de sinistralité nette de recours.  
Les différentes couleurs de courbes représentent chacune une année de survenance.

En comparant ces deux représentations graphiques, les charges ultimes des deux groupes actuels, groupes des attritionnels et groupes des graves, ont un comportement différent. Le développement de la charge des sinistres de la tranche attritionnelle est beaucoup plus stable que celle des sinistres de la tranche grave. Cette interprétation est bien sûr à relativiser au poids de la tranche, mais c'est de ce constat sur la variation importante du cadencement des sinistres graves qu'une réflexion plus poussée et une recherche de précision nées.

Au vu des observation sur la pertinence des seuils actuels, la détermination de nouveaux seuils semble importante. Pour ce faire, la Théorie des Valeurs Extrêmes va être présentée et utilisée dans la partie suivante dans le but d'affiner la répartition actuelle.

## **2- Méthodes d'estimation de seuil : rappel de TVE, POT, MEP, Hill**

La Théorie des Valeurs Extrêmes (TVE) est un outil essentiel pour la bonne réalisation des recherches de seuil dans le but de déterminer un seuil différenciant les sinistres attritionnels des sinistres graves, ainsi que pour vérifier l'adéquation de loi pour l'application des méthodes.

Les rappels théoriques de TVE ont été placés en Annexe. Seule la théorie des méthodes appliquées est présentée afin d'éclaircir l'analyse des représentations graphiques (partie V-3).

### **i. Méthode POT (Peak-over-Threshold)**

La méthode de Peak-over-Threshold (POT) fonctionne très bien avec les données situées en queue de distribution et élevées, supérieures au seuil  $u$ .

#### Idée de la méthode Peak-over-Threshold

L'idée de la méthode Peak-over-threshold est d'ajuster la queue de la distribution de  $X$  par une loi Pareto généralisée.

Soit la v.a  $X$  avec fonction de répartition  $F_x$  et la v.a  $W$  définie par

$$W(u) = (X - u | X > u)$$

On sait que la fonction de répartition  $W$  est

$$\begin{aligned}
F_{W(u)}(x) &= Pr(X - u | X > u) \\
&= \frac{F_X(x + u) - F_X(u)}{1 - F_X(u)}, x > 0
\end{aligned}$$

Ainsi, on a

$$F_X(x) = (1 - F_X(u))F_W(x - u) + F_X(u)$$

Nous considérons uniquement les queues lourdes ( $\xi > 0$ ). L'idée de la méthode POT est d'approximer  $F_x(u)$  par  $F_n(u)$  et  $F_{w_u}(x - u)$  par  $GP_{\xi, \sigma}(x - u)$  pour  $x < u$ .

$$\hat{F}_X(x) = \{1 - F_n(u)\} GP_{\xi, \sigma}(x - u) + F_n(u)$$

Et  $F_n$  est la fonction de répartition empirique

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 1_{] \infty, x ]}(x_j)$$

Aussi

$$\hat{F}_X(x) = GP_{\xi, \sigma^*}(x - u^*)$$

Où

$$\sigma^* = \sigma (1 - F_n(u))^\xi$$

Et

$$u^* = u - \sigma \frac{(1 - F_n(u))^{-\xi} - 1}{\xi}$$

Car, pour  $x > u$ , nous avons

$$\begin{aligned}
\hat{F}_X(x) &= \{1 - F_n(u)\} GP_{\xi, \sigma}(x - u) + F_n(u) \\
&= GP_{\xi, \sigma}(x - u) + F_n(u) \{1 - GP_{\xi, \sigma}(x - u)\} \\
&= 1 - \left( \frac{1}{1 + \xi \frac{x-u}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\xi}} + F_n(u) \left( \frac{1}{1 + \xi \frac{x}{\sigma + \xi u}} \right)^{\frac{1}{\xi}}
\end{aligned}$$

On estime alors les paramètres  $\xi$  et  $\sigma$  à partir de la méthode du maximum de vraisemblance.

Pour bien comprendre et utiliser la méthode POT, nous devons définir la **Mean Excess Function**

Soit la fonction des excès moyen :

$$\begin{aligned}
e_X(d) &= E[X - d | X > d] \\
e_X(d) &= E[X | X > d] - d \\
&= \frac{E[\max(X - d; 0)]}{1 - F(d)} \\
&= \frac{\int_d^\infty \{1 - F_X(x)\} dx}{1 - F(d)} \\
&= \frac{E[X] - E[\min(X; d)]}{1 - F(d)}
\end{aligned}$$

Il est possible de tracer le graphique MEP (Mean Excess Plot) afin d'obtenir la représentation graphique de la Mean Excess Function.

### La détermination du seuil $u$ :

Une manière adaptée de déterminer le seuil est de tracer le graphique de la fonction des excès moyen et de déterminer le seuil  $u$  à partir de laquelle la fonction soit approximativement linéaire pour les valeurs  $x \geq u$ .

Le choix du seuil à l'aide du MEP peut être parfois difficile, la lecture graphique n'est pas toujours évidente. C'est pourquoi nous présentons une méthode alternative à la détermination de seuils, la méthode par estimateur de Hill.

## ii. Estimateur de Hill

L'estimateur de Hill permet d'estimer l'indice de  $\xi$ .

On suppose un échantillon de données

$$\{X_{1,n}, \dots, X_{n,n}\}$$

L'estimateur de Hill est construit à partir des données transformées par la fonction log :

$$\hat{\xi}_{k,n} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \ln X_{n-j+1,n} - \ln X_{n-k,n}$$

avec :

- $k$  le nombre des excédents ;
- $\hat{\xi}_{k,n}$  : est l'estimateur de la Mean Excess Function construite à partir des données transformées par la fonction log.

Cet estimateur est valable lorsque  $\xi > 0$  (distribution de Fréchet). Cette condition a bien été vérifiée dans le cadre des travaux.

Dans la formule précédente, l'indice  $k$ , l'indice de Hill, devient approximativement constant à partir du seuil  $u$  que nous cherchons à estimer.

Il est possible de représenter graphiquement l'évolution de l'indice  $k$  en fonction des statistiques d'ordre.

Nous verrons dans la partie de recherche et détermination de seuils les différentes représentations graphiques et indicateur qui nous ont permis de définir des nouveaux seuils d'étude.

Nous avons présenté des méthodes statistiques permettant la détermination de seuil dans le but d'appliquer les méthodes de provisionnement déterministes type Chain Ladder sur les différentes tranches créés grâce à ces seuils.

Nous testerons également des modèles Chain Ladder sur des triangles toutes tranches confondues. C'est-à-dire sans détermination d'un seuil et donc de sous-groupe de sinistres et où des retraitements sur les coefficients seront appliqués selon différentes méthodes.

Ces différentes méthodes sont présentées ici :

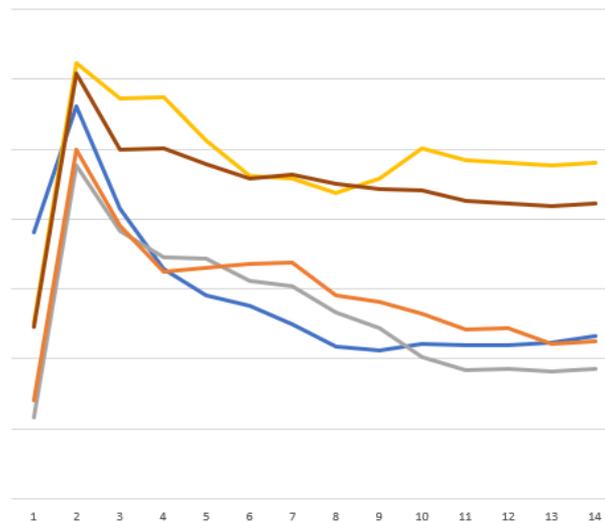
### **iii. Méthodes alternatives**

- Projection sans seuil

Cette méthode consiste en la projection et la modélisation des données du triangle de l'ensemble des sinistres sans distinction, qu'ils soient attritionnels ou graves. L'idée est d'essayer de modéliser un triangle toutes tranches (sans seuil) et d'en analyser les résultats dans la partie dédiée.

En créant le graphique tel qu'il a été fait respectivement sur les parties attritionnelle et grave, la tendance et l'évolution de la charge des deux graphiques précédents se retrouvent dans ce graphique.

Evolution de la charge de l'ensemble des sinistres



Graphique V.3 : Evolution de la charge de l'ensemble de sinistres par année de développement en fonction de l'année de survenance

Il est aisément observable que la tendance constatée sur l'attritionnel est perturbée par la variation de la charge de la partie grave sur les dernières années de développement. De même, la partie grave volatile constatée sur les premières années de développement est absorbée par le poids des attritionnels dans le triangle regroupant les deux, le triangle total.

Par définition de la méthode, cette approche ne correspond pas à l'idée d'homogénéiser les données des groupes permettant une meilleure analyse. Cependant, il est intéressant de ne pas l'écarté tout de suite et d'en analyser les résultats.

Les complexités de ce choix, les résultats ainsi que les interprétations seront développés dans le chapitre d'analyse des résultats des méthodes proposées.

#### ▪ Lissage

L'approche par lissage fait suite aux limites connues de la méthode Chain Ladder. La méthode Chain Ladder repose sur une méthode de développement identique pour chaque survenance et ne prend pas en compte les effets de passage d'une diagonale à une autre qui peuvent être dus à des changements de cadences de la charge par les règlements notamment constatées sur les segments de revue à développement long évoqués en introduction.

Qui plus est, les coefficients des développements les plus grand sont déterminés sur une information plus faible : le dernier coefficient de passage est calculé à partir d'uniquement deux données. Ces derniers coefficients de passage déterminés sur moins d'information sont pourtant nécessaires au calcul du montant final et projetés pour chaque survenance. Sur les survenances récentes, la projection de la charge se fait à partir de plus de survenance mais est projeté sur davantage de développement rendant leur projection moins certains de par le caractère multiplicatif du Chain Ladder.

### ▪ Lissage des coefficients par survenance

Le modèle construit sur cette méthode de lissage des coefficients de passage par année de survenance se base sur les données toutes tranches : c'est-à-dire que l'ensemble des sinistres sont regroupés dans une seule et unique tranche.

Plusieurs variantes existent. Il est possible de déterminer la médiane des facteurs, de calculer la moyenne simple des facteurs, des moyennes pondérées par le nombre de sinistres, le montant des sinistres, par un poids plus important attribués à certaines diagonales par connaissance du portefeuille et des évolutions etc.

La méthode testée ici est celle d'un lissage par moyenne. La technique consiste en une réduction de la charge par différence avec l'écart à la moyenne divisée par un coefficient de lissage.

La moyenne est calculée sur les valeurs des développement  $N$ ,  $N-1$  et  $N+1$  du montant.

A partir de ce calcul, il est ensuite calculé l'écart à la moyenne de la valeur  $N$ .

Enfin, le coefficient de lissage est ajouté au calcul afin de minorer selon le choix effectué ce montant d'écart.

Une fois la charge  $N$  retraitée, les étapes sont une nouvelle fois appliquées afin de récupérer l'information des lissages connexes à chaque montant de charges.

Un triangle de charge retraitée par lissage est alors obtenu et est projetable afin de déterminer l'ultime de ce modèle.

L'idée ici est de réduire la volatilité des coefficients de passage à par une technique rapide et sans nécessité d'avoir des connaissances sur le portefeuille de l'entité qui peut être perturbé par des sinistres historiques ou des changements de gestion par exemple. L'élément clé de cette méthode réside dans le choix du coefficient de passage, un coefficient de passage optimal est à définir. Un faible coefficient de lissage revient à retraiter et lisser davantage la charge.

### ▪ Lissage queue de distribution

Pour les survenances les plus anciennes, le nombre d'année de développement est le plus important et la détermination des coefficients de passage se fait sur un plus petit échantillon de données.

Cette partie droite du triangle repose sur les coefficients de passage du Chain Ladder en queue de distribution du triangle. Ce choix est très restrictif et volatile.

Il est possible de lisser ces coefficients de queue en les ajustant via des fonctions statistiques.

Quatre fonctions sont communément utilisées pour estimer les queues de distribution des triangles :

- La fonction exponentielle négative :  $f(x) = 1 + a \times e^{-b \times x}$  avec  $a \in \mathbb{R}$ ,  $b > 0$  ;
- La fonction puissance inverse :  $f(x) = 1 + a \times (x + c)^{-b}$  avec  $a, c \in \mathbb{R}$ ,  $b > 0$  ;
- La fonction puissance :  $f(x) = a^{b^x}$  avec  $a, b \in \mathbb{R}$  ;
- La fonction Weibull :  $f(x) = \frac{1}{1 - e^{-a \times x^b}}$  avec  $a, b \in \mathbb{R}$ .

Les paramètres de ces fonctions peuvent être estimés par méthodes des moindres carrés ou par régression logistique.

Les résultats obtenus par cette méthode de lissage à l'aide de fonction mathématique ne seront pas présentés dans le chapitre des résultats et analysés du fait de leur non-adéquation et du fait d'estimations bien supérieures à celles déterminées à partir des autres méthodes proposées. Les résultats de ces méthodes seront positionnés en annexe si le lecteur y est intéressé.

Afin d'analyser les modèles sélectionnés et testés, des indicateurs statistiques et actuariels sont essentiels pour l'approfondissement des études.

### 3- Recherche de nouveaux seuils

Dans cette partie, nous allons établir de nouvelles tranches de sinistralité en déterminant des seuils à l'aide des méthodes présentées précédemment.

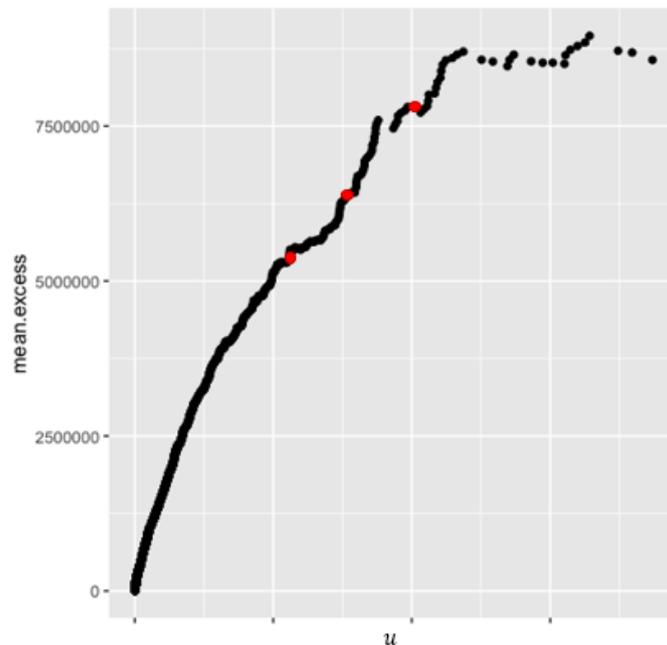
La base de sinistralité utilisée pour l'étude des seuils contient l'ensemble des sinistres survenus depuis 2011.

A partir de l'information sur le coût de l'ensemble des sinistres survenus, nous pouvons appliquer la méthode à l'aide de la Mean Excess Function ainsi que la méthode à l'aide de l'estimateur de Hill.

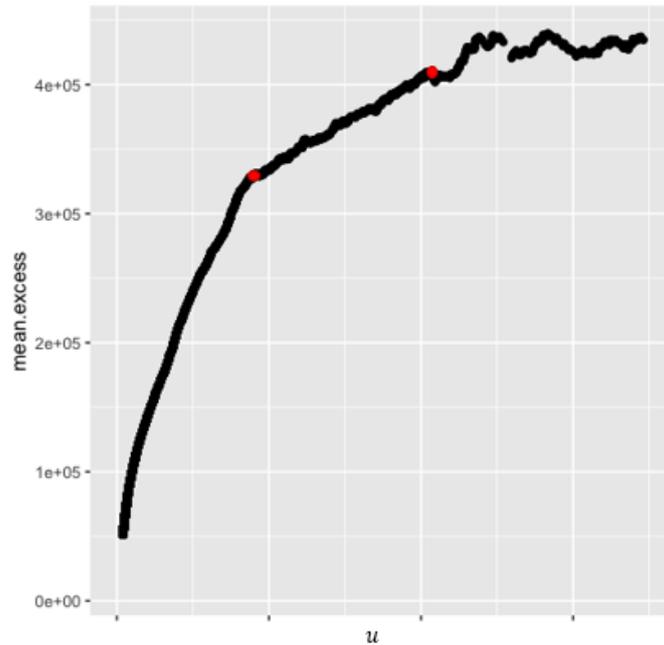
Pour trouver les seuils à l'aide de ces méthodes, il est possible de tracer le graphique de ces fonctions.

Ainsi pour la Mean Excess Function, nous pouvons tracer le Mean Excess Plot.

Le graphique représente la fonction des excès moyen en fonction de la charge des sinistres :



Graphique V.4 : MEP sur la charge de la sinistralité RC Automobile



Graphique V.5 : MEP sur la charge de la sinistralité RC Automobile – zoom sur la partie gauche

A l'aide de l'outil de représentation graphique ggplotly, il est facile d'obtenir les coordonnées des points représentés sur un graphique.

Nous pouvons observer différents points à partir desquels la représentation graphique est approximativement linéaire.

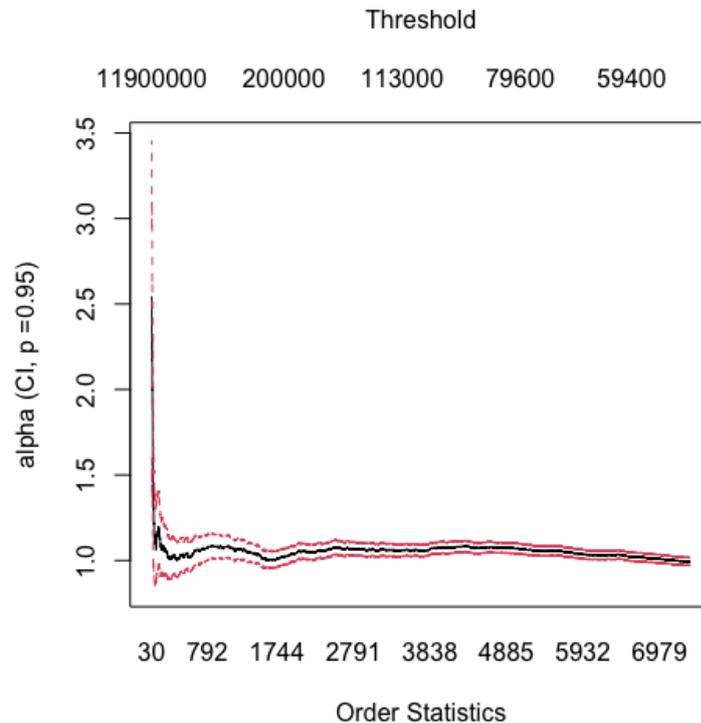
Sur le graphique principal, nous observons un point à un seuil de 2,2M, à 3M et aux alentours de 4M.

Sur le graphique zoomé à gauche, nous remarquons deux points intéressants : un à 200K, un autre à 550K.

A partir de chacun de ces montants, la fonction n'est plus linéaire ou le graphique change de pente.

Ces cinq points sont cinq seuils potentielles. Parmi ceux-ci, nous pouvons distinguer deux groupes, les points 2,2M, 3M et 4M correspondent à un seuil de sinistres graves et les points à 200K et 550K sont bien inférieurs et peuvent être adaptés à une sinistralité attritionnelle.

Pour valider ou invalider certains de ces seuils, nous traçons également le graphique lié à l'estimateur de Hill, le Hill Plot.



Graphique V.6 : Hill Plot sur la charge de la sinistralité RC Automobile

Pour trouver le seuil  $u$ , il faut regarder la valeur l'indice  $k$ , l'indice de Hill à partir de laquelle la représentation graphique se stabilise.

La lecture sur ce graphique n'est pas évidente en raison de l'échelle.

En analysant la partie gauche de la représentation graphique, nous remarquons deux seuils candidats à la stabilité. Nous observons une stabilisation à partir d'environ 790 excès ainsi qu'à partir d'environ 2000 excès.

La valeur de l'indice est respectivement d'environ 580K-610K et de 110K-130K.

Voici un tableau récapitulatif des résultats des deux méthodes :

en K€	Potentiels seuils selon la méthode				
	Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3	Seuil 4	Seuil 5
<b>MEP <math>\approx</math></b>	200	550	2 200	3 000	4 000
<b>Hill <math>\approx</math></b>	110-130	580-610			

Tableau V.6 : Synthèse des résultats des deux méthodes

En croisant les informations obtenues à l'aide des deux méthodes, nous décidons de retenir deux seuils.

Un seuil intermédiaire à 550K€ ainsi qu'un seuil supérieur à 2200K€. En effet, nous préférons nous appuyer davantage sur les montants définis à l'aide du MEP tout en comparant avec les

estimations faites à l'aide du Hill Plot étant donné l'analyse graphique plus précise permise par la Mean Excess Function.

Il a été décidé de retenir le seuil de 0,55M€ du fait de la proximité des estimations des deux méthodes. Le seuil de 2,2M€ correspond au point de rupture de pente le plus marqué du MEP. De plus, l'objectif est de conserver une certaine matérialité des tranches afin que les modélisations et les projections soient robustes.

Nous analyserons la matérialité et la robustesse des tranches ainsi définies dans la partie suivante.

Ci-dessous un tableau synthétisant les seuils retenus pour le reste de l'étude dans le cadre de la modélisation des provisions techniques du segment de revue Responsabilité Civile Automobile :

en K€	Seuils retenus
Attritionnel	0
Graves	550
Exceptionnel	2200

Tableau V.7 : Synthèse des seuils retenus

Nous avons ainsi déterminé deux seuils. Un seuil à 550K€ seuil maximal des sinistres attritionnels ainsi qu'un seuil à 2200K€ seuil maximal des sinistres graves. Les sinistres supérieurs à 2200K€ sont catégorisés en tant que sinistres exceptionnels.

## 4- Tests de la sensibilité des seuils

Maintenant que par les méthodes statistiques, deux nouveaux seuils ont été déterminés, il est primordial de vérifier leur robustesse grâce à des tests de sensibilités. Ces tests de sensibilités sont effectués à iso-méthode de la méthode actuelle appliquée, c'est-à-dire avec la méthode en « sous-crête sur-crête » présentée. Une étude similaire a été effectuée avec la méthode au premier. Cependant les résultats étant sensiblement proches, nous les avons positionnés en Annexe.

Une analyse des résultats selon la méthodologie adoptée sera faite dans le chapitre dédié.

Concrètement, nous allons mesurer l'impact d'une variation du seuil des sinistres graves et du seuil des sinistres exceptionnels sur la charge ultime.

Pour rappel, les seuils actuels et les nouveaux seuils déterminés sont les suivantes :

(en K€)	Seuils		
	Attritionnel	Grave	Exceptionnel
Actuels	0	1500	
Nouveaux	0	550	2200

Tableau V.8 : Récapitulatif des seuils actuels et des seuils déterminées

### Premier test de sensibilité :

Le premier test de sensibilité est une variation de plus ou moins (+/-) 10% des seuils.

Ci-dessous un tableau présentant la valeur des seuils -10% et +10% :

(en K€)	Seuils -10%			Seuils +10%		
	Attritionnel	Grave	Exceptionnel	Attritionnel	Grave	Exceptionnel
Nouveaux	0	495	1980	0	605	2420

Tableau V.9 : Récapitulatif des seuils déterminées +/- 10%

- Les résultats de la charge ultime obtenus avec ces seuils sont les suivants :

*Pour alléger la lecture, les tableaux ont été tronqués et commencent à partir de 2002. Le total correspond cependant à la somme de l'ensemble des années de survenance depuis 1996.*

en K€

Année de survenance	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -10%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +10%	Ecart montant	% Variation
2002	307 763	307 549	213	-0,07%	307 182	581	-0,19%
2003	257 996	257 804	193	-0,07%	257 545	451	-0,17%
2004	267 725	267 585	141	-0,05%	267 260	465	-0,17%
2005	259 944	259 989	-46	0,02%	259 585	358	-0,14%
2006	256 662	256 455	207	-0,08%	256 384	278	-0,11%
2007	255 110	254 873	237	-0,09%	254 794	316	-0,12%
2008	250 445	250 036	409	-0,16%	250 298	146	-0,06%
2009	289 347	288 872	474	-0,16%	289 317	30	-0,01%
2010	312 647	311 735	912	-0,29%	312 533	113	-0,04%
2011	297 117	296 143	974	-0,33%	297 046	72	-0,02%
2012	321 966	321 107	859	-0,27%	322 171	-206	0,06%
2013	280 786	280 141	645	-0,23%	281 087	-301	0,11%
2014	418 647	418 694	-48	0,01%	419 742	-1 095	0,26%
2015	290 374	290 748	-374	0,13%	291 137	-763	0,26%
2016	374 436	374 488	-52	0,01%	375 454	-1 018	0,27%
2017	329 363	329 696	-333	0,10%	330 496	-1 133	0,34%
2018	352 013	353 418	-1 405	0,40%	353 848	-1 835	0,52%
2019	303 587	304 809	-1 223	0,40%	305 494	-1 907	0,63%
<b>Total</b>	<b>7 181 903</b>	<b>7 179 597</b>	<b>2 306</b>	<b>-0,03%</b>	<b>7 186 534</b>	<b>-4 631</b>	<b>0,06%</b>

Tableau V.10 : Charge ultime et écart par année de survenance du modèle avec nouveaux seuils et sensibilité +/-10%

Les premières survenances étant très anciennes, nous remarquons que leur charge ultime varie moins. Les plus fortes variations sont sur les deux dernières années de survenance 2018 et 2019 avec +0,40% de variation avec la sensibilité -10% et respectivement +0,52% et +0,63% avec la sensibilité +10%.

La variation de la charge ultime totale est de -0,03% avec la sensibilité -10% et de +0,06% avec la sensibilité +10%. Ces variations sont très faibles, la charge ultime ne semble pas sensible au variation des seuils 10%.

- Nous allons également fait cet exercice sur le seuil actuel de sinistres graves.

Le but de pouvoir analyser la robustesse du seuil actuel par l'impact de la sensibilité comme cela a été fait sur les nouveaux seuils déterminés. Il sera ainsi possible de comparer ce résultat avec le résultat du test de sensibilité sur les nouveaux seuils.

Ci-dessous un tableau présentant la valeur des seuils actuels -10% et +10% :

(en K€)	Seuils -10%		Seuils +10%	
	Attritionnel	Grave	Attritionnel	Grave
Actuels	0	1350	0	1650

Tableau V.11 : Récapitulatif des seuils actuels +/- 10%

Les résultats de la charge ultime obtenus avec ces seuils sont les suivants :

en K€

Année de survenance	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -10%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +10%	Ecart montant	% Variation
2002	308 397	308 020	377	-0,12%	307 926	471	-0,15%
2003	258 978	258 632	346	-0,13%	258 560	418	-0,16%
2004	268 467	268 124	343	-0,13%	268 062	405	-0,15%
2005	260 710	260 351	358	-0,14%	260 540	170	-0,07%
2006	257 591	257 236	355	-0,14%	257 467	124	-0,05%
2007	256 207	255 867	340	-0,13%	255 982	225	-0,09%
2008	251 717	251 384	333	-0,13%	251 423	293	-0,12%
2009	289 715	289 482	232	-0,08%	289 492	222	-0,08%
2010	312 896	312 733	163	-0,05%	312 559	337	-0,11%
2011	298 126	297 939	187	-0,06%	297 808	318	-0,11%
2012	323 414	323 284	131	-0,04%	323 061	354	-0,11%
2013	282 372	282 339	33	-0,01%	281 999	373	-0,13%
2014	420 273	420 961	-688	0,16%	419 837	436	-0,10%
2015	291 442	292 152	-710	0,24%	290 999	443	-0,15%
2016	374 947	375 793	-846	0,23%	374 321	625	-0,17%
2017	330 091	330 689	-598	0,18%	329 670	421	-0,13%
2018	351 119	354 813	-3 694	1,05%	353 420	-2 301	0,66%
2019	301 450	304 706	-3 256	1,08%	302 586	-1 136	0,38%
<b>Total</b>	<b>7 195 174</b>	<b>7 201 324</b>	<b>-6 150</b>	<b>0,09%</b>	<b>7 192 439</b>	<b>2 735</b>	<b>-0,04%</b>

Tableau V.12 : Charge ultime et écart par année de survenance du modèle avec seuil actuel et sensibilité +/-10%

Le même constat est fait sur la répartition des variations selon l'année de survenance : les deux dernières années sont les plus impactées. Cela est logique étant donné que le vieillissement de ces sinistres est beaucoup plus faible.

La variation de la charge ultime totale est de +0,09% avec la sensibilité -10% et de -0,04% avec la sensibilité +10%. Ces variations sont très faibles, la charge ultime ne varie que très peu.

- Voici un tableau récapitulatif des deux sensibilités faites sur les seuils actuels et sur les nouveaux seuils déterminées précédemment.

en K€

Modèle total	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -10%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +10%	Ecart montant	% Variation
Seuils actuels et +/-10%	7 195 174	7 201 324	-6 150	0,09%	7 192 439	2 735	-0,04%
Nouveaux seuils et +/-10%	7 181 903	7 179 597	2 306	-0,03%	7 186 534	-4 631	0,06%

Tableau V.13 : Synthèse des résultats sur la charge ultime avec une sensibilité à 10% pour les configurations testées

Nous pouvons observer qu'en écart en montant, la charge ultime varie de manière plus forte sur la sensibilité à 10% avec les seuils actuels (- 6 150K€) comparé à l'écart avec les nouveaux seuils (+ 2 306K€). L'effet inverse s'observe sur la sensibilité à +10%.

En revanche, en écart total, l'écart total est plus important pour les résultats des sensibilités sur les seuils actuels comparées à celles sur les nouveaux seuils (respectivement + 2 735K€ et - 4 631K€). Cet écart en montant peut s'expliquer par la valeur originelle plus importante du second seuil (2,2M€) comparé à la valeur originelle du seuil actuel (1,5M€). Nous constatons bien qu'en pourcentage de variation, l'écart (+ 0,06%) n'est pas significativement différent de l'écart avec le seuil actuel (-0,04%).

Nous pouvons également noter que le différentiel de pourcentage de variation de la charge ultime est supérieur pour les sensibilités avec les seuils actuels (0,15 points) comparé à celui des sensibilités avec les nouveaux seuils (0,9 points).

L'analyse des résultats de sensibilité a également été faite sur les deux modèles (actuel et nouveau) sur les tranches supérieures respectivement supérieure à 1,5M€ et supérieure à 2,2M€. Les résultats sont présentés en Annexe. Le constat est que les variations sur cette tranche sont significativement proches entre les deux visions (modèle actuel et nouveau modèle proposé).

- Pour aller un peu plus loin, il est possible d'analyser l'impact de la sensibilité à 10% par tranche.

Ci-dessous les résultats sur la tranche [0,550] du nouveau modèle :

en K€

Année de survenance	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -10%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +10%	Ecart montant	% Variation
2002	259 730	257 257	2 473	-0,95%	261 685	-1 955	0,75%
2003	232 526	230 594	1 932	-0,83%	233 927	-1 401	0,60%
2004	224 388	222 875	1 513	-0,67%	225 484	-1 096	0,49%
2005	227 983	225 868	2 115	-0,93%	229 813	-1 830	0,80%
2006	217 688	215 798	1 890	-0,87%	219 193	-1 505	0,69%
2007	215 113	213 634	1 479	-0,69%	216 149	-1 036	0,48%
2008	222 938	220 727	2 210	-0,99%	224 723	-1 786	0,80%
2009	231 486	229 285	2 201	-0,95%	233 362	-1 876	0,81%
2010	251 221	248 612	2 609	-1,04%	253 468	-2 246	0,89%
2011	249 956	247 530	2 426	-0,97%	252 114	-2 158	0,86%
2012	253 426	250 964	2 462	-0,97%	255 898	-2 472	0,98%
2013	238 506	236 418	2 088	-0,88%	240 702	-2 195	0,92%
2014	236 701	234 470	2 231	-0,94%	240 464	-3 763	1,59%
2015	228 647	226 960	1 688	-0,74%	231 638	-2 991	1,31%
2016	233 896	231 714	2 181	-0,93%	237 401	-3 505	1,50%
2017	236 025	234 494	1 532	-0,65%	238 954	-2 928	1,24%
2018	243 569	242 827	743	-0,31%	247 636	-4 066	1,67%
2019	234 782	234 489	293	-0,12%	238 300	-3 517	1,50%
<b>Total</b>	<b>5 754 097</b>	<b>5 708 623</b>	<b>45 474</b>	<b>-0,79%</b>	<b>5 806 365</b>	<b>-52 268</b>	<b>0,91%</b>

Tableau V.14 : Charge ultime et écart par année de survenance du modèle avec nouveaux seuils et sensibilité +/-10% de la tranche attritionnel [0,550]

Les variations sont constantes mis à part sur la dernière année de survenance, l'année 2019. La variation de la charge ultime totale est de -0,79% avec la sensibilité -10% et de +0,91% avec la sensibilité +10%. Ces variations sont très faibles, la charge ultime de la tranche attritionnelle définie ne semble pas sensible au variation des seuils 10%.

Et le même tableau cette fois-ci sur la tranche [550,2200] :

en K€

Année de survenance	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -10%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +10%	Ecart montant	% Variation
2002	28 788	29 393	-605	2,10%	27 605	1 183	-4,11%
2003	18 833	19 502	-669	3,55%	17 972	861	-4,57%
2004	21 455	21 235	220	-1,03%	21 450	5	-0,02%
2005	24 890	25 854	-964	3,87%	23 721	1 169	-4,70%
2006	19 937	20 846	-909	4,56%	19 003	934	-4,68%
2007	18 423	18 122	301	-1,64%	18 662	-238	1,29%
2008	22 023	22 667	-644	2,92%	21 270	753	-3,42%
2009	27 862	28 039	-177	0,64%	27 513	350	-1,25%
2010	28 447	28 409	38	-0,13%	27 801	646	-2,27%
2011	29 523	29 213	309	-1,05%	29 072	450	-1,53%
2012	35 654	34 775	879	-2,47%	35 597	57	-0,16%
2013	28 159	27 889	269	-0,96%	27 892	267	-0,95%
2014	45 773	44 450	1 323	-2,89%	46 818	-1 046	2,28%
2015	28 271	28 275	-4	0,01%	28 307	-36	0,13%
2016	43 017	41 929	1 087	-2,53%	43 789	-772	1,80%
2017	29 096	29 144	-47	0,16%	29 136	-39	0,13%
2018	33 818	32 996	822	-2,43%	34 561	-743	2,20%
2019	21 790	21 915	-125	0,57%	21 594	195	-0,90%
<b>Total</b>	<b>641 808</b>	<b>643 244</b>	<b>-1 436</b>	<b>0,22%</b>	<b>635 378</b>	<b>6 430</b>	<b>-1,00%</b>

Tableau V.15 : Charge ultime et écart par année de survenance du modèle avec nouveaux seuils et sensibilité +/-10% de la tranche grave [550,2200]

Les variations sont beaucoup plus disparates par année de survenance.

La variation de la charge ultime totale est de +0,22% avec la sensibilité -10% et de -1,00% avec la sensibilité +10%. Ces variations sont très faibles, la charge ultime de la tranche grave définie ne semble pas sensible à la variation des seuils à 10%.

- Afin de tester davantage la sensibilité, nous proposons d'effectuer le même test mais cette fois-ci avec une sensibilité de plus ou moins (+/-) 30%.

### Second test de sensibilité :

Le second test de sensibilité est une variation de plus ou moins (+/-) 30% des seuils.

Ci-dessous un tableau présentant la valeur des seuils -30% et +30% :

(en K€)	Seuils -30%			Seuils +30%		
	Attritionnel	Grave	Exceptionnel	Attritionnel	Grave	Exceptionnel
Nouveaux	0	385	1540	0	715	2860

Tableau V.16 : Récapitulatif des seuils déterminées +/- 30%

Les résultats de la charge ultime obtenus avec ces seuils sont les suivants :

en K€

Année de survenance	Charge ultime	Charge ultime avec seuils -30%	Ecart montant	% Variation	Charge ultime avec seuils +30%	Ecart montant	% Variation
2002	307 763	307 571	191	-0,06%	307 219	544	-0,18%
2003	257 996	258 091	-95	0,04%	257 666	331	-0,13%
2004	267 725	267 716	10	0,00%	267 333	392	-0,15%
2005	259 944	260 159	-216	0,08%	259 653	291	-0,11%
2006	256 662	256 739	-77	0,03%	256 772	-110	0,04%
2007	255 110	255 131	-21	0,01%	255 149	-39	0,02%
2008	250 445	250 566	-121	0,05%	250 755	-310	0,12%
2009	289 347	288 770	576	-0,20%	289 887	-541	0,19%
2010	312 647	312 137	509	-0,16%	313 180	-534	0,17%
2011	297 117	296 602	515	-0,17%	297 503	-386	0,13%
2012	321 966	321 588	378	-0,12%	322 920	-954	0,30%
2013	280 786	280 579	207	-0,07%	282 096	-1 310	0,47%
2014	418 647	418 126	520	-0,12%	421 602	-2 955	0,71%
2015	290 374	290 613	-240	0,08%	292 607	-2 233	0,77%
2016	374 436	374 377	59	-0,02%	378 027	-3 591	0,96%
2017	329 363	329 391	-28	0,01%	331 823	-2 461	0,75%
2018	352 013	357 329	-5 315	1,51%	355 011	-2 997	0,85%
2019	303 587	306 858	-3 271	1,08%	306 570	-2 983	0,98%
<b>Total</b>	<b>7 181 903</b>	<b>7 187 875</b>	<b>-5 972</b>	<b>0,08%</b>	<b>7 201 563</b>	<b>-19 660</b>	<b>0,27%</b>

Tableau V.17 : Charge ultime et écart par année de survenance du modèle avec nouveaux seuils et sensibilité +/-30%

Les constats sont comparables à ceux faits sur la sensibilité à 10%.

Les premières survenances étant très anciennes, nous remarquons que leur charge ultime varie moins. Les plus fortes variations sont sur les deux dernières années de survenance 2018 et 2019 avec respectivement +1,51% et +1,08% de variation avec la sensibilité -30% et respectivement +0,85% et +0,98% avec la sensibilité +30%.

La variation de la charge ultime totale est de +0,08% avec la sensibilité -30% et de +0,27% avec la sensibilité +30%. Ces variations sont très faibles, la charge ultime ne semble pas sensible au variation des seuils 30%.

Les tableaux des sensibilité à 30% des tranches attritionnel [0,550] et grave [550,2200] ont également été effectué. Les résultats ont été positionné en Annexe.

Afin de valider de la robustesse des nouveaux seuils et de leurs sensibilités, nous avons testé une sensibilité à 10% et 30%. Le même bilan est fait sur les deux tests de sensibilité : la modélisation de la charge ultime totale ne semble pas sensible au seuil des sinistres graves.

Ce constat nous amène à remarquer que la sinistralité semble stable sur les nouvelles tranches attritionnelle et grave définies.

Qui plus est, en comparant les deux impacts de la sensibilité, à la fois sur les nouveaux seuils et sur les seuils actuels, nous constatons que les résultats sont plus satisfaisants sur les nouveaux seuils que sur les seuils actuellement en place dans l'entreprise.

Nous analyserons dans le chapitre suivant les résultats de l'application numérique.

Néanmoins, avant de passer à l'application numérique des modélisations, il est opportun de présenter des indicateurs actuariels permettant d'analyser et d'interpréter les résultats.

## 5- Sélection et définition d'indicateurs d'analyse des résultats

Il existe de multiples variables et indicateurs actuariels. Une sélection des plus pertinents dans le cadre de nos travaux et souhaite d'analyse a été faite.

### i. Boni/Mali

Le montant de Boni/Mali (B/M) est un des indicateurs principaux de cette étude.

La constitution des Boni/Mali est lié à l'évaluation des provisions techniques. Il est important de maîtriser les variations des Boni/Mali. Ils correspondent à l'évaluation du risque de provisionnement à un an.

Les Boni/Mali représentent l'évolution de la charge ultime, permettant la détermination des provisions techniques, entre deux dates d'arrêtés.

Si l'estimation faite l'année N était parfaitement évaluée, alors la compagnie ne générerait pas de Boni/Mali.

Un moyen de mesurer la performance d'un modèle peut ainsi être de déterminer le montant de Boni/Mali. Le modèle avec les Boni/Mali les plus faibles correspond au meilleur modèle, au modèle dont l'estimation des provisions a été la plus proche du besoin constaté en N+1.

Plusieurs Boni/Mali peuvent être calculés. Ceux utilisés dans cette étude sont :

- Le Boni/Mali comptable :

$$\text{Boni/Mali}_{\text{comptable}} = (CC_{N+1} \text{totale} - CC_{N+1} \text{exercice courant}) - CC_N \text{totale}$$

$$\text{Boni/Mali}_{\text{comptable}} = CC_{N+1} \text{exercices antérieurs} - CC_N \text{totale}$$

Avec  $CC_N$  qui correspond à *Charge Comptable vu fin N* ;

Et  $CC_{N+1}$  qui correspond à *Charge Comptable vu fin N + 1*.

Ce Boni/Mali est un Boni/Mali mécanique par l'évolution de la charge entre la date d'arrêté N et le montant à la date d'arrêté N+1 hors exercice courant. Comme énoncé précédemment dans le mémoire, la charge des sinistres peut évoluer lors de leur développement (recours, réévaluation de la charge...).

Il y a donc un mali comptable dans le cas où :

$$\text{Mali si : } CC_{N+1} \text{exercices antérieurs} > CC_N \text{totale}$$

Et un boni comptable lorsque :

$$\text{Boni si : } CC_{N+1} \text{exercices antérieurs} < CC_N \text{totale}$$

Par cette notation un Mali est de signe positif, un Boni est de signe négatif.

- Le Boni/Mali actuarielle :

$$\text{Boni/Mali}_{\text{ actuariel}} = (CC_{N+1} \text{ Ult totale} - CC_{N+1} \text{ Ult exercice courant}) - CC_N \text{ ult totale}$$

$$\text{Boni/Mali}_{\text{ actuariel}} = CC_{N+1} \text{ Ult exercices antérieurs} - CC_N \text{ Ult totale}$$

Avec  $CC_N \text{ Ult}$  qui correspond à *Charge Ultime vu fin N* ;

Et  $CC_{N+1} \text{ Ult}$  qui correspond à *Charge Ultime vu fin N + 1*.

Pour rappel, la *Charge Ultime* correspond à la charge projetée modélisée par le Chain Ladder.

Il y a donc un mali comptable dans le cas où :

$$\text{Mali si : } CC_{N+1} \text{ Ult exercices antérieurs} > CC_N \text{ Ult totale}$$

Et un boni comptable lorsque :

$$\text{Boni si : } CC_{N+1} \text{ Ult exercices antérieurs} < CC_N \text{ Ult totale}$$

De la même manière que pour le Boni/Mali comptable, un Mali est de signe positif, un Boni est de signe négatif.

- Un Boni correspond donc à un montant de provisions supérieur au montant de provisions nécessaire pour couvrir l'évolution de la charge de sinistre de l'année. C'est un cas de sur-provisionnement. Ce montant peut être comptabilisé dans le résultat de l'entreprise par mouvement comptable. C'est pour cette raison que les Boni/Mali sont réglementés par les autorités de contrôles afin que la compagnie d'assurance ne soit pas incitée à provisionnement avec un fort taux de prudence pour ensuite être comptabilisé en résultat. Un sur-provisionnement non justifié peut faire l'objet de fraude fiscale.
- Un Mali correspond à un montant de provisions inférieur au montant de provisions nécessaire pour couvrir l'évolution de la charge de sinistre de l'année. C'est une situation de sous-provisionnement. Cette situation peut porter préjudice à la compagnie d'assurance qui doit compenser ce mali.

## ii. Best Estimate

La directive Solvabilité 2 définit la valeur des provisions techniques comme étant égale à la somme de la meilleure estimation (« Best Estimate ») et de la marge de risque.

La définition présente dans la directive est la suivante : « la meilleure estimation correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents. Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles et des hypothèses réalistes et il fait appel à des

méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables et pertinentes ». Le Best Estimate est calculé brut de réassurance.

Dans la suite de cette étude, le Best Estimate est déterminé par la formule suivante :

$$BE = Charge\ Ultime - Paiements\ cumulés$$

Le BE de par sa définition permet d'analyser l'impact du choix de méthode sur le BE en plus de l'analyse sur la simple Charge Ultime.

### **iii. Volatilité et écart-type de Mack**

Le modèle de Mack stochastique permet d'obtenir une approche sur le moment d'ordre 2. La volatilité d'un triangle de liquidation peut ainsi être déterminée.

Pour rappel, la méthode de Thomas Mack (1993) propose une évaluation de l'incertitude sur l'estimation des provisions Chain Ladder via une formule fermée. Elle reprend l'approche Chain Ladder pour le montant de provision moyen, et permet de plus de mesurer l'écart type de cette estimation à l'aide des facteurs de développement du triangle.

La méthode permet le calcul d'un intervalle de confiance pour les provisions pour sinistres à payer, permettant ainsi, sous une hypothèse de distribution des réserves, de choisir un montant de provision associé à une probabilité donnée d'être en mesure de dédommager l'ensemble des assurés. La « volatilité de Mack » représente l'erreur quadratique moyenne de prédiction de la provision.

Plus la volatilité d'un triangle est importante, plus les données en entrée du triangle sont disparates. Lorsqu'une analyse est faite, la volatilité examinée est généralement la volatilité du triangle en entier ou les triangles des sous-groupes créés en amont. Il est également possible de récupérer l'écart-type de Mack par année de survenance.

L'écart-type de Mack donne une appréciation de la structuration du triangle. Un triangle peu volatile sera naturellement plus simple à projeter qu'un triangle où il est observé d'importantes variations d'une année à l'autre.

Cet estimateur de la variance est pris en compte dans le calcul de la PRI. Etudier cette indicateur peut ainsi donner une explication à la variation de PRI d'une année à l'autre et d'un modèle à un autre. Il donne également une information sur l'impact de l'ajout d'une nouvelle diagonale lorsqu'une analyse est faite sur plusieurs années d'arrêtés.

#### iv. Marge pour risque

Toujours selon la directive Solvabilité 2, la marge de risque « est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant que les entreprises d'assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance ». A noter que « les entreprises d'assurance et de réassurance procèdent à une évaluation séparée de la meilleure estimation et de la marge de risque ».

La provision pour sinistres hors marge de prudence est la somme des provisions dossiers/dossiers et des IBNR hors marge de prudence estimés par l'actuaire. L'actuaire doit estimer au-delà une marge pour risque Provision pour Risques et Incertitudes (PRI) défini par une approche quantile 70%. Le Groupe s'appuie ainsi sur une méthodologie qui permet de mesurer le degré de prudence dans le calcul des provisions de sinistres et s'est positionné sur un quantile à 70%, de sorte que dans 70% des cas, la branche puisse se liquider en situation de boni et dans 30% des cas en situation de mali.

La PRI : correspond à la différence entre une provision pour sinistres calculée en tenant compte d'une marge explicite de sécurité vue à l'ultime (quantile 70%) et de cette même provision hors marge de prudence (le Best Estimate dans notre étude). Le quantile 70% est déterminé en ajustant une loi log normale aux paramètres estimés.

La PRI donne une indication importante sur stabilité du modèle et permet de comparer la volatilité des données selon la méthodologie des modèles.

#### v. Ratio Sinistres sur Primes :

Le ratio Sinistres sur Primes (S/P) ou Sinistres sur Cotisations (S/C) est le rapport entre le montant des sinistres (la charge) et celui des primes (encaissées) ou des cotisations (encaissées) au titre d'un même contrat ou d'un même périmètre d'analyse.

Ce ratio est pour la compagnie d'assurance un indicateur de rentabilité d'un contrat ou d'un ensemble de contrat sur un périmètre donné.

Le S/P comptable est tel que :

$$S/P_{\text{comptable}} = \frac{\text{Charge Comptable de l'année } N}{\text{Primes de l'année } N}$$

Un S/P actuariel est également calculable, il est tel que :

$$S/P_{\text{actuariel}} = \frac{\text{Charge Ultime de l'année } N}{\text{Primes de l'année } N}$$

La charge comptable est remplacée par la charge projetée à l'ultime obtenue grâce au modèle.

Le ratio de sinistres sur primes actuariels est un indicateur permettant d'analyser la rentabilité propre au modèle sur le périmètre donné et, étant donné qu'aucune modification de la prime n'est appliquée dans les modèles, de quantifier la variation de la charge ultime par rapport aux primes. Cette analyse est également possible entre les modèles ainsi que par année de survenance afin de voir l'évolution des S/P dans le temps sur la branche.

## VI- Application numérique

Par soucis de confidentialité sur certaines données sensibles du Groupe et des entités, les données présentées dans cette partie ne correspondent pas aux données réelles. Les montants ont été modifiés. Pour autant, l'analyse et les interprétations sont cohérentes avec celles reposant sur les véritables données.

### Résultats - Application numérique des modèles

Après avoir déterminé de nouveaux seuils et avoir réfléchi sur la méthodologie des approches appliquées, il est temps de présenter les résultats et d'en tirer le maximum d'information.

- Dans un premier temps, il est important de présenter une synthèse des différentes méthodologies et configurations testées sur les données de l'arrêté de fin d'année 2019 (Q4 2019).

Configuration	Description	Comptabilisation	Seuil(s)	Nom donné
1	Modèle 2 tranches Chain Ladder en sous-crête sur-crête	Sous-crête sur-crête	1 500	Sous-crête 1500K
2	Modèle 2 tranches Chain Ladder au premier euro	Premier euro	1 500	Premier € 1500K
3	Modèle 3 tranches Chain Ladder en sous-crête sur-crête	Sous-crête sur-crête	550 et 2 200	Sous-crête 550K-2200K
4	Modèle 3 tranches Chain Ladder au premier euro	Premier euro	550 et 2 200	Premier € 550K-2200K
5	Modèle 1 tranche Chain Ladder	-	-	Sans seuil
6	Modèle 1 tranche Chain Ladder avec lissage coefficients	-	-	Sans seuil lissage

Tableau VI.2 : Récapitulatif de l'ensemble des méthodologies testées

Tranche	Configuration					
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K	Sans seuil	Sans seuil lissage
Tranche 1 - T1	[0,1500]	[0,1500]	[0,550]	[0,550]	> 0	> 0
Tranche 2 - T2	> 1500	> 1500	[550,2200]	[550,2200]		
Tranche 3 - T3			> 2200	> 2200		

Tableau VI.3 : Récapitulatif des tranches définies pour chaque configuration

Voici un exemple de la répartition de la charge d'un sinistre d'un coût total de 4M€ selon les différentes configurations :

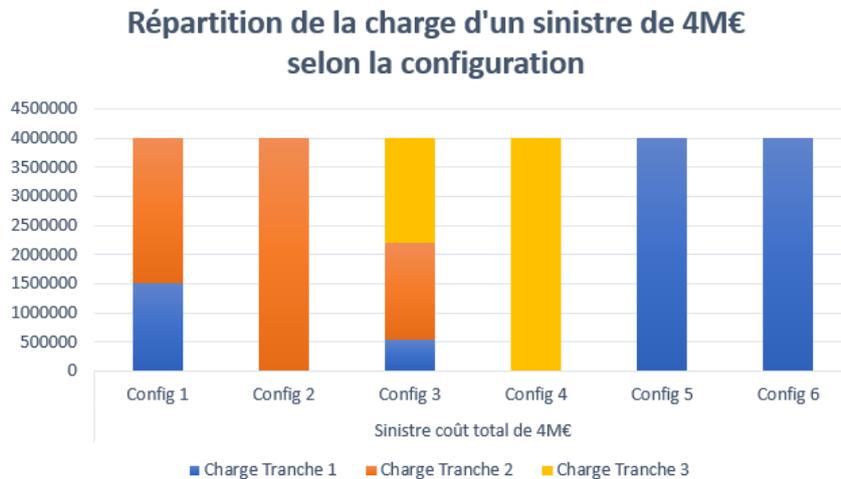


Figure VI.4 : Exemple explicatif différenciant les configurations testées avec un sinistre d'une charge de 4M€

L'ensemble des projections ont été faites pour les différentes configurations présentées. Pour les configurations 1 et 2, les sinistres supérieurs au seuil d'1,5 millions d'euros n'ont pas été modélisés. Il en est de même pour les sinistres supérieurs à 2,2 millions d'euros des configurations 3 et 4. Ces sinistres n'étant pas projetés, nous supposons que leur charge ultime est égale à la charge comptable.

En revanche, dans les configurations 5 et 6, étant donné qu'aucun seuil n'est défini, tous les sinistres sont dans une seule et même tranche et sont projetés.

- Voici les résultats de l'évolution de la charge ultime obtenu selon les différentes méthodes y compris celle actuellement appliquée à Groupama (« Sous-crête 1500K »).

Par confidentialité, les montants ont été modifiés.

en K€	Charge ultime					
	Année de survenance	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K	Sans seuil
1996	258 248	258 248	258 248	258 248	258 248	258 409
1997	294 724	294 724	294 724	294 724	294 724	294 060
1998	290 932	290 932	290 932	290 932	290 932	288 399
1999	285 425	285 425	285 425	285 425	285 425	283 722
2000	315 964	315 183	315 510	315 655	317 673	312 511
2001	311 970	311 254	311 137	311 105	313 355	313 528
2002	308 397	307 713	307 763	307 605	310 847	309 163
2003	258 978	257 974	257 996	258 243	260 855	259 749
2004	268 467	267 522	267 725	267 462	271 689	270 931
2005	260 710	259 561	259 944	260 152	262 918	262 193
2006	257 591	256 416	256 662	256 770	259 833	257 608
2007	256 207	254 832	255 110	255 111	258 994	258 037
2008	251 717	250 462	250 445	250 761	254 425	251 882
2009	289 715	288 333	289 347	289 476	293 488	290 666
2010	312 896	312 063	312 647	312 424	315 575	313 439
2011	298 126	297 616	297 117	298 464	300 993	299 411
2012	323 414	323 085	321 966	323 710	325 580	324 756
2013	282 372	282 553	280 786	282 537	284 171	282 595
2014	420 273	421 681	418 647	420 771	423 141	423 255
2015	291 442	293 130	290 374	292 666	292 915	289 942
2016	374 947	377 643	374 436	376 761	370 198	371 833
2017	330 091	331 655	329 363	332 519	327 708	326 263
2018	351 119	356 974	352 013	356 737	345 519	337 721
2019	301 450	305 226	303 587	305 299	300 788	291 547
<b>Total</b>	<b>7 195 174</b>	<b>7 200 205</b>	<b>7 181 903</b>	<b>7 203 557</b>	<b>7 219 995</b>	<b>7 171 620</b>

Tableau VI.5 : Evolution de la charge ultime depuis 1996 par configuration

En comparant les charges ultimes totales, la configuration ayant la charge ultime la plus basse est la méthode « Sans seuil lissage », configuration 6 présentée dans le chapitre précédent. Le modèle avec la charge ultime la plus haute est la configuration 5, « Sans seuil ».

Certains modèles semblent plus prudents que le modèle actuel. En effet, les modèles « Premier € 1500K », « Premier € 550K-2200K » et « Sans seuil » ont une charge supérieure à celle du modèle « Sous-crête 1500K ».

Cette estimation de la charge ultime est fondamentale pour l'analyse des Boni/Mali proposée dans la partie suivante le backtesting de nos modèles.

- Afin de rentrer davantage dans le détail, voici le tableau précédent avec la distinction entre la partie attritionnelle, la partie grave et la partie des exceptionnels des différentes configurations :

en K€	Charge ultime					
	Année de survénance	T1 Sous-crête 1500K	T1 Premier € 1500K	T1 Sous-crête 550K-2200K	T2 Sous-crête 550K-2200K	T1 Premier € 550K-2200K
1996	245 983	231 937	235 079	13 737	217 395	22 098
1997	258 154	230 822	239 982	25 489	218 218	19 755
1998	271 454	247 042	252 646	25 509	222 624	35 325
1999	268 651	249 058	252 156	21 330	227 305	28 967
2000	287 722	259 978	267 585	26 443	237 015	33 459
2001	285 905	260 348	268 067	23 542	241 322	27 169
2002	281 791	252 354	259 730	28 788	232 537	26 914
2003	247 630	228 222	232 526	18 833	209 452	25 881
2004	240 127	216 499	224 388	21 455	204 614	17 688
2005	248 532	222 655	227 983	24 890	199 219	34 078
2006	234 300	212 996	217 688	19 937	193 916	24 512
2007	229 048	208 462	215 113	18 423	192 804	21 491
2008	241 664	219 633	222 938	22 023	193 973	32 325
2009	252 864	226 036	231 486	27 862	203 406	36 181
2010	273 269	242 907	251 221	28 447	219 174	31 911
2011	272 978	242 398	249 956	29 523	216 987	40 134
2012	280 572	246 954	253 426	35 654	218 142	39 935
2013	259 974	234 316	238 506	28 159	211 571	32 895
2014	269 980	227 058	236 701	45 773	201 857	34 526
2015	250 501	227 333	228 647	28 271	197 834	36 083
2016	264 164	230 122	233 896	43 017	198 149	41 475
2017	258 026	237 385	236 025	29 096	209 565	35 569
2018	265 303	240 967	243 569	33 818	216 594	32 980
2019	249 156	240 392	234 782	21 790	215 062	29 075
<b>Total</b>	<b>6 237 749</b>	<b>5 635 875</b>	<b>5 754 097</b>	<b>641 808</b>	<b>5 098 735</b>	<b>740 428</b>

Tableau VI.6 : Evolution de la charge ultime depuis 1996 par tranche et par configuration

Cette estimation de la charge ultime par tranche sera utile pour la décomposition du B/M par tranche et l'analyse de la variations de B/M d'un arrêté à un autre selon la méthode.

- Nous pouvons également obtenir le tableau de l'évolution des S/P :

en K€	S/P	S/P Ultime					
	Comptable	Sous-crête	Premier €	Sous-crête	Premier €	Sans seuil	Sans seuil
Année de survenance	S/P Comptable	1500K	1500K	550K-2200K	550K-2200K		lissage
1996	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%
1997	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%
1998	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
1999	97%	97%	97%	97%	97%	97%	96%
2000	105%	105%	105%	105%	105%	105%	104%
2001	100%	101%	101%	101%	101%	101%	102%
2002	96%	97%	96%	96%	96%	97%	97%
2003	77%	77%	77%	77%	77%	78%	78%
2004	78%	79%	78%	79%	78%	80%	79%
2005	80%	81%	80%	80%	80%	81%	81%
2006	81%	82%	82%	82%	82%	83%	82%
2007	83%	84%	83%	83%	83%	85%	84%
2008	82%	83%	82%	82%	82%	84%	83%
2009	93%	94%	94%	94%	94%	95%	95%
2010	98%	98%	98%	98%	98%	99%	98%
2011	91%	91%	91%	91%	91%	92%	91%
2012	96%	96%	96%	95%	96%	96%	96%
2013	84%	83%	83%	83%	83%	84%	83%
2014	126%	125%	125%	124%	125%	125%	125%
2015	90%	88%	88%	87%	88%	88%	87%
2016	117%	114%	114%	113%	114%	112%	113%
2017	105%	100%	100%	100%	101%	99%	99%
2018	114%	105%	107%	106%	107%	104%	101%
2019	83%	89%	91%	90%	91%	89%	86%
<b>Total</b>	<b>93,9%</b>	<b>93,5%</b>	<b>93,6%</b>	<b>93,3%</b>	<b>93,6%</b>	<b>93,8%</b>	<b>93,2%</b>

Tableau VI.7 : Evolution du ratio S/P depuis 1996 selon la configuration

Ce tableau des S/P nous permet de visualiser que certaines années ont été fortement sinistrées à l'exemple de la survenance 2014. Nous pouvons également observer la prudence qui avait été constatée dans le tableau précédent sur l'évolution de la charge ultime depuis 1996 par configuration.

Question : est-ce qu'une projection prudente de la charge est bon signe ?

Il n'y a pas de lien de causalité, il est possible qu'une projection trop prudente entraîne d'important Boni ce qui ne correspond pas à la vision Best Estimate souhaitée.

Il est également possible qu'un modèle trop prudent une année soit un modèle qui ne projette pas correctement la charge ultime sur d'autres années d'arrêtés également. Nous rentrerons plus en détail sur les variations des projections sur plusieurs arrêtés dans la partie backtesting.

- Dans la continuité de la récupération et de l'analyse des résultats, la volatilité des tranches modélisées apporte une information sur la stabilité des triangles de sinistres créés.

Ci-dessous un tableau récapitulatif de l'écart-type de Mack calculé pour chacune des tranches modélisées des différentes configurations testées :

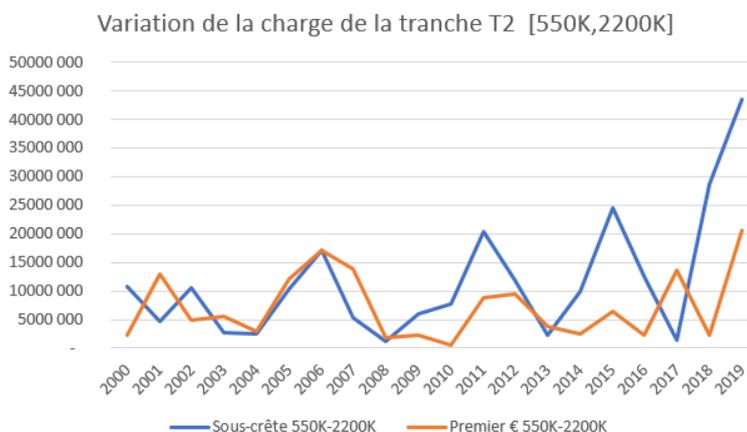
Tranche	Ecart-type de Mack					
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K	Sans seuil	Sans seuil lissage
Tranche 1 - T1	49 088	48 126	45 344	44 208		
Tranche 2 - T2			27 825	25 835		
Triangle total	95 614	95 614	95 614	95 614	95 614	95 614

Tableau VI.8 : Récapitulatif de l'écart-type de Mack par tranche et par configuration

Nous remarquons que l'écart-type de Mack est le plus faible pour la configuration au premier euros avec deux tranches (0,55M€ et 2,2M€) que ce soit pour la tranche modélisée n°1 et la tranche modélisée n°2.

La méthode en sous-crête sur-crête semble apporter une volatilité plus importante sur la T2 comparée à la méthode au premier euro. Cela se constate également pour les modèles avec un unique seuil à 1,5M€.

En complément de ces analyses, nous avons tracer le graphique de la variation de la charge nette de recours de la tranche T2 (sinistres entre 0,55M€ et 2,2M€) des modèles en sous-crête sur-crête et au premier euro.



Graphique VI.9 : Variation de la charge de la tranche T2 pour la configuration 3 et 4

A travers ce graphique, nous pouvons observer qu'à partir de 2008 la charge de la tranche T2 [550K,2200K] est plus stable avec la méthode au premier euro comparée à la méthode en sous-crête sur-crête.

## ▪ Conclusion de l'analyse

Les résultats des nouveaux modèles suite la modification de la modélisation actuelle (méthode sous-crête sur-crête avec un seuil à 1,5M€) par l'abaissement du seuil actuel à 1,5M€ et l'ajout d'une nouvelle tranche pour les sinistres supérieurs à 2,2M€ semblent cohérent. Nous n'observons de changement important dans les projections.

Le calcul de l'écart-type de Mack par tranche montre que la méthode au premier stabilise davantage les triangles de charge nette de recours. Ce modèle peut donc être privilégié au vu des résultats.

Il reste néanmoins important d'analyser les projections des modèle, les Boni/Mali ainsi que la PRI sur plusieurs arrêts modélisés afin de confirmer ou d'infirmer cette opinion.

C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous allons backtester nos modèles afin d'évaluer la précision des méthodes proposées.

## VII- Backtesting

Question : qu'est-ce que le Backtesting ?

Le backtesting consiste à évaluer de la qualité et la pertinence d'un modèle ou d'une méthodologie à partir de données historiques.

Dans notre cas, nous allons backtester les différentes configurations en utilisant les données des arrêtés précédents dans le but d'évaluer la qualité, l'efficacité et la robustesse de ces configurations.

Dans cette partie, nous nous concentrerons principalement sur l'analyse des Boni/Mali ainsi que sur la volatilité des triangles depuis la clôture de fin d'année 2017.

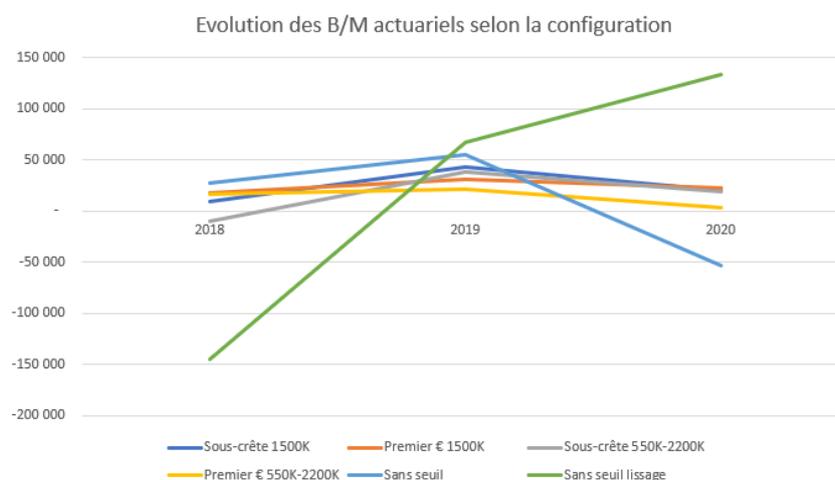
Présentons l'évolution des B/M Actuariels sur toutes les survenances depuis 1996 et pour les années d'inventaire de 2018, 2019 et 2020.

Année d'inventaire	B/M actuariel					
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K	Sans seuil	Sans seuil lissage
2018	9 644	17 799	- 9 685	19 527	27 718	- 144 767
2019	43 643	31 073	48 940	27 428	55 606	66 870
2020	20 322	22 963	19 064	3 200	- 52 857	133 287

Tableau VII.1 : B/M Actuariel des années d'inventaire 2018, 2019 et 2020

Par exemple, le B/M Actuariel 2018 est égale à la différence entre la Charge Ultime 2018 sur exercices antérieurs et la Charge Ultime 2017 tous exercices.

Ci-dessous le graphique associé :



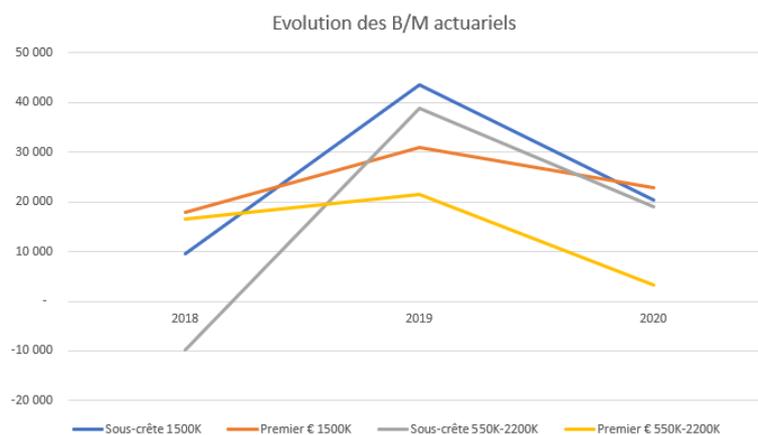
Graphique VII.2 : B/M actuariels des années d'inventaires par configuration

A partir de ce tableau et graphique, nous pouvons constater sur les méthodes sans seuil où l'ensemble des sinistres sont modélisés et projetés ne sont pas adaptées. Les B/M de ces deux méthodes sont très éloignés de zéro et varient fortement d'une année d'inventaire à un autre. Nous voyons ici une limite à la méthode de lissage qui ne permettent pas d'apporter la connaissance expert dans l'ultime, en projetant l'ensemble du triangle sans effectuer de retraitements sur certains coefficients de passage potentiellement aberrant, qu'ils soient supérieurs ou inférieurs à 1.

Nous évincerons les résultats pour ces deux méthodes dans la suite de la restitution des résultats du backtesting.

De plus, nous pouvons remarquer que la méthode « Sous-crête 550K-2200K » estime des Mali pour l'année comptable 2018 tandis que l'ensemble des autres méthodes estiment des Boni. Cela est caractéristique d'une potentielle instabilité et incohérence des projections effectuées à l'aide de cette méthode.

Pour améliorer la lecture du graphique, nous représentons l'évolution des B/M uniquement des quatre autres configurations :



Graphique VII.3 : B/M actuariels des années d'inventaires pour les quatre configurations

Nous pouvons voir que les méthodes en sous-crête sur-crête subissent des variations de B/M plus importantes que les méthodes au premier euro.

La méthode au premier euro avec un seuil à 1,5M€ semble être la plus stable. Cependant, cette configuration n'est pas celle qui minimise le plus les B/M. En effet, la méthode qui minimise le plus les B/M est la méthode au premier euro avec deux seuils l'un à 0,55M€ et l'autre à 2,2M€.

Une autre manière de visualiser les résultats est de rapporter les B/M actuariels constatés au Best Estimate du modèle.

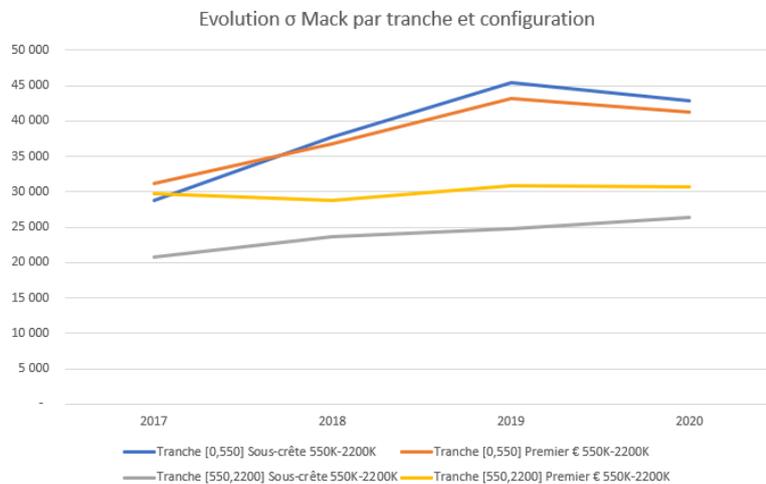
Ainsi, nous obtenons le tableau suivant :

Année d'inventaire	Boni/Mali / Best Estimate			
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K
2018	0,76%	1,38%	-0,77%	0,81%
2019	3,26%	2,31%	3,69%	2,04%
2020	1,38%	1,55%	1,31%	0,22%

Tableau VII.4 : Part des Boni/Mali par rapport au Best Estimate du modèle

La méthode « Premier € 550K-2200K » est celle qui apparait comme ayant le plus faible taux de B/M.

Nous pouvons également backtester la volatilité des triangles construits afin de voir dans le temps quel modèle semble être le plus stable pour les différentes tranches.



Graphique VII.5 : Evolution de l'écart-type de Mack par tranche pour les configuration en sous-crête sur-crête et au premier euro avec deux seuils.

Nous observons que les deux méthodes ont un écart-type de Mack plus grand sur les sinistres attritionnels compris entre 0 et 0,55M€ que sur les sinistres graves compris entre 0,55M€ et 2,2M.

La méthode au premier euro est plus stable sur la tranche attritionnelle mais la situation est inversée sur la tranche des sinistres graves.

L'écart-type de Mack donne une information sur la volatilité du triangle. Un triangle avec des coefficients de passage plus volatiles sera nécessairement moins évident à modéliser qu'un triangle stable avec des coefficients se stabilisant très tôt.

La détermination de l'écart-type de Mack est nécessaire à la détermination de la PRI. Il permet de calculer les paramètres de la loi log normale nécessaires au calcul de la PRI, à l'aide quantile 70% de la loi.

La PRI détermine le degré de prudence des provisions de sinistres à partir de l'écart-type de Mack et du BE du modèle et du quantile 70% de la loi log normale ajustée. Il peut être intéressant de connaître, de la même manière que cela est fait pour la PRI avec un quantile 70%, le niveau de prudence qui correspond au B/M estimé par les modélisations.

Sur l'arrêté 2019, la PRI est de :

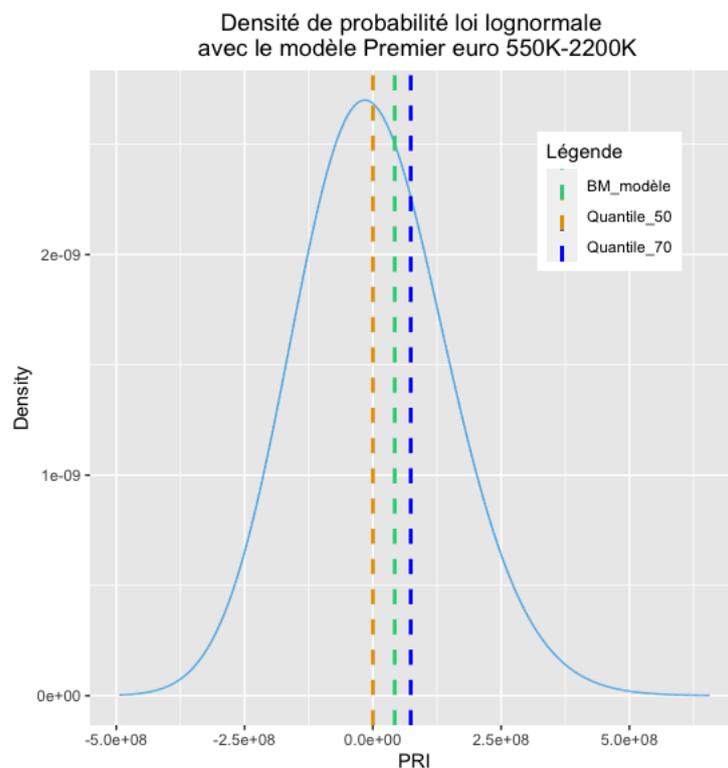
en K €		PRI		
Année d'inventaire	Sous-crête	Premier €	Sous-crête	Premier €
2019	1500K	1500K	550K-2200K	550K-2200K
	47 492	47 503	47 464	47 510

Tableau VII.6 : B/M par méthode et quantile correspondant

Le montant correspond à la différence entre le quantile 70% d'une loi log normale d'espérance et de variance estimée à partir du modèle et le Best Estimate du modèle.

Déterminons maintenant le quantile qui correspond au B/M.

Nous pouvons tracer la densité de probabilité de la loi log normale définie avec pour exemple la configuration au premier euro avec deux tranches :



Graphique VII.7 : Densité de probabilité loi log normale définie avec le modèle « Premier € 550K-2200K »

Le quantile 70% tracé sur le graphique correspond à l'estimation de la PRI.

Le quantile 50% correspond à un montant de B/M nul. Nous pouvons voir que la probabilité d'être en Boni (partie de la densité à gauche des pointillés jaunes) est plus grande que celle d'être en Mali (partie de la densité à droite des pointillés jaunes).

Nous pouvons facilement lire que les B/M de ce modèle sont inférieurs à la PRI estimée.

Ci-dessous un tableau récapitulatif de l'ensemble des résultats obtenus sur les différents modèles :

Indicateur	Configuration			
	Sous-crête 1500K	Premier € 1500K	Sous-crête 550K-2200K	Premier € 550K-2200K
B/M	43 643	31 073	48 940	27 428
Quantile	68,6%	64,0%	70,6%	62,50%
Quantile 70%	47 492	47 503	47 464	47 510

Tableau VII.8 : Récapitulatif des B/M et du quantile de la loi correspondant

Dans le cas de la projection avec la méthode en sous-crête avec un seuil à 0,550M€ et un seuil à 2,2M€, la PRI estimée à partir de la norme Groupe à Groupama ne serait pas suffisante. Pour pouvoir couvrir le Mali actuariel obtenu avec cette configuration, la PRI positionnée devrait être déterminée sur un quantile supérieur, 70,6%.

### Conclusion :

Au vu des résultats des modélisations et du backtesting, la configuration la plus juste en norme Solvabilité 2 est la configuration basée sur les nouveaux seuils estimés avec la méthode de provisionnement au premier euro.

En effet, selon nos projections, cette configuration est celle qui :

- Estime le mieux les B/M ;
- Minimise les B/M ;
- A la part de B/M sur Best Estimate la plus faible ;
- Est la plus stable sur les trois arrêtés du point de vue de l'évolution des B/M dans le temps et de la volatilité des tranches définies.

La configuration similaire en sous-crête sur-crête, bien qu'elle soit analysée comme étant moins volatile que la configuration citée précédemment, les autres résultats nous montrent que l'estimation des B/M est moins précise et plus variable selon les années d'inventaire.

De plus, cette configuration ne semble pas mieux estimer les B/M que la configuration basée sur la même méthodologie mais avec un seul seuil, le seuil « actuel » d'1,5M€.

Etant donné que nous ne projetons pas les sinistres respectivement, selon la méthodologie, supérieurs à 1,5M€ et supérieurs à 2,2M€, nous pouvons ajouter un autre argument en faveur de la méthode sélectionnée.

Du fait de la détermination d'un seuil supérieur au seuil des modèles actuels ( $2,2\text{M€} > 1,5\text{M€}$ ), la méthode sélectionnée projette un plus grand nombre de sinistres à l'ultime et modélise une plus grande part de la charge totale du risque RC Auto.

## **VIII- Etudes connexes**

Dans cette partie, nous présentons deux sujets en lien avec le provisionnement à Groupama. L'un porte sur la vision Groupe que nous avons adopté durant ce mémoire. Nous souhaitons récupérer le plus d'information possible de cette vision agrégée des entités incluses dans les données de l'étude. De telle sorte que l'étude en vision agrégée puisse nous permettre d'approcher les résultats par entité en se basant sur notre connaissance Groupe. L'autre sujet porte sur l'automatisation des multiples étapes nécessaires dans le processus de provisionnement. L'objectif est de créer et de tester un programme qui à partir des données d'entrée, présentées en partie III, nous permet de définir des seuils optimaux selon divers critères et de modéliser la charge ultime selon différentes configurations.

### **1- Passage de résultats toutes caisses à une analyse par caisse**

Le fait de pouvoir travailler en amont de la remontée des résultats de chaque entité, de pouvoir tester des approches avant de les proposer aux entités et de quantifier de manière macro les impacts est un véritable enjeu.

L'approche toutes caisses proposée dans ce mémoire est un outil intéressant au niveau Groupe afin d'avoir une autre vision des résultats et des impacts. Cette approche peut être appliquée dans d'autres entreprises où l'organisation est de telle sorte que les entités ou filiales rattachées au Groupe effectuent leur propre provisionnement puis où une consolidation est faite au niveau du Groupe.

Pour aller plus loin, nous réfléchissons dans cette partie à une approche permettant de passer de la vision toutes caisses (toutes entités) à une vision par caisse (par entité).

Il est trop compliqué, sans faire appel à la collaboration des différentes entités, de récupérer l'information de leur modélisation avec leur vision et connaissance. Il n'est donc pas possible d'estimer les Boni/Mali par entité à partir des données agrégées.

En revanche, à partir d'un modèle prédéfini, une estimation de la volatilité des triangles d'une entité ainsi qu'une estimation de sa PRI est réalisable.

Nous avons, à partir d'un modèle déterminé, créer une base de données ainsi que des triangles de liquidation par entités en complément de la vision agrégée. Une vision agrégée moins une entité a également été construite.

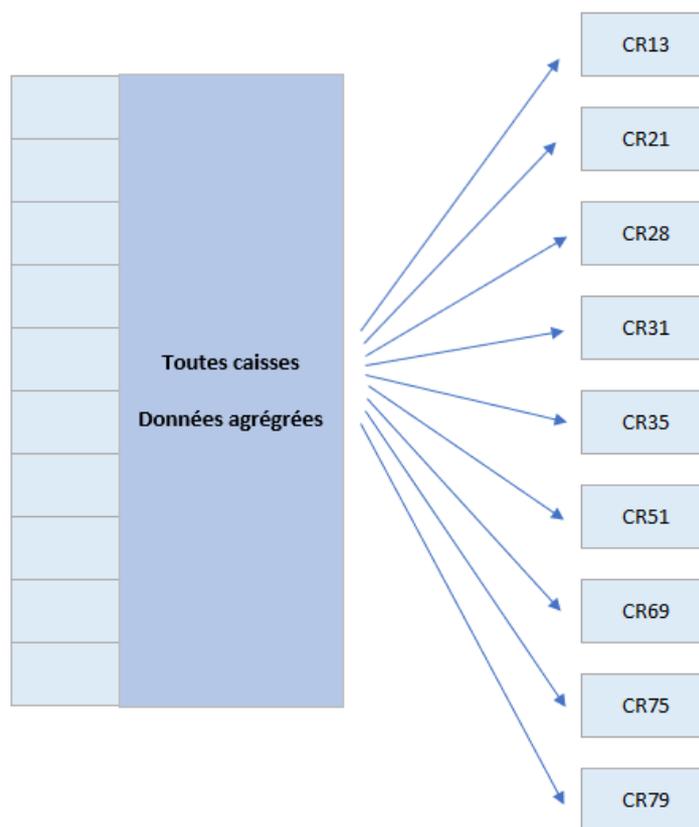


Figure VIII.1 : Schéma des données toutes caisses à des données par Caisses Régionales

La vision et les données « par caisse » permettent d’avoir les données de primes, de paiements, de charges, de volatilité, de PRI de chacune des caisses.

De la même manière que nous pouvons obtenir les données par CR (Caisses Régionales), il est possible d’obtenir les données agrégées moins une CR. C’est-à-dire que l’ensemble des données agrégées sont sélectionnées mis à part une Caisse.

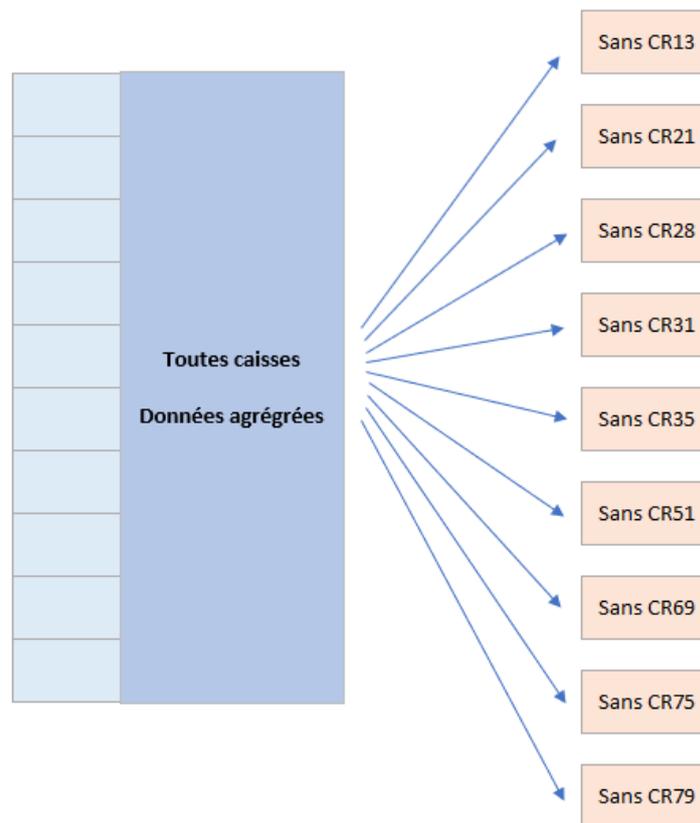


Figure VIII.2 : Schéma des données toutes caisses à des données sans une Caisse Régionale

La vision « toutes entités moins une entité » permet d’aborder une approche d’impact marginal. Cela permet d’avoir l’effet marginal d’une entité sur le groupe sur lequel nous reviendrons.

- Afin d’estimer l’écart-type de Mack d’une caisse, nous allons construire une clé de répartition à partir des données que nous avons à disposition.

Nous disposons de l’estimation de l’écart-type de Mack par année de survenance pour le modèle « Toutes caisses agrégées » utilisé dans les travaux de ce mémoire ainsi que l’écart-type de Mack de chacune des caisses et ce par année de survenance.

A partir de cette information par caisse, nous pouvons déterminer ce que représente la valeur de l’écart-type de Mack pour chaque caisse par rapport à l’écart-type de Mack du modèle toutes caisses par survenance. Nous disposons de l’historique depuis 1996 mais le portefeuille a considérablement évolué en 24 ans. Nous restreignons ces calculs aux quinze dernières années soit de 2005 à 2019.

Une moyenne sur 15 ans est ainsi effectuée sur cette donnée, ce qui permet de prendre en compte l’évolution de la volatilité du triangle de la caisse dans le temps. L’historique ainsi que le portefeuille étant grandissant une moyenne sur 15 ans semble cohérent pour capter cette tendance et approximer une répartition de la part totale.

Le résultat par caisse obtenu est le suivant :

Pour préserver la confidentialité des données, les résultats ont été anonymisés et renseignés dans un ordre aléatoire et les valeurs sont en pourcentage.

	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9
Valeur moyenne de l' $\sigma$ Mack caisse par rapport à l' $\sigma$ Mack total	31%	54%	24%	38%	24%	19%	37%	10%	23%

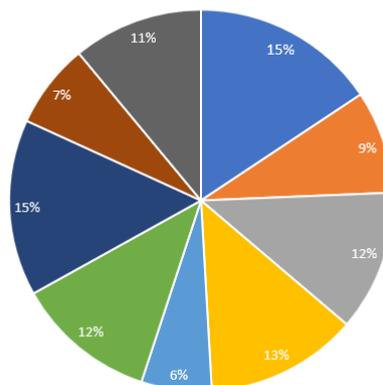
Tableau VIII.3 : Synthèse des résultats de la valeur moyenne de l'écart-type de Mack sur 15 ans par caisse par rapport à l'écart-type de Mack toutes caisses

Nous pouvons ainsi estimer approximativement le montant de l'écart-type de Mack par caisse pour l'année suivante à partir de la valeur toutes caisses.

Afin d'également prendre en compte le poids de la caisse dans l'estimation, nous répartissons le BE de chaque caisse par le poids de la charge comptable de la caisse par rapport à la charge comptable toutes caisses.

Pour rappel, voici la répartition de la charge totale en RC Auto par caisse.

Répartition de la charge totale en RC Auto par caisse



Graphique VIII.4 : Répartition de la charge totale en RC Auto par caisse

Et ainsi le Best Estimate par caisse est tel que :

en K€	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9
Montant Best Estimate approximé	296 906	219 198	182 499	259 467	259 201	131 585	306 560	164 172	240 576

Tableau VIII.5 : Synthèse de la répartition du Best Estimate approximé

Ainsi, nous obtenons une estimation de la PRI par caisse :

en K€	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9
PRI estimée	21 180	28 600	15 542	24 483	16 996	11 988	24 651	7 021	15 891

Tableau VIII.6 : Montant de PRI estimée par caisse

Si nous comparons pour une caisse le résultat avec le montant qu'elle a réellement positionné à l'arrêté du Q4 2019, nous remarquons que la caisse n°3 a positionné une PRI de l'ordre de 11 millions ce qui est inférieur au 15,5 millions estimée. Cela s'explique du fait que la moyenne déterminée est supérieure à la valeur réelle de la caisse. De manière générale, cette méthode est une application prudente et permet d'avoir une visualisation et une connaissance rapide sur chaque caisse. D'autres choix méthodologiques peuvent être pris.

- Dans le but de récupérer le plus d'information des données et modèles créés (Toutes caisses, par caisse et sans une caisse), il est possible de déterminer l'effet marginal d'une caisse sur l'ensemble des autres caisses et la corrélation de chaque caisse entre elle et par rapport au 'toutes caisses'.

Ci-dessous le tableau récapitulatif de l'effet marginal de chaque caisse :

	Total	Sans CR 1	Sans CR 2	Sans CR 3	Sans CR 4	Sans CR 5	Sans CR 6	Sans CR 7	Sans CR 8	Sans CR 9
Valeur moyenne de l' $\sigma$ Mack sans une caisse par rapport à l' $\sigma$ Mack total	100%	3%	-20%	0%	-7%	-2%	-4%	-10%	0%	-6%

Tableau VIII.7 : Récapitulatif de l'effet marginal de chaque caisse

L'effet marginal de ce tableau peut se lire et se comprendre ainsi, en prenant l'exemple de la caisse n°4 : lorsque la valeur de l'écart-type de Mack propre à la caisse 4 diminue de 100%, l'écart-type de Mack toutes caisses diminue de 7%.

Nous pouvons donc comprendre que la caisse n°2 influence fortement le montant de la volatilité du triangle toutes caisses.

- Enfin la corrélation de chaque caisse entre elle et par rapport au 'toutes caisses' est calculable, ci-dessous la matrice de corrélation :

Périmètre	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9	Toutes caisses
CR 1	100%	81%	84%	82%	95%	64%	92%	94%	94%	89%
CR 2	81%	100%	92%	85%	87%	78%	90%	84%	87%	94%
CR 3	84%	92%	100%	91%	90%	83%	90%	81%	87%	94%
CR 4	82%	85%	91%	100%	83%	91%	92%	82%	84%	93%
CR 5	95%	87%	90%	83%	100%	73%	91%	94%	98%	93%
CR 6	64%	78%	83%	91%	73%	100%	77%	68%	76%	84%
CR 7	92%	90%	90%	92%	91%	77%	100%	95%	92%	95%
CR 8	94%	84%	81%	82%	94%	68%	95%	100%	97%	92%
CR 9	94%	87%	87%	84%	98%	76%	92%	97%	100%	95%
Toutes caisses	89%	94%	94%	93%	93%	84%	95%	92%	95%	100%

Tableau VIII.8 : Matrice de corrélations basée sur l'écart-type de Mack par survenance entre les caisses et la vision toutes caisses en RC Automobile

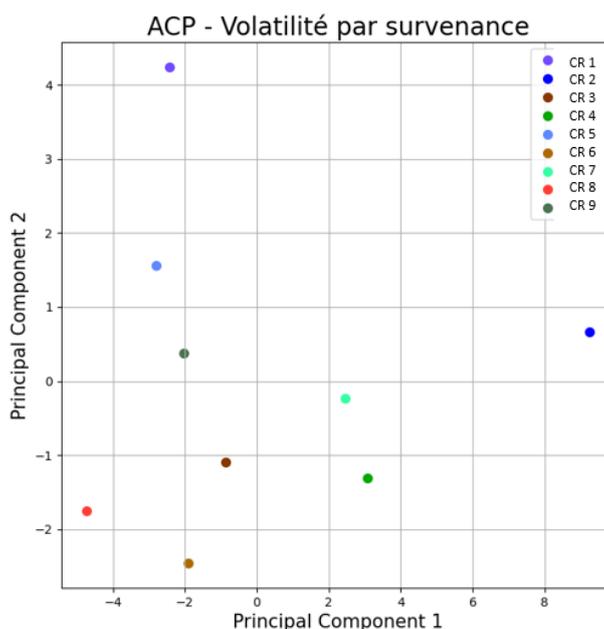
Grâce à ce tableau, nous pouvons définir quelles caisses, deux à deux, sont proche l'une de l'autre sur l'aspect de la volatilité de leur triangle de charge en RC Automobile.

Une lecture possible est de remarquer que la caisse n°5 est très fortement corrélée à la caisse n°9 et que la caisse n°6 est très peu corrélée à la caisse n°1.

La caisse la plus corrélée au 'toutes caisses' est la caisse n°9, en revanche la caisse la moins corrélée est la caisse n°6.

Ces corrélations peuvent, d'une certaine manière, être visualiser à l'aide d'une Analyse en Composante Principale (ACP).

Ci-dessous la représentation visuelle de l'ACP sur la volatilité du triangle déterminée par la méthode de Mack par survenance pour l'ensemble des caisses :



Graphique VIII.9 : ACP sur la volatilité par survenance pour l'ensemble des caisses

Nous retrouvons bien la forte corrélation entre la caisse n°5 et la caisse n°9 ainsi que la faible corrélation entre la caisse n°1 et la caisse n°6.

A l'aide de ce graphique, il est possible d'observer des groupes de caisses ayant des comportements similaires par rapport aux autres caisses.

Cette analyse par composante principale est à prendre avec du recul, elle permet de visualiser une « distance » entre les caisses par rapport à leur montant de volatilité par survenance sur le triangle de charge modélisée mais ne permet pas de créer des sous-groupes très distincts comme cela peut être le cas lors d'une ACP sur un très grand nombre de données.

La définition d'une distance peut être intéressante au niveau groupe. En effet, dans les entreprises organisées de cette manière, des projets sont souvent testés dans des groupes de travail composés de différents services dont des équipes d'« entité pilote ». Ces entités pilotes sont des entités suivies et participent aux échanges, aux tests et qui analysent l'impact d'un nouveau projet ou d'une nouvelle méthodologie leur échelle.

De ce fait, si par exemple, nous savons grâce à notre étude que deux entités ont peu ou prou le même profil, il serait préférable de ne pas choisir d'intégrer ces deux entités au groupe de travail en tant qu'entité pilote mais plutôt choisir une entité ayant un profil différent.

## 2- Automatisation de l'analyse et des étapes du processus de provisionnement

Le but de cette partie est développé un programme permettant d'obtenir une analyse complète, simple d'utilisation, et d'automatiser les multiples étapes présentes dans le processus de provisionnement en vigueur au Groupe.

L'objectif est de créer et de tester un programme qui a partir des données d'entrée, présentées en partie III, nous permet de définir des seuils optimaux selon les Boni/Mali et de modéliser la charge ultime.

Nous avons créé un programme qui reprend les différentes étapes nécessaires à la modélisation et à la projection des données dans le cadre du provisionnement.

Le programme présenté reprend l'objectif du mémoire à savoir : améliorer la modélisation et le provisionnement du risque responsabilité civile automobile.

Pour se faire, l'objectif du programme est de déterminer le seuil qui minimise le plus les Boni/Mali.

Le programme est codé avec le langage de programme de *Python*.

Le programme :

- Importe les données ;
- Effectue des contrôles de base tel que vérifier si les paiements plus les provisions est bien égal à la charge. A noter la plupart des contrôles ont été effectués en amont de l'automatisation ;
- Reconstruit les triangles en fonction d'une variable représentant le montant du seuil testé ;
- Détermine ainsi la charge ultime de la première tranche (T1) et de la deuxième tranche (T2) à partir de la méthode Chain Ladder implémentée ;
- Renvoie le graphique de l'évolution des Boni/Mali selon le seuil.

### Sorties du programme :

Ci-dessous le graphique en sortie du programme :

- Avec la décomposition entre le B/M Attritionnel et le B/M Grave :

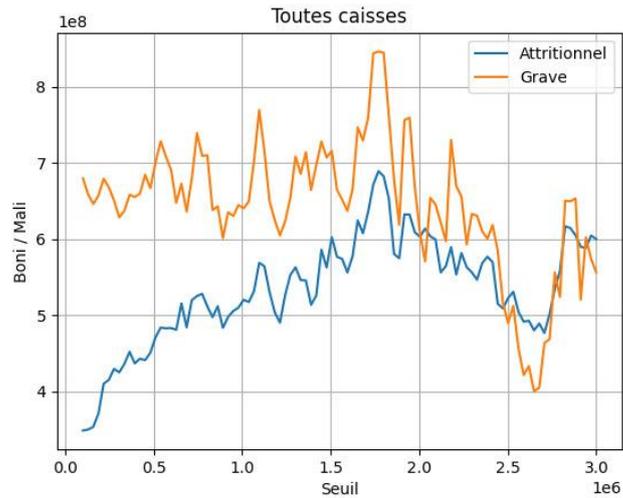


Figure VIII.10 : Evolution des B/M décomposé entre Attritionnel et Grave en fonction du seuil

- Avec le B/M Total (Attritionnel+Grave) :

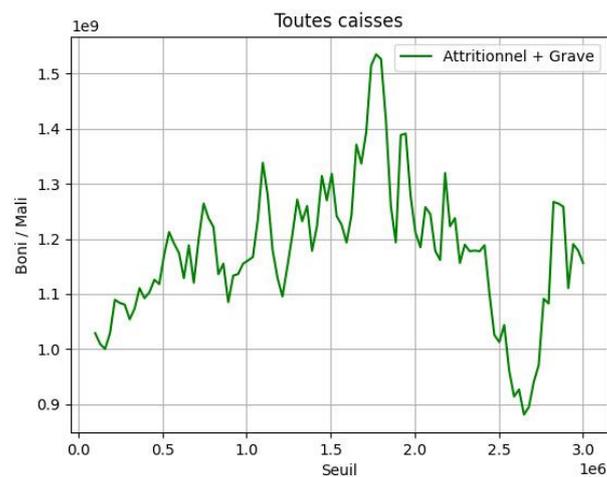


Figure VIII.11 : Evolution des B/M Attritionnel+Grave en fonction du seuil

Les B/M représentés correspondent à la somme des B/M en valeur absolue par année d'arrêté sur l'ensemble de l'historique des données B/M.

#### Analyse des résultats du programme :

Le graphique d'évolution des B/M Attritionnel+Grave en fonction du seuil permet de visualiser rapidement le seuil correspondant aux B/M les plus faibles.

Le seuil déterminé à l'aide du programme est d'environ 2,6M€.

Ce seuil correspond à une variation de +18% du seuil de graves déterminé avec les méthodes TVE appliquées dans les travaux de 2,2M€.

Ce résultat est à analyser avec précautions. Il est nécessaire d'effectuer davantage d'analyse en s'appuyant sur d'autres indicateurs de performance de modèle.

### **Avantages et inconvénients :**

- Un avantage de cette méthode est la rapidité de récupération des résultats ainsi que l'accélération considérable du processus initialement nécessaire dans les études classiquement menées au sein de Groupama.
- Un autre avantage est pouvoir effectuer l'analyse sur un historique plus important. Dans cette partie, l'ensemble des B/M depuis 2011 est recalculé alors que dans notre partie VII- Backtesting nous n'avons pu prendre que trois années dans l'analyse. Cela est dû à la longueur du processus qui rend très fastidieux de lancer des modifications de modèles ou de tester des méthodologies sur un historique important. Les étapes habituelles au provisionnement, lors d'un arrêté des comptes, effectuées ponctuellement et à l'aide d'outils validés et contrôlés par différents services et auditeurs sont raisonnables en termes de temps d'exécution mais mis bout à bout cela devient très vite lourd lorsqu'il faut tester une nouvelle hypothèse de modèle ou de méthodologie.
- Également, un des avantages est que le programme est auditable facilement.
  
- Une limite actuelle au programme est qu'il ne permet pas encore de déterminer un nombre de seuil défini en input du programme. Nous nous sommes également limités à l'étude des Boni/Mali pour déterminer le seuil optimal. Une amélioration serait d'ajouter d'autres indicateurs à l'analyse.
- Une autre limite est que le programme ne permet pas aujourd'hui de retraiter facilement des diagonales ou des coefficients.

## IX- Les limites des travaux

Durant les travaux pour ce mémoire, nous avons été amenés à formuler des choix dans le but d'établir les bases de notre étude et de limiter les possibilités d'analyse. De plus, les choix méthodologiques ont des avantages et des inconvénients. Ces inconvénients peuvent constituer des limites.

Parmi les limites :

- La méthode de provisionnement utilisée, la méthode Chain Ladder, a des inconvénients. En effet, par exemple, les coefficients de passage en queue de distribution du triangle sont déterminés sur très peu de données, le coefficient le plus à droite est calculé à partir de deux montants seulement. Ces coefficients peuvent faire considérablement varier la projection. Une stabilisation a été appliquée compte de cette inconvénient mais cela réduit en partie l'information donnée par les données.

Qui plus est, comme nous avons pu le voir avec les méthodes sans seuil et sans seuil avec lissage, le Chain Ladder est très sensible aux évolutions de coefficients de développements et ainsi à l'entrée d'une nouvelle diagonale dans le triangle à chaque arrêté. Une sélection des diagonales a été effectuée mais des années d'inventaire particulières liées à des changements de gestions ou à la crise sanitaire par exemple peuvent venir biaiser la projection de l'ultime.

- Les données utilisées pour l'étude des seuils sont les données vues à fin 2019. Les sinistres récents comme les plus anciens ont été pris en compte de la même façon dans les méthodes d'estimation des seuils. Ce point peut faire l'objet de discussion étant donné que nous avons vu que la charge d'un sinistre évolue dans le temps : les sinistres sont généralement réévalués à la hausse après un an de développement puis leur charge diminue avec le temps. Nous aurions pu décider de déterminer de nouveaux seuils à partir de données. Il aurait pu être analysé le montant d'ouverture des sinistres ou de second développement sur un histoire récent.

- Le backtesting a été appliqué sur trois années d'inventaire. Bien que l'analyse par backtest soit complète, avoir davantage de recul sur les données et une meilleure visualisation de l'évolution est préférable. Cela permettrait d'avoir, par exemple, une chronique des Boni/Mali plus longue.

- Les données utilisées ne sont pas retraitées de l'inflation. Le coût des sinistres sont vus à leur coût d'origine. Aucune mise en As-If des données du fait l'inflation n'a été appliquée. Il serait intéressant de traiter l'inflation et de reproduire certaines études afin d'analyser l'impact de la prise en compte de l'inflation dans les données.

- Enfin, les sinistres « graves » ou « exceptionnel » selon la configuration ne sont pas projetés.

Il pourrait être intéressant d'appliquer des méthodes de provisionnements spécifiques au provisionnement de ces sinistres à charge très élevée et d'intégrer les résultats à la restitution

ainsi qu'aux analyses. Cette limite va de pair avec la possibilité d'affiner davantage le tranchage des sinistres en déterminant des seuils plus fins et d'appliquer des méthodes de provisionnements spécifiques selon la matérialité des tranches créées. Cela permettrait de distinguer par exemple les petits sinistres attritionnels, des moyens sinistres attritionnels et des « graves » attritionnels et ce sur chaque tranche et d'analyser le cadencement de chacune des sous-catégories créées.

## X- Conclusion

Tout au long de ce mémoire, nous avons travaillé sur une réponse à la problématique suivante : Est-il possible d'améliorer la vision du risque RC auto actuelle ainsi que le provisionnement de ce risque en conservant les méthodes de projections déterministes actuellement utilisées ?

Nous avons dans un premier temps défini les notions liées au provisionnement du risque de responsabilité civile automobile telles que les exigences réglementaires, la gestion des sinistres, leur comptabilisation et les indicateurs clés d'analyse tels que les Boni/Mali ou la volatilité d'un triangle.

Dans un deuxième temps, nous avons apporté une analyse sur la réévaluation des seuils afin de segmenter la base de données des sinistres et de les projeter par tranche homogène distincte. Ceci, à l'aide de méthodes statistiques de la théorie des valeurs extrêmes et de tests de sensibilité des seuils. Les seuils définis grâce à ces méthodes étant différents du seuil actuellement utilisé au sein de Groupama, il a été naturel de modéliser et de projeter les données du risque RC Auto et d'en analyser les résultats.

Dans un troisième temps, nous avons restitué les résultats des nouveaux modèles puis nous les avons comparés avec les résultats du modèle actuel. Enfin dans l'optique d'approfondir l'étude, nous avons backtesté ces modèles en appuyant notre étude sur les indicateurs définis plus tôt.

Le nouveau modèle proposé est un modèle avec une méthode de gestion des sinistres « au premier euro » composé de deux seuils : le premier à 0,55M€, le second à 2,2M€. Ces deux seuils permettent de découper le triangle total en trois tranches : une tranche « attritionnelle » pour les sinistres dont la charge nette de recours est inférieure à 0,55M€, une tranche « grave » pour les sinistres dont la charge est comprise entre 0,55M€ et 2,2M€ et une tranche « exceptionnelle », non modélisée, pour les sinistres dont la charge est supérieure à 2,2M€. Tandis que le modèle actuel repose sur une modélisation en sous-crête sur-crête avec un unique seuil à 1,5M€. Un modèle à deux tranches dont la tranche des sinistres « graves », c'est-à-dire supérieurs à 1,5M€, n'est pas modélisé.

Ainsi, nous constatons que le nouveau modèle modélise une plus grande partie des sinistres et projette ainsi une plus grande part de la charge totale du risque.

Dans le cadre de notre étude, la variable de détermination des seuils et d'analyse est la charge nette de recours des sinistres. Cela permet de ne pas capter les variations de la charge totale des sinistres dues aux recours, qui peuvent venir perturber les projections.

L'indicateur principal de l'étude est inévitablement le niveau de Boni/Mali. Le niveau de Boni/Mali est un indicateur de performance du modèle dans le sens où il nous permet de spécifier si nous sommes en situation de sous-provisionnement ou en situation de sur-provisionnement. L'un des indicateurs d'amélioration du provisionnement est la réduction des Boni/Mali, ce qui signifie qu'une meilleure estimation de la charge ultime a été réalisée par le modèle.

Les principaux autres indicateurs sont la stabilité des modèles et leur volatilité estimées par le modèle de Mack. L'écart-type de Mack, déterminé en fonction de la modélisation, permet d'approcher la marge de prudence défini dans Solvabilité II et permet ainsi de quantifier le niveau de prudence du modèle.

Des analyses, il en résulte que le nouveau modèle semble bien améliorer la vision et le provisionnement du risque RC Auto. En effet, nous avons constaté que les Boni/Mali calculés ainsi que le montant de PRI estimé sont inférieurs à ceux obtenus avec la modélisation actuel du risque.

Enfin, en guise d'ouverture, nous avons également exploré des pistes d'études connexes à la problématique du mémoire :

- Nous avons cherché à approximer des informations sur les entités présentes dans la base de données agrégées utilisées pour réaliser nos travaux. L'idée est d'obtenir le plus d'information sur les entités à partir de la vision Groupe adoptée. Une analyse en composantes principales nous permet de définir des groupes d'entités au profil similaire en fonction de la volatilité de leurs triangles de charges.
- Nous avons construit un programme en parallèle du process initial qui permet à partir des données brutes initiales : de valider les hypothèses de modélisation, de recalculer la charge des sinistres, de construction les triangles de liquidation à partir de cette charge, de projeter ces triangles à l'aide de la méthode Chain-Ladder et de récupérer le niveau de Boni/Mali par arrêté comptable. Ainsi, nous pouvons estimer d'une manière différente à celles exposées dans le mémoire, le seuil qui minimise les Boni/Mali totaux. L'étude de cette partie peut encore être approfondie. Cette partie est encore sujet à des évolutions. Il pourrait être intéressant de croiser d'autres variables à l'indicateur des Boni/Mali et d'effectuer un test de modélisation avec les seuils retournés par le programme.

Les travaux font également l'objet de limites. La non prise en compte de l'inflation et le faible historique utilisé dans le backtesting constituent des limites aux analyses.

De même, nous estimons que deux des principales limites sont le choix de ne pas projeter la tranche la plus haute des modèles et l'utilisation de la méthode Chain-Ladder qui est une méthode sensible aux facteurs internes et externes de perturbation de la sinistralité.

Ces deux dernières limites amènent à penser qu'une méthode de provisionnement ligne à ligne pourrait être adaptée et permettrait d'estimer plus justement la valeur à l'ultime des sinistres ainsi que la provision nécessaire. Cette méthode de provisionnement pourra très certainement s'intégrer dans la logique d'automatisation du provisionnement évoquée en fin de mémoire.

## XI- Tables et figures

FIGURE I.1 : LES TROIS PILIERS DE SOLVABILITE II.....	1
FIGURE I.2 : BILAN SOLVABILITE 1 ET BILAN SOLVABILITE 2.....	2
FIGURE I.3 : CONSTITUTION DU SCR PAR LES DIFFERENTS MODULES DE RISQUE (SOURCE : ACPR) .....	3
TABLEAU I.4 : EXTRACTION DE LA SEGMENTATION PAR LOBS ET SEGMENTS DE REVUE.....	3
FIGURE I.5 : ORGANISATION INTERNE DU GROUPE GROUPAMA (SOURCE : SENAT).....	4
TABLEAU II.1 : ENSEMBLE DES CAISSES REGIONALES METROPOLITAINES AVEC LEUR ACRONYME ET NUMERO.....	5
FIGURE II.2 : SCHEMA D’UN TRIANGLE DE LIQUIDATION .....	5
FIGURE II.3 : TRIANGLE DE LIQUIDATION.....	6
FIGURE II.4 : LES ETAPES DE LA VIE D’UN SINISTRE .....	6
GRAPHIQUE III.1 : REPARTITION DU NOMBRE DE SINISTRES TOTAL PAR CAISSE .....	6
GRAPHIQUE III.2 : REPARTITION DE LA CHARGE TOTALE PAR CAISSE .....	7
GRAPHIQUE III.3 : EVOLUTION DE LA CHARGE, DES PAIEMENTS ET DES PROVISIONS D/D PAR ANNEE DE SURVENANCE .....	7
TABLEAU III.4 : PART DES SINISTRES CLOS ET EN COURS PAR RAPPORT AU TOTAL .....	7
GRAPHIQUE III.5 : REPARTITION DU NOMBRE DE SINISTRES EN RC AUTO PAR CAISSE .....	8
GRAPHIQUE III.6 : REPARTITION DE LA CHARGE TOTALE EN RC AUTO PAR CAISSE .....	8
TABLEAU III.7 : REPARTITION DE LA CHARGE TOTALE DU RISQUE RC AUTO ...	8
GRAPHIQUE III.8 : HISTOGRAMME DES SINISTRES SELON LA CHARGE EN RC AUTO .....	9
GRAPHIQUE III.9 : HISTOGRAMME DE LA CHARGE EN RC AUTO – ZOOM A GAUCHE.....	9
GRAPHIQUE III.10 : HISTOGRAMME DE LA CHARGE EN RC AUTO – ZOOM A DROITE.....	10
TABLEAU III.11 : TRIANGLE DE CHARGES NETTES EN K€ .....	11
TABLEAU III.12 : TRIANGLE DE NOMBRES.....	11
TABLEAU III.13 : TRIANGLE DE COEFFICIENTS DE PASSAGES .....	11
TABLEAU III.14 : TRIANGLE DE CHARGES NETTES PROJETEES SUR 23 ANS EN K€ .....	12
TABLEAU III.15 : TABLEAU EXEMPLE DE LA CHARGE ULTIME NETTE DE RECOURS OBTENUE PAR CHAIN LADDER PAR ANNEE DE SURVENANCE ET AU TOTAL EN K€ .....	12
FIGURE IV.1 : EXEMPLE EXPLICATIF DIFFERENCIANT LA METHODE SOUS- CRETE SUR-CRETE DE LA METHODE AU PREMIER EURO .....	13

GRAPHIQUE V.1 : EVOLUTION DE LA CHARGES DES SINISTRES ATTRITIONNELS (<1,5M€) PAR ANNEE DE DEVELOPPEMENT EN FONCTION DE L'ANNEE DE SURVENANCE .....	14
GRAPHIQUE V.2 : EVOLUTION DE LA CHARGES DES SINISTRES GRAVES (<1,5M€) PAR ANNEE DE DEVELOPPEMENT EN FONCTION DE L'ANNEE DE SURVENANCE .....	14
GRAPHIQUE V.3 : EVOLUTION DE LA CHARGES DE L'ENSEMBLE DE SINISTRES PAR ANNEE DE DEVELOPPEMENT EN FONCTION DE L'ANNEE DE SURVENANCE .....	14
GRAPHIQUE V.4 : MEP SUR LA CHARGE DE LA SINISTRALITE RC AUTOMOBILE .....	15
GRAPHIQUE V.5 : MEP SUR LA CHARGE DE LA SINISTRALITE RC AUTOMOBILE – ZOOM SUR LA PARTIE GAUCHE.....	15
TABLEAU V.6 : SYNTHESE DES RESULTATS DES DEUX METHODES .....	16
TABLEAU V.7 : SYNTHESE DES SEUILS RETENUS .....	16
TABLEAU V.8 : RECAPITULATIF DES SEUILS ACTUELS ET DES SEUILS DETERMINEES .....	17
TABLEAU V.9 : RECAPITULATIF DES SEUILS DETERMINEES +/- 10% .....	17
TABLEAU V.10 : CHARGE ULTIME ET ECARTS PAR ANNEE DE SURVENANCE DU MODELE AVEC NOUVEAUX SEUILS ET SENSIBILITE +/-10% .....	17
TABLEAU V.11 : RECAPITULATIF DES SEUILS ACTUELS +/- 10% .....	17
TABLEAU V.12 : CHARGE ULTIME ET ECARTS PAR ANNEE DE SURVENANCE DU MODELE AVEC SEUIL ACTUEL ET SENSIBILITE +/-10% .....	18
TABLEAU V.13 : SYNTHESE DES RESULTATS SUR LA CHARGE ULTIME AVEC UNE SENSIBILITE A 10% POUR LES CONFIGURATIONS TESTEES.....	18
TABLEAU V.15 : CHARGE ULTIME ET ECARTS PAR ANNEE DE SURVENANCE DU MODELE AVEC NOUVEAUX SEUILS ET SENSIBILITE +/-10% DE LA TRANCHE GRAVE [550,2200].....	19
TABLEAU V.16 : RECAPITULATIF DES SEUILS DETERMINEES +/- 30% .....	20
TABLEAU V.17 : CHARGE ULTIME ET ECARTS PAR ANNEE DE SURVENANCE DU MODELE AVEC NOUVEAUX SEUILS ET SENSIBILITE +/-30% .....	20
TABLEAU VI.1 : RESULTATS DE LA PREMIERE METHODE .....	21
TABLEAU VI.2 : RECAPITULATIF DE L'ENSEMBLE DES METHODOLOGIES TESTEES.....	22
TABLEAU VI.3 : RECAPITULATIF DES TRANCHES DEFINIES POUR CHAQUE CONFIGURATION .....	22
FIGURE VI.4 : EXEMPLE EXPLICATIF DIFFERENCIANT LES CONFIGURATIONS TESTEES AVEC UN SINISTRE D'UNE CHARGE DE 4M€ .....	22
TABLEAU VI.5 : EVOLUTION DE LA CHARGE ULTIME DEPUIS 1996 PAR CONFIGURATION .....	23
TABLEAU VI.6 : EVOLUTION DE LA CHARGE ULTIME DEPUIS 1996 PAR TRANCHE ET PAR CONFIGURATION .....	24
TABLEAU VI.7 : EVOLUTION DU RATIO S/P DEPUIS 1996 SELON LA CONFIGURATION .....	24

TABLEAU VI.8 : RECAPITULATIF DE L'ECART-TYPE DE MACK PAR TRANCHE ET PAR CONFIGURATION .....	25
GRAPHIQUE VI.9 : VARIATION DE LA CHARGE DE LA TRANCHE T2 POUR LA CONFIGURATION 3 ET 4 .....	25
TABLEAU VII.1 : B/M ACTUARIEL DES ANNEES D'INVENTAIRE 2018, 2019 ET 2020 .....	25
GRAPHIQUE VII.2 : B/M ACTUARIELS DES ANNEES D'INVENTAIRES PAR CONFIGURATION .....	25
GRAPHIQUE VII.3 : B/M ACTUARIELS DES ANNEES D'INVENTAIRES POUR LES QUATRE CONFIGURATIONS .....	26
TABLEAU VII.4 : PART DES BONI/MALI PAR RAPPORT AU BEST ESTIMATE DU MODELE.....	26
GRAPHIQUE VII.5 : ÉVOLUTION DE L'ECART-TYPE DE MACK PAR TRANCHE POUR LES CONFIGURATION EN SOUS-CRETE SUR-CRETE ET AU PREMIER EURO AVEC DEUX SEUILS. ....	26
TABLEAU VII.6 : B/M PAR METHODE ET QUANTILE CORRESPONDANT .....	26
GRAPHIQUE VII.7 : DENSITE DE PROBABILITE LOI LOG NORMALE DEFINIE AVEC LE MODELE « PREMIER € 550K-2200K ».....	27
TABLEAU VII.8 : RECAPITULATIF DES B/M ET DU QUANTILE DE LA LOI CORRESPONDANT.....	27
FIGURE VIII.1 : SCHEMA DES DONNEES TOUTES CAISSES A DES DONNEES PAR CAISSES REGIONALES .....	28
FIGURE VIII.2 : SCHEMA DES DONNEES TOUTES CAISSES A DES DONNEES SANS UNE CAISSE REGIONALE.....	29
TABLEAU VIII.3 : SYNTHESE DES RESULTATS DE LA VALEUR MOYENNE DE L'ECART-TYPE DE MACK SUR 15 ANS PAR CAISSE PAR RAPPORT A L'ECART-TYPE DE MACK TOUTES CAISSES .....	29
GRAPHIQUE VIII.4 : REPARTITION DE LA CHARGE TOTALE EN RC AUTO PAR CAISSE .....	29
TABLEAU VIII.5 : SYNTHESE DE LA REPARTITION DU BEST ESTIMATE APPROXIME .....	29
TABLEAU VIII.6 : MONTANT DE PRI ESTIMEE PAR CAISSE .....	29
TABLEAU VIII.7 : RECAPITULATIF DE L'EFFET MARGINAL DE CHAQUE CAISSE .....	30
TABLEAU VIII.8 : MATRICE DE CORRELATIONS BASEE SUR L'ECART-TYPE DE MACK PAR SURVENANCE ENTRE LES CAISSES ET LA VISION TOUTES CAISSES EN RC AUTOMOBILE.....	30
GRAPHIQUE VIII.9 : ACP SUR LA VOLATILITE PAR SURVENANCE POUR L'ENSEMBLE DES CAISSES .....	30
FIGURE VIII.10 : ÉVOLUTION DES B/M DECOMPOSE ENTRE ATTRITIONNEL ET GRAVE EN FONCTION DU SEUIL.....	31
FIGURE VIII.11 : ÉVOLUTION DES B/M ATTRITIONNEL+GRAVE EN FONCTION DU SEUIL .....	31

## **XII- Liste des acronymes**

**GMA** : Groupama Assurances Mutuelles

**CR** : Caisses Régionales

**IARD** : Incendie, Accidents et Risques Divers

**RCA** : Responsabilité Civile Automobile

**SII** : Solvabilité II (2)

**IFRS** : International Financial Reporting Standards

**IBNR** : Incurred But Not Reported

**IBNER** : Incurred But Not Enough Reported

**IBNYR** : Incurred But Not Yet Reported

**SCR** : Solvency Capital Requirement

**MCR** : Minimum Capital Requirement

**B/M** : Boni/Mali

**S/P** : Ratio Sinistres sur Primes

**RM** : Risk Margin

**PRI** : Provision pour Risque et Incertitude

**FGAO** : Fonds de Garantie des Victimes

**ANC** : Autorité des Normes Comptables

**TME** : Taux d'Emprunt d'Etat

**TVE** : Théorie des Valeurs Extrêmes

**POT** : Peak-Over-Threshold

**MEP** : Mean Excess Plot

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

## XIII- Bibliographie

Guy SIMONET. *La comptabilité des entreprises d'assurance. Les fondamentaux de l'Assurance. L'argus de l'Assurance*, 5eme édition, 1998.

RSA Group - Glossaire assurance. <https://www.rsagroup.ca/fr/se-reseigner-sur-assurance/glossaire>.

WaveStone. Solvabilité II – Schéma & Bilan S1 et S2. <https://www.insurancespeaker-wavestone.com>.

AFGES – *Solvabilité 2, c'est demain !* <https://www.afges.com/solvabilite-2-cest-demain/>

Mickaël PERRIN. *Calibration des Undertaking Specific Parameters et leurs impacts sur les fonds propres*, 2012.

Jean-Sébastien LACOUR. *Problématique de seuils de gravité en provisionnement non-vie*.

L'Argus de l'assurance. <https://www.argusdelassurance.com>.

C. PARTRAT. *Provisionnement technique en assurance non-vie*. Economica, 2007.

C. GUILLAUMIN. *Détermination d'une méthode de provisionnement pour les créances douteuses*.

ACPR – Banque de France. <https://acpr.banque-france.fr>.

Yunjing XU. *Modélisation des sinistres graves dans l'assurance santé internationale*, 2016.

Mohamed EL BAAMRANI. *Modélisation du risque atypique pour la responsabilité civile automobile: nouvelle approche pour la détermination du seuil*, 2017.

Assurance responsabilité civile. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Assurance\\_responsabilite\\_civile](https://fr.wikipedia.org/wiki/Assurance_responsabilite_civile).

L. ETNER. Cours Droit du contrat d'assurance suivi dans le cadre de l'ISUP.

M. THOMAS. Cours Assurance et provisionnement non-vie suivi dans le cadre de l'ISUP.

I. CASTILLO. Cours Statistiques des processus suivi dans le cadre de l'ISUP.

M. KRATZ. Cours Théorie des valeurs extrêmes suivi dans le cadre de l'ISUP.

# XIV- Annexes

## Annexe A : Rappels théoriques des méthodes de la Théorie des Valeurs Extrêmes (TVE)

*L'ensemble de la théorie présenté est inspiré des cours de statistiques suivis durant mes années d'études ainsi que de mémoires traitants de ce sujet.*

- **Loi du maximum**
  - Les statistiques d'ordre

Soient  $n$  variables aléatoires i.i.d.  $X_1, \dots, X_n$ . Rangeons ces variables aléatoires par ordre croissant, et notons :

$$X_{1:n} \leq X_{2:n} \leq \dots \leq X_{n-1:n} \leq X_{n:n}$$

$X_{1:n}$  est donc la  $i$ -ème statistique d'ordre dans un échantillon de taille  $n$ . Soient  $n$  observations  $x_1, \dots, x_n$ . La valeur observée de  $X_{1:n}$  est notée  $x_{1:n}$  (i.e. le minimum) :

$$X_{1:n} = \min(X_1, \dots, X_n)$$

et la plus grande statistique d'ordre  $X_{n:n}$  (le maximum) :

$$X_{n:n} = \max(X_1, \dots, X_n)$$

Nous considérons le maximum que nous notons aussi

$$M_n = \max(X_1, \dots, X_n)$$

dont la loi est donnée par :

$$F_{M_n}(x) = Pr(M_n \leq x) = [F(x)]^n$$

Notons la borne supérieure du support de  $X$  :

$$x_F = \sup \{x \in \mathbb{R} / F(x) < 1\} \leq +\infty$$

- **Théorème de Fischer-Tippett**

Les distributions  $F$  et  $G$  sont dites de même type s'il existe des constantes  $a > 0$  et  $b \in \mathbb{R}$  telles que  $F(ax + b) = G(x)$ .

- **Théorème de Fischer-Tippett :**

Supposons  $n$  variables aléatoires  $X_1, \dots, X_n$  indépendantes et de même loi de distribution  $F$ . S'il existe des constantes  $a_n \in \mathbb{R}$  et  $b_n > 0$ , et une loi non dégénérée de fonction de répartition  $H$  telles que :

$$\frac{M_n - a_n}{b_n} \xrightarrow{\text{loi}} H$$

Alors  $H$  est du même type que l'une des trois lois suivantes :

1. Loi de Fréchet,  $\phi_\alpha(x) = \exp(-x^{-\alpha})1_{(x>0)}$ ,  $\alpha > 0$ ;
2. Loi de Weibull,  $\psi_\alpha(x) = \exp(-x^{-\alpha})$  si  $x \leq 0$ , et 1 sinon,  $\alpha > 0$ ;
3. Loi de Gumbel,  $\Lambda(x) = \exp(-\exp(-x))$ .

Ces lois sont trois cas particuliers de la distribution GEV (Generalized Extreme Value Distribution) qui est définie par :

$$H_{\xi, \mu, \sigma}(x) = \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right\}$$

- **Définition (Generalized Extreme Value Distribution) :**

Si  $\mu + \xi \frac{x}{\sigma} > 0$ , avec  $\mu \in \mathbb{R}$  et  $\sigma > 0$  respectivement des paramètres de localisation et de dispersion. En effet, nous avons les correspondances suivantes :

1. Fréchet,  $\xi = \alpha^{-1} > 0$
2. Gumbel,  $\xi = 0$
3. Weibull,  $\xi = \alpha^{-1} < 0$

Max-domaine d'attraction :

Les  $X_i$ , sont *i.i.d* de variable parente  $X$  de fonction de répartition  $F$ . Le  $MDA(G)$  est défini comme l'ensemble de lois de *f.r.*  $F$  telles qu'il existe deux suites réelles  $a_n \in \mathbb{R}$  et  $b_n > 0$  telles que  $\frac{M_n - a_n}{b_n}$  converge en loi vers une *v.a.r. de f.r.*  $G$ . On dit alors que  $F$  appartient au max-domaine d'attraction de  $G$ , et on note  $F \in MDA(G)$ .

Le paramètre  $\xi$  de la loi GEV est appelé le paramètre de queue puisqu'il permet de définir l'épaisseur de la queue de la distribution de  $F_x$  :

1. Si  $F_x \in MDA(H_\xi)$ ,  $\xi > 0$  alors  $F_x \in MDA(\mathbf{Fréchet})$  et la loi de  $X$  est une loi à queue épaisse. Citons comme exemples la loi de Cauchy, la loi de Pareto et la loi de Student.

2. Si  $F_x \in MDA(H_\xi)$ ,  $\xi = 0$  alors  $F_x \in MDA$  (**Gumbel**) et la loi de  $X$  est une loi à queue fine ou moyenne. Des exemples sont la loi Normale, la loi Exponentielle, la loi Log-normale.
3. Si  $F_x \in MDA(H_\xi)$ ,  $\xi < 0$  alors  $F_x \in MDA$  (**Weibull**) et la loi de  $X$  est bornée à droite. Des exemples sont la loi Uniforme, la loi Beta.

Une fois la base théorique des valeurs extrêmes présentée, il est indispensable de définir la loi des excès et de présenter le Théorème de Pickands pour la suite de nos travaux.

Cette méthode théorisée par Pickands-Balkema-De Haan se base sur la loi de Pareto Généralisée (GDP) et s'intéresse à la loi des excès, c'est-à-dire la loi de  $X - u$  sachant  $X > u$  pour un seuil  $u$  suffisamment grand.

▪ **Définition de la fonction de répartition des excès au-delà du seuil  $u$  :**

$$F_u(x) = Pr(X - u \leq x | X > u) = \frac{F(u+x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

Si  $x \geq 0$ ,  $u < x_F$ , où  $x_F$  est le point terminal droit de la distribution de  $X$ ,  $x_F = \sup\{x \in \mathbb{R} : F(x) < 1\}$ .

La loi asymptotique des excès est donnée par le théorème de Pickands suivant :

▪ **Théorème de Pickands :**

$F \in MDA(H_\xi)$  si et seulement si :

$$\lim_{u \rightarrow x_F} \sup_{x \in [0; x_F - u)} |F_u(x) - G_{\xi, \sigma(u)}(x)| = 0$$

où  $H_\xi$  est la loi  $GEV(\xi)$ , et  $G_{\xi, \sigma(u)}(x)$  est la fonction de répartition de la loi Pareto Généralisée (Generalized Pareto Distribution), définie par :

Pour  $x \geq 0$  si  $\xi \geq 0$  et  $0 \leq x \leq -\sigma / \xi$  si  $\xi < 0$ ,

$$G_{\xi, \sigma(u)}(x) = \begin{cases} 1 - (1 + \frac{\xi x}{\sigma})^{-1/\xi} & , \xi \neq 0 \\ 1 - \exp(-x/\sigma) & , \xi = 0 \end{cases}$$

$\sigma(\cdot)$  est une fonction positive,  $F_u(x) = Pr(X - u < x | X > u)$  avec  $X$  v. a. r. de f. r.  $F$ ,  $x_F$  la borne sup du support de  $X$ . Dans le cas de  $\xi \geq 0$ ,  $x$  peut être remplacé par  $x - u$  dans l'expression pour  $x \geq u$ , soit  $G_{\xi, \sigma, u}(x - u) = 1 - (1 + \frac{\xi(x-u)}{\sigma})^{-1/\xi}$ , utilisé en pratique pour modéliser les excès.

D'après ce théorème, nous pouvons ainsi approximer  $F_u(x)$  par  $G_{\xi, \sigma, u}$ .

Le principal enjeu est ainsi de déterminer un seuil  $u$  pertinent. Il faudra vérifier de la robustesse du ou des seuil(s) déterminé(s) ainsi que de la matérialité des groupes de données créés en-dessous et au-dessus de ce seuil.