



المندوبية السامية للتخطيط  
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC  
\*.\_\*.\_\*.\_\*  
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN  
\*.\_\*.\_\*.\_\*.\_\*.\_\*  
INSTITUT NATIONAL  
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



**INSEA**

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

### Implémentation de la norme IFRS 17 à un portefeuille d'assurance non-vie

Préparé par : *M. ETTAKI Mohamed-Ali*  
*Mme. BOUHOUCHE Madiha*

Sous la direction de : *M. ZOUHAR Khalid (INSEA)*  
*Mme. BAMOUSSA Fatima Zahrae (MAZARS MAROC)*  
*Mme. ALAOUI MRANI Morjana (MAZARS MAROC)*

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du*

## Diplôme d'Ingénieur d'Etat

**Filière : Actuariat et Finance**

*Devant le jury composé de :*

- *M. ZOUHAR Khalid (INSEA)*
- *M. MARRI Fouad (INSEA)*
- *Mme. BAMOUSSA Fatima Zahrae (Mazars)*



# Remerciements

Nous voudrions exprimer notre profonde reconnaissance auprès de toute personne ayant positivement impacté nos parcours et fait de nous des ingénieures en devenir.

Nous tenons à remercier particulièrement nos encadrantes externes Madame BAMOUSSA Fatima Zahrae ainsi que Madame ALAOUI MRANI Morjana pour leurs engagements et investissements le long de notre période de stage ainsi que notre encadrant académique Monsieur ZOUHAR Khalid pour ses conseils et orientations.

Nos remerciements vont également à l'Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée et à notre organisme d'accueil MAZARS et à tous ceux qui ont aidé, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

# Dédicaces

À ma chère mère Latifa,

Ton amour et ton soutien inconditionnels m'ont guidé tout au long de ce parcours. Ce rapport est dédié à toi, qui as tout fait pour me voir réussir.

À mon cher père,

Ton encouragement constant et tes précieux conseils ont été ma source d'inspiration. Ce travail est dédié à toi, pour ta confiance indéfectible en moi.

À mon petit cercle d'amis,

Vos encouragements et votre amitié m'ont donné la force nécessaire pour surmonter tous les obstacles. Ce rapport est dédié à vous, pour avoir été à mes côtés dans cette aventure.

Merci du fond du cœur pour votre soutien inestimable.

Mohamed Ali ETTAKI

Je dédie mon travail à ma mère et mon père,

je vous aime beaucoup... rien que pour l'amour, je t'aime maman et je t'aime papa.

A Mon frère et mes deux sœurs, Mohcine, Zogha, Imane,

Vous êtes les plus beaux à mes yeux.

A mes meilleurs amies Hiba, Hafsa, Najoua et ma cousine Safaa,

Pour l'amour, la douceur et la compréhension...

Madiha BOUHOUCHE

# Résumé

Publiées par l'IASB, l'intérêt des normes IFRS 17 est d'harmoniser à l'international les modèles comptables et donc de faire office de cadre référent. Cette harmonisation est envisagée afin de permettre aux investisseurs de comparer au mieux les structures des différents acteurs du marché international.

L'un des principaux objectifs de cette norme est de pallier l'asymétrie résultant de l'évaluation de l'actif en juste valeur ou en coût amorti et de l'évaluation du passif selon les principes comptables locaux, en proposant une vision économique du passif d'assurance.

Notre projet de fin d'étude qui s'intitule « Application des Normes IFRS 17 en non Vie » s'inscrit dans le cadre de cette nouvelle norme dans la mesure où nous essayons de mettre en application l'ensemble de calculs et opérations introduits par l'IFRS 17 sur un portefeuille de produits d'assurance non-vie.

Nous présentons dans ce rapport les trois approches comptables proposées par l'IFRS 17 à savoir les modèles Building Block Approach, Premium Allocation Approach et Variable Fee Approach ainsi que l'ensemble des éléments de passif inhérents à la nouvelle norme comptable en question, le Best estimate, l'ajustement pour risque non financier, la marge de service contractuelle, la composante de perte en l'occurrence. Nous explicitons aussi les différentes méthodes et approches de calcul de ces éléments que ce soit à la transition, aux projections, aux évaluations initiales ou ultérieures.

**Mots clés :** IFRS 17, Best Estimate, Ajustement pour Risque, Marge de Service Contractuelle, Composante de perte, Assurance non-vie, Bootstrap, Chain-Ladder, Mack, Transition, Evaluation initiale, Evaluation ultérieure, Analyse de mouvement, PL, Prime de liquidité, Taux sans risque.

# Abstract

Published by the IASB, the purpose of IFRS 17 standards is to harmonize accounting models internationally and serve as a reference framework. This harmonization is intended to enable investors to compare in a better way the structures of different participants in the international market.

One of the main objectives of this standard is to address the asymmetry resulting from the valuation of assets at fair value or amortized cost and the valuation of liabilities based on local accounting principles, by providing an economic view of insurance liabilities.

Our final-year project titled "Application of IFRS 17 in Non-Life Insurance" is aligned with this new standard as we aim to implement the calculation and operations introduced by IFRS 17 on a non life insurance portfolio.

In this report, we present the three accounting approaches proposed by IFRS 17, namely the Building Block Approach, Premium Allocation Approach, and Variable Fee Approach. We also discuss all the elements of liabilities inherent to the new accounting standard, including the Best estimate, non-financial risk adjustment, contractual service margin, and loss component. Additionally, we explain the various methods and calculation approaches for these elements, whether it's during transition, projections, initial evaluations, or subsequent evaluations.

**Keywords** : IFRS 17, Best Estimate, Risk Adjustment, Contractual Service Margin, Loss Component, Non-Life Insurance, Bootstrap, Chain-Ladder, Mack, Transition, Initial Evaluation, Subsequent Evaluation, Movement Analysis, PL (Profit and Loss), Liquidity Premium, Risk-Free Rate.

# Note de synthèse

IFRS 17 et Solvabilité II sont des réglementations dans le domaine de l'assurance qui visent à renforcer la stabilité du système financier et à accroître la transparence de l'information financière pour protéger les consommateurs de produits d'assurance. Leur objectif est de faciliter les comparaisons à l'échelle européenne et au sein du secteur de l'assurance, ainsi que d'adapter de manière appropriée les fonds propres requis des compagnies pour garantir leur solvabilité. Dans ce contexte, les compagnies d'assurance sont confrontées au risque de provisionnement, qui découle de l'estimation des provisions techniques.

Les provisions techniques désignent les fonds que les assureurs doivent constituer pour couvrir l'intégralité de leurs engagements techniques envers les assurés. La Provision pour Sinistres à Payer (PSAP) constitue la part la plus importante, représentant en moyenne 85% des provisions des compagnies d'assurance Non Vie. Leur évaluation est donc cruciale pour permettre aux assureurs de respecter leurs engagements envers les assurés.

Face à un dilemme, l'entreprise doit constituer autant de provisions que possible en termes de solvabilité, tout en souhaitant en constituer le moins possible en termes de performance et de rentabilité vis-à-vis des actionnaires. L'enjeu pour l'entreprise est donc d'estimer de manière précise les provisions et de prédire au mieux les prestations futures. Ainsi, sous Solvabilité II et IFRS 17, les provisions sont calculées sur la base de la meilleure estimation possible, également appelée Best Estimate, que les compagnies d'assurance doivent déterminer avec précision.

Pour obtenir une vision économique d'un portefeuille d'assurance, les provisions Best Estimate sont calculées en actualisant les flux de trésorerie au taux d'intérêt sans risque. À cela s'ajoute un montant appelé Risk Adjustment (RA), qui représente la compensation attendue par l'assureur en raison de l'incertitude concernant les montants

et les dates de paiement des flux futurs liés aux risques non financiers inhérents aux contrats d'assurance. Le risque pour une compagnie d'assurance réside dans la précision de l'actualisation des flux de trésorerie et la maîtrise du Risk Adjustment.

Différentes méthodes d'estimation de la Provision pour Sinistres à Payer (PSAP) sont proposées dans la littérature, tant des méthodes déterministes que des méthodes stochastiques. Le montant des provisions est modélisé en se basant sur les données historiques de règlement des sinistres ou de charge des sinistres. Pour une ligne d'activité donnée, les règlements ou charges des sinistres sont regroupés et analysés à l'aide du triangle de liquidation, qui décrit l'évolution des règlements et des charges en fonction des années de survenance ( $1 \leq i \leq n$ ) et des années de développement ( $1 \leq j \leq m$ ), où  $n = m$  tq ( $n, m \in \mathbb{N}$ ).

## Problématique

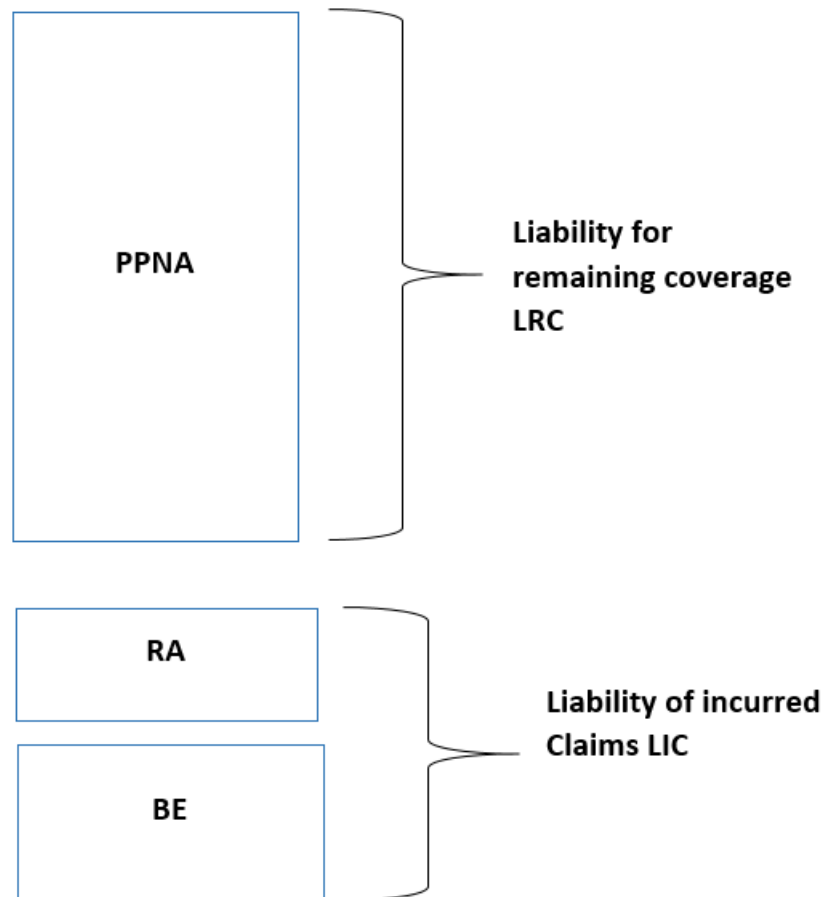
Ce rapport qui est le fruit d'un projet de fin d'étude se donne la mission d'appliquer la norme IFRS 17 pour un portefeuille d'assurance non-vie, et en particulier pour le cabinet Mazars. Nous nous interrogerons spécifiquement sur les aspects qualitatifs et quantitatifs inhérents à cette nouvelle norme de comptabilité. Nous présentons par la suite des outils et des démarches opérationnelles simplifiées pour faciliter l'élaboration d'état financiers IFRS 17.

Nous explorons par la suite les différentes méthodes déterministes et stochastiques pour la modélisation du BE. Pour l'ajustement pour risque non financier (Risk Adjustment), la norme présente dans les grandes lignes les principes qualitatifs en vue de son évaluation, mais elle ne prescrit aucune méthode quant au calcul. Nous explorons et proposons des méthodes de modélisation du Risk Adjustment conformes aux principes de la norme.

Pour répondre aux besoins du cabinet Mazars, nous travaillons sous le modèle de comptabilisation simplifié PAA.

Notre portefeuille remplit les conditions d'application du modèle PAA : L'entité estime que la méthode est proche du modèle général BBA, ainsi, et la période de couverture de chaque contrat du groupe est égale ou inférieure à un an.

FIGURE 1 – Différents services sous l'approche PAA



L'enjeu majeur serait alors de modéliser rigoureusement les deux provisions au titre des sinistres passés LIC et au titre de la couverture future LRC pour le volet actuair, d'établir l'analyse de mouvement et le compte de résultat pour le volet comptabilisation, et d'automatiser l'ensemble de la démarche sous une application R shiny, finalement pour le volet informatique.

## Démarche

**Le Modèle PAA :** Nous déployons les principes du modèle simplifié PAA sur un portefeuille de contrats non vie, en l'occurrence la branche Automobile couvrant les usages C1, C2, Tourisme, Divers et GA pour les deux types Corporel et Matériel. Nous présenterons en particulier les résultats détaillés de l'usage Tourisme Corporel, pour un souci d'illustration.

Nous commençons par la modélisation de la provision au titre des sinistres survenus LIC pour l'exercice 2021, notamment en deux parties :

- Modélisation du Best Estimate
- Modélisation du RA

On propose pour la modélisation du Best Estimate :

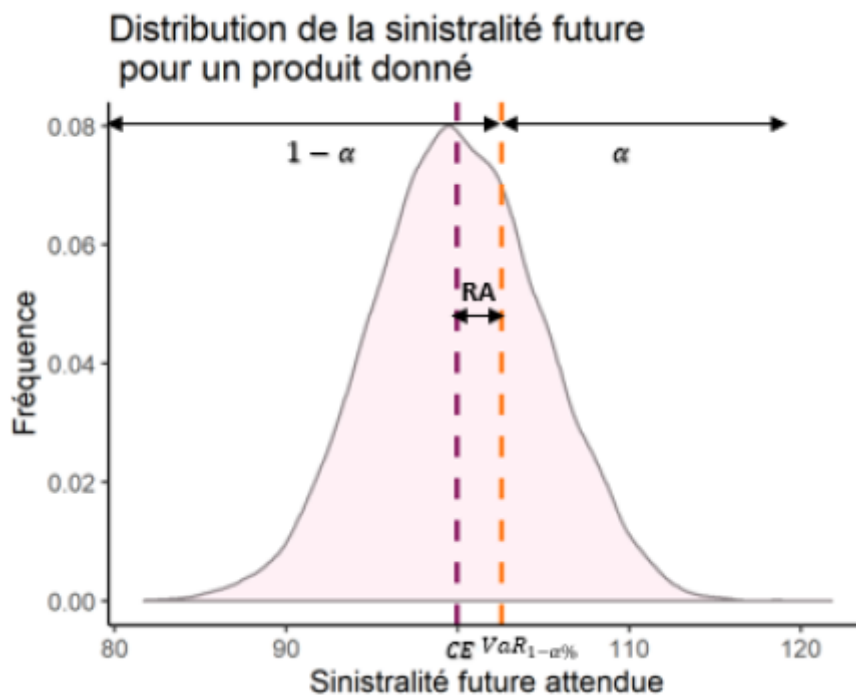
- **Une méthode déterministe** : Méthode de Chain Ladder classique et avec retraitement afin de tenir compte des irrégularités liées aux sinistres (anomalies concernant les charges/règlements, inflation, gestion particulière de sinistres..).
- **Deux méthodes stochastiques** : Modèle de Mack et Modèle de Bootstrap.

Pour la modélisation du RA :

- **Une méthode déterministe** : Méthode de la durée.
- **Une méthode paramétrique** : Modélisation du BE par une loi et déduction du BE
- **Une méthode stochastique** : Méthode basé sur les quantiles de Bootstrap.

Pour les deux dernières méthodes, le RA est déduit avec la mesure de risque VaR à un niveau de confiance  $\alpha$  de la manière suivante :

$$RA = VaR_{1-\alpha\%} - BE$$



Nous modélisons par la suite la provision au titre de la couverture restante LRC d'une manière simplifiée en considérant simplement la provision pour primes non acquises.

**Hypothèses de travail :**

Prime d'illiquidité est supposée nulle : On utilise avec la courbe de taux sans risque pour l'actualisation ;

Les calculs seront réalisés par exercice de survenance puisque c'est l'axe d'analyse le plus précis et qu'une ventilation à posteriori par exercice de souscription n'aura donc aucun impact sur le résultat.

Les frais d'acquisition représentent 10% de la prime émise, les frais administratifs sont supposés nuls, et aucun amortissement n'est considéré pour les frais d'acquisition ;

La cadence de liquidation de sinistres est construite sur la base des projections de règlements et sera appliquée au triangle de charge ;

On considère pour le calcul du RA un quantile à un niveau de confiance 75% ;

On effectue l'analyse de mouvement du passif au 31/12/2021 au passif au 31/12/2022.

**Résultats****Calcul du Best Estimate :**

On synthétise dans le tableau suivant le BE central actualisé, calculé sur la base des différentes méthodes de projections :

Méthode de projection	BE central
Chain Ladder sans retraitement-Mack	1 026 508 536
Chain ladder avec retraitemnt	1 086 046 865
Bootstrap	2 116 916 043

Les résultats des ces trois méthodes de provisionnement montrent des différences significatives dans les estimations du BE. La méthode classique du Chain-Ladder/ modèle de Mack fournit une estimation relativement stable, mais ne tient pas compte des variations et des anomalies potentielles dans les données, comme les facteurs de développement n'ont pas été retraités.

La méthode avec retraitements de facteurs montre une légère amélioration en ajustant les estimations initiales, ce qui peut conduire à une meilleure adaptation aux spécificités des sinistres.

Enfin, la méthode Bootstrap conduit à une estimation plus grande qui semble donc plus prudente. Toutefois il existe des raisons propres à la méthode Bootstrap qui conduisent à une sur-estimation du BE, nos calculs ont été menés avec la fonction R `BootChainLadder()`, qui résoud le problème des résidus négatifs en sélectionnant la valeur absolue de ces derniers, ceci sans réajustement par rapport à la provision calculée par Chain Ladder.

<b>Calcul de l'Ajustement pour Risque :</b>
---

Méthode déterministe :

Duration	BE Chain Ladder	RA chain Ladder	RA%BE
19,43626096	1 026 508 536	1197089268	116,62%

Les résultats affichent une durée grande de 19,43 qui s'approche de l'horizon de survenance 22 ans. RA%BE est de 116,62%, soit une RA qui dépasse même le BE. On déduit que cette méthode n'est pas adaptée pour notre branche.

Méthode paramétrique :

Avec les distributions du BE par la méthode de Bootstrap, on modélise ce dernier par les lois usuelles. Le test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov montre que la loi log-normale est la plus adaptée. Le calcul du RA ainsi pour un niveau de confiance 75% donne :

niveau de confiance	BE central Bootstrap	RA paramétrique de bootstrap	RA%BE
75%	2 116 916 043	101451723	4,79%

La modélisation paramétrique avec les paramètres de Mack, au contraire n'aboutit à aucune loi adéquate.

Méthode stochastique :

Les quantiles actualisés de Bootstrap pour un niveau de confiance 75% donne :

Niveau de confiance	BE central Bootstrap	RA bootstrap	RA%BE
75%	2 116 916 043	75 336 254,96	3,559%

On retient seulement le RA%BE découlant de la méthode paramétrique et de la méthode stochastique.

<b>Analyse de mouvement :</b>
-------------------------------

On se propose de faire l'analyse de mouvement de l'exercice 2021 à l'exercice 2022, nécessaire à l'établissement du compte de résultats conformément aux exigences de la norme IFRS 17.

L'analyse de mouvement du passif au titre des sinistres survenus LIC se décompose sous IFRS 17 de la forme suivante :

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for current service</b>			
Opening liability			
Closing liability	229 307 494	8 161 054	237 468 548
Cash Flows	252 942 555	9 002 226	261 944 781
Discounting	-23 635 061	-841 172	-24 476 233

TABLE 1 – Liability for current service

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for past service</b>			
Opening liability	1 086 046 865	38 652 408	1 124 699 273
Cash Flows	1 152 183 845	41 006 223	1 193 190 068
Discounting	-66 136 980	-2 353 815	-68 490 795
Unwind	17 610 671	626 764	18 237 435
Changes in financial assumptions	-22 003 156	-783 092	-22 786 248
Expected payments	-368 263 892		-368 263 892
Risk adjustment release		-13 106 512	-13 106 512
Changes in non financial assumptions	144 930 080	5 158 062	150 088 142
Closing liability	858 320 569	30 547 629	888 868 198
Cash Flows	938 429 416	33 398 703	971 828 119
Discounting	-80 108 848	-2 851 074	-82 959 921

TABLE 2 – Liability for past service

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for Incurred Claims</b>			
Closing liability	1 087 628 062	38 708 683	1 126 336 745
Cash Flows	1 191 371 971	42 400 928	1 233 772 900
Discounting	-103 743 909	-3 692 246	-107 436 155

TABLE 3 – Liability for Incurred Claims

L'analyse de mouvement de l'année 2021 à l'année 2022 pour le passif au titre de la couverture restante LRC se présente comme suit :

	Liability for remaining coverage	Total
2021	Opening liability	419 288 553,49
+	Affaires nouvelles	1 720 365 349,84
-	Frais d'acquisition	156 396 849,99
+	Amortissement des frais	0
-	Revenu d'assurance	1 561 026 776,60
2022	Closing liability	422 230 277,74

TABLE 4 – Aoc LRC

Compte de résultat :
----------------------

<b>Insurance revenue</b>	1 561 026 776
<b>Insurance service expenses</b>	-728 061 675
Claims paid	-565 476 150
Acquisition costs expenses	-156 396 850
Admin general expenses	0
Changes in LIC CY - PVFCF	-229 307 494
Changes in LIC CY - RA	-22 930 749
Changes in LIC PY - PVFCF	223 333 812
Changes in LIC PY - RA	22 333 381
<b>Net finance income or expenses from insurance contracts</b>	4 550 570
Unwinding of LIC - PVFCF	-17 610 671
Unwinding of LIC - RA	-633 808
Impact of changes in financial assumptions - LIC - PVFCF	22 003 156
Impact of changes in financial assumptions - LIC - RA	2 791 894
<b>Total P&amp;L</b>	837 515 671

TABLE 5 – Compte de résultat : P&amp;L

Les informations fournies présentent une analyse de l'évolution des différents éléments financiers et non financiers pour les passifs LIC et la LRC de 2021 à 2022. De plus, le compte de résultat présente les revenus, les dépenses et le résultat financier net provenant des contrats d'assurance du portefeuille étudié.

## – Synthesis note

IFRS 17 and Solvency II are regulations in the insurance industry aimed at enhancing financial system stability and increasing transparency of financial information to protect consumers of insurance products. Their objective is to facilitate comparisons on a European scale and within the insurance sector, as well as to appropriately adjust the required capital of companies to ensure solvency. In this context, insurance companies face provisioning risk, which arises from estimating technical provisions.

Technical provisions refer to the funds that insurers must set aside to cover their entire technical obligations to policyholders. The Provision for Outstanding Claims (PFOC) constitutes the largest portion, representing on average 85% of non-life insurance company provisions. Their evaluation is therefore crucial for insurers to fulfill their commitments to policyholders.

Faced with a dilemma, the company must set aside as much provisioning as possible in terms of solvency, while aiming to keep it to a minimum in terms of performance and profitability vis-à-vis shareholders. The challenge for the company is to estimate provisions accurately and predict future claims payments as accurately as possible. Thus, under Solvency II and IFRS 17, provisions are calculated based on the best possible estimation, also known as Best Estimate, which insurance companies must determine with precision.

To obtain an economic view of an insurance portfolio, Best Estimate provisions are calculated by discounting cash flows at the risk-free interest rate. In addition, a component called Risk Adjustment (RA) is added, which represents the insurer's expected compensation due to uncertainty regarding the amounts and timing of future cash flows related to non-financial risks inherent in insurance contracts. The risk for an insurance company lies in the accuracy of cash flow discounting and the control of the Risk Adjustment.

Various estimation methods for the Provision for Outstanding Claims (PFOC) are proposed in the literature, including both deterministic and stochastic methods. The amount of provisions is modeled based on historical data on claims settlement or claims incurred. For a given line of business, claim settlements or incurred losses are grouped and analyzed using a claims development triangle, which describes the evolution of settlements and losses by accident years ( $1 \leq i \leq n$ ) and development years ( $1 \leq j \leq m$ ), where  $n = m$  such that  $(n, m \in \mathbb{N})$ .

## Problem Statement

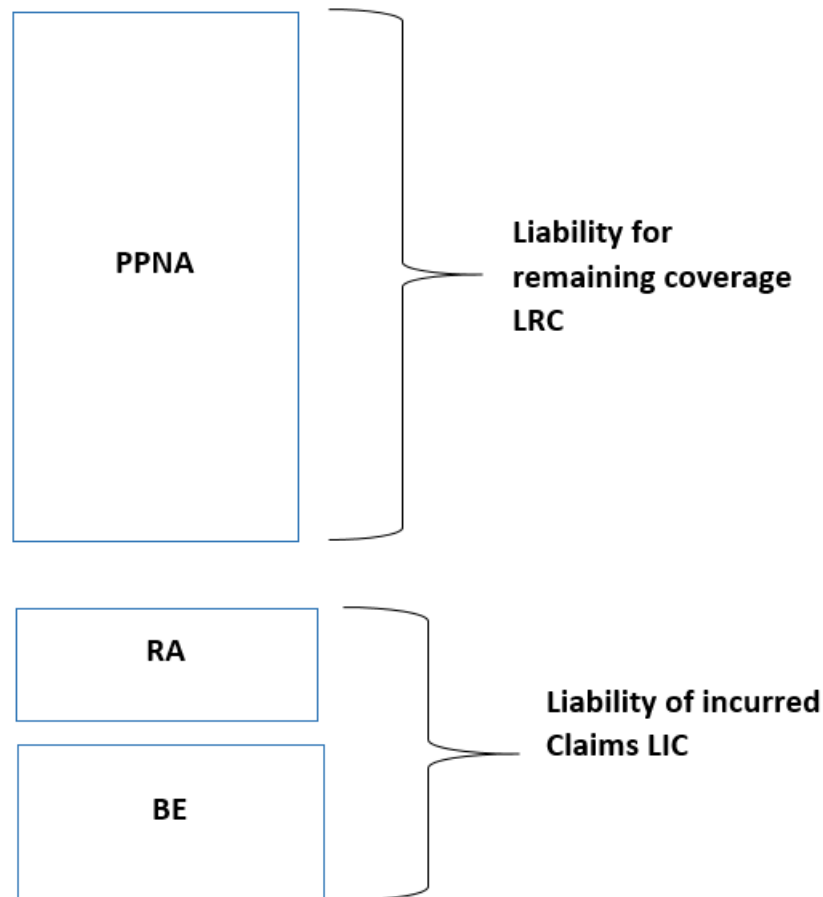
This report, which is the result of a final study project, aims to apply the IFRS 17 standard to a non-life insurance portfolio, specifically for the Mazars firm. We will focus on the qualitative and quantitative aspects inherent to this new accounting standard. Subsequently, we present simplified operational tools and approaches to facilitate the preparation of IFRS 17 financial statements.

We then explore different deterministic and stochastic methods for modeling the Best Estimate (BE). Regarding the Non-Financial Risk Adjustment, the standard outlines the qualitative principles for its evaluation but does not prescribe a specific calculation method. We explore and propose modeling methods for the Risk Adjustment that are in line with the principles of the standard.

To meet the needs of the Mazars firm, we work under the simplified Premium Allocation Approach (PAA) model.

Our portfolio meets the conditions for applying the PAA model : The entity believes that the method is close to the general Building Block Approach (BBA) model, and the coverage period for each group contract is equal to or less than one year.

FIGURE 2 – Different services under the PAA approach



The main challenge is to rigorously model the two provisions for the Loss and Loss Expense (LIC) and the Liability for Remaining Coverage (LRC) for the actuarial aspect, to establish the movement analysis and income statement for the accounting aspect, and to automate the entire process using an R Shiny application for the IT aspect.

## Approach

**The PAA Model :** We apply the principles of the simplified PAA model to a non-life contract portfolio, specifically the Automobile branch covering the C1, C2, Tourisme, Divers, and GA uses for both Bodily and Material types. We will present detailed results for the Tourism Bodily use for illustrative purposes.

We begin by modeling the provision for incurred claims (LIC) for the year 2021, specifically in two parts :

- Modeling the Best Estimate (BE)
- Modeling the Risk Adjustment (RA)

We propose the following for the Best Estimate modeling :

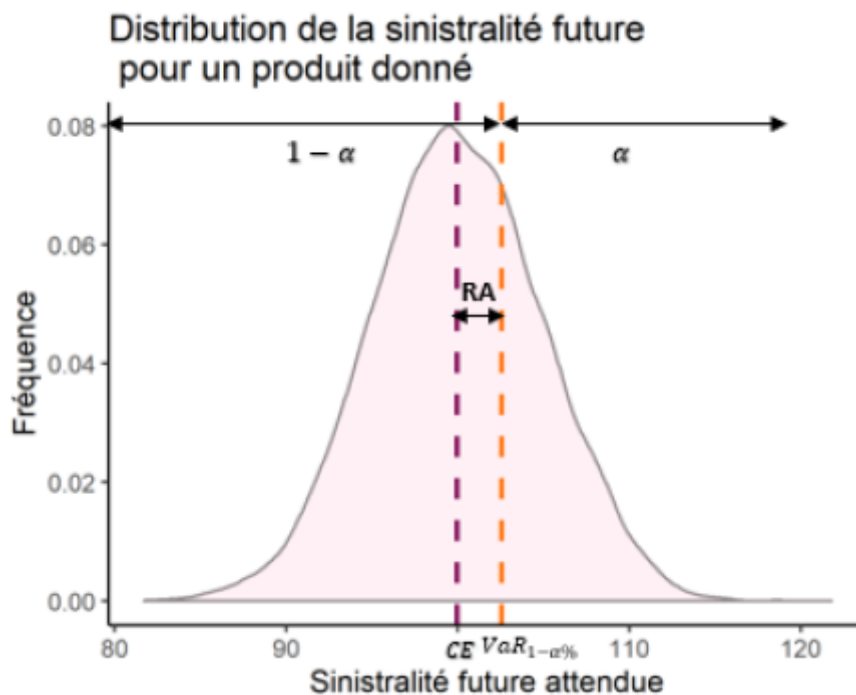
- **Deterministic method** : Classical Chain Ladder method with and without adjustments to account for irregularities related to claims (anomalies in charges/payments, inflation, specific claims handling, etc.).
- **Two stochastic methods** : Mack model and Bootstrap model.

For the Risk Adjustment modeling :

- **Deterministic method** : Duration method.
- **Parametric method** : Modeling the BE using a distribution and deriving the Risk Adjustment.
- **Stochastic method** : Quantile-based Bootstrap method.

For the last two methods, the Risk Adjustment is derived using the Value at Risk (VaR) measure at a confidence level of  $\alpha$  as follows :

$$RA = VaR_{1-\alpha\%} - BE$$



Next, we simplify the modeling of the Liability for Remaining Coverage (LRC) provision by considering only the PPNA.

**Working Assumptions :**

- Liquidity premium is supposed null : We use the risk-free interest rate curve to discount.
- The calculations will be performed on an occurrence basis since it is the most accurate analysis approach, and a retroactive breakdown by underwriting year will have no impact on the result.
- Acquisition costs represent 10% of the written premium, administrative expenses are zero, and no amortization is considered for the acquisition costs.
- The claims settlement frequency is based on settlement projections and will be applied to the claims triangle.
- For the calculation of the RA, a quantile at a 75% confidence level is considered.
- The movement analysis is performed for one year only, from 2021 to 2022.

**Results****Best Estimate Calculation :**

We summarize in the following table the discounted central BE (Best Estimate) calculated based on various projection methods :

Projection Method	Discounted Central BE
Chain Ladder without adjustments-Mack	1,026,508,536
Chain Ladder with adjustments	1,086,046,865
Bootstrap	2,116,916,043

The results of these three provisioning methods show significant differences in the BE estimates. The classical Chain-Ladder/Mack model provides a relatively stable estimate but does not account for variations and potential anomalies in the data, as these development factors have not been adjusted.

The method with factor adjustments shows a slight improvement by adjusting the initial estimates, which can lead to better adaptation to the specificities of claims.

Finally, the Bootstrap method leads to a larger estimate, which appears more conservative. However, there are specific reasons for the Bootstrap method that lead to an overestimation of the BE. Our calculations were performed using the R function `BootChainLadder()`, which solves the problem of negative residuals by selecting the absolute value of these residuals without readjustment relative to the provision calculated by Chain Ladder.

**Risk Adjustment Calculation :**

Deterministic method :

Duration	Chain Ladder BE	Chain Ladder RA	RA%BE
19.43626096	1,026,508,536	1,197,089,268	116.62%

Results display a large duration of 19.43, which approaches the occurrence horizon of 22 years. RA%BE indicates a percentage of 116.62%, meaning that the RA exceeds even the BE. We conclude that this method is not adapted for our branch.

Parametric method :

With the distributions of the

BE using the Bootstrap method, we model the BE using common distributions. The Kolmogorov-Smirnov test shows that the log-normal distribution is the most suitable. Calculating the RA for a 75% confidence level yields :

Confidence Level	Bootstrap Central BE	Parametric Bootstrap RA	RA%BE
75%	2,116,916,043	101,451,723	4.79%

Parametric modeling with Mack's parameters, on the other hand, does not yield any suitable distribution.

Stochastic method :

The discounted quantiles from the Bootstrap method for a 75% confidence level are as follows :

Confidence Level	Bootstrap Central BE	Bootstrap RA	RA%BE
75%	2,116,916,043	75,336,254.96	3.559%

We opt The RA%BE values from the parametric and stochastic methods for further calculations.

<b>Movement Analysis :</b>
----------------------------

We will perform the movement analysis from the year 2021 to the year 2022 to facilitate the preparation of the income statement.

The movement analysis of the Liability for Current Service (LCS) under IFRS 17 is as follows :

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for current service</b>			
Opening liability			
Closing liability	229 307 494	8 161 054	237 468 548
Cash Flows	252 942 555	9 002 226	261 944 781
Discounting	-23 635 061	-841 172	-24 476 233

TABLE 6 – Liability for current service

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for past service</b>			
Opening liability	1 086 046 865	38 652 408	1 124 699 273
Cash Flows	1 152 183 845	41 006 223	1 193 190 068
Discounting	-66 136 980	-2 353 815	-68 490 795
Unwind	17 610 671	626 764	18 237 435
Changes in financial assumptions	-22 003 156	-783 092	-22 786 248
Expected payments	-368 263 892		-368 263 892
Risk adjustment release		-13 106 512	-13 106 512
Changes in non financial assumptions	144 930 080	5 158 062	150 088 142
Closing liability	858 320 569	30 547 629	888 868 198
Cash Flows	938 429 416	33 398 703	971 828 119
Discounting	-80 108 848	-2 851 074	-82 959 921

TABLE 7 – Liability for past service

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for Incurred Claims</b>			
Closing liability	1 087 628 062	38 708 683	1 126 336 745
Cash Flows	1 191 371 971	42 400 928	1 233 772 900
Discounting	-103 743 909	-3 692 246	-107 436 155

TABLE 8 – Liability for Incurred Claims

The movement analysis for the Liability for Remaining Coverage (LRC) from 2021 to 2022 is as follows :

	Liability for remaining coverage	Total
2021	Opening liability	419 288 553,49
+	Affaires nouvelles	1 720 365 349,84
-	Frais d'acquisition	156 396 849,99
+	Amortissement des frais	0
-	Revenu d'assurance	1 561 026 776,60
2022	Closing liability	422 230 277,74

TABLE 9 – Aoc LRC

<b>Income Statement :</b>
---------------------------

The income statement is as follows :

<b>Insurance revenue</b>	1 561 026 776
<b>Insurance service expenses</b>	-728 061 675
Claims paid	-565 476 150
Acquisition costs expenses	-156 396 850
Admin general expenses	0
Changes in LIC CY - PVFCF	-229 307 494
Changes in LIC CY - RA	-22 930 749
Changes in LIC PY - PVFCF	223 333 812
Changes in LIC PY - RA	22 333 381
<b>Net finance income or expenses from insurance contracts</b>	4 550 570
Unwinding of LIC - PVFCF	-17 610 671
Unwinding of LIC - RA	-633 808
Impact of changes in financial assumptions - LIC - PVFCF	22 003 156
Impact of changes in financial assumptions - LIC - RA	2 791 894
<b>Total P&amp;L</b>	837 515 671

TABLE 10 – Compte de résultat : P&amp;L

The given information provides an analysis of the movement in different financial elements for the LIC and LRC from 2021 to 2022. It includes the Liability for Current Service, Liability for Past Service, Liability for Incurred Claims, and Liability for Remaining Coverage. Additionally, the income statement shows the revenue, expenses, and net finance income or expenses from insurance contracts.

# Table des matières

<b>I</b>	<b>Cadre général et Revue</b>	<b>33</b>
<b>1</b>	<b>La norme IFRS17 : contexte de la norme</b>	<b>34</b>
1.1	Les normes IFRS : une comparabilité des comptes à l'échelle internationale	34
1.2	De la norme transitoire IFRS 4 à la norme IFRS 17 . . . . .	36
1.2.1	IFRS 4, une norme temporaire . . . . .	36
1.2.1.1	Définition d'un contrat . . . . .	37
1.2.1.2	Classification des contrats . . . . .	37
1.2.1.3	Principe du Shadow Accounting . . . . .	37
1.2.1.4	Principe du test d'adéquation du passif . . . . .	38
1.2.2	Passage de la norme IFRS 4 à la norme IFRS 17 . . . . .	39
1.2.2.1	Limites de la norme IFRS 4 . . . . .	39
1.2.2.2	Les réponses de la norme IFRS 17 . . . . .	39
1.2.2.3	Comparaison entre les deux normes . . . . .	40
<b>2</b>	<b>Les grands principes de la norme IFRS 17</b>	<b>42</b>
2.1	Principes fondamentaux . . . . .	42
2.1.1	Niveau d'agrégation des contrats et notion de profitabilité . . . . .	42
2.1.2	Evaluation des contrats à la date de comptabilisation . . . . .	44
2.1.2.1	Evaluation initiale . . . . .	44

2.1.2.2	Evaluation ultérieure . . . . .	45
2.1.2.3	Valorisation des contrats . . . . .	46
2.1.3	Taux d'actualisation . . . . .	47
2.2	Méthodes d'évaluation du passif d'un contrat d'assurance . . . . .	49
2.2.1	Le Best Estimate . . . . .	49
2.2.2	Ajustement pour risque non financier . . . . .	50
2.2.3	La Marge de service contractuelle . . . . .	52
2.2.3.1	Evaluation initiale de la CSM . . . . .	53
2.2.3.2	Evaluation ultérieure de la CSM . . . . .	53
2.2.4	Composante de perte . . . . .	54
2.3	Compte de résultat sous IFRS 17 . . . . .	55
2.4	Approches de comptabilisation . . . . .	55
2.4.1	La méthode par défaut, Building Block Approach (BBA). . . . .	56
2.4.2	Premium Allocation Approach (PAA). . . . .	57
2.4.3	Variable Fee Approach (VFA). . . . .	58
 <b>II Implémentation de la norme IFRS 17 à un portefeuille d'assurance non-vie</b>		<b>60</b>
 <b>3 Provisionnement en assurance non-vie</b>		<b>61</b>
3.1	Garantie étudiée . . . . .	61
3.2	La vie des sinistres : . . . . .	62
3.3	Provisions : . . . . .	62
3.4	Notations : . . . . .	65
3.5	Calcul du BE : Méthodes déterministes . . . . .	66
3.5.1	Chain Ladder : . . . . .	66
3.5.1.1	Chain Ladder : première option de retraitement . . . . .	67
3.5.1.2	Chain Ladder : deuxième option de retraitement . . . . .	69

3.6	Calcul du BE : Méthodes stochastiques et de ré-échantillonnage . . . . .	70
3.6.1	Mack . . . . .	71
3.6.2	Bootstrap . . . . .	72
3.6.2.1	Bootstrap en statistiques : . . . . .	72
3.6.2.2	Méthode du Bootstrap -Variante Chain-Ladder : . . . . .	73
3.6.2.3	Algorithme : . . . . .	74
3.7	Calcul du RA : Méthodes déterministes . . . . .	75
3.7.1	Méthode de la duration . . . . .	75
3.8	Calcul du RA : Méthodes stochastiques . . . . .	76
3.8.1	Méthode de Mack . . . . .	76
3.8.2	Modèle de Bootstrap . . . . .	77
<b>4</b>	<b>L'approche de comptabilisation Premium Allocation Approach</b>	<b>79</b>
4.1	Constitution des triangles de règlements . . . . .	79
4.2	Modélisation du LIC : . . . . .	80
4.2.1	Calcul du Best Estimate . . . . .	80
4.2.2	Méthodes déterministes pour le calcul du BE . . . . .	80
4.2.2.1	La méthode de Chain Ladder . . . . .	80
4.2.3	Méthodes stochastiques pour le calcul du BE . . . . .	81
4.2.3.1	La méthode de Mack : . . . . .	81
4.2.3.2	La méthode du Bootstrap : . . . . .	81
4.2.4	Amortissement du Best Estimate . . . . .	82
4.2.5	Calcul de l'ajustement pour risque RA : . . . . .	83
4.2.5.1	Methodes stochastique ou paramétrique : . . . . .	83
4.3	Modelisation du LRC : . . . . .	83
4.4	Analyse de mouvement : . . . . .	84
4.4.1	Analyse du mouvement du passif LIC . . . . .	85
4.4.2	Analyse du mouvement du passif LRC . . . . .	85

<b>III</b>	<b>Partie pratique et résultats :</b>	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>Présentation des bases de données :</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>Partie pratique :</b>	<b>89</b>
6.1	Hypothèses et démarche . . . . .	89
6.2	Courbe de taux sans risque . . . . .	90
6.3	Calcul du Best Estimate . . . . .	94
6.3.1	La méthode de Chain Ladder . . . . .	96
6.3.1.1	Première option de retraitement . . . . .	96
6.3.1.2	Chain Ladder Sans retraitement . . . . .	102
6.3.2	La méthode de MACK . . . . .	103
6.3.3	La méthode du Bootstrap . . . . .	107
6.3.4	Synthèse des résultats . . . . .	111
6.4	Calcul de l'ajustement pour risque non financier . . . . .	112
6.4.1	La méthode déterministe : La duration . . . . .	112
6.4.2	La méthode paramétrique . . . . .	113
6.4.3	La méthode non paramétrique : Bootstrap . . . . .	115
6.5	Provisions pour primes non acquises : . . . . .	115
6.6	Analyse de mouvements : . . . . .	116
6.6.1	Résultats de projection pour l'année 2022 . . . . .	116
6.6.2	Mouvement du passif LIC . . . . .	119
6.6.3	Mouvement du passif LRC . . . . .	120
6.7	Compte de résultat . . . . .	121

# Table des figures

1	Différents services sous l'approche PAA	7
2	Different services under the PAA approach	15
1.1	Bilan en t=0	38
1.2	Bilan sans Shadow Accounting en t=1	38
1.3	Bilan avec Shadow Accounting en t=1	38
1.4	Présentation des grands postes des bilans IFRS 4 et IFRS 17	41
2.1	Classification IFRS 17 par groupe de contrats	43
2.2	Portefeuille RC sous IFRS 17	44
2.3	Exemple de période de comptabilisation sous IFRS 17	45
2.4	Décomposition des provisions techniques en évaluation ultérieure	46
2.5	Approches pour la courbe d'actualisation sous IFRS 17	48
2.6	Illustration du passif sous IFRS 17	49
2.7	Méthodes d'évaluation du RA	52
2.8	Processus de réévaluation de la CSM pour un groupe de contrats	54
2.9	Compte de résultat sous IFRS 17	55
2.10	Différents services sous l'approche BBA	56
2.11	Différents services sous l'approche PAA	57

2.12	Modèles à utiliser sous IFRS 17 . . . . .	58
3.1	La vie dynamique d'un sinistre . . . . .	62
3.2	Evolution des charges et règlements vers l'ultime . . . . .	64
3.3	Triangle des incréments de paiements, $Y=(Y_{i,j})$ . . . . .	65
3.4	Triangle des paiements cumulés, $C = (C_{i,j})$ . . . . .	66
3.5	Facteurs individuels . . . . .	68
3.6	Construction d'un intervalle de confiance . . . . .	68
3.7	Facteurs de passage retenus . . . . .	69
3.8	Charges/règlements retenus . . . . .	70
3.9	Calcul du RA par la méthode paramétrique . . . . .	77
6.1	Données extraites de BAM pour le calcul des taux sans risques. . . . .	91
6.3	Courbe de taux sans risque au 31/12/2021 . . . . .	92
6.4	Courbe de taux sans risque au 31/12/2022 . . . . .	93
6.5	Triangle de règlements non cumulés pour l'usage Tourisme . . . . .	94
6.6	Triangle des charges pour l'usage Tourisme . . . . .	94
6.7	Triangle de reglements cumulés pour l'usage Tourisme . . . . .	94
6.8	L'évolution des sinistres du triangle Tourisme, avec une ligne par période d'origine. . . . .	95
6.9	Règlements cumulés pour l'année de survenance 2016. . . . .	95
6.10	Cadence de règlements cumulés pour l'année de survenance 2016. . . . .	95
6.11	Nuage des $C_{.,j+1}$ en fonction des $C_{.,j}$ pour $j = 1$ a gauche, et $j = 2$ a droite. . . . .	96
6.12	Triangles de règlements projeté . . . . .	99
6.13	Cadences de règlements par année de survenance . . . . .	100
6.14	Les tracés des résidus de la branche Tourisme Corporel. . . . .	104
6.15	Triangle des résidus . . . . .	107
6.16	BE distribution . . . . .	111

---

6.17	Distribution du BE, loi normale et log-normale . . . . .	113
6.18	Test de Kolmogorov-Smirnov pour les deux lois . . . . .	114
6.19	Test de Kolmogorov-Smirnov pour les deux lois : Modèle de Mack . . . . .	115
6.20	Evolution du Chiffre d’Affaires du marché assurantiel au Maroc en millions de DH . . . . .	124
6.21	Primes émises par entreprise d’assurances Exercice 2022 . . . . .	125
6.22	Primes émises par entreprise en Assurance Non Vie Exercice 2022 . . . . .	126
6.23	L’évolution des sinistres du triangle des autres usages 2021 . . . . .	131
6.24	Nuage des $C_{.,j+1}$ en fonction des $C_{.,j}$ pour $j = 1$ a gauche, et $j = 2$ a droite pour les differentes usages 2021 . . . . .	132
6.25	Tracés des residus pour les diferents usages 2021 . . . . .	133

# Liste des tableaux

- 1 Liability for current service . . . . . 11
- 2 Liability for past service . . . . . 11
- 3 Liability for Incurred Claims . . . . . 11
- 4 Aoc LRC . . . . . 12
- 5 Compte de résultat : P&L . . . . . 12
- 6 Liability for current service . . . . . 19
- 7 Liability for past service . . . . . 19
- 8 Liability for Incurred Claims . . . . . 19
- 9 Aoc LRC . . . . . 20
- 10 Compte de résultat : P&L . . . . . 20
  
- 2.1 Exemple de contrats d'un portefeuille . . . . . 44
  
- 4.1 Actualisation des flux et calcul du BE. . . . . 79
  
- 6.1 Coefficients de développement . . . . . 97
- 6.2 IC pour les coefficients de développement des 8 premières années de  
développement . . . . . 98
- 6.3 Les facteurs retenus pour la projection . . . . . 98
- 6.4 Calcul du Best Estimate du triangle de règlements pour la branche  
Tourisme Corporel au 31/12/2021 . . . . . 99

6.5	Calcul du BE du triangle de règlements pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2021 . . . . .	100
6.6	Calcul du BE charge par année de survenance pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2021 . . . . .	101
6.7	Best Estimate actualisé par année de survenance par la courbe de taux sans risque 6.3 . . . . .	102
6.8	Best Estimate actualisé : Chain Ladder classique . . . . .	103
6.9	La variance de Mack $\sigma_j^2$ . . . . .	104
6.10	Mean squared error of prediction . . . . .	105
6.11	Erreurs standards de prédiction . . . . .	106
6.12	Tableau des mean(BE) règlement . . . . .	108
6.13	VaR des BE par année de survenance pour les niveaux de confiance 5%, 10%, 25%, 50% . . . . .	109
6.14	VaR des BE par année de survenance pour les niveaux de confiance 75%, 95%, 99%, 99,5% . . . . .	110
6.15	VaR des BE . . . . .	110
6.16	PPNA pour l'exercice 2021 . . . . .	116
6.17	Calcul du Best Estimate par année de survenance du triangle de charge pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2022 . . . . .	117
6.18	Best Estimate par année de survenance pour la branche Tourisme Corporel actualisé par la courbe de taux sans risque au 31/12/2022 . . . . .	118
6.19	Résultats du LIC pour l'année 2022 . . . . .	118
6.20	PPNA pour l'exercice 2022 . . . . .	119
6.21	Compte de résultat : P&L . . . . .	121

# Liste des abréviations

<b>IFRS</b>	:	International Financial Reporting Standards
<b>IASB</b>	:	International Accounting Standards Board
<b>BBA</b>	:	Building Block Approach.
<b>PAA</b>	:	Premium Allocation Approach.
<b>VFA</b>	:	Variable Fee Approach.
<b>BE</b>	:	Meilleure estimation (Best Estimate).
<b>RA</b>	:	Ajustement pour Risque non financier (Risk Adjustment).
<b>CSM</b>	:	Marge de service contractuelle (Contractual Service Margin).
<b>LC</b>	:	Composante de perte.
<b>VaR</b>	:	Value at Risque.
<b>AoC</b>	:	Analysis of Change.
<b>P&amp;L</b>	:	Profit and loss.

# Introduction générale

Dans le contexte de mondialisation actuel dans lequel les économies des différents pays sont de plus en plus interdépendantes, la définition d'un référentiel comptable commun à un ensemble de pays le plus large possible s'est révélée être nécessaire. La norme IFRS 17 qui vient remplacer la norme IFRS 4, se propose ainsi de créer un référentiel commun pour la comptabilisation des passifs d'assurance, permettant d'améliorer la comparabilité des performances financières des différentes sociétés.

La publication des bilans et comptes de résultat IFRS 17 s'accompagne d'un exercice comparatif marquant le passage d'IFRS 4 à IFRS 17, l'exercice de transition. Il s'agit d'un moment clé, déterminant pour la communication financière des entreprises d'assurance pour l'entrée en vigueur de la norme ainsi que pour leurs exercices futurs. La transition apparaît donc comme fortement stratégique.

A cette cause, le cabinet de conseil MAZARS se met à l'ouvrage pour pouvoir appréhender les fondamentaux de l'IFRS 17 et pour être capable de l'appliquer sans problèmes quand ceci sera obligatoire. Sur le plan pratique, le cabinet exige un outil qui met à disposition de ses utilisateurs des méthodes de provisionnement standard sous l'IFRS 17, avec une interface de paramétrage et de restitution de résultats dédiée.

Ainsi, ce rapport comporte un volet théorique où on évoque le contexte et les principes de l'IFRS 17, puis un volet pratique où on explicite la démarche technique pour les différents calculs, pour aboutir aux résultats. où nous présentons, bien entendu, l'ensemble de résultats et conclusions que l'on puisse appliquer l'IFRS 17 pour un portefeuille de contrats non-vie.

« Although the IFRS 17 ride has been a rocky ride with the standard being postponed multiple times, the overall principles of the framework are sound and will result in more interaction between finance functions, more recent assumptions, and improved risk awareness. »

Servaas HOUBEN, The European Actuary, Dec 2022

Première partie

Cadre général et Revue

# La norme IFRS17 : contexte de la norme

Ce chapitre s'étalera, en premier lieu, sur une brève présentation et prise de connaissance de la norme IFRS 17.

## 1.1 Les normes IFRS : une comparabilité des comptes à l'échelle internationale

Pour évaluer les revenus et les dépenses au fil du temps, toute activité nécessite une réglementation comptable qui est reflétée dans le compte de résultat et le bilan. Le compte de résultat donne une vue annuelle des résultats économiques de l'entreprise, tandis que le bilan indique la puissance financière de l'entreprise en fournissant des informations sur ses actifs (biens immobiliers, obligations, etc.) et ses passifs (dettes et engagements). La transparence et l'objectivité de la situation financière et comptable de l'entreprise sont assurées par le respect de certaines règles comptables. À l'échelle internationale, les normes comptables de référence sont les normes IFRS.

Les normes IFRS (*International financial reporting standards*) sont les normes internationales d'informations financières destinées à standardiser la présentation des données comptables échangées au niveau international. Elles ont pour objectif d'harmoniser les référentiels comptables dans le monde, parmi les pays appliquant ces normes, afin de rendre plus pertinentes les comparaisons entre ces pays. Les normes comptables IFRS sont édictées par l'IASB (*International Accounting Standard Board*). Ces normes remplacent depuis 2005 les normes labellisées IAS (*International Accounting Standards*).

**Les objectifs poursuivis par l'IASB sont les suivants :**

- Développer, dans l'intérêt général, un jeu unique de normes comptables de haute qualité, compréhensibles et applicables qui impose la publication dans les états financiers d'informations financières de haute qualité, transparentes et comparables afin d'aider les participants aux marchés internationaux de capitaux et les autres utilisateurs à prendre des décisions économiques .
- Promouvoir l'usage et la mise en oeuvre rigoureuse de ces normes .
- Travailler activement avec les organismes de normalisation comptable nationaux, afin de parvenir à une convergence entre les normes comptables nationales et les IAS/IFRS.

Les normes IFRS sont des normes de principes plutôt que des règles strictes. Elles énoncent une série de principes que les entités doivent respecter pour se conformer à ces normes. Les méthodes utilisées pour respecter ces principes sont secondaires, du moment que ces derniers sont respectés.

**Les normes IFRS énoncent plusieurs principes, tels que :**

- Le principe d'intangibilité du bilan d'ouverture (correspondance de l'ouverture d'un exercice avec la clôture du bilan précédent).
- Le principe de continuité d'exploitation (l'entité considère qu'elle poursuivra son activité après l'exercice comptable dont elle établit les comptes).
- Le principe de permanence des méthodes (ne pas changer de méthode de comptabilité d'un exercice à l'autre sans justification).
- Le principe de non-compensation, interdisant de supprimer des charges du compte de résultat en compensant avec des produits et de supprimer une partie du passif du bilan en compensant avec l'actif.
- Le principe de prudence.
- Le principe de neutralité et de bonne information.

**Le processus d'élaboration et d'interprétation est :**

- Identification du problème (évaluation de la question posée, préparation d'une analyse concernant son champ d'application et vérification pour s'assurer qu'elle remplit les critères d'inscription au programme de travail de l'IFRIC).
- Publication d'un projet d'interprétation approuvé par les membres de l'IFRIC.
- Examen des commentaires reçus\*.
- Décision d'adoption définitive par l'IFRIC\*.

— Ratification par l'IASB\*.

\* *Ces étapes sont imposées par les dispositions de la constitution de l'IASCF.*

Avant de publier une nouvelle norme IFRS, l'IASB suit les étapes du processus d'élaboration des ces normes :

- Identification et analyse des problématiques comptables associées au sujet traité.
- Analyse des règles en vigueur en local aux niveaux nationaux et échanges de point de vue avec les normalisateurs comptables nationaux.
- Demande au Conseil consultatif de normalisation (Standard Advisory Council) de l'inscription du projet dans le programme.
- Mise en place d'un groupe consultatif.
- Analyse des commentaires et critiques vis-à-vis du document de travail publié.
- Tests de la norme en pratique.
- Publication définitive de la norme.

L'IASB a publié 17 normes IFRS et 41 normes IAS. Les normes IFRS sont utilisées pour la consolidation des comptes, c'est-à-dire pour les entreprises dont les comptes sont regroupés. Elles sont donc essentielles pour les groupes ayant plusieurs filiales, car les normes IFRS permettent d'établir un référentiel comptable commun pour chacune d'entre elles.

## L'application des normes IFRS dans le monde

### 1.2 De la norme transitoire IFRS 4 à la norme IFRS 17

#### 1.2.1 IFRS 4, une norme temporaire

La norme IFRS 4 est une norme temporaire pour les entités d'assurance élaborée comme une première solution de comptabilisation des contrats. Elle permet entre autres aux compagnies d'assurance de poursuivre la valorisation et la comptabilisation des contrats d'assurance, selon les normes locales et ce, jusqu'à publication de la norme définitive.

Une entité doit ainsi appliquer la norme IFRS 4 contrats d'assurance aux contrats d'assurance émis et les traités de réassurance détenus par la compagnie d'assurance.

### 1.2.1.1 Définition d'un contrat

La définition du contrat d'assurance sous IFRS 4 souligne le caractère significatif du risque dont il est question, il est défini comme :

« *Un contrat selon lequel une partie (l'assureur) accepte un risque d'assurance significatif d'une autre partie (le titulaire de la police) en convenant d'indemniser le titulaire de la police si un évènement futur incertain spécifié (l'évènement assuré) affecte de façon défavorable le titulaire de la police.* »

### 1.2.1.2 Classification des contrats

Les différentes catégories sous l'IFRS 4 sont les suivantes :

- contrats d'assurance ;
- contrats d'investissement avec PB discrétionnaire ;
- contrats d'investissement sans PB discrétionnaire.

Les deux premières entrent dans le champ d'application de la norme IFRS 4. La dernière relève de la norme IAS 39 qui sera remplacée par la norme IFRS 9 sur les instruments financiers.

### 1.2.1.3 Principe du Shadow Accounting

Dans la plupart des normes locales, les actifs sont comptabilisés en valeur historique. La méthode Shadow Accounting, vise à réduire le mismatch induit par les écarts d'évaluation entre actif et passif. À travers cette méthode, l'IASB a permis aux assureurs de considérer au passif les plus ou moins-values latentes comptabilisées sur les actifs de placements, valorisés en valeur de marché, sous la forme de « provisions pour participation aux bénéfices différée ».

Pour illustrer l'impact de la comptabilité Shadow Accounting, on considère l'exemple simplifié d'un contrat participatif d'assurance vie avec un taux de PB de 90 % dont le bilan simplifié est le suivant :

FIGURE 1.1 – Bilan en t=0

<b>Actif</b>		<b>Passif</b>	
Actifs juste valeur	1000	Fonds propres	200
		Provisions techniques	800

Supposons qu'en t=1 l'actif augmente de 30 %. Sans application du Shadow Accounting, ceci se traduit par une augmentation des fonds propres mais pas des engagements vis-à-vis de l'assuré.

En appliquant le Shadow Accounting, une partie de l'augmentation de l'actif revient aux assurés sous forme de Provision pour PB Différée (PPBD) :

$$PPBD = 90\% * \frac{800}{1000} 300 = 216.$$

Le bilan se décompose en t = 1 comme suit :

FIGURE 1.2 – Bilan sans Shadow Accounting en t=1

<b>Actif</b>		<b>Passif</b>	
Actifs juste valeur	1300	Fonds propres	500
		Provisions techniques	800

FIGURE 1.3 – Bilan avec Shadow Accounting en t=1

<b>Actif</b>		<b>Passif</b>	
Actifs juste valeur	1300	Fonds propres	284
		PPBD	216
		Provisions techniques	800

#### 1.2.1.4 Principe du test d'adéquation du passif

L'assureur doit s'assurer qu'à chaque date de comptabilisation la valeur du passif est suffisante pour répondre aux estimations des flux de trésorerie futurs sur la base des hypothèses à cette date. Sinon, cette insuffisance doit être comptabilisée.

Les objectifs de ce dispositif est de s'assurer que toute perte significative soit prise en compte et que le passage à la norme IFRS 17 n'entraîne pas d'insuffisance des provisions. Il s'agit d'un test qui s'applique essentiellement aux branches de l'assurance vie.

## 1.2.2 Passage de la norme IFRS 4 à la norme IFRS 17

### 1.2.2.1 Limites de la norme IFRS 4

Parmi les limites de la norme IFRS 4 figure **l'absence de moyen comptable d'amortir le résultat en cas de forte volatilité de celui-ci**, ce qui est une problématique majeure pour l'assureur qui souhaite obtenir le résultat le plus stable possible dans le temps. Un résultat volatil est susceptible de faire douter les investisseurs de la stabilité financière de la société d'assurance.

Une autre limite de la norme IFRS 4, propre aux contrats avec participation après bénéfices est **le décalage entre l'actif et le passif dû à la différence de comptabilisation de ces deux éléments. Les actifs sont évalués en Fair Value (ou juste valeur)** : une variation sur l'actif peut induire une variation sur les fonds propres qui n'a pas lieu d'être.

**Le Shadow Accounting**, ou comptabilité reflet, autorise l'assureur, sans le lui imposer, à changer de méthode de comptabilisation afin que les plus ou moins-values latentes comptabilisées sur un actif impactent ses évaluations du passif. Cela permet de palier à l'asymétrie de traitement des actifs et des passifs pour ainsi réduire les écarts dus à l'évaluation des actifs en valeur de marché, et des passifs en norme comptable locale. Toutefois ce principe ne règle que partiellement les conséquences de la distorsion entre actif et passif, une part des plus-values latentes étant comptabilisée en résultat.

**Le test d'adéquation du passif** permet de provisionner les pertes significatives mais pas de provisionner une évaluation des engagements en cas de marge positive du fait de l'absence d'évaluation économique des passifs d'assurance.

**Comme la norme IFRS 4 laisse également les normes locales régir la façon d'évaluer les provisions techniques, il est difficile de comparer la comptabilité de différents pays comptabilisant leurs passifs selon des normes locales différentes.** L'existence de certaines provisions dans certains pays qui n'existent pas dans d'autres pays crée des différences de valorisation du passif qui n'ont pas de sens d'un point de vue économique. Cette situation rend difficile les comparaisons entre pays, notamment pour des compagnies d'assurance détenant plusieurs filiales soumises à des normes comptables locales différentes.

### 1.2.2.2 Les réponses de la norme IFRS 17

La nouvelle norme IFRS 17 porte sur la comptabilisation et l'évaluation des contrats d'assurance, et représente la phase finale de la norme IFRS 4. Son objectif est de corriger les lacunes constatées précédemment, tout en proposant une évaluation des provisions techniques plus cohérente avec l'évaluation de l'actif.

Cette nouvelle norme a donc pour objectif de pallier :

- Aux fortes divergences entre pays dans les modalités d'évaluation du passif d'une compagnie d'assurance.
- Aux différences d'évaluation entre l'actif et le passif existantes sous IFRS4 .
- A l'absence de mesure prévue par IFRS 4 pour protéger l'assureur contre une éventuelle forte volatilité de son résultat.

Tout en prenant en compte les spécificités du secteur assurantiel, IFRS 17 vise à corriger les inadéquations entre l'évaluation de l'actif et du passif présentes sous IFRS 4, à permettre une plus grande comparabilité entre les assureurs et notamment d'éviter les décalages comptables entre l'actif et le passif.

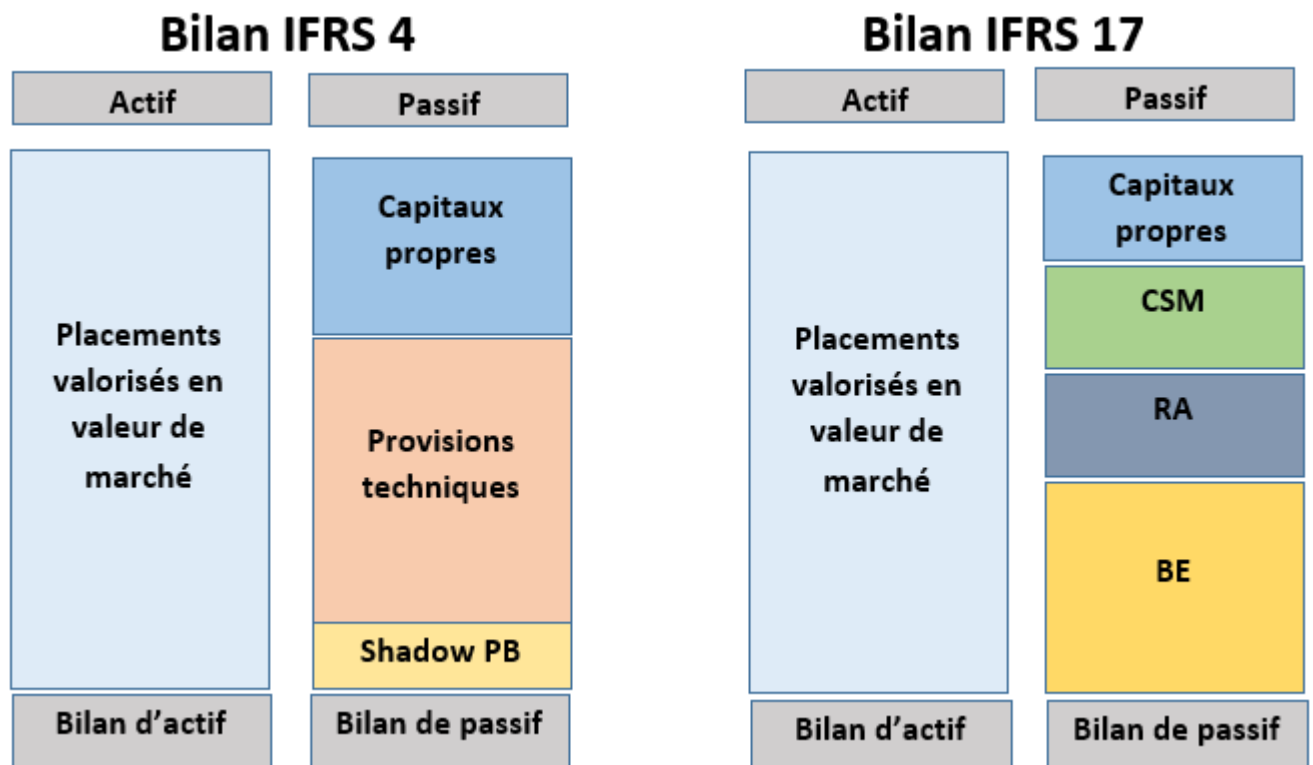
### 1.2.2.3 Comparaison entre les deux normes

#### Modélisation du bilan sous IFRS 4 et IFRS 17

Le passif sous IFRS 4 se compose des **capitaux propres**, représentant les ressources à la disposition de l'assureur. Ils sont constitués du capital social apporté par les actionnaires, et des bénéfices mis en réserve au fil des années, en plus des **provisions techniques** et du **Shadow PB**. Ce dernier permet de gérer le mismatch, dû à la comptabilisation du passif en coût historique.

Le passif sous IFRS 17 se compose en plus des **capitaux propres**, d'une partie **Best Estimate** (BE) qui correspond à l'estimation des cash-flows futurs des contrats d'assurance, d'une partie **Risk Adjustment** (RA) destiné à refléter la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés aux flux de trésorerie futurs, et enfin de la partie **Contractual Service Margin** (CSM) qui représente les profits futurs attendus et reconnus en résultat au rythme de l'écoulement des engagements dans le cas où le contrat est profitable ou la perte future attendue dans le cas où le contrat est onéreux. Nous allons détailler les blocs du passif sous l'IFRS 17 dans le chapitre suivant.

FIGURE 1.4 – Présentation des grands postes des bilans IFRS 4 et IFRS 17



Le passage de la norme IFRS 4 à la norme IFRS 17 marque donc pour le bilan les axes d'évolution suivantes :

- ❑ Les passifs d'assurance seront valorisés en valeur actuelle sur la base d'hypothèses propres à la compagnie.
- ❑ Les passifs d'assurance intégreront un ajustement pour risque pour évaluer l'effet de l'incertitude sur les risques non financiers. Cette marge pour risque sera valorisée à chaque clotûre et diminuera d'autant que le risque de l'assureur se réduit.
- ❑ Aucun gain ne pourra être reconnu en résultat à la souscription, ceci est lié à la notion de la CSM, en effet, l'idée de la norme IFRS 17 est d'empêcher une reconnaissance du profit à l'émission du contrat, et de reconnaître le résultat au fur et à mesure que le service d'assurance (ou d'investissement) est rendu.

*Ainsi, la nouvelle norme IFRS 17 offre un cadre consistant et plus transparent, en terme de comptabilité cohérente et prudente.*

# Les grands principes de la norme IFRS 17

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'IFRS 17, en particulier, l'explicitation des fondamentaux de la norme et ceci pour bien positionner le lecteur par rapport à la problématique étudiée.

## **2.1 Principes fondamentaux**

### **2.1.1 Niveau d'agrégation des contrats et notion de profitabilité**

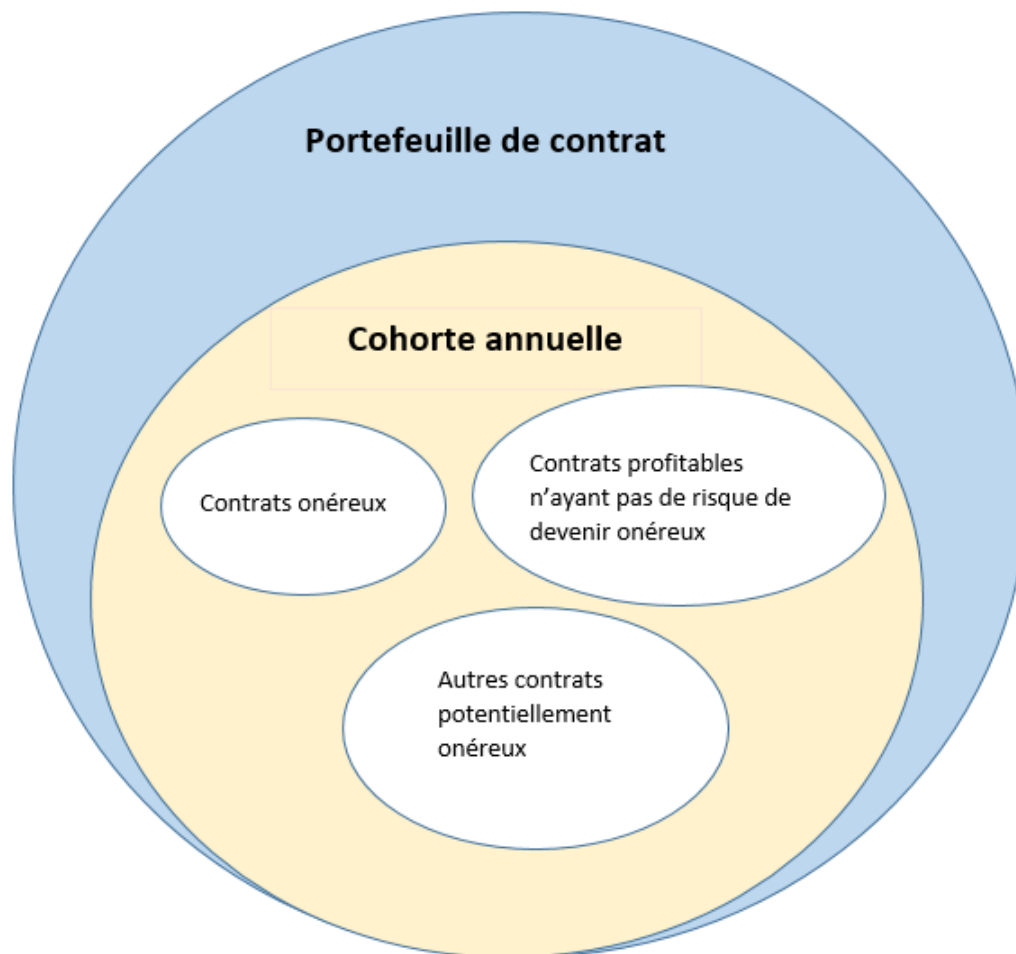
Parmi les révolutions que l'IFRS 17 vient d'apporter est le regroupement par contrats et non par risques.

La norme IFRS 17 exige trois niveaux d'agrégation des calculs, basés sur des critères d'homogénéité de portefeuilles, de génération de souscription et de profitabilité . Ces regroupements sont appelés Unités de Mesure ou Groupe de Contrats (GoC).

Pour réduire les fortes incertitudes existantes au niveau individuel, la norme IFRS 17 permet certains regroupements de contrats pour les comptabiliser :

- Regroupement par portefeuille de contrats ;
- Regroupement par cohorte ;
- Regroupement par niveau profitabilité.

FIGURE 2.1 – Classification IFRS 17 par groupe de contrats



• **Le regroupement par portefeuille de contrats** rassemble des contrats de même type afin que l'assureur puisse évaluer la rentabilité de chaque domaine d'assurance ; le regroupement de deux types de contrat d'assurance impliquerait une perte d'information sur ces deux domaines.

• **Le regroupement par cohorte** implique que deux contrats appartenant à une même cohorte n'ont pas été comptabilisés (date de début de couverture ou date de constatation du caractère onéreux du contrat le cas échéant) à plus d'un an d'intervalle.

• Enfin, **le regroupement par groupe de profitabilité** des contrats implique de comptabiliser l'ensemble des contrats ayant des profitabilités a priori semblables : trois niveaux de profitabilité sont définis par la norme :

- Groupe Onéreux
- Groupe n'ayant pas de risque de devenir onéreux
- Autres groupes potentiellement onéreux

Les contrats onéreux sont les contrats pour lesquels l'assureur s'attend à réaliser une perte, à l'inverse des contrats profitables. Les contrats potentiellement onéreux sont profitables a priori mais ont une probabilité conséquente de devenir onéreux.

Exemple : Soit un portefeuille RC automobile constitué de 5 contrats de rentabilité et d'année de souscription différentes. L'agrégation sous IFRS 17 se fait de la manière suivante :

Risque	Contrat ID	Cohorte	Profitabilité	Période de couverture (an)	Premier versement
RC	C1	2019	Profitable	1	15/01/2019
RC	C2	2021	Potentiellement onéreux	5	10/01/2021
RC	C3	2022	Potentiellement onéreux	1	10/01/2021
RC	C4	2019	Onéreux	1	15/01/2019
RC	C5	2022	Potentiellement onéreux	1	05/09/2022

TABLE 2.1 – Exemple de contrats d'un portefeuille

Les groupes de contrats sont alors :

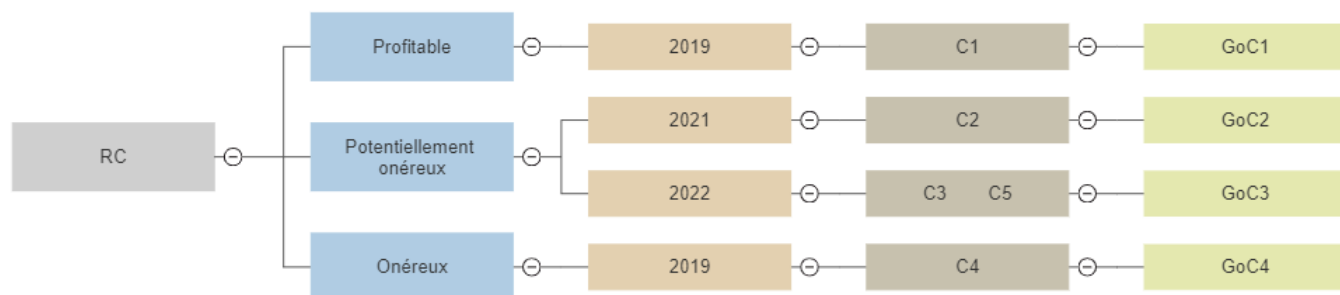


FIGURE 2.2 – Portefeuille RC sous IFRS 17

*En résumé, l'unité de mesure de la norme IFRS 17, est une décomposition en Portefeuille de contrat  $\times$  Cohorte  $\times$  Profitabilité.*

## 2.1.2 Evaluation des contrats à la date de comptabilisation

### 2.1.2.1 Evaluation initiale

Lorsqu'un nouveau contrat est comptabilisé, l'entité évalue sa valeur à la date de comptabilisation initiale qui est la date la plus ancienne entre le début de la période de couverture du contrat, la date à laquelle le premier paiement de l'assuré devient effectif et la date où le groupe de contrats devient onéreux le cas échéant.

Exemple : On reprend l'exemple précédent, avec une intention particulière aux contrats C1 et C4. La date de début de couverture des 2 contrats est le 01/01/2019.

Pour les contrats C1 et C4 on reçoit le premier versement le 15/01/2019. On rappelle que les contrats C1 est rentable et le contrat C4 est onéreux. Le contrat C4 a été souscrit le 05/09/2018.

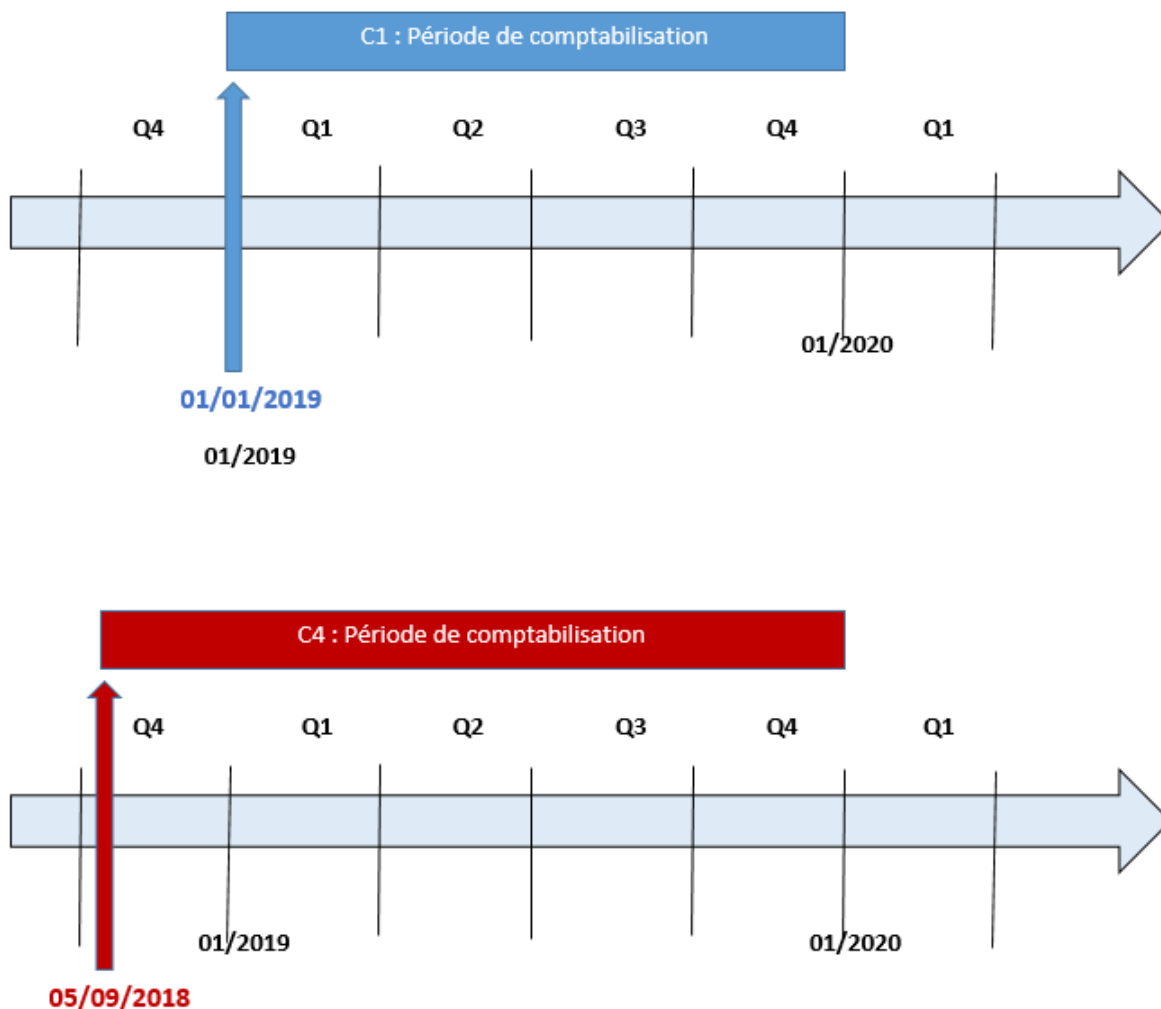


FIGURE 2.3 – Exemple de période de comptabilisation sous IFRS 17

- Le passif est évalué initialement comme étant la somme des trois éléments suivants :
- Les estimations des flux de trésorerie futurs actualisés (BE) ;
  - Un ajustement au titre du risque non financier (RA) ;
  - La marge sur services contractuels (CSM).

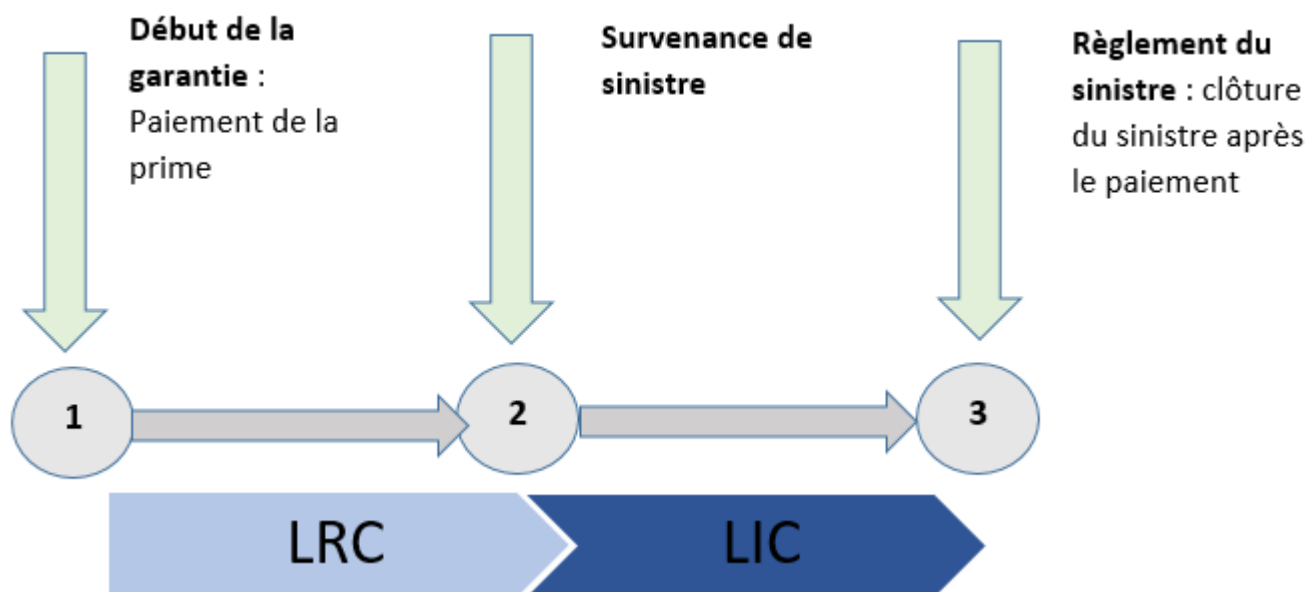
### 2.1.2.2 Evaluation ultérieure

Lors d'une évaluation ultérieure, la norme IFRS 17 fait la distinction entre **les engagements au titre des sinistres futurs** (*Liability for Recovering Claims* ou LRC) et **les engagements au titre des sinistres passés** (*Liability for Incurred Claims* ou

LIC).

Le LRC comprend tous les sinistres qui ne se sont pas encore produits mais qui sont couverts par l'assureur. L'assureur constitue donc une provision au titre des montants futurs à payer pour ces sinistres. Le LIC comprend les sinistres s'étant déjà produits mais qui continuent à générer des flux après leur survenance. L'assureur constitue donc une provision afin d'indemniser les événements qui se sont déjà produits.

FIGURE 2.4 – Décomposition des provisions techniques en évaluation ultérieure



Le LRC est évalué comme étant la somme des éléments suivants : le **BE LRC**, le **RA LRC** et la **CSM réévaluée**. Le LIC est quant à lui évalué comme la somme des éléments suivants : le **BE LIC** et le **RA LIC**.

*Nous allons détailler par la suite ces notions constitutifs des passifs LIC et LRC.*

### 2.1.2.3 Valorisation des contrats

#### Les éléments à considérer

L'assureur valorise un groupe de contrats en calculant les engagements probables auquel il s'expose sur ce groupe de contrats. Ces engagements sont calculés par le Best estimate des flux futurs actualisés. Ces flux comprennent :

- Les engagements de l'assuré envers l'assureur (versements des primes d'assurance) ;
- Les engagements de l'assureur envers l'assuré (versement des prestations) ;

- Les frais (d'acquisition, d'administration, de gestion des placements, de gestion des sinistres, de gestion des contrats, frais généraux) ;
- Les rachats de contrat ;
- Les rendements de placement ;
- Les taxes.

L'assureur doit également tenir compte de la valeur temps de l'argent et actualiser ses flux en fonction de taux d'intérêt crédibles par rapport à ceux des instruments financiers similaires sur le marché.

### La frontière des contrats

La frontière des contrats stipule que les primes que l'assureur compte dans son Best estimate des flux futurs sont celles que l'assureur peut contraindre à ses assurés de payer ou pour lesquelles elles ont une obligation substantielle de lui fournir des services. L'obligation substantielle cesse si l'organisme a la capacité de réévaluer les risques du portefeuille et de fixer un nouveau prix ou niveau de prestations pour refléter intégralement ce risque.

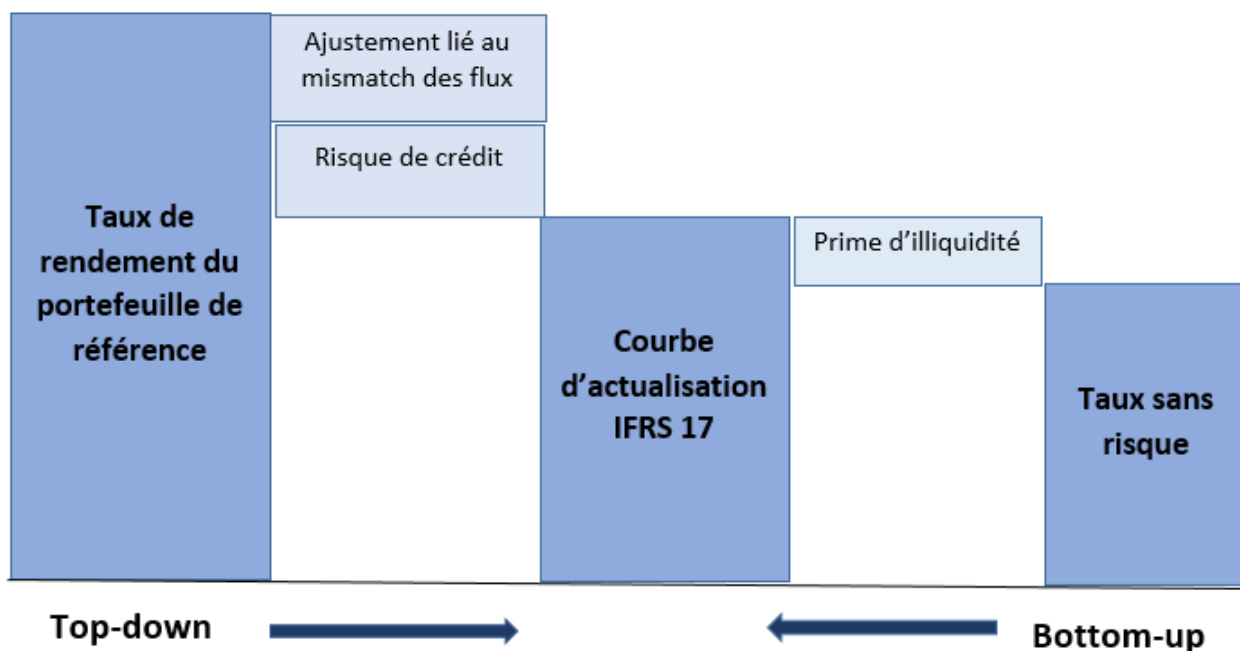
### 2.1.3 Taux d'actualisation

Comme l'assureur doit tenir compte de la valeur temps de l'argent et les risques financiers liés à ces flux de trésorerie estimés, ces derniers doivent être actualisés selon une courbe de taux adéquate. La courbe de taux choisie doit être cohérente avec le marché, et outre, elle ne doit refléter que les caractéristiques des passifs d'assurances.

La norme propose deux approches pour estimer cette courbe :

- « **Top-Down** » : Elle consiste à partir du rendement de son propre portefeuille d'actifs ou d'un portefeuille de référence, dont est retranchée la prime de risque du marché. Cette méthode est à priori compliquée à mettre en oeuvre, il faudrait pour cela trouver un portefeuille de référence adapté.
- « **Bottom-Up** » : Elle est construite à partir de la courbe de taux sans risque, ajustée avec une prime d'illiquidité, afin de réintégrer les caractéristiques du passif en termes de liquidité. Aucune indication n'est donnée quant au calcul de la prime d'illiquidité sous l'IFRS 17.

FIGURE 2.5 – Approches pour la courbe d'actualisation sous IFRS 17



Le **taux sans risque** est le rendement d'un investissement dans un actif sans risque de défaut. Il représente ainsi l'intérêt qu'un investisseur attendrait d'un investissement absolument sans risque pendant une période donnée. Dans la pratique, il n'existe pas de taux réellement sans risque car tout investissement comporte du moins un risque faible. Ainsi, on peut considérer que le taux d'intérêt d'un bon du Trésor comme taux sans risque, car les Etats ou Trésors ne risquent pas de faire défaut et paieront donc toujours leurs dettes.

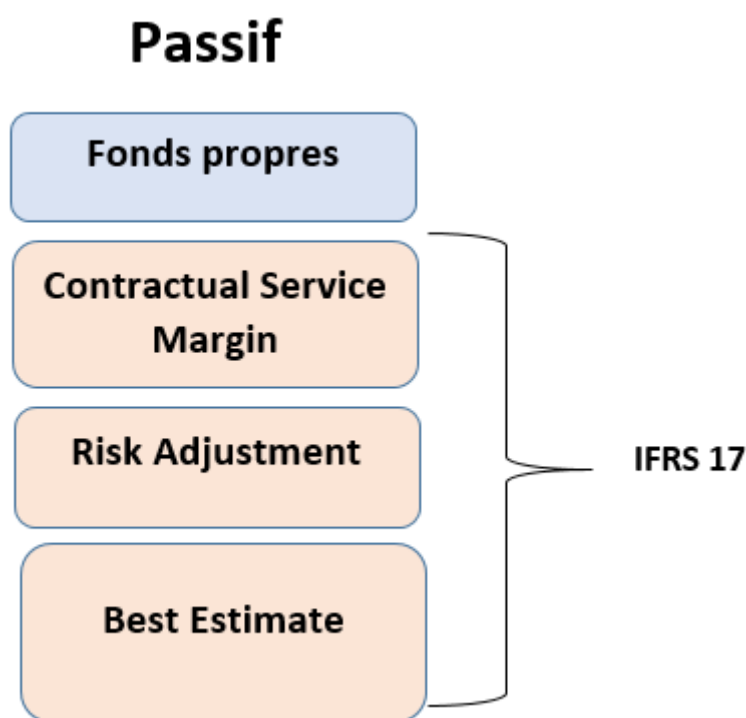
La liquidité d'un actif représente sa capacité à être vendu facilement et rapidement sur le marché au prix égal à la valeur actualisée de ses flux de trésorerie futurs. Les obligations d'états sont considérées comme les actifs les plus liquides du marché. Au contraire, les obligations du secteur privé sont souvent moins liquides car plus risquées. **La prime d'illiquidité** ajoutée au taux sans risque pour évaluer les passifs d'assurance peut donc être vue comme la différence de prix entre les obligations du secteur privé et du secteur public (obligations d'états).

La prime d'illiquidité reflète ainsi les différences entre les caractéristiques de liquidité des instruments financiers qui sous-tendent les taux observés sur le marché et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance. La liquidité d'un actif représente sa capacité à être vendu facilement et rapidement sur le marché au prix égal à la valeur actualisée de ses flux de trésorerie futurs.

## 2.2 Méthodes d'évaluation du passif d'un contrat d'assurance

Le code réglementaire des assurances au Maroc définit les provisions technique comme étant des comptes d'épargne accumulés par l'entreprise d'assurance et de réassurance pour faire face à ses engagements envers les assurés et bénéficiaires de contrats d'assurance . Nous allons présenter ci-après ces provisions dans un contexte IFRS 17. Comme nous venons de citer dans le chapitre précédent, le passif des assurances se compose de trois blocs tel qu'illustré dans la figure suivante.

FIGURE 2.6 – Illustration du passif sous IFRS 17



### 2.2.1 Le Best Estimate

Le Best Estimate (BE) représente la meilleure estimation actuelle des flux de trésorerie futurs. L'IASB stipule que le Best Estimate doit prendre en compte la valeur temporelle de l'argent, la liquidité des contrats et les prix observés sur le marché.

Le Best estimate nécessite, par définition, la construction de la courbe d'actualisation et l'estimation des cash-flows futurs.

Les estimations des flux de trésorerie doivent :

- Intégrer avec objectivité l'ensemble des informations raisonnables et justifiables qu'il est possible d'obtenir sans coût ou effort excessif sur le montant, l'échéancier et l'incertitude des flux de trésorerie futurs ;
- Tenir compte de l'incertitude des flux ; pour ce faire, l'organisme doit estimer l'espérance mathématique de l'éventail complet.
- Etre à jour ;
- Etre explicites.

On distingue les estimations de flux de trésorerie futurs au titre de la couverture restante (**BE LRC**) et au titre des sinistres survenus (**BE LIC**).

Le calcul du Best estimate au titre de la couverture restante vérifie l'égalité ci-dessous :

$$BE\ LRC_n = \sum_{i=n+1}^m \frac{CF_i}{(1+r_i)^i}$$

avec :

- $m$  : l'horizon de projection
- $CF_i$  : l'estimation du montant des prestations et des frais à payer et des primes perçues l'année  $i$
- $r_i$  : le taux d'actualisation pour l'année  $i$

Le Best estimate au titre des sinistres survenus (**BE LIC**) est calculé de la même manière que le BE LRC mais en considérant les flux futurs relatifs aux sinistres passés en lieu et place des flux futurs relatifs aux sinistres futurs.

*Dans nos calculs à venir, nous essayerons trois méthodes dont une est déterministe à savoir Chain Ladder (en incluant deux méthodes de calculs des facteurs de passage avec retraitements), et puis deux autres méthodes stochastiques, le modèle de Mack et la méthode du Bootstrap en l'occurrence, et ceci est pour une fin de comparaison des résultats.*

### 2.2.2 Ajustement pour risque non financier

L'Ajustement pour le risque non financier (RA) est une sorte de rémunération que l'entité demande pour compenser l'incertitude liée au montant et au calendrier des flux de trésorerie provenant du risque non financier à mesure que l'entité exécute les contrats d'assurance. Cette incertitude peut être considérée comme la différence attendue entre les estimations des flux futurs et leurs montants réels.

Parmi les risques associés au calcul de l'ajustement pour risque non-financier :

- Les risques de mortalité, le risque de longévité, le risque de rachat et le risque de la révision des rentes.

- Les risques non-vie liés aux erreurs de tarification et de provisionnement.
- Les risques non financiers liés aux contrats d'assurance (les risques juridiques, les risques de réputation...).

Selon la décomposition du passif en LRC et LIC, la RA est décomposé en :

- **RA LRC relatif à l'incertitude lié à l'occurrence des sinistres** : Lors de leur de survenance, l'assureur fait face à moins de risques lié à cette incertitude et le RA LRC est alors relâché en partie en résultat ;
- **RA LIC relatif à l'incertitude liée aux paiements des charges d'assurance liées aux sinistres** : Lors de la survenance des sinistres, l'assureur fait face à de nouveaux risques liés à leur paiement et le RA LIC est alors doté et sera relâché en résultat au fur et à mesure que ces charges d'assurance sont payées.

La norme ne précise pas l'approche à retenir mais demande à l'entité de communiquer le seuil de confiance associé au calcul du RA.

Plusieurs approches ont été proposées pour la modélisation du RA. On peut citer :

1. **Approche déterministe** : La méthode Coût du capital évalue le risk adjustment d'une manière à ce que le capital supplémentaire nécessaire lors du transfert de l'activité à un tiers. Son calcul nécessite la projection du capital requis pour supporter les risques pendant la durée de vie restante des contrats, la multiplication par un certain taux correspondant au coût de son immobilisation, et enfin l'application de l'escompte pour en obtenir une valeur actualisée.
2. **Approche stochastique** : En non vie, l'évaluation du RA s'appuie sur l'approche simulatoire c'est-à-dire la diffusion stochastique du risque d'assurance, l'obtention d'une distribution des cash-flows futurs et la déduction d'une déviation par rapport au BE du scénario central.  
Elle est également appelée approche simulatoire, approche par VaR ou TVaR par les acteurs du secteur de l'assurance.

FIGURE 2.7 – Méthodes d'évaluation du RA

Value at Risk (VaR)	Tail Value at Risk (TVaR)	Coût du Capital (CoC)
La VaR représente généralement un niveau de perte à court terme qu'on atteint assez rarement.	C'est une mesure de risqué qui a été introduite comme complément à la VaR. Elle favorise la diversification des instruments financiers d'un portefeuille et traite la queue de distribution.	L'évaluation de la marge pour risque se fait à partir d'une approche Coût du Capital (CoC), c'est à dire qu'elle est définie par la valeur actuelle de l'immobilisation du capital sur chaque période au Coût du Capital. Ce taux a été fixé par l'EIOPA à 6% sous Solvabilité 2. Sous IFRS 17, ce taux est libre.

Elles existent d'autres méthodes comme l'**Approche par chocs** où on applique pour chaque risque un choc instantané au montant Best Estimate (BE) du scénario central. Cette approche s'applique particulièrement aux risques vie.

*Dans nos calculs à venir, nous essayerons trois méthodes dont une est déterministe qui est la méthode de la duration, cette méthode a l'avantage d'être simplifiée et d'avoir le RA proportionnel au BE, puis deux autres méthodes : une méthode paramétrique basée sur les résidus de Mack et une méthode stochastique basée sur les quantiles de distribution de Bootstrap, et ceci est pour une fin d'analyse et de comparaison des résultats.*

### 2.2.3 La Marge de service contractuelle

La Marge pour Services Contractuels (CSM) est la grande nouveauté du passif sous IFRS 17. Elle représente le profit non encore reconnu, car associé aux services et couvertures futurs qui seront fournis à l'assuré et qui seront reconnus au rythme de l'écoulement des engagements.

Elle est par ailleurs constatée pour éliminer les gains à l'origine, ces gains issus du contrat seront écoulés progressivement sur la période de couverture du contrat et incorporés au compte de résultat. La CSM est calculée par portefeuille et par cohorte de contrats.

### 2.2.3.1 Evaluation initiale de la CSM

A l'initialisation, la CSM représente les profits non encore reconnus au titre des couvertures futures. Elle se calcule comme suit :

$$CSM_0 = \max(0, Primes_{t=0} - BE_{sin}(0) - RA(0))$$
$$CSM_0 = (Primes_{t=0} - BE_{sin}(0) - RA(0))_+$$

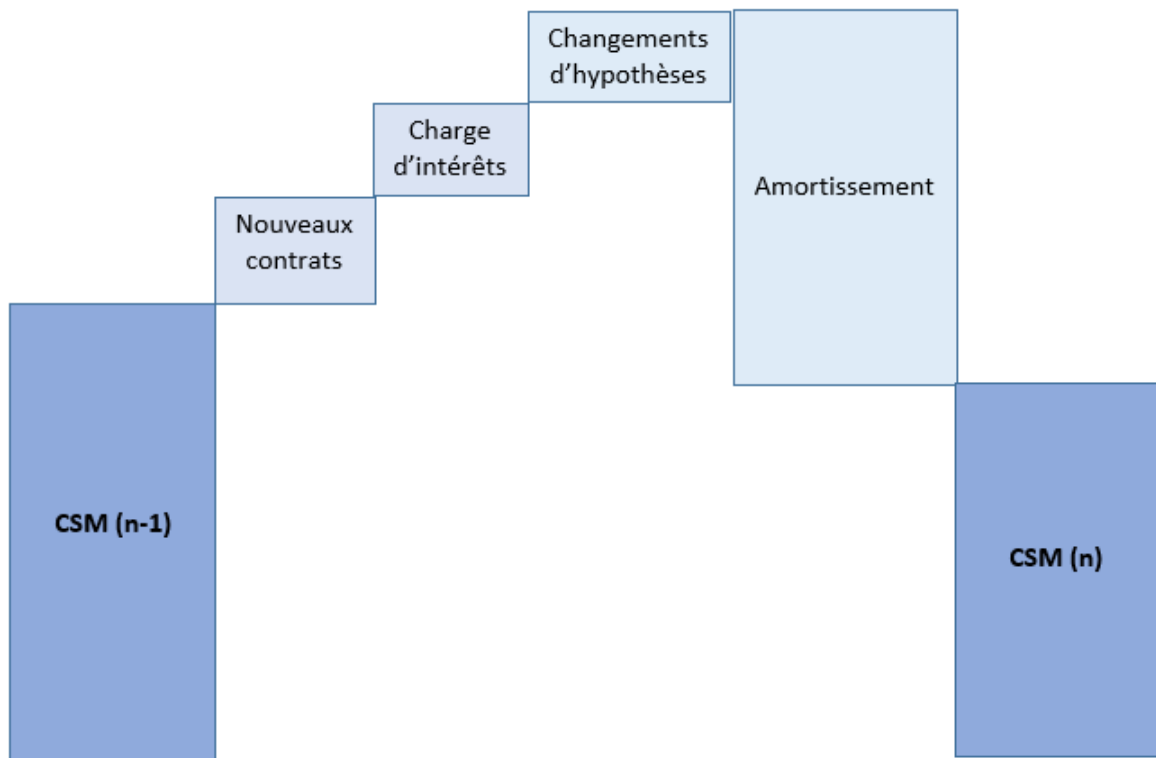
La CSM correspond aux profits attendus, si le montant calculé pour la CSM est positif, alors c'est ce montant qui est reconnu pour établir le montant de la CSM à l'origine. Ce montant va être ré-ajusté à chaque nouvelle clôture et il sera relâché au fur et à mesure des services rendus afin de reconnaître les profits correspondants.

La CSM ne peut cependant pas être négative. Si la formule de calcul de la CSM conduit à un montant négatif pour cette dernière, la CSM est nulle et la différence est immédiatement comptabilisée en perte dans le compte de résultat.

### 2.2.3.2 Evaluation ultérieure de la CSM

L'avènement de nouveaux contrats, de charges d'intérêt et des changements d'estimations dans les hypothèses d'évaluation du BE (et du RA) au titre des services futurs viennent ajuster la CSM tant qu'elle reste positive. Son amortissement se fait sur toute la durée de couverture du groupe de contrats, la reconnaissance doit se faire progressivement au fil du temps afin de refléter le rythme auquel le service d'assurance est rendu.

FIGURE 2.8 – Processus de réévaluation de la CSM pour un groupe de contrats



### 2.2.4 Composante de perte

La composante de perte en IFRS 17 fait référence à la partie des flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance qui est estimée comme étant perdue (ou irrécouvrable) à l'émission du contrat.

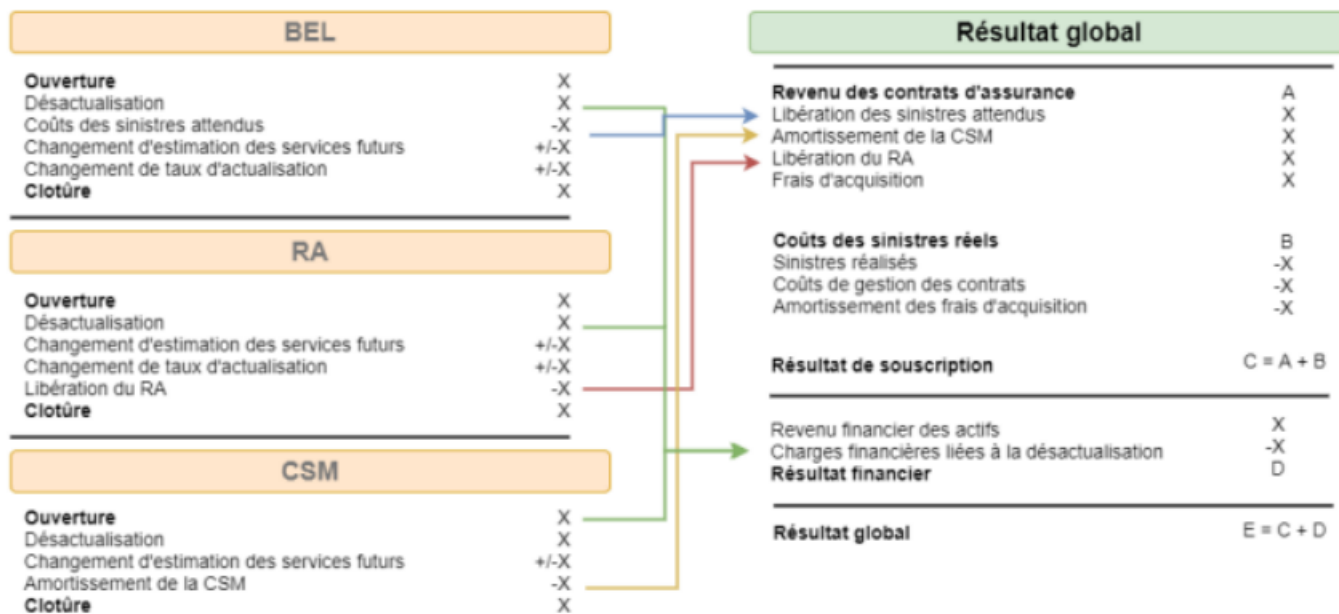
Si la Marge de service contractuelle est nulle, ce qui est le cas lorsque la somme du Best Estimate, de l'ajustement pour risque non financier est supérieure ou égale aux primes recues, alors la perte future est enregistrée comme composante de perte et est calculée comme suit :

$$LC = -\min(\text{primes recues} - BE - RA, 0)$$

## 2.3 Compte de résultat sous IFRS 17

Une présentation simplifiée du compte de résultat sous IFRS 17 se présente comme suit :

FIGURE 2.9 – Compte de résultat sous IFRS 17



- L'agrégat **Revenu des contrats d'assurance** est la somme des prestations et frais attendus, de l'amortissement de la CSM, du relachement du RA et de la reprise des frais d'acquisition.
- L'agrégat **Coût des sinistres réels**, est la somme des prestations et frais survenus, des pertes constatées et variation des pertes sur contrats onéreux, des coûts de gestion des contrats et de la reconnaissance des frais d'acquisition.
- L'agrégat **Résultat financier**, permet de refléter l'effet du passage du temps. Il est la somme du résultat financier des placements, et des charges et produits financiers sur contrats d'assurance.

## 2.4 Approches de comptabilisation

L'IFRS 17 repose sur trois méthodes de valorisation des provisions, elles dépendent des spécificités des produits d'assurance détenus en portefeuille par l'organisme.

- La méthode par défaut, Building Block Approach (BBA).
- La Premium allocation Approach (PAA).
- La Variable Fee Approach (VFA).

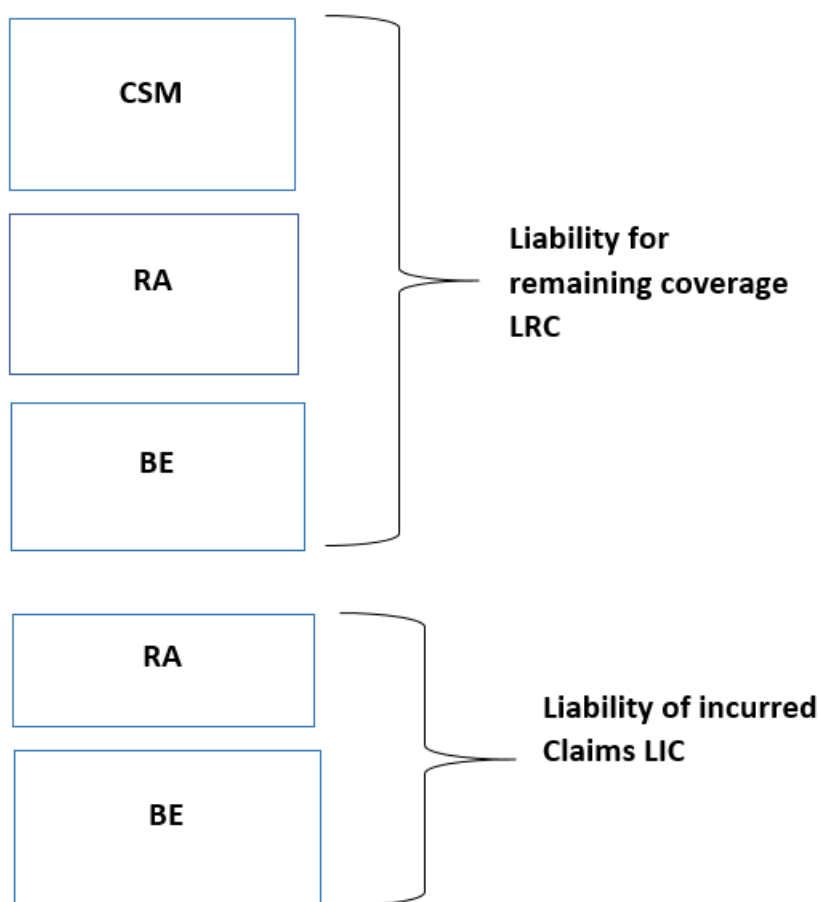
### 2.4.1 La méthode par défaut, Building Block Approach (BBA).

Le modèle BBA est le modèle général de la norme IFRS 17. Il peut être appliqué à n'importe quel groupe de contrats, sauf ceux pour lesquels l'application de l'approche VFA est obligatoire.

Elle décompose le passif en 3 blocs, comme vu dans la partie 2.1.

La norme impose également de distinguer les services liés à la période future LRC (*Liabilities for Remaining Coverage*) et les services encourus LIC (*Liabilities for Incurred Claims*). La figure suivante liste ainsi les différents blocs.

FIGURE 2.10 – Différents services sous l'approche BBA



- On note que la CSM n'existe que pour la couverture à venir (LRC) car elle représente les profits probables liés aux services non encore rendus ;
- Au fur et à mesure que les sinistres sont payés et que la période de couverture restante diminue, la LIC prend de plus en plus d'importance et le Best Estimate et l'ajustement pour risque se transforment en décaissements effectifs.

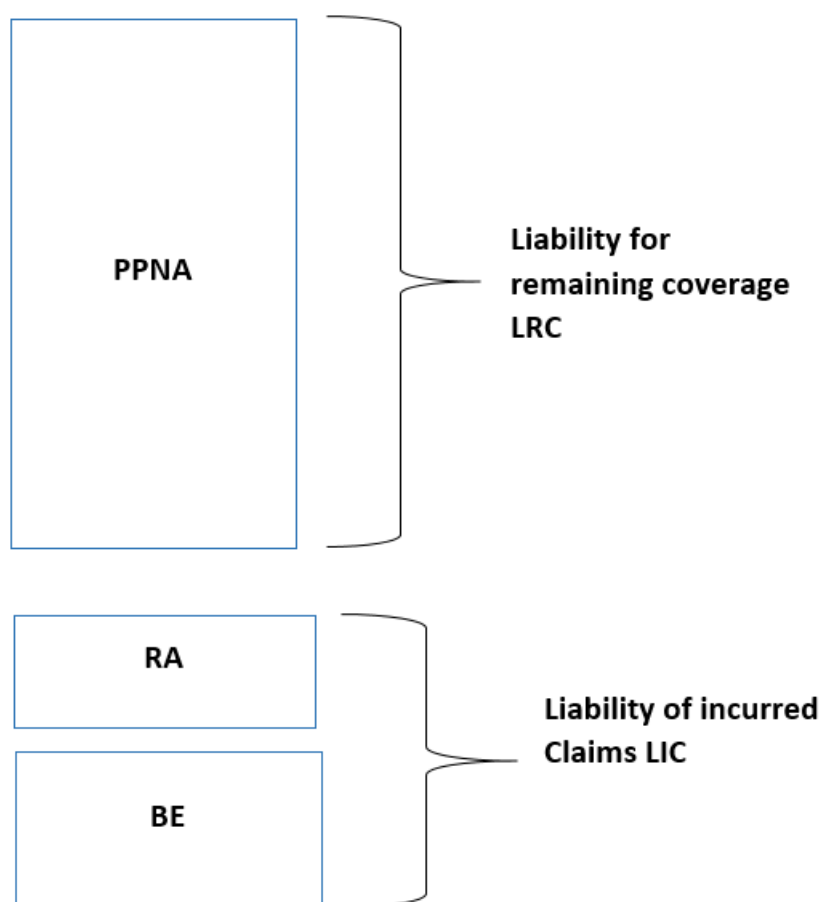
*Le modèle BBA est le modèle général, toutefois la norme propose deux autres approches de comptabilisation pour s'adapter à des garanties de nature différentes.*

## 2.4.2 Premium Allocation Approach (PAA).

Une entité peut simplifier l'évaluation du passif pour la durée restante à couvrir en utilisant une méthode par allocation des primes (PAA) dans le sens où les indicateurs du passif LRC sont remplacés par un unique montant rendant compte de l'exposition au risque restante, qui est la provision pour primes non acquise (PPNA).

L'application de ce modèle est à condition qu'à la date d'émission l'entité estime raisonnablement que cette méthode sera proche du modèle général BBA, ainsi, il peut être requis de faire une évaluation suivant l'approche BBA afin de démontrer la conformité avec cette contrainte, d'autre part, pour appliquer le modèle PAA, il faut que la période de couverture de chaque contrat du groupe soit égale ou inférieure à un an, Ce modèle est donc dédié aux garanties ayant une couverture future limitée.

FIGURE 2.11 – Différents services sous l'approche PAA



Dans ce modèle, le montant de provision à comptabiliser pour le passif LRC est déterminé comme le montant de primes non acquises. Il n'est donc pas nécessaire d'estimer le BE, ni le RA, ce qui simplifie grandement les calculs.

### 2.4.3 Variable Fee Approach (VFA).

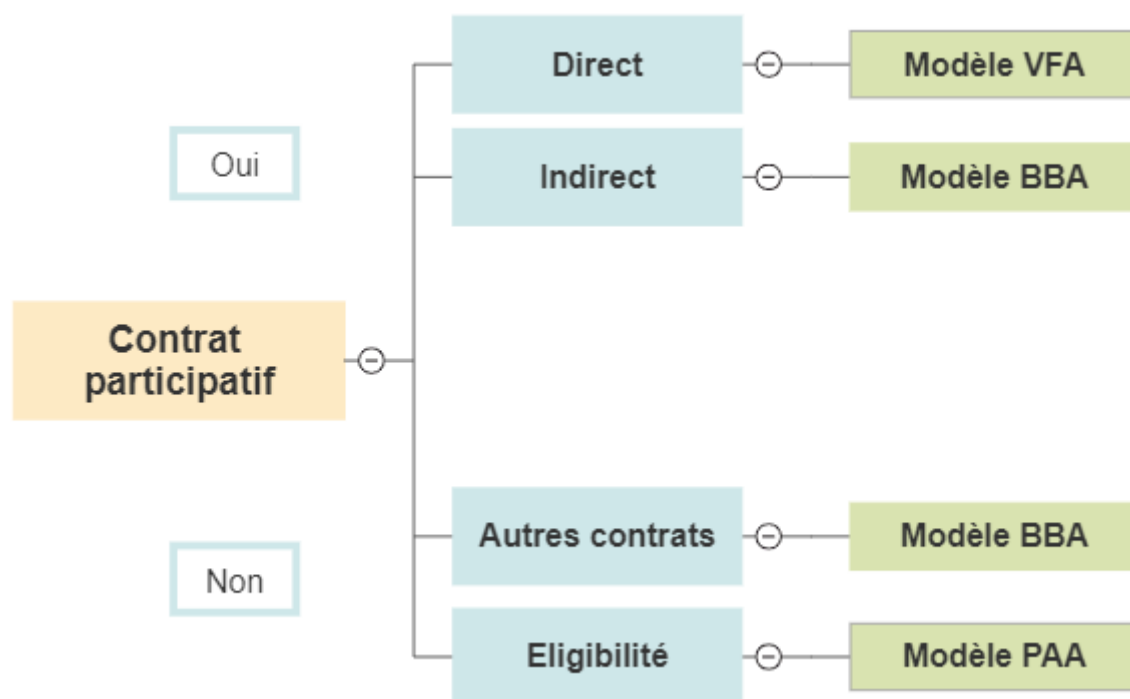
La méthode BBA est la méthode applicable par défaut. Cependant, pour les contrats participatifs direct, la norme impose une modification : la méthode VFA (Variable Fee Approach). C'est ainsi un modèle adapté du modèle BBA qui s'applique surtout aux contrats d'assurance vie. Lors de la comptabilisation initiale, il n'y a pas de différences entre les modèles BBA et VFA. Les différences interviennent lors des comptabilisations ultérieures et uniquement au niveau de la CSM. Contrairement à la méthode BBA, la CSM absorbe alors :

- L'impact lié aux changements des hypothèses financières ;
- La part revenant à l'entité de la variation de la juste valeur des éléments sous-jacents

Le modèle VFA permet de prendre en compte la juste valeur des placements dans les évaluations et les changements d'hypothèses sur les frais et la participation afin de mieux restituer l'évolution de la CSM et de la relâcher de manière plus juste. A noter aussi qu'avec ce modèle, les réconciliations de CSM doivent être réalisées avec la courbe des taux à date de clôture (et non pas avec la courbe de taux utilisée pour l'initial measurement).

Finalement afin de déterminer la méthode applicable, on peut se référer au schéma suivant :

FIGURE 2.12 – Modèles à utiliser sous IFRS 17



*Nous choisissons d'opter pour le modèle PAA car il correspond à la nature de notre*

*portefeuille non-vie et pour répondre au besoin du cabinet Mazars.*

## Deuxième partie

# Implémentation de la norme IFRS 17 à un portefeuille d'assurance non-vie

# Provisionnement en assurance non-vie

Le chapitre actuel se concentre sur l'application de la norme IFRS 17 à des contrats d'assurance non-vie. Nous détaillons la méthode employée étape par étape et fournissons les formules requises pour les calculs.

Dans cette section, nous allons exposer diverses approches pour calculer les provisions best estimate. Nous n'allons pas nous limiter aux résultats traditionnels obtenus par la méthode Chain Ladder, mais nous allons plutôt chercher à comparer différentes méthodes, sans prétendre pour autant à en dresser une liste exhaustive.

## 3.1 Garantie étudiée

### Assurance automobile au Maroc :

L'assurance automobile comporte deux types de garanties :

**Responsabilité Civile (RC)** : elle est obligatoire et permet de couvrir la responsabilité civile du souscripteur du contrat. Ils sont couverts par cette garantie les dommages matériels et les dommages corporels. Depuis 2006 les compagnies ont acquis le droit de calculer eux-mêmes la prime sans intervention réglementaire, malgré la libéralisation des prix, le tarif RC est fixé à l'ancien niveau réglementaire.

**Garanties Annexes** : elles sont facultatives. En complément de la RC, les compagnies d'assurance proposent une panoplie de garanties permettant une meilleure protection (garantie incendie, vol, dommage tous accidents, dommage collision...), ces garanties annexes représentent 16% du CA automobile en 2018.

## 3.2 La vie des sinistres :

Afin de bien saisir le fonctionnement d'une entité d'assurance, il est essentiel de comprendre comment une compagnie d'assurance gère un sinistre, de sa survenance à sa clôture. Dans cette section, nous examinerons le processus de prise en charge d'un sinistre par une compagnie d'assurance.

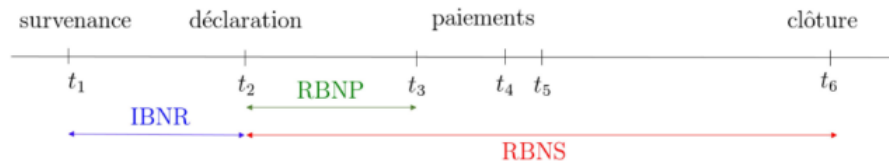


FIGURE 3.1 – La vie dynamique d'un sinistre

Supposons qu'un sinistre survienne à la date  $t_1$ . Entre la période  $[t_1, t_2]$ , l'assureur est conscient de l'occurrence de sinistres qui n'ont pas encore été déclarés par l'assuré. Un montant est réservé pour faire face à ces sinistres, connu sous le nom d'IBNR (Incurred But Not Reported).

Pendant la période  $[t_2, t_3]$ , on parle de RBNP (Reported But Not Paid). Une fois que le sinistre est déclaré par l'assuré, l'assureur évalue le coût du sinistre, mais aucun règlement n'est encore effectué.

Aux dates  $t_3, t_4, t_5$ , l'assureur effectue des règlements à l'assuré après avoir évalué le coût du sinistre.

Pendant la période  $[t_2, t_6]$ , on parle de RBNS (Reported But Not Settled). L'assureur commence à effectuer des règlements à l'assuré, mais le sinistre n'est pas entièrement réglé et le dossier n'est pas encore clôturé.

À la date  $t_6$ , l'assureur règle intégralement le sinistre et clôture le dossier.

Lors de la survenance d'un sinistre, les gestionnaires des sinistres indiquent une estimation du montant (provisions dossier/dossier ou charge dossier/dossier). Ensuite, deux opérations sont possibles :

- Effectuer un règlement.
- Réviser le montant du sinistre au fur et à mesure que le gestionnaire reçoit de nouvelles informations sur le sinistre.

## 3.3 Provisions :

**PSAP (Provisions pour Sinistres À Payer) :** " Valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore

*mises à la charge de l'entreprise*".

Les principales provisions techniques en assurances Non Vie comprennent les Provisions pour Sinistres à Payer (PSAP), les Provisions pour Primes Non Acquises (PPNA), les Provisions pour Risques en Cours (PREC) et les Provisions pour Égalisation (PPE). **Dans ce mémoire, nous nous concentrerons uniquement sur les PSAP et les PPNA.**

La Provision pour Sinistres à Payer (PSAP) représente en moyenne 85% des provisions des compagnies d'assurance Non Vie et constitue la part la plus importante. La PSAP comprend plusieurs éléments :

- **Les provisions dossier/dossier** : évaluées pour chaque dossier par les gestionnaires des sinistres, elles représentent une estimation des règlements futurs basée sur les informations disponibles pour chaque sinistre. Ces provisions sont révisées à la hausse ou à la baisse dès qu'une nouvelle information sur le sinistre est disponible.
- **Les IBNR (Incurred But Not Reported)** : ces provisions comprennent l'IBNER (Incurred But Not Enough Reported), qui est le montant provisionné pour couvrir le risque de sous-évaluation du sinistre lors de la constitution des provisions dossier/dossier, et l'IBNYR (Incurred But Not Yet Reported), qui est le montant destiné à couvrir le coût des sinistres déjà survenus mais non encore déclarés à l'assureur (appelés tardifs).
- **La Provision pour Frais de Gestion des Sinistres (PFGS)** : cette provision vise à couvrir les frais de gestion des sinistres déjà survenus.
- **La Prévision de Recours à Encaisser (PRAE)** : il s'agit d'une provision pour les recours à encaisser liés aux sinistres déjà survenus et réglés.

Les provisions dossier/dossier sont évaluées individuellement dès la déclaration d'un sinistre, tandis que les IBNR (IBNER + IBNYR) sont évaluées globalement à l'aide de méthodes statistiques de provisionnement.

En résumé, la PSAP se décompose comme suit :

$$\text{PSAP} = \text{Provisions dossier/dossier} + \text{IBNR} + \text{PFGS} - \text{PRAE}.$$

**Remarque** : Dans le cadre de ce travail, les données utilisées pour motif d'application sont des données hors frais de gestion et nettes de recours. C'est-à-dire aucun recours/aucune réclamation n'est effectué par l'assureur. Ainsi donc, la va se décomposer de la sorte :

$$\text{PSAP} = \text{Provisions dossier/dossier} + \text{IBNR}$$

Deux types de données permettent d'évaluer la sinistralité : les règlements qui correspondent au montant déjà versé à l'assuré afin d'indemniser tout ou partie du dommage subi et les charges qui correspondent à l'estimation du coût total du sinistre pour l'assureur. La charge peut se décomposer de la façon suivante :

$$\text{Charge} = \text{Règlements} + \text{Provisions dossier/dossier.}$$

Lorsqu'un sinistre est déclaré par l'assuré, les gestionnaires des sinistres évaluent ce sinistre et font une estimation du coût du sinistre (Provisions dossier/dossier). Donc initialement, les provisions dossiers sont élevées et les règlements nuls puisqu'on n'a pas encore effectué des règlements mais juste fait une estimation des provisions dossiers. Par conséquent, les charges sont supérieures aux règlements car les charges sont égales aux règlements + Provisions dossier/dossier.

Une fois que l'assureur commence à effectuer des règlements, les Provisions dossier/dossier évoluent progressivement à la baisse. Une fois à l'ultime, c'est-à-dire une fois que tous les règlements sont réalisés, les montants des règlements et des charges coïncident, et les Provisions dossier/dossier sont à 0, car le sinistre est clos et qu'il n'y a plus des règlements à venir.

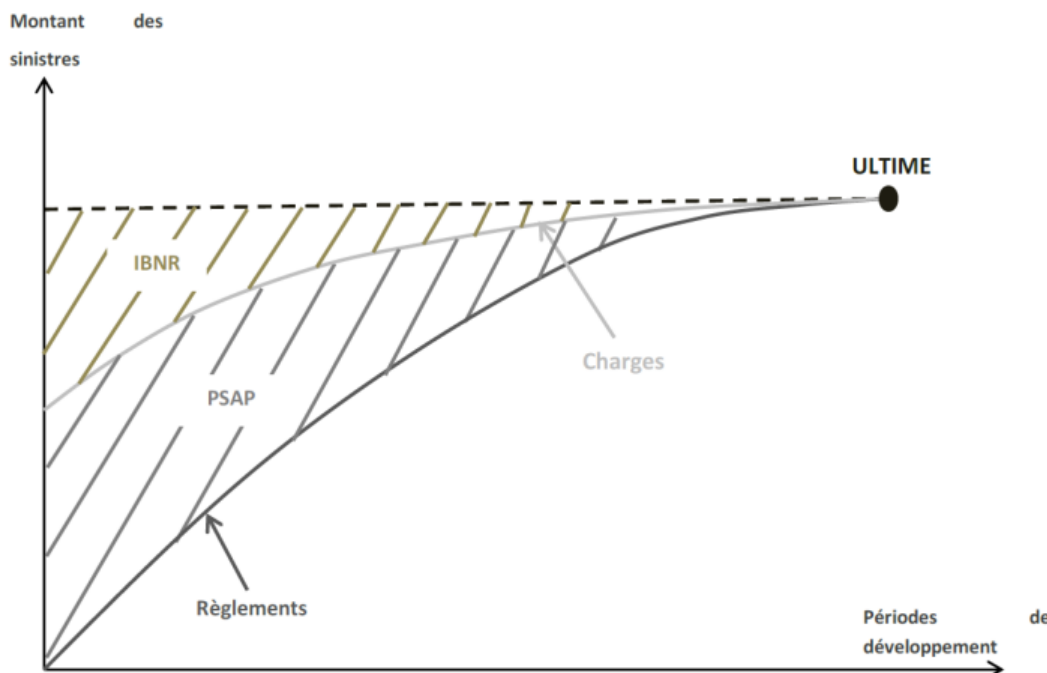


FIGURE 3.2 – Evolution des charges et règlements vers l'ultime

Donc que l'on utilise comme données d'entrée un triangle des règlements ou un triangle des charges, nous devons normalement aboutir au même montant de la provision (PSAP) totale à l'ultime. Autrement dit, on devrait avoir :

$$PSAP = PSAP_{\text{charge}} = \text{Charge ultime} - \text{Dernier r\`eglement} = \\ \text{R\`eglement ultime} - \text{Dernier r\`eglement} = PSAP_{\text{r\`eglement}}$$

### 3.4 Notations :

Avant d'entamer tout calcul, nous tenons à présenter l'ensemble de notations considérées :

$n+1$  : nombre maximal d'années nécessaires pour régler un sinistre en totalité.

$i$  : indice des années de survenance des sinistres  $i \in \{0, \dots, n\}$

$j$  : indice des années de développement des sinistres  $j \in \{0, \dots, n\}$

$Y_{i,j}$  : règlements décumulés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ , c'est-à-dire entre l'année  $i$  et l'année  $i+1$ .

$C_{i,j}$  : règlements cumulés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ , c'est-à-dire entre l'année  $i$  et l'année  $i+1$ .

$\hat{Y}_{i,j}$  : règlements décumulés futurs estimés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ .

$\hat{C}_{i,j}$  : règlements cumulés futurs estimés, relatifs à l'année de survenance  $i$  et à l'année de développement  $j$ .

Accident	Années de développement								
	0	1	...	k	...	n-i	...	n-1	n
0	$Y_{0,0}$	$Y_{0,1}$	...	$Y_{0,k}$	...	$Y_{0,n-i}$	...	$Y_{0,n-1}$	$Y_{0,n}$
1	$Y_{1,0}$	$Y_{1,1}$	...	$Y_{1,k}$	...	$Y_{1,n-i}$	...	$Y_{1,n-1}$	
			...		...				
i	$Y_{i,0}$	$Y_{i,1}$	...	$Y_{i,k}$	...	$Y_{i,n-i}$			
			...						
n-k	$Y_{n-k,0}$	$Y_{n-k,1}$	...	$Y_{n-k,k}$					
n-1	$Y_{n-1,0}$	$Y_{n-1,1}$							
n	$Y_{n,0}$								

FIGURE 3.3 – Triangle des incréments de paiements,  $Y=(Y_{i,j})$

Accident	Années de développement								
Années	0	1	...	k	...	n-i	...	n-1	n
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,k}$	...	$C_{0,n-i}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,k}$	...	$C_{1,n-i}$	...	$C_{1,n-1}$	
⋮			...		...				
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,k}$	...	$C_{i,n-i}$			
⋮			...						
n-k	$C_{n-k,0}$	$C_{n-k,1}$	...	$C_{n-k,k}$					
⋮									
n-1	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$							
n	$C_{n,0}$								

FIGURE 3.4 – Triangle des paiements cumulés,  $C = (C_{i,j})$ 

Nous pouvons, par ailleurs établir la relation suivante :  $\forall i, k \in (0, 1, \dots, n)$

$$C_{i,k} = \sum_{j=0}^k Y_{i,j}$$

## 3.5 Calcul du BE : Méthodes déterministes

Les méthodes déterministes permettent d'estimer la provision pour sinistres à payer en comparant l'estimation initiale à la provision réelle. Elles se concentrent sur l'évaluation de la différence entre ces deux valeurs. Cette approche ne prend pas en compte la variabilité des sinistres et fournit une estimation fixe basée sur des données historiques. Cependant, elle ne fournit pas d'indication sur la variabilité potentielle des charges sinistres.

### 3.5.1 Chain Ladder :

La méthode CL est parmi les plus populaires, grâce à sa simplicité. L'idée de cette méthode est de supposer que la liquidation future est similaire à la liquidation passée. Cette méthode repose sur l'hypothèse qu'il y a une récurrence dans les paiements par années de déroulement.

#### Hypothèse :

Pour  $j = 0, \dots, n-1$ , les facteurs de développement sont indépendants de l'année de survenance du sinistre  $i$ .

Sous cette hypothèse, on a :

$$\frac{C_{0,j+1}}{C_{0,j}} = \frac{C_{1,j}}{C_{0,j}} = \dots = \frac{C_{n-j-1,j+1}}{C_{n-j-1,j}}$$

Dans la pratique, le facteur de développement Chain-Ladder lié à l'année de

développement  $j$  est estimé par :

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

Une fois que les facteurs sont estimés, l'estimation des paiements cumulés futurs est donné par :

$$\forall i + j > n, \quad C_{i,j} = \hat{\lambda}_{n-i} \dots \hat{\lambda}_{j-1} \cdot C_{i,n-i}$$

Le montant des provisions à l'ultime pour chaque année de survenance est donné par :

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

Enfin, la réserve à l'ultime pour l'ensemble des sinistres vaut :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \hat{R}_i$$

### 3.5.1.1 Chain Ladder : première option de retraitement

Dans un souci de stabilité du triangle, certains coefficients de passage doivent être retraités. En effet, une année anormale ou encore une variation du montant de la charge/règlement d'un sinistre couplée à un faible nombre de sinistres peut modifier de manière importante le montant d'IBNR, notamment en fin de triangle. Ces retraitements sont faits à avis d'expert.

Nous proposons un premier type de retraitements des facteurs individuels, qu'on va mettre en pratique ensuite pour calculer le BE de notre portefeuille Automobile.

Les facteurs individuels s'écrivent :

$$\hat{f}_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$$

	1	2	...		j		...				n-1
1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
...	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
i	**	**	**	**	<b>f<sub>i,j</sub></b>	**					
	**	**	**	**	**						
	**	**	**	**							
...	**	**	**								
	**	**									
	**										
n											

FIGURE 3.5 – Facteurs individuels

Par colonne, on calcule la moyenne arithmétique des facteurs individuels  $\hat{m}_j$ , toute année de survénance confondue. On obtient un vecteur à une ligne et n-1 colonnes.

$$\hat{m}_j = \frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^n \hat{f}_{i,j}$$

Il est possible de calculer cette moyenne autrement, en sélectionnant un nombre limité des dernières années de survénance, on juge la sinistralité plus représentative pour le calcul des facteurs, notamment pour prendre en compte l'inflation ou aussi la gestion de sinistres propre à l'entité.

Pour chaque colonne de facteurs individuels, on construit un intervalle de confiance pour ces facteurs :  $[\text{inf}_j, \text{sup}_j]$  avec :

$$\begin{cases} \text{sup}_j = \hat{m}_j + \sigma_j \\ \text{inf}_j = \hat{m}_j - \sigma_j \end{cases} \quad (3.1)$$

	1	2	...		j		...				n-1
Moyenne	**	**	**	**	<b>m<sub>j</sub></b>	**	**	**	**	**	**
Ecart type	**	**	**	**	<b>σ<sub>j</sub></b>	**	**	**	**	**	**
inf	**	**	**	**	<b>inf<sub>j</sub></b>	**	**	**	**	**	**
sup	**	**	**	**	<b>sup<sub>j</sub></b>	**	**	**	**	**	**

FIGURE 3.6 – Construction d'un intervalle de confiance

La construction des intervalles de confiance pour chaque colonne, amène à faire des exclusions sur les facteurs individuels  $\hat{f}_{i,j}$ , qui ne sont pas dans cet intervalle, afin de recalculer les facteurs définis pour la projection  $\hat{m}_{*j}$ .

	1	2	...		j		...			n-1
1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
...	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
i	**	**	**	**	<b>f<sub>i,j</sub></b>	**				
	**	**	**	**	**					
	**	**	**	**						
...	**	**	**							
	**	**								
	**									
n										

↓

	1	2	...		j		...			n-1
Moyenne hors exclusion	**	**	**	**	<b>m<sub>j</sub>*</b>	**	**	**	**	**

FIGURE 3.7 – Facteurs de passage retenus

Une fois que les facteurs sont estimés, l'estimation des paiements cumulés futurs est donné par :

$$\forall i + j > n, \quad C_{i,j} = \hat{m}_{n-i} \dots \hat{m}_{j-1} \cdot C_{i,n-i}$$

Le montant des provisions à l'ultime pour chaque année de survenance est donné par :

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

Enfin, la réserve à l'ultime pour l'ensemble des sinistres vaut :

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^n \hat{R}_i$$

### 3.5.1.2 Chain Ladder : deuxième option de retraitement

Une deuxième option de retraitement porte plutôt sur le triangle de charge/règlement. On calcule les facteurs individuels  $\hat{f}_{i,j}$ , on construit des intervalles de confiance  $[\inf_j, \sup_j]$ , et on fait des exclusions sur la matrice des facteurs individuels, et en conservant les mêmes positions e, translatant d'une colonne, on exclut les charges/règlements correspondants.

exclusion de  $\hat{f}_{i,j} \implies$  exclusion de  $C_{i,j+1}$

L'aberration des facteurs  $\hat{f}_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$  hors l'intervalle de confiance est dû selon cette logique à  $C_{i,j+1}$  anormal.

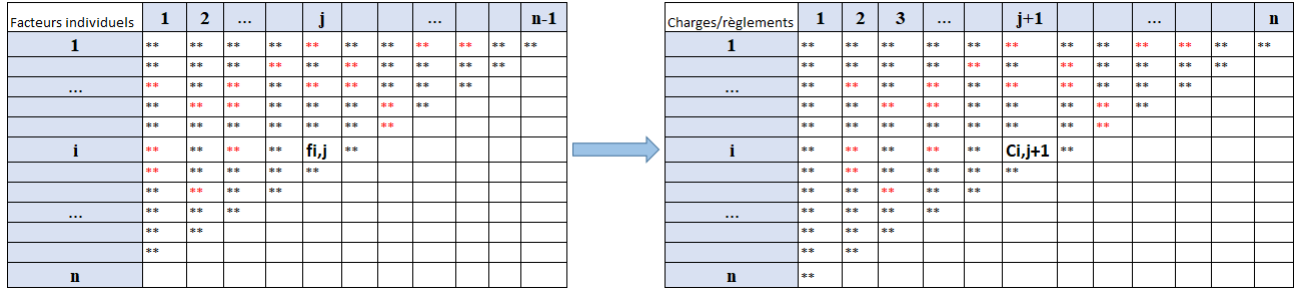


FIGURE 3.8 – Charges/règlements retenus

On recalcule de nouveau les facteurs de passage  $\hat{f}_j^*$  :

$$\hat{f}_j^* = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}^*}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j}^*} \quad \text{avec } C_{i,j+1}^* \text{ la charge/règlement retenue}$$

l'estimation des paiements cumulés futurs est donné ensuite par :

$$\forall i + j > n, \quad C_{i,j} = \hat{f}_{n-i}^* \dots \hat{f}_{j-1}^* \cdot C_{i,n-i}$$

Le calcul des provisions à l'ultime par année de survenance ou la réserve à l'ultime pour l'ensemble des sinistres se fait de la manière détaillée précédemment.

### 3.6 Calcul du BE : Méthodes stochastiques et de ré-échantillonnage

Les méthodes stochastiques abordent la question de la variabilité des provisions pour sinistres à payer en évaluant les fluctuations potentielles des charges sinistres. Elles utilisent des modèles basés sur des variables aléatoires pour simuler les règlements incrémentaux et estimer la sinistralité future. Ces méthodes permettent d'obtenir des estimations, des intervalles de confiance et de mieux comprendre la variabilité des charges sinistres prévues. Elles prennent en compte les incertitudes et offrent une vision plus réaliste des provisions pour sinistres à payer.

### 3.6.1 Mack

Le modèle de Mack (1993) est l'un des premiers modèles stochastiques à avoir reproduit les estimations de la méthode Chain Ladder. En effet, il permet d'obtenir des estimations de provisions identiques. Cependant, son avantage réside dans sa capacité à estimer l'erreur de prédiction des provisions.

Ce modèle repose sur les trois hypothèses suivantes :

- **H1** : L'indépendance des années d'origine :  $C_{i,0}, \dots, C_{i,n}$  et  $C_{k,0}, \dots, C_{k,n}$  sont indépendants pour  $i \neq k$
- **H2** : Il existe des facteurs  $f_j$  tel que :

$$E(C_{i,j+1}/C_{i,1}, \dots, C_{i,n}) = f_j C_{i,j} \text{ pour } 0 \leq i \leq n, \quad 0 \leq j \leq n$$

- **H3** : Il existe  $\sigma_j$  tel que :

$$\text{Var}(C_{i,j+1}/C_{i,1}, \dots, C_{i,n}) = \sigma_j^2 C_{i,j} \text{ pour } 0 \leq i \leq n, \quad 0 \leq j \leq n$$

Soit  $D = \{C_{i,j}/i + j \leq n\}$  l'ensemble des variables observables. Sous les hypothèses ci-dessus,  $E(C_{i,n}/D) = C_{i,n-i} f_{n-i} \dots f_{n-1}$

Sous les hypothèses ci-dessus,  $E(C_{i,n}/D) = C_{i,n-i} f_{n-i} \dots f_{n-1}$  Dans ce modèle, les facteurs ( $f_j$ ) sont estimés par les facteurs de développement de Chain Ladder ( $\hat{f}_j$ ) qui sont sans biais et non corrélés.

Nous calculons les coefficients de développement estimés par le modèle de Mack, qui sont les mêmes coefficients estimés par la méthode Chain-Ladder. Thomas Mack dans son modèle, a calculé la variance  $\hat{\sigma}_j^2$  associée aux estimations des facteurs de développements. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$\begin{cases} \hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j} \left( \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j \right)^2, & 0 \leq j \leq n-2 \\ \hat{\sigma}_{n-1}^2 = \min(\hat{\sigma}_{n-2}^4 / \hat{\sigma}_{n-3}^2, \min(\hat{\sigma}_{n-3}^2, \hat{\sigma}_{n-2}^2)) \end{cases}$$

Ces estimateur est également sans biais .

Les estimateurs des facteurs de développement de Chain-Ladder étant sans biais et non corrélés, le modèle de Mack permet de satisfaire l'égalité :

$$\begin{aligned} E[\hat{C}_{i,n}] &= E\left[E\left[\hat{f}_{n-i} \times \dots \times \hat{f}_{n-1} \times C_{i,n-i} \mid D_n\right]\right] \\ &= E[E[C_{i,n} \mid D_n]] \\ &= E[C_{i,n}] \end{aligned}$$

Et comme  $R_i = C_{i,n} - C_{i,n-i}$  alors  $E[R_i \mid D] = E[\hat{C}_{i,n} \mid D] - C_{i,n-i} + 1$  Nous pouvons alors calculer l'écart quadratique moyen (mean squared error of prediction) qui mesure

l'incertitude de prédiction. Pour les provisions par années d'exercice, il est défini par  $MSEP(\widehat{R}_i) = E\left[\left(\widehat{R}_i - R_i\right)^2 / D\right]$ .

Le modèle de Mack est très utilisé car il fournit les mêmes estimations de réserves que la méthode de Chain-Ladder et la troisième hypothèse introduite (vision stochastique) permet également au modèle d'évaluer l'erreur de prédiction. Sous les hypothèses énoncées et si  $\widehat{C}_{i,n-i} = C_{i,n-i}$ , on peut l'estimer par :

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

Afin d'obtenir la MSEP de la provision totale, nous devons tenir compte que les estimations de la provision par année de survenance sont liées parce qu'elles s'appuient sur les mêmes paramètres  $\widehat{f}_j$  et  $\sigma_j$ . Il faut donc rajouter un terme correspondant à la corrélation entre ces estimations.

Puis pour obtenir ainsi la  $\widehat{MSEP}(\widehat{R})$ , il suffit de sommer l'erreur de prédiction pour l'ensemble des années de survenance et de rajouter un terme afin de tenir compte des covariances entre les provisions. Nous pouvons aussi donner l'erreur standard relative c'est-à-dire rapporté au montant de charges ultime :  $\frac{\sqrt{\widehat{MSEP}(\widehat{R})}}{\widehat{R}}$ . On pose  $\text{sep}(\widehat{R}_i) = \sqrt{\widehat{MSEP}(\widehat{R}_i)}$ , on peut ainsi construire un intervalle de confiance pour  $R_i$ . Si  $R_i$  suit une loi normale donc son intervalle de confiance à 95% est :

$$[\widehat{R}_i - 1.96 \cdot \text{sep}(\widehat{R}_i); \widehat{R}_i + 1.96 \cdot \text{sep}(\widehat{R}_i)]$$

Par la suite, l'ajustement pour risque non financier est calculé comme étant un quantile de la distribution estimée par les coefficients du modèle de Mack. Mack recommande d'ajuster une loi normale ou log-normale pour modéliser la distribution du montant du réserve ultime, d'espérance  $\widehat{R}$  et de variance  $\widehat{MSEP}(\widehat{R})$ , tout en préconisant l'approche log-normale pour éviter de prévoir une réserve  $\widehat{R}$  négative.

## 3.6.2 Bootstrap

### 3.6.2.1 Bootstrap en statistiques :

**Introduction :** Le « bootstrap » est un terme anglais désignant les anneaux fixés sur le côté des bottes qui aident à enfiler les chaussures. Le bootstrap est une méthode de ré-échantillonnage. « *To pull oneself up with its own bootstrap.* » Efron, 1980, soit « se soulever soi-même en tirant sur ses lacets ».

**La clé du bootstrap :** il s'agit d'une approximation stochastique, on estime la loi de

$T_n(X)$ , une statistique d'intérêt, par une méthode de ré-échantillonnage.

Avec le développement de la technologie informatique, l'amélioration de la vitesse des calculs et de la puissance des nouveaux ordinateurs, on a commencé à développer de nouvelles techniques statistiques qui utilisent beaucoup les ressources informatiques. Le bootstrap introduit par Efron en 1979 est l'une de ces techniques. A l'origine, le bootstrap est une méthode de ré-échantillonnage utilisée pour calculer des écart-types, des biais d'estimation et des distributions d'estimateurs. Cette méthode s'est maintenant démocratisée et permet de donner des distributions de statistiques obtenues de façon plus ou moins complexe à partir d'un échantillon.

Nous supposons disposer d'un échantillon issu des réalisations de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées. Nous souhaitons évaluer une statistique de cet échantillon. A partir de l'échantillon de données initiales, on tire aléatoirement avec remise une suite de données de l'échantillon et on constitue un nouvel échantillon. A partir de ce nouvel échantillon on calcule la statistique que l'on souhaite étudier. On procède ensuite au ré-échantillonnage précédent autant de fois qu'on le souhaite et pour chacun de ces échantillons on calcule la statistique étudiée. On obtient finalement un grand nombre d'estimations de cette statistique, ce qui permet de tracer la fonction de répartition et la densité de la statistique d'intérêt.

*Rappels sur les estimateurs et leurs modes de convergence* : Voir Annexe partie theorique.

### 3.6.2.2 Méthode du Bootstrap -Variante Chain-Ladder :

Le principe général de la méthode du Bootstrap est le rééchantillonnage par remplacement. Dans notre étude, nous choisissons d'appliquer la méthode du Bootstrap dans le cadre des hypothèses de Mack.

L'erreur de prédiction peut s'interpréter comme la combinaison de deux erreurs sous-jacentes que sont respectivement l'erreur de processus et l'erreur de simulation.

**l'erreur d'estimation** : est introduite lors du ré-échantillonnage par remplacement des résidus de Pearson. Plus généralement, les résidus peuvent se traduire mathématiquement de la façon suivante :

$$r_{i,j} = \frac{f_{i,j} - E[f_{i,j}]}{\sqrt{Var[f_{i,j}]}}$$

De plus, des hypothèses **(H2)** et **(H3)** de Mack et de l'égalité  $f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{i,j}$  où  $(f_{i,j})$  sont les coordonnées du triangle de vecteurs individuels, nous en déduisons pour tout  $i = 1, \dots, n$  :

$$\begin{cases} E[f_{i,j}|C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] = \lambda_j \\ \text{Var}[f_{i,j}|C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] = \frac{\sigma_j^2}{C_{i,j}} \end{cases}$$

Par substitution, nous obtenons alors les résidus de Pearson propres au modèle de Mack :

$$r_{i,j} = r_{\text{pearson}}(f_{i,j}, \lambda_j, w_{i,j}, \sigma_j) = \frac{\sqrt{w_{i,j}}(f_{i,j} - \lambda_j)}{\sigma_j}, \text{ avec } w_{i,j} = C_{i,j-1}$$

L'erreur de processus, quant à elle, est introduite lors d'un tirage aléatoire des éléments du triangle inférieur projeté  $C_{i,j}^*$  obtenu après inversion des résidus rééchantillonnés. Dans notre étude, nous effectuons ce tirage aléatoire par le biais d'une loi normale dont l'espérance et la variance sont déduites des hypothèses **(H2)** et **(H3)** de Mack :

$$\tilde{C}_{i,j}|C_{i,j}^* = N(\tilde{\lambda}_j C_{i,j}^*, \sigma_j^2 C_{i,j}^*)$$

avec  $\tilde{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j+1} w_{i,j} f_{i,j}^B}{\sum_{i=1}^{n-j+1} w_{i,j}}$  dont les nouveaux facteurs de développement  $f_{i,j}^B$  sont issus de l'inversion des résidus de Pearson replacés.

### 3.6.2.3 Algorithme :

- Calcul du triangle des facteurs individuels  $f_{i,j}$ , les  $\lambda_j$  et des  $\sigma_j^2$ .
- Calcul du triangle des résidus supérieurs :

$$r_{i,j} = \frac{\sqrt{w_{i,j}}(f_{i,j} - \lambda_j)}{\sigma_j}$$

Boucle (avec N, le nombre de simulations).

- Rééchantillonnage par remplacement des résidus que nous notons alors :

$$r_{i,j}^B = \frac{\sqrt{w_{i,j}}(f_{i,j}^B - \lambda_j)}{\sigma_j}$$

- Calcul des link ratios simulés :

$$\tilde{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j+1} w_{i,j} f_{i,j}^B}{\sum_{i=1}^{n-j+1} w_{i,j}}, \text{ avec } f_{i,j}^B = r_{i,j}^B \frac{\sigma_j}{\sqrt{w_{i,j}}} + \lambda_j$$

- Calcul du triangle inférieur des paiements cumulés  $C_{i,j}^*$  à partir de la méthode Chain-Ladder.
- Simulation par une loi normale des données  $\tilde{C}_{i,j}$  tq :

$$\tilde{C}_{i,j}|C_{i,j}^* = N(\tilde{\lambda}_j C_{i,j}^*, \sigma_j^2 C_{i,j}^*)$$

Enfin, nous obtenons N estimations de la provision totale  $\hat{R}$  dont l'écart-type correspond à l'erreur de processus.

### Remarque :

La methode Bootstrap est très utiles dans notre cas pour calculer la VaR des IBNR selon des niveaux de confiances différents. Ce qui va nous mener a calculer le BE et le RA.

Dans le développement de l'application, nous avons le choix de retenir la fonction .. ou d'utiliser (Voir le code R dans l'annexe partie pratique) qui fait les calculs soit d'utiliser la fonction "**BootChainLadder**" du package **ChainLadder**.

Pour la fonction **BootChainLadder** les distribution de processus supposée sont **Gamma** et **overdispersion poisson**.

## 3.7 Calcul du RA : Méthodes déterministes

La théorie moderne de gestion de portefeuilles postule que toute compagnie d'assurance est averse aux risques; par conséquent celle-ci exigera une compensation monétaire (positive) pour accepter de supporter les risques inhérents aux contrats d'assurance. Ce surplus monétaire est traduit dans les faits par le montant du Risk Adjustment, qui reflète l'incertitude quant aux montants et dates de versements des flux futurs non-financiers.

Nous proposons par la suite une méthode déterministe simplifiée pour le calcul du Risk Adjustment RA.

### 3.7.1 Méthode de la duration

La duration d'un instrument financier à taux fixe, est la durée de vie moyenne de ses flux financiers pondérée par leur valeur actualisée. Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la duration est élevée, plus le risque est grand. La duration est donnée par la formule suivante :

$$\text{Duration} = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot \frac{C_t}{(1+y_t)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+y_t)^t}}$$

Où  $t$  est l'intervalle de temps, exprimé en années, séparant la date d'actualisation de la date du flux  $C_t$  et  $y_t$  le taux d'actualisation correspondant.

On peut calculer ainsi le Risk Adjustment de la manière suivante :

$$RA = 0.06 \times D \times BE$$

Une duration plus élevée indique une plus grande volatilité des flux de trésorerie et peut entraîner un risque plus élevé, ce qui se traduit par un risque additionnel plus élevé (et donc une marge de risque plus élevée) dans le calcul du risk adjustment.

## 3.8 Calcul du RA : Méthodes stochastiques

### 3.8.1 Méthode de Mack

La méthode de MACK est une méthode de provisionnement stochastique permettant d'évaluer l'erreur de provisionnement commise par la traditionnelle méthode de provisionnement Chain-Ladder. L'actuaire cherche ici à connaître le montant à l'ultime de la sinistralité passée, en fondant son analyse sur les paiements déjà réalisés par la compagnie d'assurance au titre de ces sinistres-ci.

Compte tenu de l'explication des erreurs de prédictions données par les formules fermes de Mack, nous pouvons utiliser l'écart-type donné par la méthode de Mack appliquée au chain-ladder sur charge ou au chain-ladder sur règlements pour l'estimation du RA. En théorie, les chain-ladder sur charges et sur règlements devraient converger vers les mêmes valeurs ultimes. De même, les écart types obtenus par la méthode de Mack devraient aussi aboutir à des résultats similaires entre l'application aux charges et aux règlements.

L'ajustement pour risque non financier est calculé comme étant un quantile de la distribution estimé par les coefficients du modèle de Mack, on peut dans ce cadre déployer les mesures de risque VaR et TVaR ainsi que le niveau de risque équivalent.

Mack recommande d'ajuster une loi normale ou log-normale pour modéliser la distribution du montant du réserve ultime, d'espérance  $\widehat{R}$  et de variance  $\widehat{MSEP}(\widehat{R})$ , tout en préconisant l'approche log-normale pour éviter de prévoir une réserve  $\widehat{R}$  négative.

-Si  $R$  suit une loi normale :  $E(R) = \widehat{R}$  et  $Var(R) = \widehat{MSEP}(\widehat{R})$ .

-Si  $R$  suit une loi log-normale :  $E(R) = \log(\widehat{R}) - \frac{Var(R)}{2}$  et  $Var(R) = \log(1 + \frac{\widehat{MSEP}(\widehat{R})}{R^2})$ .

-Si  $R$  suit une loi gamma, l'estimation portera sur le paramètre de forme  $k$  et le

paramètre d'échelle theta :  $k = \frac{R^2}{\widehat{MSEP}(\widehat{R})}$  et  $theta = \frac{\widehat{MSEP}(\widehat{R})}{R}$ .

La modélisation des règlements en utilisant la loi log-normale ou la loi de gamma suppose que les règlements sont positifs et ont une distribution asymétrique positive.

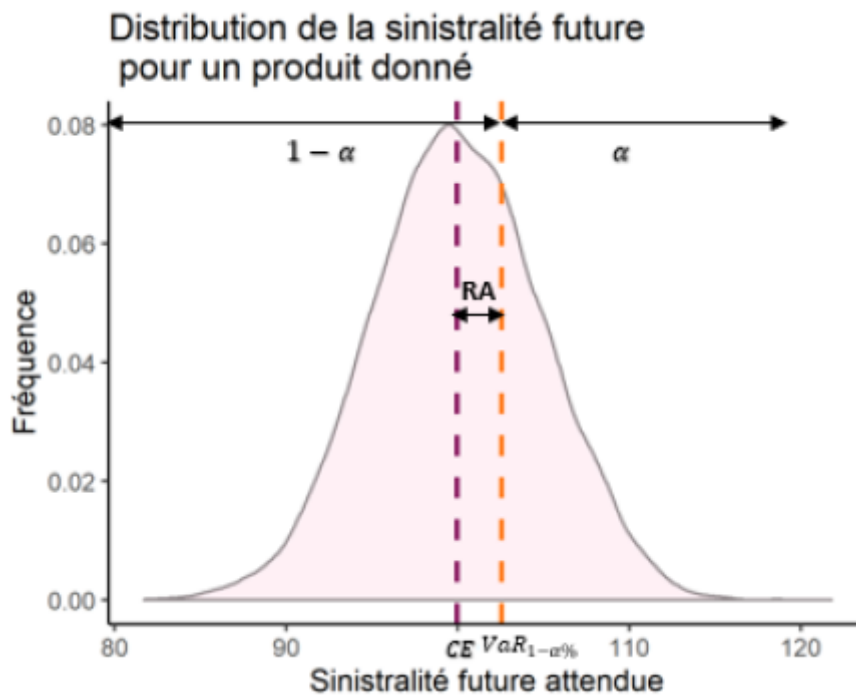


FIGURE 3.9 – Calcul du RA par la méthode paramétrique

On déduit ainsi le RA :

$$RA = VaR_{1-\alpha\%} - BE$$

En pratique, la justification de la distribution retenue est particulièrement difficile et relève plus du jugement d'expert que de l'estimation statistique. Ainsi, pour donner une certaine pertinence au choix de la loi des provisions retenue, l'assureur doit avoir un historique conséquent des BE des provisions, évalués selon une méthodologie constante.

### 3.8.2 Modèle de Bootstrap

Le bootstrap est un ensemble de méthodes statistiques introduit en 1979 par Bradley Efron. L'adaptation de cette théorie aux problématiques de provisionnement offre une alternative pertinente aux formules fermées présentées précédemment. Le bootstrap nous permet en effet de simuler les règlements futurs et de construire une distribution empirique ou du processus supposé des BE, et donc déduire le Risk Adjustment comme quantile de cette distribution.

La méthode Bootstrap est très utiles dans notre cas pour calculer la VaR des IBNR selon des niveaux de confiances différents.

Comme la méthode de Bootstrap est basée sur des  $N$  simulations, on obtient une distribution des BE :  $(BE_1, BE_2, \dots, BE_N)$ , à partir de la distribution empirique ou selon une distribution de processus supposé par les focntions programmées R : la loi d gamma et la loi de poisson.

# L'approche de comptabilisation Premium Allocation Approach

## 4.1 Constitution des triangles de règlements

Le triangle des règlements cumulés nets de recours est construit en regroupant les données d'inventaire par année de survenance. La profondeur historique du triangle des règlements doit être adaptée à la nature du risque étudié et suffisante pour couvrir l'ensemble de la durée de vie des engagements à la date d'inventaire.

L'entreprise d'assurance ou de réassurance doit justifier le choix de la méthode utilisée pour déterminer le triangle, en démontrant son caractère approprié. Selon la méthode d'estimation des flux financiers futurs choisie, le triangle peut être cumulé ou décumulé.

	0			j			n
0	$C_{0,0}$						$C_{0,n}$
							$C_{\cdot,n}$
						$C_{\cdot,\cdot}$	
i				$C_{ij}$	$C_{\cdot,\cdot}$		
				$C_{\cdot,\cdot}$			
			$C_{\cdot,\cdot}$				
n	$C_{n,0}$	$C_{n,\cdot}$					$C_{n,n}$

TABLE 4.1 – Actualisation des flux et calcul du BE.

Une fois la méthode appropriée appliquée, il suffit de calculer la somme des

diagonales des paiements décumulés pour obtenir les flux futurs. Ensuite, ces paiements sont actualisés au taux sans risque.

## 4.2 Modélisation du LIC :

### 4.2.1 Calcul du Best Estimate

Le Best Estimate (BE) est déterminée en actualisant les flux de règlements futurs probabilisés nets de recours relatifs aux sinistres survenus, comme suit :

$$BE = \sum_{t=1}^{n-1} \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}$$

Où :

$r_t$  : Le taux zéro-coupon pour la période.

$CF_t$  : Le flux de règlements futurs probabilisé net de recours de ladite période.

Pour ce faire, il faut tout d'abord construire la courbe d'actualisation et estimer les flux futurs.

### 4.2.2 Méthodes déterministes pour le calcul du BE

La modélisation déterministe donne les mêmes résultats exacts pour un ensemble particulier d'entrées quel que soit le nombre de recalculs du modèle. A ce stade, les propriétés mathématiques sont connues. Aucun d'entre eux n'est aléatoire et il n'y a qu'un seul ensemble de valeurs spécifiques et qu'une seule réponse ou solution à un problème.

Avec un modèle déterministe, les facteurs incertains sont externes au modèle.

#### 4.2.2.1 La méthode de Chain Ladder

La méthode de Chain Ladder est une méthode déterministe fréquemment utilisée car elle est facile à mettre en œuvre. Voir la théorie de cette méthode sur [3.5](#).

Après vérification des hypothèses, il convient d'utiliser la méthode Chain Ladder pour calculer le BE.

### 4.2.3 Méthodes stochastiques pour le calcul du BE

La modélisation stochastique est à l'encontre de la modélisation déterministe intrinsèquement aléatoire et les facteurs incertains sont intégrés au modèle. Le modèle produit de nombreuses réponses, estimations et résultats et le même processus est ensuite répété plusieurs fois selon divers scénarios.

Nous choisissons comme méthodes la méthode du modèle linéaire généralisé par l'effectuation d'une régression de Poisson et la méthode du Bootstrap.

#### 4.2.3.1 La méthode de Mack :

Le modèle de Mack 3.6.1 est un modèle stochastique qui donne les mêmes estimations de montant des provisions que Chain Ladder. En plus, il permet d'estimer une erreur de prédiction des provisions.

L'utilité de la méthode de Mack réside dans l'importance des écart-type pour calculer l'ajustement pour risque.

Nous devons tester les hypothèses de Mack avant d'élaborer tout calcul.

#### 4.2.3.2 La méthode du Bootstrap :

##### - Application du Bootstrap au calcul du Best Estimate

Nous nous basons sur les règlements des années précédentes mais nous ne pouvons pas utiliser directement le triangle des règlements cumulés car ses variables ne sont pas indépendantes. En effet, excepté ceux de la première colonne, les montants cumulés dépendent des observations précédentes.

Afin de contourner ce problème de non-indépendance, le rééchantillonnage ne s'effectuera pas sur les règlements cumulés mais plutôt sur des résidus, en particulier les résidus de Pearson car sont les plus simples à calculer. En effet, les résidus de Pearson correspondent à la différence entre les montants non cumulés du triangle initial et les montants non cumulés du triangle prédit divisée par la racine carrée du montant non cumulé prédit correspondant.

La démarche est présentée dans 3.6.2.

Pour le calcul du Best estimate du Bootstrap :

Après avoir calculé le triangle des résidus du Bootstrap, nous calculons le triangle des règlements non-cumulés « Bootstrap » ( $Y_{i,j}^*$ ) en effectuant le chemin inverse qui nous a permis précédemment le calcul des résidus :

Pour tout  $i$  et  $j$  :  $(Y_{i,j}^*) = Z_{i,j} + r_{i,j}^{a*} \times \sqrt{Z_{i,j}}$  pour  $i \in \{0, \dots, n\}$  et  $j \in \{0, \dots, n-i\}$

Par la suite, nous déterminons le triangle des règlements cumulés du Bootstrap  $(C_{i,j}^*)$  :

$$(C_{i,j}^*) = \sum_{k=0}^j Y_{i,j}^* \text{ pour } i \in \{0, \dots, n\} \text{ et } j \in \{0, \dots, n-i\}$$

Ce triangle nous permet alors de calculer le Best Estimate  $\hat{BE}$  à l'aide de la méthode de Chain Ladder. Nous réitérons  $N$  fois ces étapes afin d'obtenir un échantillon de  $N$  observations de BE duquel nous sommes en mesure de calculer la moyenne et l'écart-type empiriques par les formules :

Moyenne empirique :

$$\bar{BE} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N \hat{BE}^{*(k)}$$

Ecart-type empirique :

$$\sigma_{BE} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (\hat{BE}^{*(k)} - \bar{BE})^2}$$

Pour un nombre d'itérations suffisamment grand, l'échantillon suit une loi normale. Nous pouvons ainsi déterminer l'intervalle de confiance au niveau  $1 - \alpha$  pour le BE :

$$[\bar{BE} - q_{1-\frac{\alpha}{2}} \times \hat{\sigma}_{BE}, \bar{BE} + q_{1-\frac{\alpha}{2}} \times \hat{\sigma}_{BE}]$$

Où  $q_{1-\frac{\alpha}{2}}$  est le quantile d'ordre  $1 - \frac{\alpha}{2}$  de la loi normale.

#### 4.2.4 Amortissement du Best Estimate

Le Best Estimate est amorti de telle sorte qu'à chaque année de projection nous ne prenons en considération que les flux ultérieurs à cette même année et nous les actualisons au moyen de la courbe de l'année d'évaluation.

L'amortissement du Best Estimate est donc la donnée de la relation suivante :

$$BE_j = \sum_{k=j+1, \dots, n}^n \frac{F_k}{(1+r_k)^k}$$

Et ceci pour toute année  $j$  de projection.

### 4.2.5 Calcul de l'ajustement pour risque RA :

Pour produire les états financiers sous IFRS 17, un ajustement pour risque (RA) par groupes de contrats doit être calculé. Pour déterminer le RA, une distribution des provisions et un certain niveau de confiance  $\alpha$  sont nécessaires.

#### 4.2.5.1 Methodes stochastique ou paramétrique :

En assurance non vie, pour évaluer l'ajustement pour risque on s'appuie généralement sur des méthodes dites simulatoires paramétrique. On essaye d'obtenir une distribution des cash-flows futurs et de calculer l'écart par rapport au BE central.

Dans ce memoire nous allons nous concentrer sur un calcul via des méthodes simulatoires 3.8.2 et 3.8.1.

## 4.3 Modelisation du LRC :

Pour estimer ses engagements sur les contrats pour lesquels les sinistres couverts n'ont pas encore eu lieu, l'assureur utilise une méthode basée sur la répartition des primes. Dans cette méthode, ce sont les primes reçues et non les primes émises qui sont prises en compte. Le calcul du passif, selon le modèle PAA (Principes d'Assurance Acceptés), repose sur une approche similaire à celle utilisée pour le calcul de la Provision pour Primes Non Acquises (PPNA). La PPNA permet de pondérer les primes émises en fonction de leur date d'acquisition, en les répartissant de manière proportionnelle dans la durée de l'exercice comptable.

$$PPNA = \sum_i \left(1 - \frac{\text{Duree d'acquisition sur exercice en cours}_i}{\text{Duree totale de la période d'acquisition}}\right) \cdot \text{Primes}_i$$

A l'instant initial, la provision au titre de la couverture restante (LRC) est calculée en effectuant la différence de la prime encaissée et de la prime acquise. Le LRC se calcule donc comme une provision pour prime non acquise (PPNA).

$$LRC_0 = \text{Prime encaissée} - \text{Prime acquise}$$

Le LRC à n'importe quelle année n s'exprime selon la relation de récurrence suivante :

$$LRC_n = LRC_{n-1} + \text{Prime encaissée}_n - \text{Prime acquise}_n$$

En parallèle, l'assureur effectue une évaluation de son Best Estimate (meilleure estimation) concernant les contrats pour lesquels les sinistres couverts n'ont pas encore

eu lieu. Cette évaluation permet à l'assureur de déterminer si les primes non encore acquises sont suffisantes pour couvrir son passif lié à la couverture restante, et d'évaluer le montant de la provision à constituer en cas de perte constatée. Pour évaluer le passif de l'assureur, seuls le Best Estimate et l'ajustement pour risque non financier sont pris en compte.

Les profits sont donc immédiatement comptabilisés en résultat et sont positifs si :

$$LRC_n > BE LRC_n + RA LRC_n$$

Si cette condition n'est pas réalisée, la différence entre les Fulfilment Cash Flows et le LRC est portée en *Loss Component (LC)*. Il s'agit d'une provision constituée par l'assureur dès qu'il constate une perte. Cette provision s'exprime :

$$LC_n = \max(0, BE LRC_n + RA LRC_n - LRC_n)$$

Sous le modèle PAA, les engagements relatifs aux sinistres déjà survenus sont calculés de la même manière que sous le modèle BBA (Building Block Approach) : une estimation Best Estimate des flux futurs probables est actualisée, à laquelle est ajouté un ajustement pour risque non financier afin de compenser l'incertitude sur les flux futurs. De plus, en PAA, la désactualisation peut être réalisée en utilisant les taux à la survenance des sinistres.

## 4.4 Analyse de mouvement :

L'objectif de l'analyse de mouvement sur une période donnée consiste à observer l'évolution des différentes composantes du bilan économique et IFRS entre l'ouverture et la clôture. Cette analyse permet, d'une part, de comprendre les raisons des pertes et des profits enregistrés pendant cette période (par exemple, dans le cadre de Solvabilité 2, l'attribution des pertes et profits) et, d'autre part, de préparer les états financiers à la date de clôture. En effet, la composition des différentes sections du bilan IFRS dépendra de l'origine des pertes et des profits économiques.

L'analyse de mouvement repose sur une analyse des différents agrégats du bilan concernés par IFRS 17 : les actifs en représentation des contrats d'assurance, le Best Estimate ainsi que le Risk Adjustment.

L'approche PAA a pour conséquence une réduction des informations à divulguer. D'une

part, l'analyse de mouvement entre l'ouverture et la clôture de l'exercice comptable est moins détaillée car il y a moins de composants à prendre en compte. D'autre part, le modèle général nécessite la divulgation de l'estimation de l'écoulement futur de la marge sur services contractuels dans le compte de résultat, ce qui n'est pas le cas avec le modèle de répartition des primes.

#### 4.4.1 Analyse du mouvement du passif LIC

Les mouvements du passif LIC sont issus :

- Des effets financiers ;
- Des variations sur antérieur ;
- De la nouvelle survenance sur sinistre ;

Ainsi, pour analyser le mouvement du passif LIC(n) à LIC(n+1), on prend en compte durant ce passage les éléments suivants :

- L'effet décalage un an ;
- Le retrait des flux de l'année n ;
- Le changement d'hypothèses techniques ;
- Le changement de la courbe de taux ;
- La nouvelle survenance

**L'effet de décalage ou unwind** représente la charge de désactualisation des provisions, liée au passage du temps de la période.

**Le retrait des flux de la première année** consiste à retirer les cash-flow payés estimés par les modèles de la période précédente.

**Le changement d'hypothèses techniques** consiste à mettre à jour les hypothèses du modèle, menant à une réévaluation du montant des BE et du RA ainsi que de l'échéancier de ces flux.

**Le changement de la courbe de taux** consiste à mettre à jour la courbe des taux, passant de la courbe des taux sans risque de la période n à la courbe de taux n+1.

**La nouvelle survenance** consiste à ajouter de nouvelles survenances sur la période

#### 4.4.2 Analyse du mouvement du passif LRC

L'analyse de mouvement de l'année n à l'année n+1 prend en considération les variations suivantes :

$$LRC(n+1) = LRC(n) + \text{Affaires nouvelles}(n+1) - \text{Frais d'acquisition}(n+1) + \\ \text{Amortissement des frais d'acquisition}(n+1) - \text{Revenu d'assurance}(n+1)$$

Avec :

$$\begin{cases} \text{Affaires nouvelles}(n+1) = \text{primes émises}(n+1) \\ \text{revenu d'assurance}(n+1) = \text{prime acquise}(n+1) \end{cases}$$

Pour les frais d'acquisition, l'IFRS 17 propose deux options :

- Comptabiliser les frais d'acquisition directement en compte de résultat ;
- Amortir les frais d'acquisition

On rappelle que la comptabilisation des frais d'acquisition directement en compte de résultat est une disposition uniquement possible pour le modèle simplifié et plus particulièrement pour les contrats d'une couverture de moins d'un an utilisant le modèle PAA.

## Troisième partie

### Partie pratique et résultats :

## Présentation des bases de données :

Les données utilisées pour cette application numérique sont des données réelles.

Dans notre étude, nous avons à notre disposition un ensemble de données relatives à différents aspects de l'assurance automobile (responsabilité civile).  
les différents usages du portefeuille sont les suivants :

- Véhicules de tourisme
- Véhicules utilitaires de moins de 3,5 tonnes
- Véhicules utilitaires de 3,5 tonnes et plus
- Véhicules à deux ou trois roues
- Autres véhicules
- Garantie autres que la responsabilité civile.

Nous avons travaillé uniquement sur l'usage Tourisme Corporel dont nous présenterons les résultats par la suite. Nous avons travaillé sur deux bases, à savoir la bases des primes (pour la modélisation du passif LRC), et la base des sinistres (pour la modélisation du passif LIC).

Avec les bases de sinistres à disposition, nous étions en mesure de fiabiliser les triangles déjà constitués avant de se lancer dans la projection des provisions LIC.

## Partie pratique :

Dans le présent chapitre, nous appliquons la démarche présentée au chapitre précédent à l'ensemble du portefeuille non-vie dont nous disposons.

### 6.1 Hypothèses et démarche

Nous avons créé un outil automatisé pour faciliter l'évaluation des portefeuilles d'assurance non-vie selon les normes IFRS 17. Nous avons travaillé spécifiquement sur l'usage "Tourisme", les autres usages ont été traités de la même manière.

Pour des raisons de confidentialité, nous avons appliqué une translation linéaire aux données réelles. Dans la partie pratique et résultats de notre étude, nous présenterons les résultats obtenus pour l'usage "Tourisme".

Les calculs seront réalisés par exercice de survenance puisque c'est l'axe d'analyse le plus précis et qu'une ventilation à posteriori par exercice de souscription n'aura donc aucun impact sur le résultat.

Le paragraphe 22 de la norme prévoit que les provisions soient estimées en regroupant des contrats dont l'émission est éloignée de 12 mois ou moins (exercice de souscription).

Techniquement, cette segmentation

- À un sens pour la LRC,
- À moins de sens pour la LIC.

Nous nous orientons vers une segmentation par exercice de survenance, pour les raisons suivantes :

- Il n'y a pas d'exigence de reporting par exercice de souscription dans la norme,
- Cette règle semble avoir été définie pour les caractéristiques des contrats d'assurance Vie,

- Pour les provisions pour sinistres en Non-vie, une projection à l'ultime est plus pertinente par exercice de survenance (c'est celui-ci qui permet de déterminer la maturité des sinistres et donc leur évolution jusqu'à l'ultime),

**Sur la prime de liquidité :** Nous présentons les détails de qu'est ce qu'une prime de liquidité dans la section suivante 6.2.

Dans notre cas, pour les contrats auto dont la résiliation se fait sans pénalité, ainsi que le montant et le moment de la survenance des sinistres ne peuvent pas être prédits durant l'année. Donc, ce contrat est considéré très liquide. Ainsi, nous retenons une prime de liquidité nulle.

**Sur les frais d'acquisition :** Pour les frais d'acquisition, on fait l'hypothèse simplificatrice qu'ils représentent 10% de la prime émise et qu'ils seront reconnus une seule fois donc sans amortissement linéaire.

**Sur la cadence de liquidation des sinistres :** On construit la cadence de liquidation des sinistres à partir du triangle de règlement projeté.

**Sur la PPNA :** Le calcul de la provision pour prime non acquise s'effectue au prorata temporis.

## 6.2 Courbe de taux sans risque

Les données utilisées dans ce tableau sont issues du site officiel de BANK AL MAGHRIB. La base de données comporte quatre champs à savoir :

- Date d'échéance,
- Transaction,
- Taux moyen pondéré,
- Date de valeur.

Comme déjà expliqué, la première étape est de transformer les taux monétaires en taux actuariels avant d'effectuer tout calcul :

Date d'Échéance	Transaction	Taux moyen pondéré	Date de la valeur
2023-01-13	322.40	0.02948	2022-12-30
2023-01-23	120.47	0.02930	2022-12-30
2023-03-06	30.15	0.02942	2022-12-30
2023-05-22	168.01	0.03172	2022-12-30
2023-06-19	829.46	0.03008	2022-12-30
2023-07-17	210.28	0.03002	2022-12-30
2023-08-05	116.18	0.03016	2022-12-30
2023-09-11	349.31	0.03045	2022-12-30
2023-10-16	57.86	0.03130	2022-12-30
2024-01-15	62.41	0.02967	2022-12-30
2024-03-18	100.37	0.02987	2022-12-30
2024-04-15	261.82	0.02961	2022-12-30
2024-06-17	53.19	0.02991	2022-12-30
2024-07-15	149.79	0.02989	2022-12-30
2024-09-16	69.58	0.03050	2022-12-30
2025-10-20	100.50	0.02980	2022-12-30
2026-04-20	138.51	0.02941	2022-12-30
2029-04-16	118.63	0.03003	2022-12-30

FIGURE 6.1 – Données extraites de BAM pour le calcul des taux sans risques.

Vient ensuite l'étape de l'interpolation des taux actuariels pour avoir des taux correspondants aux maturités pleines.

Finalement, nous obtenons les taux sans-risque au 31/12/2021 :

Maturité en année	Taux Zéro-coupon au 31/12/2021 (taux sans risque)
1	0.01621539
2	0.01726115
3	0.01830382
4	0.01961468
5	0.01994531
6	0.02080264
7	0.02123950
8	0.02204686
9	0.02279883
10	0.02359707
11	0.02422914
12	0.02510966
13	0.02475450
14	0.02543201
15	0.02604654
16	0.02666965
17	0.02761019
18	0.02910025
19	0.02980271
20	0.03016791

((a)) Taux sans risque au 31/12/2021

Maturité en année	Taux Zéro-coupon au 30/12/2022 (taux sans risque)
1	0.03005111
2	0.03031980
3	0.02963049
4	0.02953700
5	0.02976028
6	0.02998448
7	0.03047448
8	0.03111191
9	0.03165175
10	0.03210887
11	0.03308248
12	0.03357985
13	0.03358837
14	0.03440031
15	0.03474925
16	0.03512294
17	0.03553404
18	0.03584204
19	0.03610823
20	0.03638146
21	0.03666185

((b)) Taux sans risque au 31/12/2022

Suivant la même démarche, nous obtenons les courbes des taux zéro-coupon obtenues par la méthode du Bottom-up aux dates d'inventaire 31/12/2021 et 31/12/2022 que nous présentons ci-après :

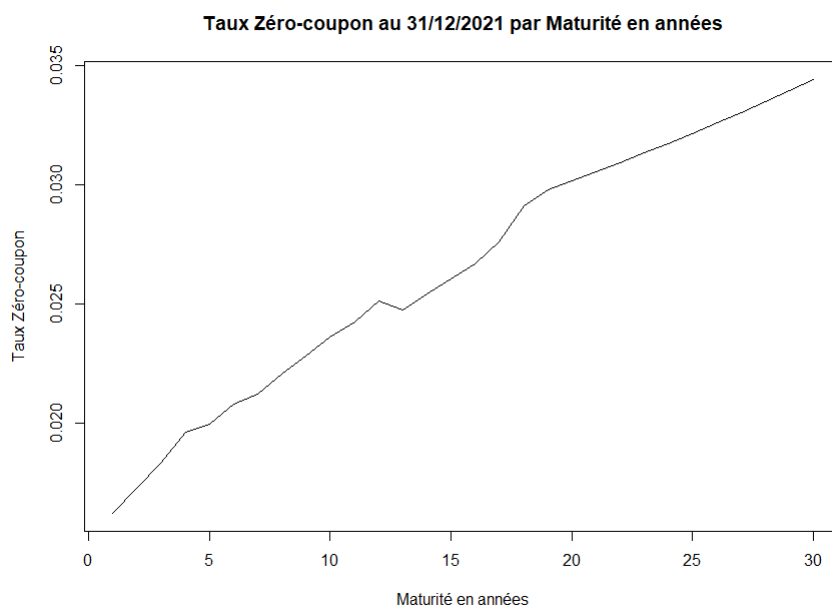


FIGURE 6.3 – Courbe de taux sans risque au 31/12/2021

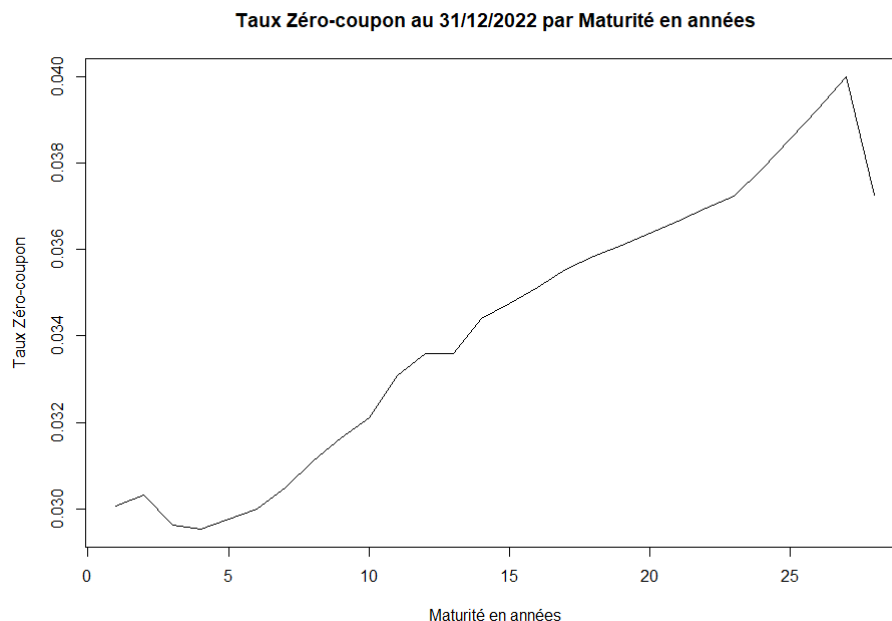


FIGURE 6.4 – Courbe de taux sans risque au 31/12/2022

**Prime de liquidité :** La liquidité d'un actif par rapport à un autre c'est sa capacité de se vendre facilement. La liquidité c'est la capacité de convertir un actif en trésorerie. En tant qu'assureur, il est essentiel de respecter ses engagements envers les assurés à tout moment, ce qui nécessite une trésorerie adéquate. Par conséquent, la liquidité des actifs dont dispose l'assureur doit être en adéquation avec les flux de trésorerie futurs.

La liquidité d'un contrat d'assurance dépend de la prévisibilité de ses flux de trésorerie. Si le montant et le moment des sinistres sont imprévisibles, le contrat est considéré comme liquide. En revanche, si les flux de trésorerie sont plus prévisibles, le contrat est qualifié d'illiquide.

Un passif est qualifié d'illiquide lorsque les flux de trésorerie sont liés à des contrats peu liquides. Lorsqu'un passif est très illiquide, les flux de trésorerie correspondants sont plus prévisibles, ce qui incite la compagnie d'assurance à détenir des actifs moins liquides offrant un rendement de placement plus élevé. En revanche, si un passif est liquide, les flux de trésorerie sont moins prévisibles et la compagnie d'assurance a intérêt à détenir des actifs plus liquides. Par exemple, un contrat d'assurance pouvant être résilié ou racheté sans pénalité est considéré comme liquide.

Les contrats d'assurance très liquides auraient une prime de liquidité faible ou nulle, tandis que les contrats très illiquides auraient une prime de liquidité plus élevée.



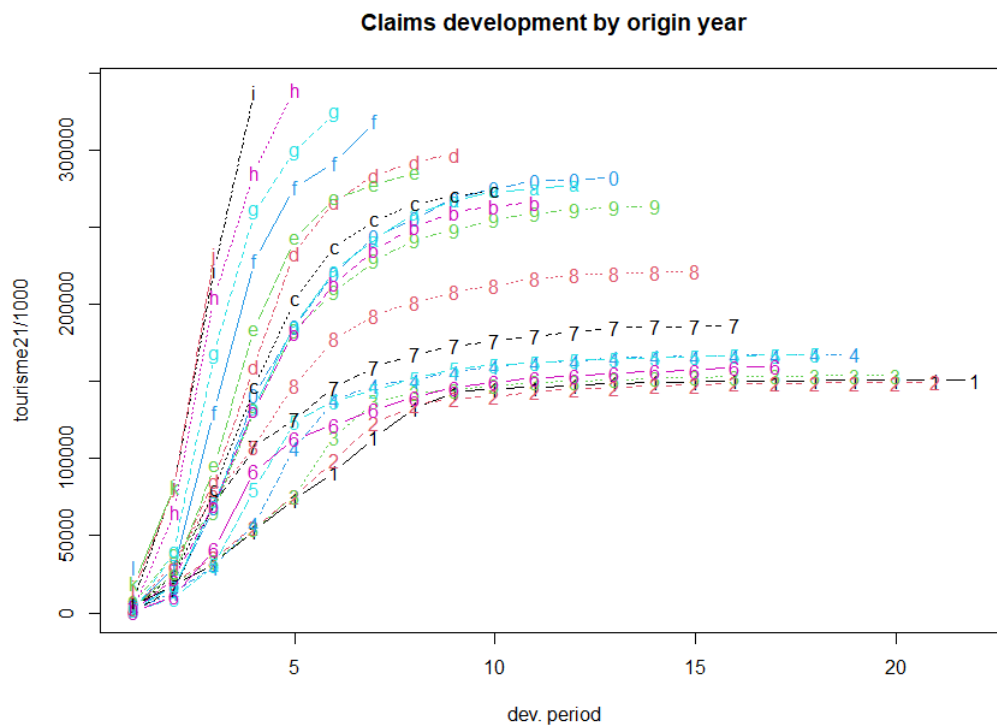


FIGURE 6.8 – L'évolution des sinistres du triangle Tourisme, avec une ligne par période d'origine.

On observe que l'évolution des règlements cumulés est à la hausse d'une cadence stable à travers les années de développement, ainsi une tendance se dégage : la majorité des règlements est payée les premières années, ceci sauf pour les dernières années pour lesquelles l'évolution est toujours en cours, où on observe une hausse très importante des règlements. Pour l'année 2016 par exemple, les règlements augmentent significativement durant les 4 premières années de développement pour se stabiliser pas la suite.

<b>2016</b>	2 343 822	39 102 480	167 192 797	260 397 039	298 558 561	323 485 258
-------------	-----------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------

FIGURE 6.9 – Règlements cumulés pour l'année de survenance 2016.

<b>2016</b>	0,72455%	12,08787%	51,68483%	80,49734%	92,29433%	100,00000%
-------------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

FIGURE 6.10 – Cadence de règlements cumulés pour l'année de survenance 2016.

### 6.3.1 La méthode de Chain Ladder

#### 6.3.1.1 Première option de retraitement

La Figure suivante permet de visualiser l'hypothèse de cadence de paiements stable dans le temps. La régression est pondérée avec les mêmes poids que ceux utilisés pour estimer les coefficients de transition par régression.

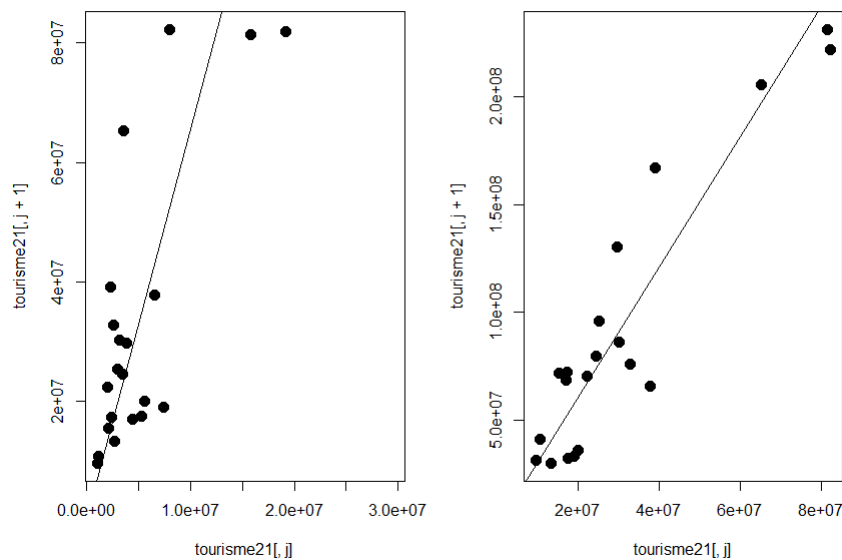


FIGURE 6.11 – Nuage des  $C_{.,j+1}$  en fonction des  $C_{.,j}$  pour  $j = 1$  à gauche, et  $j = 2$  à droite.

La droite de régression passe par l'origine et les poids sont inversement proportionnels au montant de paiements, ce qui veut dire qu'en moyenne connaissant les paiements passés jusqu'à l'instant  $n$  le prochain paiement (à la date  $n+1$ ) n'est rien d'autre que le paiement à  $n$  multiplié par un coefficient de proportionnalité.

Pour compléter le triangle inférieur on fait recours aux différentes variantes de la méthode Chain Ladder.

Nous calculons les facteurs de passage qui vont servir à la projection de Chain Ladder classique.

Dev year	Link ratio
0-1	6.542872
1-2	3.021612
2-3	1.699114
3-4	1.316505
5-6	1.156691
6-7	1.095272
7-8	1.052913
8-9	1.034193
9-10	1.019230
10-11	1.013895
11-12	1.008409
12-13	1.007997
13-14	1.004717
14-15	1.002905
15-16	1.005371
16-17	1.001764
17-18	1.001818
18-19	1.000914
19-20	1.000740
20-21	1.000322
21-22	1.000001

TABLE 6.1 – Coefficients de développement

Nous remarquons que les  $f_j$  tendent vers 1 dès la troisième année de développement, ce qui indique une bonne régularité dans les cadences de développement. On peut donc présumer qu'il y a eu une bonne stabilité dans la gestion des sinistres. Les deux premières années présentent de grands facteurs, ce qui traduit des règlements importants effectués.

On calcule par la suite les facteurs de développement individuels  $f_{i,j}$  pour construire un intervalle de confiance définie en fonction de nos la moyenne et l'écart type empirique des facteurs de développement.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Min	2,56877	1,74314	1,38937	1,14655	1,05779	1,03406	1,02246	1,01230	1,00850
Max	18,11877	4,65966	2,57057	1,83492	1,50096	1,24530	1,16615	1,07810	1,02617
Mean	7,96561	3,09825	1,79070	1,36133	1,18489	1,10832	1,05770	1,03582	1,01897
Std-Dev	4,14207	0,94698	0,29918	0,15942	0,10766	0,06407	0,03519	0,01653	0,00570
Inf	3,82354	2,15126	1,49152	1,20191	1,07723	1,04425	1,02251	1,01930	1,01328
Sup	12,10769	4,04523	2,08988	1,52075	1,29256	1,17239	1,09289	1,05235	1,02467

TABLE 6.2 – IC pour les coefficients de développement des 8 premières années de développement

On calcule la moyenne des facteurs de développement après retraitement des coefficients aberrants. On obtient :

Years	Dev Factors
0	7,6169
1	3,1110
2	1,7610
3	1,3557
4	1,1527
5	1,0839
6	1,0484
7	1,0359
8	1,0194
9	1,0150
10	1,0093
11	1,0065
12	1,0042
13	1,0027
14	1,0040
15	1,0023
16	1,0019
17	1,0006
18	1,0005
19	1,0003
20	1,0000
21	1,0000

TABLE 6.3 – Les facteurs retenus pour la projection

On constate que les facteurs retenus après retraitement sont proches des estimateurs obtenus par la méthode de Chain Ladder classique. Le ralentissement des cadences de règlement suggère qu'après les premières années de développement, cette branche est

proche de l'ultime sans l'avoir atteint.

Le triangle est ensuite projeté à l'aide des facteurs estimés ci-dessus :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2000	5 312 877	17 553 512	32 417 033	53 171 033	73 357 033	91 456 253	110 707 526	132 539 729	142 955 532	145 311 472	146 162 564	147 957 806	148 713 317	149 395 388	149 703 823	150 235 206	150 040 793	150 499 416	150 563 348	150 643 209	150 639 106	150 639 306
2001	5 606 000	20 084 000	36 188 000	55 192 000	75 700 464	98 688 237	122 896 023	134 711 252	138 955 636	140 035 431	143 513 295	145 046 102	145 742 878	147 239 476	148 569 011	148 904 429	149 953 365	149 246 924	149 320 006	149 360 823	149 360 823	
2002	7 429 191	19 091 191	32 369 116	50 281 736	76 900 566	104 069 695	137 259 189	162 862 308	144 416 700	147 259 398	149 389 678	150 076 218	150 939 162	152 048 225	152 711 692	152 952 225	153 225 502	153 816 693	153 728 793	153 911 276	153 911 276	
2003	2 695 000	13 394 000	29 098 956	59 106 022	106 638 394	159 110 849	147 383 459	150 635 410	155 534 291	160 015 218	162 004 291	162 366 133	163 478 604	165 320 424	166 354 591	166 682 296	167 110 512	167 418 460	167 695 987	167 959 969	167 959 969	
2004	1 063 000	3 614 707	31 257 117	80 348 552	124 005 847	137 045 023	144 234 648	151 959 279	158 487 164	160 482 572	162 274 763	163 421 663	164 808 540	165 303 080	165 924 107	166 687 427	167 099 500	167 433 438	167 558 838	167 572 812	167 572 812	
2005	1 197 426	10 831 807	41 152 193	91 889 910	122 856 218	121 855 898	131 914 183	139 499 749	146 205 043	149 703 783	152 360 040	153 784 192	155 342 625	156 536 313	157 042 977	157 959 378	159 666 442	159 768 826	159 849 409	159 891 911	159 891 911	
2006	2 004 065	19 442 200	71 995 454	107 402 410	125 274 218	145 973 333	159 210 592	167 275 823	172 799 753	176 300 005	179 421 499	181 729 530	184 705 179	189 381 114	185 621 675	186 458 017	186 910 688	186 319 095	187 014 432	187 074 689	187 074 689	
2007	2 810 543	25 898 334	78 095 291	107 670 400	147 632 619	177 997 424	192 990 017	201 170 270	208 472 296	212 274 230	216 846 396	219 952 911	220 208 011	220 632 451	221 620 143	222 040 629	222 460 940	222 669 687	222 703 227	222 774 951	222 774 951	
2008	5 556 012	37 788 123	65 869 971	132 092 271	183 131 772	208 101 645	228 212 714	241 726 793	248 190 726	254 599 694	258 630 073	261 376 591	262 910 905	263 965 646	264 626 338	265 247 628	265 749 608	266 038 162	266 124 981	266 124 981	266 124 981	
2009	4 463 864	17 035 230	68 630 960	140 974 823	185 386 651	220 174 609	243 656 999	255 463 284	268 472 220	275 369 707	279 546 268	281 005 397	282 233 495	282 984 630	284 123 472	284 790 539	285 329 503	285 494 775	285 640 389	285 732 425	285 732 425	
2010	2 378 572	12 322 489	72 318 167	152 186 903	186 109 130	221 762 773	241 657 822	258 384 953	267 219 326	272 919 401	274 901 690	276 993 523	278 144 610	278 984 873	280 007 216	280 654 617	281 196 774	281 358 652	281 502 167	281 592 959	281 592 959	
2011	2 061 101	12 443 010	70 481 132	131 619 743	181 974 046	215 241 426	235 468 069	250 133 951	259 660 988	263 149 076	265 700 213	267 421 842	268 652 349	269 247 029	270 230 696	270 985 269	271 678 938	271 678 938	271 681 431	271 681 431	271 681 431	
2012	3 493 773	24 556 459	79 891 267	146 059 251	202 951 951	236 864 712	254 313 235	264 968 367	270 107 907	273 404 873	275 951 003	277 738 313	278 892 494	279 634 748	280 760 109	281 419 278	281 951 662	282 115 179	282 259 069	282 350 015	282 350 015	
2013	3 194 871	30 224 939	86 026 456	159 639 560	233 054 423	266 291 994	283 528 932	292 261 640	296 884 840	300 330 663	304 136 366	306 106 745	307 378 916	308 196 884	309 437 190	310 163 687	310 790 670	310 930 668	311 089 255	311 189 491	311 189 491	
2014	3 003 895	29 397 271	90 939 710	183 951 233	242 616 428	268 278 606	277 415 325	284 662 376	290 980 031	294 526 470	297 268 376	299 193 670	300 437 012	301 236 605	302 448 900	303 199 990	303 732 717	303 998 690	304 065 656	304 163 627	304 163 627	
2015	3 895 107	23 710 711	101 297 296	228 195 202	278 995 391	291 903 524	318 717 953	330 191 476	338 591 629	341 522 075	344 013 607	347 046 914	348 489 117	349 418 598	350 222 799	351 148 450	352 111 940	352 196 011	352 638 068	352 809 450	352 809 450	
2016	2 343 822	39 102 480	167 182 797	260 397 033	298 958 561	323 485 253	338 140 838	351 328 044	358 197 890	363 500 996	366 898 269	369 262 451	371 798 975	371 783 826	373 280 031	374 156 410	374 984 508	375 081 842	375 272 949	375 393 865	375 393 865	
2017	3 603 124	65 294 184	205 392 283	296 312 251	339 063 383	367 595 732	395 301 896	399 149 278	406 885 031	412 978 124	416 824 175	419 523 786	421 267 178	422 388 362	424 088 210	425 083 895	425 988 354	426 135 043	426 352 390	426 489 764	426 489 764	
2018	7 994 999	82 214 401	221 939 533	337 803 129	369 399 302	442 615 240	458 417 668	467 303 247	474 301 101	478 718 251	481 918 727	483 820 994	485 108 851	487 060 920	488 204 442	489 128 367	489 611 307	489 819 080	489 819 080	489 819 080		
2019	15 811 631	81 654 114	231 014 001	319 899 235	381 488 496	391 949 034	410 009 611	425 571 623	433 820 954	440 107 096	444 417 694	447 295 897	449 376 201	450 369 195	452 162 573	453 224 161	454 081 696	454 344 005	454 722 640	454 722 109	454 722 109	
2020	15 181 130	81 890 173	144 207 950	195 505 767	225 367 399	244 286 195	256 108 895	265 312 210	270 454 806	274 504 860	277 061 314	278 995 739	280 014 560	280 759 800	281 898 688	282 951 909	283 086 237	283 250 210	283 394 679	283 485 991	283 485 991	
2021	29 475 111	81 686 409	161 476 193	218 917 297	262 354 804	273 539 101	286 777 214	287 082 968	302 841 374	307 376 416	310 239 002	312 248 302	313 545 894	314 380 376	315 645 567	316 386 640	316 985 400	317 169 009	317 330 778	317 433 025	317 433 025	

FIGURE 6.12 – Triangles de règlements projeté

Les cash-flows sont déduits par la différence entre les paiements/charge à l'ultime et les paiements cumulés. Ils sont ensuite écoulés et actualisés pour aboutir au Best Estimate.

Année de survenance	PSAP DD	Paiements à l'ultime	Paiements derniers	IBNR	BE
2000	2 428 326	150 699 306	150 699 306	-2 428 326	0
2001	3 067 613	149 360 823	149 360 823	-3 067 613	0
2002	3 535 628	153 911 276	153 911 276	-3 535 628	0
2003	4 352 927	167 559 968	167 505 997	-4 298 956	53 972
2004	4 837 335	167 572 812	167 433 438	-4 697 961	139 374
2005	3 080 204	159 991 911	159 666 442	-2 854 734	225 470
2006	5 231 052	187 074 689	186 458 017	-4 614 380	616 672
2007	5 868 832	222 774 983	221 520 543	-4 614 391	1 254 441
2008	6 556 103	266 124 881	263 565 646	-3 996 868	2 559 235
2009	6 988 180	285 732 425	282 233 485	-3 489 240	3 498 940
2010	10 252 776	281 592 859	276 993 523	-5 653 441	4 599 335
2011	12 454 595	271 861 431	265 700 203	-6 293 366	6 161 228
2012	14 940 977	282 350 015	273 404 873	-5 995 835	8 945 142
2013	20 871 008	311 189 491	296 884 840	-6 566 358	14 304 650
2014	29 527 908	304 161 627	284 662 376	-10 028 657	19 499 251
2015	49 592 992	352 809 450	318 737 193	-15 520 735	34 072 257
2016	64 493 102	375 393 865	323 485 258	-12 584 495	51 908 607
2017	114 979 233	426 489 764	339 053 383	-27 542 853	87 436 380
2018	181 620 245	489 819 080	337 803 129	-29 604 294	152 015 950
2019	298 402 109	454 723 108	231 314 800	-74 993 801	223 408 308
2020	247 322 554	283 485 991	81 890 179	-45 726 742	201 595 812
2021	208 873 160	317 433 025	29 475 111	79 084 754	287 957 914

TABLE 6.4 – Calcul du Best Estimate du triangle de règlements pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2021

Total	1 299 276 860	6 062 012 779	4 961 759 840	-199 023 921	1 100 252 939
-------	---------------	---------------	---------------	--------------	---------------

TABLE 6.5 – Calcul du BE du triangle de règlements pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2021

Sur la base de la projection du triangle de règlement, on calcule les cadences à appliquer au Best Estimate découlant de la projection du triangle de charge retenu compte tenu une moindre volatilité des montants.

Le calcul de cette cadence se fait par décumulation du triangle inférieur projeté des règlements puis le rapport de ces montants sur le BE correspondant à l'année de survenance.

On obtient ainsi des cadences de règlements dont la somme par ligne est égale à 1. On remarque aussi que la majeure partie des paiements est effectuée durant les quatre premières années de développement. Ensuite, les paiements se sont stabilisés et n'évoluent presque plus.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
2000																							
2001																							
2002																							
2003																							
2004																							
2005																							
2006																							
2007																							
2008																							
2009																							
2010																							
2011																							
2012																							
2013																							
2014																							
2015																							
2016																							
2017																							
2018																							
2019																							
2020																							
2021																							

FIGURE 6.13 – Cadences de règlements par année de survenance

Ainsi, on projette le triangle de charge :

Le tableau suivant présente les résultats du  $BE_{charge}$  non actualisé :

Année de survenance	PSAP DD	Charge ultime	Dernière charge	IBNR	BE
2000	2 428 326	153 127 632	153 127 632	0	2 428 326
2001	3 067 613	152 428 436	152 428 436	0	3 067 613
2002	3 535 628	157 446 904	157 446 904	0	3 535 628
2003	4 352 927	171 462 036	171 858 924	-396 888	3 956 039
2004	4 837 335	171 651 370	172 270 773	-619 402	4 217 933
2005	3 080 204	161 732 488	162 746 645	-1 014 157	2 066 046
2006	5 231 052	190 289 558	191 689 069	-1 399 511	3 831 541
2007	5 868 832	225 323 232	227 389 374	-2 066 142	3 802 690
2008	6 556 103	267 709 744	270 121 749	-2 412 005	4 144 098
2009	6 988 180	285 939 953	289 221 665	-3 281 711	3 706 469
2010	10 252 776	283 804 054	287 246 300	-3 442 246	6 810 531
2011	12 454 595	273 891 242	278 154 797	-4 263 555	8 191 039
2012	14 940 977	282 266 232	288 345 850	-6 079 618	8 861 359
2013	20 871 008	308 389 846	317 755 848	-9 366 002	11 505 006
2014	29 527 908	302 265 937	314 190 284	-11 924 347	17 603 561
2015	49 592 992	351 744 631	368 330 185	-16 585 554	33 007 438
2016	64 493 102	369 204 353	387 978 360	-18 774 006	45 719 095
2017	114 979 233	430 181 357	454 032 616	-23 851 260	91 127 974
2018	181 620 245	482 573 007	519 423 374	-36 850 367	144 769 878
2019	298 402 109	505 249 726	529 716 909	-24 467 183	273 934 926
2020	247 322 554	329 949 014	329 212 733	736 282	248 058 835
2021	208 873 160	257 312 930	238 348 271	18 964 659	227 837 820

TABLE 6.6 – Calcul du BE charge par année de survenance pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2021

Ensuite le BE non actualisé est écoulé à l'aide de la cadence de règlement précédemment calculée et puis actualisée par la courbe des taux sans risque pour ainsi obtenir le Best Estimate.

Année de survenance	BE	BE actualisé
2000	2 428 326	2 389 578
2001	3 067 613	3 018 664
2002	3 535 628	3 479 212
2003	3 956 039	3 892 914
2004	4 217 933	4 121 729
2005	2 066 046	2 002 406
2006	3 831 541	3 714 574
2007	3 802 690	3 667 803
2008	4 144 098	3 984 378
2009	3 706 469	3 525 349
2010	6 810 531	6 433 105
2011	8 191 039	7 708 784
2012	8 861 359	8 322 309
2013	11 505 006	10 806 523
2014	17 603 561	16 505 894
2015	33 007 438	31 024 733
2016	45 719 095	42 945 866
2017	91 127 974	85 702 921
2018	144 769 878	136 394 273
2019	273 934 926	258 900 367
2020	248 058 835	234 063 445
2021	227 837 820	213 442 038

TABLE 6.7 – Best Estimate actualisé par année de survenance par la courbe de taux sans risque 6.3

Nous obtenon ainsi le Best Estimate du scénario central.

	BE	$BE_{central}$
Total	1 152 183 845	1 086 046 865

### 6.3.1.2 Chain Ladder Sans retraitement

Dans cette partie, nous procédons de la même manière pour projeter les triangles de règlements et de charges, sauf que nous n'effectuerons pas de retraitement sur les facteurs de passage, on va projeter la Chain Ladder classique. Les résultats de la projection du triangle de charge et de l'actualisation sont les suivants :

Année de survenance	BE	BE actualisé
2000	2 428 326	2 389 578
2001	3 067 613	3 018 664
2002	3 528 357	3 472 057
2003	3 948 049	3 884 835
2004	4 185 071	4 115 162
2005	2 135 385	2 065 967
2006	3 701 595	3 533 044
2007	3 638 584	3 423 623
2008	3 814 613	3 587 846
2009	3 082 199	2 864 024
2010	5 762 330	5 320 016
2011	6 881 123	6 341 827
2012	6 611 777	6 066 862
2013	9 324 590	8 559 977
2014	15 225 435	13 992 788
2015	29 288 900	27 064 920
2016	39 642 862	36 818 716
2017	83 010 920	77 523 508
2018	135 564 374	126 965 999
2019	263 279 675	247 216 494
2020	240 148 527	225 421 917
2021	228 068 387	212 860 711

TABLE 6.8 – Best Estimate actualisé : Chain Ladder classique

Ainsi nous obtenons le Best Estimate du scenario central.

	BE	$BE_{central}$
Total	1 096 338 693	1 026 508 536

### 6.3.2 La méthode de MACK

Dans cette partie nous commençons par tester la troisième hypothèse de Mack. Cette hypothèse stipule que la variance doit être indépendante de l'année de survenance considérée, pour tester cette hypothèse, on trace les résidus standardisés de Pearson, ces derniers doivent présenter une structure aléatoire, d'après le graphe, on constate que cette hypothèse est valide.

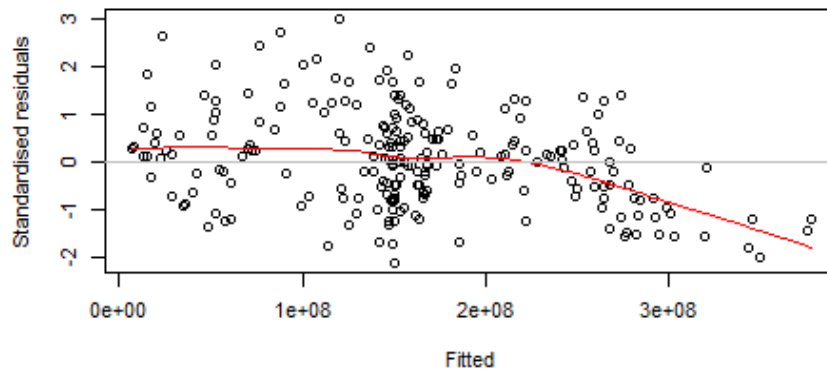


FIGURE 6.14 – Les tracés des résidus de la branche Tourisme Corporel.

Nous calculons dans un premier temps la variance associée aux estimations des facteurs de développement  $\sigma_j^2$ . À l'aide des formules vues dans la partie 3.6.1 et des  $\sigma_j^2$ , nous calculons les  $M\hat{S}EP(\hat{R}_i)$  le correspondant à l'erreur de prédiction pour chaque année de survénance.

On commence par obtenir une estimation des paramètres de volatilité.

Année de survénance	$\sigma_j^2$
2000	8442,769422
2001	4622,277116
2002	2405,964081
2003	1631,267265
2004	1121,244989
2005	700,6410129
2006	409,0582929
2007	216,076116
2008	78,99984077
2009	76,23103496
2010	37,62835011
2011	60,75436386
2012	36,56749929
2013	14,30287967
2014	50,26265188
2015	19,31443084
2016	11,90535992
2017	8,684873744
2018	4,831626577
2019	0,846071039
2020	0,846071039

TABLE 6.9 – La variance de Mack  $\sigma_j^2$

Sous ces hypothèses, on obtient une formule fermée pour la variance de la charge ultime. Nous calculons l'erreur quadratique moyenne (MSEP - Mean Square of Error of Prediction) en conditionnant par rapport aux données passées .

$i$	$sep(R_i)$	$MSEP(R_i)$
1	0	0
1	2554,978854	6527916,946
3	13173,41316	173538814,2
4	74517,63999	5552878670
5	147062,2298	21627299435
6	218595,5881	47784031143
7	376345,0222	1,41636E+11
8	923368,2302	8,52609E+11
9	1057196,246	1,11766E+12
10	1295043,78	1,67714E+12
11	1695345,151	2,8742E+12
12	1792028,502	3,21137E+12
13	2296486,762	5,27385E+12
14	2863756,221	8,2011E+12
15	4989689,515	2,4897E+13
16	10118125,93	1,02376E+14
17	18824826,43	3,54374E+14
18	34878971,55	1,21654E+15
19	62333645,99	3,88548E+15
20	101975112	1,03989E+16
21	181277366,4	3,28615E+16
22	598371199,4	3,58048E+17

TABLE 6.10 – Mean squared error of prediction

Le récapitulatif des résultats obtenus pour chaque année de survenance avec l'erreur standard relative se trouve ci-dessous :

<i>Année de survenance</i>	$BE_i$	$sep(R_i)$	$\frac{sep(R_i)}{R_i}$
2000	0	0	0%
2001	0	2554,978854	0%
2002	154	13173,41316	8559%
2003	54 104	74517,63999	138%
2004	1 293 489	147062,2298	11%
2005	1 380 548	218595,5881	16%
2006	1 954 112	376345,0222	19%
2007	2 716 431	923368,2302	34%
2008	4 664 986	1057196,246	23%
2009	5 829 797	1295043,78	22%
2010	7 070 593	1695345,151	24%
2011	8 961 360	1792028,502	20%
2012	11 597 820	2296486,762	20%
2013	16 894 046	2863756,221	17%
2014	21 984 089	4989689,515	23%
2015	36 355 905	10118125,93	28%
2016	55 966 412	18824826,93	34%
2017	96 550 801	34878971,55	36%
2018	164 198 336	62333645,99	38%
2019	221 235 909	101975112	46%
2020	190 328 655	181277366,4	95%
2021	266 585 404	598371199,4	224%
Total	1 115 622 949	1025524411	92%

TABLE 6.11 – Erreurs standards de prédiction

On remarque que la volatilité pour cette garantie est très importante avec notamment une erreur de prédiction totale qui représente 92% du montant de la provision globale. C'est une garantie avec des règlements très volatiles, on s'attendrait ainsi à une estimation du RA basée sur le modèle de Mack importante.

On note que le tableau précédant est réalisé avec le BE de règlement non actualisé, ceci comme les erreurs de Mack sous R sont données avant actualisation.

Le modèle a une approche récursive semblable à celle du modèle binomial négatif et celle du modèle Normal. Le modèle de Mack a la même structure que l'approximation normale du modèle binomial négatif.

Notons que la projection sous le modèle de Mack donne les mêmes résultats que la méthode de Chain Ladder.

### 6.3.3 La méthode du Bootstrap

Nous prenons en arguments le triangle tourisme 21, le but de cette partie dans un premier temps est de calculer le BE avec la méthode de bootstrap basé sur Chain Ladder puis de calculer les VaR pour des niveaux de confiance différents. Nous commençons par visualiser le triangle des résidus.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2.170450e+03	-170.28809	-3112.7776	-2167.10461	-966.3763	577.14262	3600.07716	5055.43272	2899.06038	-234.99792	-873.09366	150.2564	-18.3593	-20.6310	-205.98938	-330.3093	-979.36174	389.90954	-217.70076	-103.5338	36.47699	0
2	2.407732e+03	553.60185	-2825.0849	-2463.06230	-849.4228	1966.47637	4292.13001	2121.01565	-240.46787	-1007.85131	1171.84614	318.7926	-474.6911	1062.5035	-216.55868	292.2054	157.44506	-467.69571	467.77831	-123.1307	-36.64005	NA
3	3.623441e+03	-430.91513	-3322.6086	-2250.14217	-728.9704	5901.53999	3780.51491	-659.36949	-1511.12026	49.30520	56.69149	-533.7594	-337.8638	516.2887	367.87222	-700.9213	217.78121	23.43103	-80.09021	223.7105	NA	NA
4	6.599339e+01	-1032.26994	-3284.6735	-1339.78651	4455.4831	3557.30300	-1006.75738	-1712.28704	28.79284	674.91229	-110.59644	-508.0031	1214.7003	-414.3157	-73.21905	-445.5955	-92.08786	-10.45552	-158.35775	NA	NA	NA
5	-1.027635e+03	-1657.32837	-2324.97111	2499.52890	3430.0628	-1240.29739	-1635.89396	18.40038	648.03563	-644.49862	-315.37507	-202.6299	75.2289	-349.0259	222.29473	-172.0714	278.80715	59.75778	NA	NA	NA	NA
6	-8.810252e+02	-1182.43403	-414.8482	3166.33758	-1103.4422	-2132.30878	-604.98042	125.06664	864.68226	399.94558	403.26068	117.9539	304.7945	654.3661	-23.48446	1547.3536	393.16391	NA	NA	NA	NA	NA
7	-4.974499e+02	-710.22204	3298.5897	-740.43853	-2515.5143	196.08526	-222.93215	-168.96127	-122.86904	84.11338	438.98987	698.9830	1376.1574	-226.4496	-443.88222	-175.9767	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8	-4.859431e+02	2814.79042	-346.8233	-2518.74736	645.0007	1378.48673	-363.85826	-671.19064	159.48756	-121.81293	898.14368	396.2468	-405.5951	-560.8670	337.78549	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
9	1.335897e+03	1968.34595	-3887.8465	1407.19779	1250.7537	-699.84303	39.69754	434.44647	-684.92956	804.60048	288.11283	429.4505	-644.9379	-278.0822	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10	3.123083e+01	-2630.35354	-971.9540	1627.96305	-386.9806	848.37619	478.36870	-379.64295	1519.20757	835.63888	209.01725	-629.0285	-741.5961	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	-1.041901e+03	-2055.54669	-380.8851	-52.50005	1228.8807	1089.23038	-316.37646	1157.53855	24.76838	282.80075	-976.46812	-193.5112	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12	-1.151313e+03	-681.17633	-1132.8456	403.90008	925.9218	420.39725	407.56923	673.87613	349.04944	-424.66575	-912.33168	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	-4.727538e+02	-735.68227	-406.4394	759.73698	1628.6514	685.02235	-943.60397	-753.81337	-1337.69005	-899.60422	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14	-8.316650e+02	11.95122	-1171.9552	857.73941	3299.2163	-91.33421	-1460.24785	-1645.33580	-1819.18541	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15	-9.105672e+02	-926.03070	923.7606	2811.05747	1189.0824	-1475.79168	-3254.66911	-2048.49867	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	-8.301533e+02	-1111.60057	3203.1563	2400.02127	-1813.3047	-4103.58253	-185.85304	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
17	-1.737201e+03	316.29206	5333.7089	680.74774	-3891.7857	-3132.82583	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
18	-1.610887e+03	3230.22130	4213.6403	-2773.19311	-3376.2860	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19	-7.134341e+02	2731.15191	629.2907	-2153.27080	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20	1.319299e+03	108.99702	-433.2719	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21	2.067910e+03	-878.34312	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22	-7.531527e-13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

FIGURE 6.15 – Triangle des résidus

Sur la base de ce triangle de résidus, on effectue un rééchantillonnage pour former un triangle de résidus "Bootstrap", on calcule ensuite le triangle de règlement non cumulé, on applique Chain Ladder et on obtient notre BE, on réitère ce processus N fois, et on calcule enfin la moyenne pour obtenir notre BE règlement :

Année de survenance	Mean BE	Mean BE actualisé
2000	0	0
2001	2632,650294	2544,0653
2002	66650,86725	63120,9739
2003	181 419,9472	167 857,4871
2004	346 844,7717	314 232,2234
2005	731 362,6955	644 371,3354
2006	978 116,5548	844 301,1378
2007	2 512 835,801	2 110 559,78
2008	3 738 510,886	3 052 014,917
2009	5 600 966,58	4 435 806,992
2010	7 582 510,483	5 630 787,324
2011	9 659 687,447	7 173 303,057
2012	14 119 506,9	10 274 523,35
2013	21 428 603,51	15 076 400,24
2014	30 859 883,06	20 984 005,96
2015	53 251 605,19	34 949 511,01
2016	89 796 921,51	56 516 933,41
2017	163 739 081,6	97 704 383,83
2018	320 439 912,8	183 408 734,5
2019	538 168 015,2	297 000 745,4
2020	746 057 089,2	396 628 908,8
2021	1 915 215 509	979 930 997,1

TABLE 6.12 – Tableau des mean(BE) règlement

Les BE actualisé et non actualisé du scénario central s'élevant à :

	$BE_{centralBootstrap}$	BE actualisé $_{centralBootstrap}$
Total	3 924 477 667	2 116 916 043

Les VaR par année de survenance découlant de la distribution du BE se présentent comme suit :

Année de survenance	BE 5%	BE 10%	BE 25%	BE 50%
2000	0	0	0	0
2001	-0,003211173	-9,55621E-14	-7,82592E-59	0
2002	-154697,987	-15983,70053	-0,440635261	5,82596E-17
2003	-903677,0334	-233412,497	-1348,928361	52,85079379
2004	-1401095,164	-404647,5959	-408,5855994	20630,84716
2005	-1152041,475	-328675,4403	0,054513947	172833,3895
2006	-1859860,007	-548563,6925	7368,714188	421290,4556
2007	-1142010,456	-128874,7803	507023,8832	1760313,345
2008	-785676,5955	71065,39486	1061378,189	3063498,413
2009	-309470,6717	836633,9765	2266668,809	4675459,494
2010	941487,1419	1905151,742	3903613,824	6731553,101
2011	1825621,691	3113178,076	5635473,261	8766766,359
2012	5131567,735	6217576,059	9279819,515	13104964,77
2013	8716898,675	11043766,19	15497881,56	20372912,41
2014	16295377,74	19011516,21	23759592,57	29664685,85
2015	32850858,97	37115776,14	42923994,06	51689433,16
2016	60165649,78	65885022,19	75654996,78	89069464,02
2017	120430988,3	129005933	144683248,5	162585573,9
2018	254672899,6	267944907,7	290336972,7	319737172,7
2019	424301828,4	453384782,6	488572111,2	534069187,5
2020	523697920,1	574381391	648311493,5	732866574,6
2021	985151045,5	1182137908	1520491803	1858124935

TABLE 6.13 – VaR des BE par année de survenance pour les niveaux de confiance 5%, 10%, 25%, 50%

Année de survenance	BE 75%	BE 95%	BE 99%	BE 99,5%
2000	0	0	0	0
2001	2,47944E-84	0,020830922	40907,09574	136807,7423
2002	1797,356752	835981,9684	2667201,506	3739317,487
2003	160043,3274	2133874,447	4549151,698	6290068,581
2004	440356,0665	3070836,038	6409529,685	8215632,686
2005	1061983,57	4209708,013	9012041,723	11382505,05
2006	1652702,954	4832087,899	8556646,502	9672160,083
2007	3927072,223	8357884,682	13268734,8	16423858,24
2008	5790405,342	10371413,39	15954029,44	17356395,38
2009	7867994,65	15158461,29	19824973,92	24061231,23
2010	10140969,64	18204101,13	23421364,57	27117642,39
2011	13314458,01	19736920,1	25822264,77	28714186,9
2012	17976742,32	26070126,25	34593034,23	37485241,04
2013	26683820,55	36347796,88	45806094,43	48322553,77
2014	37311086,16	48604641,82	57501861,69	60228787,27
2015	62279726,3	78415573,19	90052017,62	91173444,53
2016	102465459,6	122020069	135856613,4	137874785,2
2017	180885651,4	209055618,9	235612149,4	246573153,5
2018	347370527,7	392112617,8	433206349,4	444372870,7
2019	580660704,2	675003252,3	725752970,7	750627215,1
2020	826026749,3	1035088280	1173462983	1211619597
2021	2240464511	3079009077	3615827693	4049155968

TABLE 6.14 – VaR des BE par année de survenance pour les niveaux de confiance 75%, 95%, 99%, 99,5%

On synthétise les quantiles toutes années de survenance confondues et on les actualise avec la même démarche :

Quantile BE actualisé	total
5%	1 489 168 500
10%	1 611 487 012
25%	1 795 064 861
50%	1 977 838 345
75%	2 192 252 298
90%	2 632 989 626
95%	3 014 741 692
99,5%	3 199 045 725

TABLE 6.15 – VaR des BE

On trace l'histogramme du BE ainsi que sa fonction de répartition empirique, les

deux schémas semblent s'approcher de ceux de la loi log-normale ou de la loi normale.

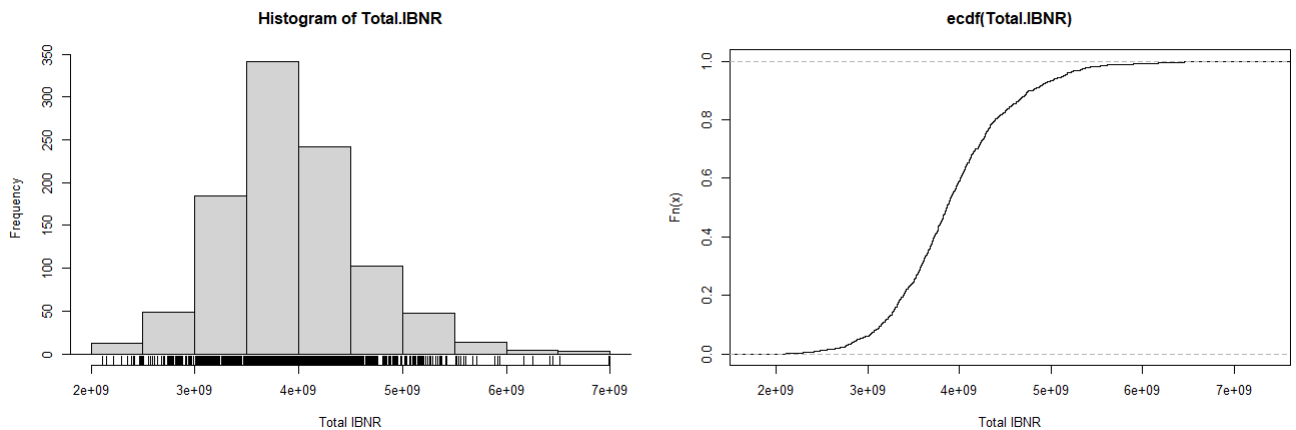


FIGURE 6.16 – BE distribution

Comme la distribution du Best Estimate semble suivre une loi log-normale ou normale. Ceci est pris en compte dans la modélisation du RA par la suite..

### 6.3.4 Synthèse des résultats

On synthétise dans le tableau suivant le BE central calculé sur la base des différents méthodes de projections :

Méthode de projection	BE central
Chain Ladder sans retraitement-Mack	1 026 508 536
Chain ladder avec retraitement	1 086 046 865
Bootstrap	2 116 916 043

En conclusion, les résultats des ces trois méthodes de provisionnement montrent des différences significatives dans les estimations du BE. La méthode classique du Chain-Ladder/ modèle de Mack fournit une estimation relativement stable, mais ne tient pas compte des variations et des anomalies potentielles dans les données, comme ces facteurs de passage n'ont pas été retraités pour cette cause. La méthode avec retraitements de facteurs montre une légère amélioration en ajustant les estimations initiales, ce qui peut conduire à une meilleure adaptation aux spécificités des sinistres, cette méthode donne un BE de 1 086 046 865 soit une estimation supérieure de 6% par rapport à Chain Ladder classique. Enfin, la méthode Bootstrap prend en compte les incertitudes et les variations, ce qui conduit à une estimation plus prudente.

Toutefois il existe des raisons propres à la méthode Bootstrap qui conduisent à une sur-estimation du BE. En effet nos calculs ont été menés avec la fonction R

BootChainLadder(), toutefois cette fonction résoud le problème des résidus négatifs en sélectionnant la valeur absolue de ces derniers, ceci sans réajustement par rapport à la provision calculée par Chain Ladder. Bootstrap donne donc des résultats plutôt éloignés par rapport aux IBNR calculés par l'ensemble des autres méthodes sur les triangles comportant des incréments négatifs.

On note qu'on prend en compte ces différences lors de l'évaluation des provisions en assurance afin de choisir la méthode qui convient le mieux aux spécificités du portefeuille d'assurance.

## 6.4 Calcul de l'ajustement pour risque non financier

Dans le cadre de ce mémoire, nous utiliserons la VaR (Value at Risk). Pour cela, il sera nécessaire d'estimer la distribution des provisions. Ainsi, nous examinerons en détail, dans les sections suivantes, trois méthodes pour évaluer la distribution des provisions afin de calculer le RA (Risk Adjustment) selon la norme IFRS 17 :

- **La méthode déterministe** : Méthode de la duration ;
- **La méthode paramétrique** : Modélisation avec la distribution de Bootstrap et avec les résidus de Mack ;
- **La méthode non paramétrique** : Bootstrap de Chain Ladder.

Les approches stochastiques permettent d'évaluer la volatilité en utilisant des formules déterminées dans le premier cas, et sans faire d'hypothèses sur les lois de probabilité dans le cadre du Bootstrap.

La volatilité estimée à l'aide de ces méthodes est conforme à la définition du RA (Risk Adjustment) telle qu'énoncée dans la norme IFRS 17. En effet, le RA doit être constitué pour faire face à l'incertitude concernant la date et le coût des flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance liés aux risques non financiers. En évaluant la volatilité des réserves, nous prenons en compte deux types d'erreurs liées au risque d'assurance :

- Une erreur d'estimation résultant de la variabilité naturelle des sinistres ;
- Une erreur de processus découlant de l'incertitude engendrée par la méthode proposée.

### 6.4.1 La méthode déterministe : La duration

Ci-après nous présentons le récapitulatif du calcul du RA par la méthode de duration. Notons que RA Chain Ladder signifie que le calcul est effectué à la base de la duration

calculée par les flux de Chain Ladder. On calcule cette duration sur la base du BE actualisé de la méthode Chain Ladder classique :

Duration	BE Chain Ladder	RA chain Ladder	RA%BE
19,43626096	1 026 508 536	1197089268	116,62%

Cette méthode nous donne une duration grande de 19,43 qui s'approche de l'horizon de survenance, c'est à dire 22 ans, ce chiffre est du à l'augmentation des charges durant les années ultérieures de survenance de manière importante par rapport aux premières années, cette duration signifie, de point de vue financier, qu'il faut en moyenne 19,43 années pour que l'ensemble de charges de la branche tourisme soient réglées.

RA%BE donne un pourcentage de 116,62%, soit une RA qui dépasse même le BE. On déduit que cette méthode n'est pas applicable pour le portefeuille.

### 6.4.2 La méthode paramétrique

Pour la méthode paramétrique, nous tenons en premier lieu de modéliser le BE de la distribution empirique donnée par Bootstrap. Nous approximons la distribution de ce Best Estimate dans un premier temps par les lois usuelles qu'on a suggéré auparavant dans la partie Calcul du BE par Bootstrap, à savoir : la loi normale et la loi log-normale. Le graphe suivant montre la fonction de répartition du BE empirique et de l'ajustement par les deux lois normale et log-normale.

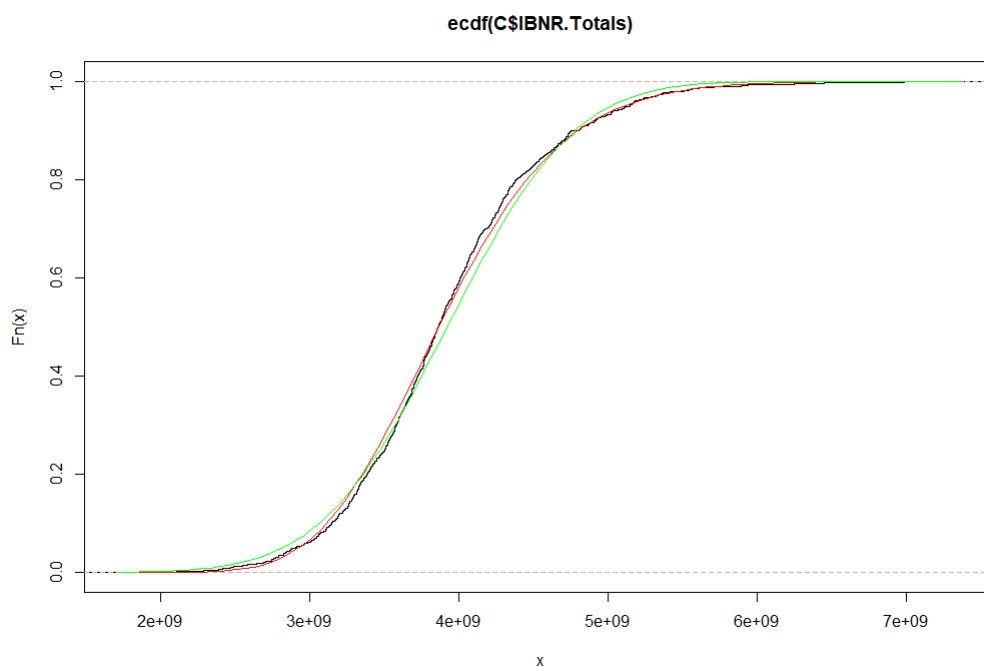


FIGURE 6.17 – Distribution du BE, loi normale et log-normale

Nous procédons ensuite au test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov (Voir Annexe 6.7) pour obtenir la loi adaptée pour modéliser la distribution du BE. Ainsi pour les résultats du Test de K-S. on a :

<code>Asymptotic one-sample Kolmogorov-S</code>	<code>Asymptotic one-sample Kolmogorov-Smirnov test</code>
<code>data: C\$IBNR.Totals</code> <code>D = 0.032439, p-value = 0.2433</code> <code>alternative hypothesis: two-sided</code>	<code>data: C\$IBNR.Totals</code> <code>D = 0.058636, p-value = 0.002064</code> <code>alternative hypothesis: two-sided</code>
((a)) Test de Kolmogorov-Smirnov pour la loi Log-Normale	((b)) Test de Kolmogorov-Smirnov pour la loi Normale

FIGURE 6.18 – Test de Kolmogorov-Smirnov pour les deux lois

La sortie ci-dessus détaille les résultats obtenus, nous remarquons ainsi que seulement la loi log-normale possède une p-value supérieure à 0.05 et donc nous pouvons conclure que c'est la loi la plus adaptée pour modéliser la distribution du Best Estimate.

Il ne reste que calculer les quantiles de la loi lognormale et déduire le RA paramétrique de bootstrap après actualisation des quantiles :

BE central bootstrap
2 116 916 043

niveau de confiance	quantile	RA paramétrique de bootstrap	RA%BE
75%	2218367766	101451723	4,79%
90%	2457794715	340878672,1	16,10%
95%	2613269996	496353953,3	23,45%
99.5%	3058066512	941150469,4	44,46%

Maintenant, nous procédons à un deuxième type de modélisation en ayant recours aux erreurs de Mack. Pour la loi normale, les paramètres du modèle sont la moyenne qui est le BE central de Bootstrap, et l'écart type donné par l'erreur de Mack. Les paramètres de la loi log-normale, sont présentés dans la partie calcul du BE : modèle de Mack.

Nous procédons ensuite au test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov :

```

One-sample Kolmogorov-Smirnov          One-sample Kolmogorov-Smirnov test
data: C$IBNR.Totals[C$IBNR.Totals > (data: C$IBNR.Totals
D = 1, p-value < 2.2e-16                D = 0.73098, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided        alternative hypothesis: two-sided
((a)) Test de Kolmogorov-Smirnov pour la ((b)) Test de Kolmogorov-Smirnov pour la
loi Log-Normale                          loi Normale

```

FIGURE 6.19 – Test de Kolmogorov-Smirnov pour les deux lois : Modèle de Mack

Les tests sur les deux lois donnent une p-value inférieure à 0.05 et une grande distance D qui est significativement non nulle, ainsi, on déduit qu'aucune de ces lois ne peut servir à modéliser le BE.

Donc, il n'est pas question d'adopter l'une des lois dans le calcul du RA.

### 6.4.3 La méthode non paramétrique : Bootstrap

Comme détaillé dans la partie BE, nous calculons et actualisons les VaR pour les différents niveaux de confiance, nous obtenons les RA Bootstrap à travers les quantiles de la distribution empirique :

BE central bootstrap
2 116 916 043

Niveau de confiance	Quantile	RA bootstrap	RA%BE
75%	2 192 252 298	75 336 254,96	3,559%
90%	2 632 989 626	516 973 583,1	24,379%
95%	3 014 741 692	897 825 649,3	42,412%
99,5%	3 199 045 725	1 082 129 682	51,118%

## 6.5 Provisions pour primes non acquises :

L'évaluation du passif lié à la couverture restante LRC des contrats dans le cadre du modèle général est simplifiée en répartissant les primes sur la période de couverture en fonction du temps écoulé ou en proportion des avantages escomptés. Pour ce faire, les trois composantes du passif (la meilleure estimation, l'ajustement pour le risque et la marge sur services contractuels) sont regroupées en une seule provision 4.3 qui est la provision pour primes non acquise.

Pour l'exercice 2021, notre PPNA pour la branche tourisme est :

PPNA
419 288 553,49

TABLE 6.16 – PPNA pour l'exercice 2021

## 6.6 Analyse de mouvements :

### 6.6.1 Résultats de projection pour l'année 2022

Avant de passer à l'analyse de mouvements de l'année 2021 à l'année 2022, nous présenterons les résultats de projection l'année 2022, en retenant la méthode de projection Chain Ladder, première option de retraitement et en retenant le RA%BE à un niveau de confiance 75% calculé auparavant avec la méthode Bootstrap, et qui vaut : 3,559% du BE.

Les résultats du calcul du LIC pour l'année 2022 sont :

Année de survenance	PSAP DD	Charge ultime	Dernière charge	IBNR	$BE_{charge}$
2000	2 242 532	153 033 609	153 033 609	0	2 242 532
2001	2 843 274	152 454 676	152 454 676	0	2 843 274
2002	2 809 127	156 977 552	156 977 552	0	2 809 127
2003	3 645 351	171 059 514	171 152 562	-93 048	3 552 303
2004	3 699 714	171 700 066	172 191 117	-491 051	3 208 663
2005	2 836 047	162 145 561	162 842 362	-696 801	2 139 246
2006	3 599 167	189 123 720	190 256 077	-1 132 356	2 466 810
2007	4 683 158	225 001 005	226 516 539	-1 515 534	3 167 624
2008	4 954 000	266 592 034	269 094 365	-2 502 330	2 451 670
2009	5 724 922	285 851 669	288 489 059	-2 637 390	3 087 532
2010	7 035 155	282 480 225	285 848 732	-3 368 508	3 666 647
2011	8 877 955	272 747 345	276 358 181	-3 610 836	5 267 119
2012	10 429 577	280 965 082	285 917 851	-4 952 770	5 476 807
2013	14 838 621	307 840 929	315 127 278	-7 286 349	7 552 272
2014	19 383 043	300 339 120	310 100 138	-9 761 018	9 622 025
2015	31 744 021	344 852 911	359 181 332	-14 328 421	17 415 600
2016	43 698 867	362 861 668	381 064 552	-18 202 884	25 495 983
2017	74 126 853	421 982 282	445 448 886	-23 466 604	50 660 249
2018	121 376 012	497 218 144	527 673 382	-30 455 238	90 920 774
2019	194 722 115	527 480 556	570 864 521	-43 383 965	151 338 150
2020	189 503 168	377 992 914	398 710 293	-20 717 379	168 785 789
2021	375 426 795	521 467 919	522 635 493	-1 167 574	374 259 221
2022	233 019 998	286 439 459	266 516 901	19 922 558	252 942 555

TABLE 6.17 – Calcul du Best Estimate par année de survenance du triangle de charge pour la branche Tourisme Corporel au 31/12/2022

Année de survenance	BE	BE actualisé
2000	2 242 532	2 177 107
2001	2 843 274	2 760 323
2002	2 809 127	2 727 173
2003	3 552 303	3 448 667
2004	3 208 663	3 048 232
2005	2 139 246	2 006 175
2006	2 466 810	2 299 766
2007	3 167 624	2 956 239
2008	2 451 670	2 271 889
2009	3 087 532	2 854 969
2010	3 666 647	3 344 179
2011	5 267 119	4 760 229
2012	5 476 807	4 946 459
2013	7 552 272	6 814 132
2014	9 622 025	8 708 864
2015	17 415 600	15 750 343
2016	25 495 983	23 153 736
2017	50 660 249	45 952 809
2018	90 920 774	82 700 818
2019	151 338 150	138 133 635
2020	168 785 789	154 821 931
2021	374 259 221	342 682 893
2022	252 942 555	229 307 494

TABLE 6.18 – Best Estimate par année de survenance pour la branche Tourisme Corporel actualisé par la courbe de taux sans risque au 31/12/2022

Donc nous obtenons le résultat du calcul du Best Estimate du scenario central, et du RA pour le niveau de confiance 75% :

	BE	$BE_{central}$
Total	1 191 371 971	1 087 628 062

$BE_{central}$	$RA\%BE$	RA
1 087 628 062	3,559%	38 708 683

TABLE 6.19 – Résultats du LIC pour l'année 2022

Nous présenterons maintenant les résultats du LRC pour l'année 2022 :

PPNA
422 230 277,74

TABLE 6.20 – PPNA pour l'exercice 2022

### 6.6.2 Mouvement du passif LIC

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for current service</b>			
Opening liability			
Closing liability	229 307 494	8 161 054	237 468 548
Cash Flows	252 942 555	9 002 226	261 944 781
Discounting	-23 635 061	-841 172	-24 476 233

•**Liability for current service (Passif au titre de la survenance de l'exercice)** : Cela représente les engagements financiers liés aux services actuels (2022) fournis par l'assureur. On reprend les des flux de trésorerie actualisés et non actualisés au titre de l'exercice 2022, et l'effet de l'actualisation (réduction de la valeur des engagements futurs en fonction du temps), ceci pour le BE comme pour le RA.

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for past service</b>			
Opening liability	1 086 046 865	38 652 408	1 124 699 273
Cash Flows	1 152 183 845	41 006 223	1 193 190 068
Discounting	-66 136 980	-2 353 815	-68 490 795
Unwind	17 610 671	626 764	18 237 435
Changes in financial assumptions	-22 003 156	-783 092	-22 786 248
Expected payments	-368 263 892		-368 263 892
Risk adjustment release		-13 106 512	-13 106 512
Changes in non financial assumptions	144 930 080	5 158 062	150 088 142
Closing liability	858 320 569	30 547 629	888 868 198
Cash Flows	938 429 416	33 398 703	971 828 119
Discounting	-80 108 848	-2 851 074	-82 959 921

•**Liability for past service (Passif au titre des survenances passées)** : Il s'agit des engagements financiers liés aux services déjà fournis par l'assureur. Comme pour la responsabilité pour les services courants, on retrouve une provision d'ouverture, des flux de trésorerie, une actualisation, un dénouement (révision des estimations antérieures) et divers ajustements liés aux hypothèses financières et non financières.

	Best Estimate	Risk Adjustment	Total
<b>Liability for Incurred Claims</b>			
Closing liability	1 087 628 062	38 708 683	1 126 336 745
Cash Flows	1 191 371 971	42 400 928	1 233 772 900
Discounting	-103 743 909	-3 692 246	-107 436 155

• **Liability for Incurred Claims (Passif au titre des sinistres survenus)** : On reprend les engagements financiers liés aux sinistres survenus et qui sont encore en cours de règlement. On retrouve une clôture de responsabilité, des flux de trésorerie et une actualisation.

### 6.6.3 Mouvement du passif LRC

L'analyse de mouvement de l'année 2021 à l'année 2022 prend en considération les variations suivantes :

	Liability for remaining coverage	Total
2021	Opening liability	419 288 553,49
+	Affaires nouvelles	1 720 365 349,84
-	Frais d'acquisition	156 396 849,99
+	Amortissement des frais	0
-	Revenu d'assurance	1 561 026 776,60
2022	Closing liability	422 230 277,74

## 6.7 Compte de résultat

<b>Insurance revenue</b>	1 561 026 776
<b>Insurance service expenses</b>	-728 061 675
Claims paid	-565 476 150
Acquisition costs expenses	-156 396 850
Admin general expenses	0
Changes in LIC CY - PVFCF	-229 307 494
Changes in LIC CY - RA	-22 930 749
Changes in LIC PY - PVFCF	223 333 812
Changes in LIC PY - RA	22 333 381
<b>Net finance income or expenses from insurance contracts</b>	4 550 570
Unwinding of LIC - PVFCF	-17 610 671
Unwinding of LIC - RA	-633 808
Impact of changes in financial assumptions - LIC - PVFCF	22 003 156
Impact of changes in financial assumptions - LIC - RA	2 791 894
<b>Total P&amp;L</b>	837 515 671

TABLE 6.21 – Compte de résultat : P&L

Les informations fournies présentent une analyse de l'évolution des différents éléments financiers et non financiers pour les passifs LIC et la LRC de 2021 à 2022. De plus, le compte de résultat présente les revenus, les dépenses et le résultat financier net provenant des contrats d'assurance du portefeuille étudié.

# Conclusion générale

Intitulé **”Implémentation de la norme IFRS 17 sur un portefeuille de contrats d’assurance non-vie”**, ce sujet de stage avait pour objectif de mettre en place une application sous R-Shiny qui va automatiser l’ensemble des évaluations et projections indispensables à la comptabilisation des contrats d’assurance sous IFRS 17, en mettant en place les différents options et choix inhérents à l’activité actuarielle.

Pour ce faire, nous avons choisi le modèle de comptabilisation simplifié à savoir le Premium Allocation Approach (PAA) que nous avons appliqué sur un portefeuille non vie, pour la branche Auto, couvrant les usages : Tourisme, C1, C2, Divers et GA, ceci pour les deux types Corporel et Matériel. Dans ce rapport, Nous mettons en exergue notre démarche pour l’usage Tourisme.

Après avoir expliciter les hypothèses de travail, nous construisons la courbe de taux sans risque, puis nous appliquons les méthodes de projection expliquées dans la partie théorique, sur nos triangles pour l’année 2020, pour aboutir aux deux provisions essentielles en PAA : LRC et LIC.

Ensuite, nous passons à l’analyse de mouvement de l’année 2021 à l’année 2022, afin de distinguer les changements de flux et les postes responsables de ces changements, ce qui est d’ailleurs l’apport primordial de l’IFRS 17, afin d’offrir une évaluation plus prudente du passif, ainsi, on aboutit au compte de résultat 2022.

# Annexe

## **SECTEUR MAROCAIN DES ASSURANCES :**

Le secteur de l'assurance au Maroc se caractérise par la présence d'une diversité d'acteurs nationaux et internationaux. Ce marché est réglementé par l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS), qui assure la régulation, la supervision et le bon fonctionnement du secteur.

Le marché marocain de l'assurance propose une large gamme de produits, couvrant à la fois l'assurance vie et l'assurance non-vie, ainsi que des assurances spécialisées telles que l'assurance agricole, l'assurance automobile et l'assurance santé. Il convient de noter cependant que certains types d'assurance ne sont pas présents au Maroc en raison du manque de développement des marchés concernés ou d'autres raisons.

## Le marché assurantiel marocain en chiffres

La structure du chiffres d'affaire du marché assurantiel en 2022 au Maroc se caractérise par la dominance de l'assurance Non Vie avec un chiffre de 29 102.8 millions de dirhams, contribuant d'un pourcentage de 53.3% du chiffre global, par la branche Automobile et Accidents Corporels avec des pourcentages respectifs de 25.2% et 9.3%. l'Assurance Vie et Capitalisation se positionne en 2022 avec un chiffre de 25 407.7 millions de dirhams, avec au sommet les Assurances Individuelles.

De point de vue évolution par rapport aux années antérieures, on constate un rythme d'évolution stable pour l'Assurance Non Vie qui a diminué de 7.7% au titre de 2020-2021 à 6.7% au titre de 2021-2022, tandis que pour l'Assurance Vie, la baisse est de 1.8% de 12.5% au titre de 2020-2021 à 10.7% au titre de 2021-2022.

FIGURE 6.20 – Evolution du Chiffre d'Affaires du marché assurantiel au Maroc en millions de DH

	2020	2021	2022	Evolution 2021/2022	Evolution 2020/2021
<b>Assurances Vie &amp; Capitalisation</b>	<b>20 395,9</b>	<b>22 942,4</b>	<b>25 407,7</b>	<b>10,7%</b>	<b>12,5%</b>
Assurances Individuelles	7 928,5	9 049,2	10 076,7	11,4%	14,1%
Assurances de Groupes	2 724,8	2 880,9	3 540,9	22,9%	5,7%
Capitalisation	8 320,0	9 305,4	10 558,5	13,5%	11,8%
Contrats à Capital Variable	1 422,1	1 706,7	1 229,2	-28,0%	20,0%
Autres opérations vie	-	-	2,3	0,0%	0,0%
Acceptations Vie	0,5	0,1	-	-100,0%	-74,5%
<b>Assurances Non Vie</b>	<b>25 311,2</b>	<b>27 264,5</b>	<b>29 102,8</b>	<b>6,7%</b>	<b>7,7%</b>
Automobile	11 964,5	12 988,7	13 726,7	5,7%	8,6%
Accidents corporels	4 417,9	4 772,8	5 045,9	5,7%	8,0%
Accidents du Travail	2 207,0	2 319,6	2 495,0	7,6%	5,1%
Incendie	1 920,9	2 053,6	2 095,7	2,0%	6,9%
Assistance - Crédit - Caution	1 430,2	1 513,9	1 671,4	10,4%	5,8%
Autres Opérations Non Vie	955,3	888,2	949,8	6,9%	-7,0%
Transport	652,6	706,4	883,6	25,1%	8,2%
Responsabilité Civile Générale	567,8	604,4	703,4	16,4%	6,5%
GCEC (*)	476,7	521,8	560,9	7,5%	9,5%
Acceptations – GCEC (**)	350,0	397,4	434,7	9%	13,5%
Risques Techniques	173,6	276,1	284,4	3,0%	59,0%
Acceptations Non Vie	194,7	221,6	251,3	13,4%	13,8%
<b>Total</b>	<b>45 707,1</b>	<b>50 206,9</b>	<b>54 510,5</b>	<b>8,6%</b>	<b>9,8%</b>

## Primes émises par entreprise d'assurance au Maroc

En 2022, le secteur marocain des assurances affiche des primes émises globales de 54 510.5 millions de DH, en hausse de 8.6% par rapport à l'exercice précédent, poursuivant un rythme d'augmentation positif, qui traduit le bon dynamisme du secteur.

Cette performance est portée aussi bien par l'activité Vie que Non-Vie. Selon l'Autorité de contrôle des assurances et de la prévoyance sociale (ACAPS), la branche "Vie" a enregistré une hausse de 12.5% des primes d'un total de 25 407.7 millions de dirhams, et la branche "Non vie" a totalisé 29 102.8 millions de dirhams en progression de 6,7% au titre de 2021-2022.

L'analyse du classement des compagnies en 2022 montre que Wafa Assurance conserve son leadership avec une part de marché de 19,1%, marquant une forte progression de 14.7% par rapport à 2021, avec un volume de primes émises qui a atteint 10 425.1 millions de dirhams en 2022. RMA se positionne deuxième avec un chiffre de 8076.1 millions de millions de dirhams pour une part de marché de 14.8%.

FIGURE 6.21 – Primes émises par entreprise d'assurances Exercice 2022

<b>Assurances Vie et Non Vie</b>					
	2020	2021	2022	Evolution 2021/2022	Part marché
Wafa Assurance	8 374,2	9 088,9	10 425,1	14,7%	19,1%
RMA	6 876,0	7 680,7	8 076,1	5,1%	14,8%
Mutuelle Taamine Chaabi	5 787,3	6 308,4	7 345,1	16,4%	13,5%
Axa Assurance Maroc	4 871,7	5 567,4	6 027,8	8,3%	11,1%
Sanlam	5 126,0	5 621,1	5 954,5	5,9%	10,9%
AtlantaSanad	4 937,6	5 400,8	5 403,6	0,1%	9,9%
MCMA	1 798,0	2 067,0	2 270,1	9,8%	4,2%
Marocaine Vie	2 158,2	2 339,1	2 268,7	-3,0%	4,2%
Allianz Assurance Maroc	1 572,3	1 426,8	1 486,1	4,2%	2,7%
MAMDA	1 092,5	1 172,1	1 278,0	9,0%	2,3%
CAT	1 044,1	1 177,2	1 263,7	7,4%	2,3%
MATU	525,7	714,1	862,7	20,8%	1,6%
Maroc Assistance Internationale	561,5	620,9	602,7	-2,9%	1,1%
Africa First Assist	325,8	322,0	373,4	16,0%	0,7%
Wafa Ima Assistance	258,3	281,6	348,6	23,8%	0,6%
Euler Hermes ACMAR	136,3	134,2	140,4	4,6%	0,3%
RMA Assistance	109,2	123,0	140,0	13,9%	0,3%
Coface Maroc	81,1	71,2	112,3	57,7%	0,2%
Axa Assistance Maroc	47,0	55,8	74,9	34,2%	0,1%
Smaex	27,6	34,8	44,8	28,9%	0,1%
Takafulia Assurance	-	-	5,8	-	0,011%
Wafa Takaful	-	-	3,8	-	0,007%
Al Maghribia Takaful	-	-	1,5	-	0,003%
Taawouniyate Taamine Takafuli	-	-	0,7	-	0,001%
<b>Total</b>	<b>45 710,4</b>	<b>50 206,9</b>	<b>54 510,5</b>	<b>8,6%</b>	<b>100,0%</b>

## Focus sur l'Assurance non Vie au Maroc

Une assurance non-vie regroupe toutes les assurances hormis les contrats d'assurance-vie. Autrement dit, elle concerne l'ensemble des conventions prudentielles qui ne sont pas liées ou conditionnées directement à la vie de l'assuré. L'assurance non-vie regroupe l'ensemble des contrats de type IARD (abréviation de Incendie, Accidents et Risques Divers). A titre d'exemple : l'assurance auto, assurance habitation, prévoyance, la mutuelle santé. Au Maroc, 10 compagnies d'assurance opèrent dans la non vie parmi lesquels 3 qui y opèrent exclusivement :

Compagnies opérant en non vie	Compagnies opérant exclusivement en non vie
Allianz Maroc	Mutuelle Agricole Marocaine d'Assurance (MAMDA)
Atlanta Sanad	CAT Assurance et Réassurance
Axa Assurance Maroc	Mutuelle d'Assurances des Transporteurs Unis (MATU)
Mutuelle Centrale Marocaine d'Assurance (MCMA)	
Royale Marocaine d'Assurance (RMA)	
Sanlam Maroc	
Wafa Assurance	

Le volume de primes émises en Assurance non Vie au Maroc augmente de 25 311 millions de dirhams en 2020 à 27 265 millions de dirhams en 2021, et de ce dernier à 29 103 millions de dirhams en 2022.

Au titre de l'exercice 2022, l'Assurance Non Vie au Maroc est dominé par l'usage Automobile avec un montant de Primes émises de 13 726.7 millions de dirhams, suivi par l'usage Accidents Corporels avec des primes de 5045.9 millions de dirhams.

Pour l'évolution des usages en Assurance Non Vie, on constate pour l'ensemble des usages une évolution à la hausse, sauf pour Autres Opérations Non Vie.

Pour l'analyse de classement des compagnies d'assurances opérant en Non Vie, Sanlam se classe première avec une part de marché de 17.3% suivi de Wafa Assurance, AtlantaSanad, Axa Assurance et RMA avec les parts les plus importantes dans le marché.

FIGURE 6.22 – Primes émises par entreprise en Assurance Non Vie Exercice 2022

<b>Assurances Non Vie (y compris les acceptations en réassurance)</b>					
	2020	2021	2022	Evolution 2021/2022	Part marché
Sanlam	4 307,3	4 702,5	5 022,4	6,8%	17,3%
Wafa Assurance	4 002,8	4 084,2	4 484,0	9,8%	15,4%
AtlantaSanad	3 847,8	4 046,2	4 179,8	3,3%	14,4%
Axa Assurance Maroc	3 144,0	3 646,8	3 885,1	6,5%	13,3%
RMA	3 457,1	3 699,4	3 782,9	2,3%	13,0%
MAMDA	1 092,5	1 172,1	1 278,0	9,0%	4,4%
MCMA	1 043,0	1 168,2	1 272,1	8,9%	4,4%
CAT	1 044,1	1 177,2	1 263,7	7,4%	4,3%
Allianz Assurance Maroc	1 206,2	1 124,2	1 140,6	1,5%	3,9%
MATU	525,7	714,1	862,7	20,8%	3,0%
Maroc Assistance Internationale	561,5	620,9	602,7	-2,9%	2,1%
Africa First Assist	325,8	322,0	373,4	16,0%	1,3%
Wafa Ima Assistance	258,3	281,6	348,6	23,8%	1,2%
Euler Hermes ACMAR	136,3	134,2	140,4	4,6%	0,5%
RMA Assistance	109,2	123,0	140,0	13,9%	0,5%
Coface Maroc	81,1	71,2	112,3	57,7%	0,4%
Marocaine Vie	97,3	86,3	93,3	8,1%	0,3%
Axa Assistance Maroc	47,0	55,8	74,9	34,2%	0,3%
Smaex	27,6	34,8	44,8	28,9%	0,2%
Takafulia Assurance	-	-	1,2	-	0,004%
<b>Total</b>	<b>25 314,5</b>	<b>27 264,5</b>	<b>29 102,8</b>	<b>6,7%</b>	<b>100,0%</b>

## Presentation de l'organisme :

MAZARS est un cabinet de conseil international d'origine française spécialisé dans l'audit, l'actuariat, l'expertise comptable, la fiscalité et le conseil aux entreprises. Le siège social de l'entreprise existe à Paris.

En 1977 , MAZARS a démarré son activité avec 33 salariés en France, l'effectif global du cabinet est aujourd'hui supérieur à 42000 professionnels dans le monde, où MAZARS est présent dans 90 pays et territoires.

MAZARS s'affirme comme le challenger mondial capable de proposer des solutions fluides et sur mesure aux grandes sociétés internationales. La particularité de ce groupe tient à son origine française dans un marché de l'audit et du conseil largement dominé par les cabinets anglosaxons tels Deloitte, KPMG, Ernst Young et PricewaterhouseCoopers. Dans ce cadre, Mazars occupe en Europe la cinquième place derrière ces derniers, communément appelés les "Big four".



Le Cabinet MAZARS figure parmi les cinq plus importants Cabinets d'audit et de conseil du Royaume. Il a une expérience approfondie de plus d'une quarantaine d'années dans les métiers d'audit, de la fiscalité, de l'actuariat et du consulting. Il mène annuellement plus de 500 missions d'audit, de conseil et d'accompagnement juridique, comptable et fiscal en respectant les six valeurs fondamentales : l'excellence technique, l'intégrité, la transparence, la responsabilité, la diversité et la continuité.

MAZARS est codirigé aujourd'hui par douze Associés, aux très profils pointus, encadrent plus de 180 collaborateurs.

Le dit Cabinet porte un intérêt particulier à l'accompagnement des entreprises désireuses d'investir ou de se développer en Afrique.

Le dit Cabinet porte un intérêt particulier à l'accompagnement des entreprises désireuses d'investir ou de se développer en Afrique.

●**ACTUARIAT** : modélisation et évaluation actuarielle, mesure de capital et gestion des risques financiers, valorisation d'instruments financiers, rémunération, modélisation statistique et analyse des données.

●**AUDIT** : commissariat aux comptes, audit contractuel, audit de projets, audit des marchés publics, audit IT.

●**CONSULTING** : accompagnement des politiques publiques, stratégie-gouvernance

organisation, veille et intelligence économique, management des risques et contrôle interne, AMOA des projets IT, IFRS, Bâle 2/3.

●**FINANCIAL ADVISORY** : transactions services, modélisation évaluation, litiges et fraudes, retournement et restructuration, conseil en fusions et acquisitions, accompagnement juridique.

●**FISCALITE** : fiscalité des entreprises, contrôle et contentieux fiscal, fiscalité indirecte, fiscalité immobilière, fusions-acquisitions, mobilité internationale-fiscalité patrimoniale, restructuration.

●**OUTSOURCING** : consolidation et reporting expertise comptable, conseil comptable et réglementaire, externalisation, process outsourcing (BPO), financement trésorerie d'entreprise, centre de services partagés (CSP).

●**ACCOMPAGNEMENT EN AFRIQUE** : Accompagnement et business développement, stratégies d'internationalisation, montages financiers, soutien à l'export, conseil à l'investissement, veille stratégiques et études de marché, support aux transactions, formation sur-mesure, coaching interculturel africain.

## Partie Theorique :

### Value At Risk :

La Value at Risk (VaR) est une mesure statistique utilisée pour estimer la perte maximale probable d'un portefeuille d'investissement sur une période donnée, avec un niveau de confiance spécifié. En d'autres termes, la VaR est une estimation du montant maximal de perte qu'un investisseur pourrait raisonnablement s'attendre à subir, avec une certaine probabilité, sur un horizon de temps donné.

**Formalisation mathématique :** On considère un portefeuille d'actif entre les périodes 0 et T par un processus stochastique.

$$P = (P(t), 0 \leq t \leq T)$$

On note  $P(0) = P_0$  la valeur du portefeuille à l'instant 0 et  $P(T) = P_T$  à l'instant T.

Sur un horizon de longueur T, le gain ou la perte est donné par  $P_T - P_0$ .

Si ce nombre est positif, il est clair que le portefeuille s'est valorisé. Si en revanche lorsque la valeur est négative, on remarque que le portefeuille s'est déprécié.

Pour un seuil de confiance donné  $\alpha$ , la value at risk définie plus haut se formalise par :

$$P[P_T - P_0 \leq VaR_\alpha] = 1 - \alpha$$

La VaR est un quantile de la distribution au niveau  $\alpha$  des gains ou pertes du portefeuille sur un horizon de temps T.

On peut aussi définir La Tail Value at Risk :

$$TVaR(X) = \frac{1}{1-\alpha}(E(X) - \int_0^\alpha VaR_\epsilon(X)d\epsilon)$$

### Test de Kolmogorov-Smirnov

La statistique de Kolmogorov-Smirnov  $D_n$ , est directement construite à partir de la notion de distance de Kolmogorov-Smirnov entre deux fonction de répartition. Cette distance est définie comme la plus grande différence entre les deux fonctions. La statistique est donc :

$$D_n = \max_x |F_n(x) - F_0(x)|$$

## Rappels sur les estimateurs :

**Définition d'un estimateur** : On suppose disposer d'un échantillon d'observations  $(X_1, \dots, X_n)$  issu d'une loi de probabilité de paramètre  $\theta$  inconnu.  $\hat{\theta}_n$  est un estimateur de  $\theta$  si  $\hat{\theta}_n$  s'écrit comme une fonction mesurable des observations  $(X_1, \dots, X_n)$ .

**Consistance d'un estimateur** Soit  $(\theta_n)$ , une suite d'estimateurs d'un paramètre inconnu  $\theta$ .

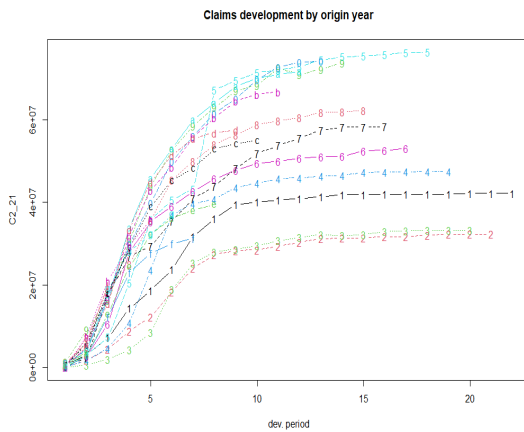
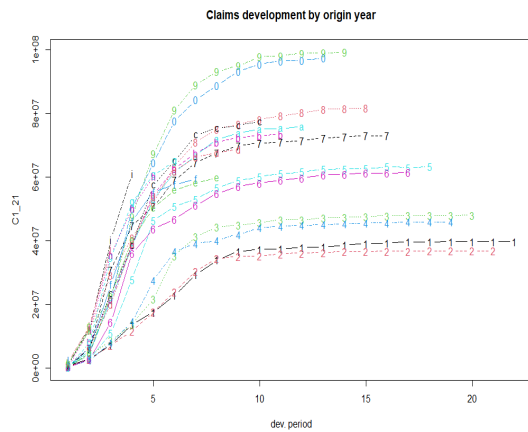
On dit que :

•  $(\theta_n)$  est faiblement consistant si, lorsque  $n$  tend vers l'infini,  $(\theta_n) \rightarrow \theta$ , en probabilité, c'est-à-dire,  $\forall \epsilon \geq 0, P(|\theta_n - \theta| \geq \epsilon) \rightarrow 0$ .

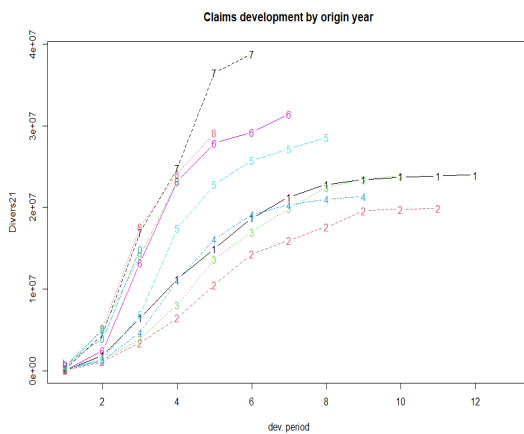
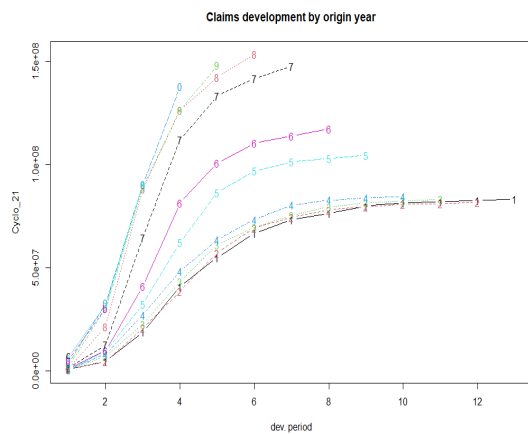
•  $\theta_n$  est fortement consistant si, lorsque  $n$  tend vers l'infini,  $\theta_n \rightarrow \theta$ , presque sûrement, c'est-à-dire,  $P(\theta_n \rightarrow \theta) = 1$ .

On va donc chercher à obtenir des estimations consistantes des paiements  $Y_{i,j}$  ou des paiements cumulés  $C_{i,j}$  pour avoir une estimation consistante des provisions  $R$ . En effet,  $R$  s'écrivant linéairement en fonction des  $Y_{i,j}$  et des  $C_{i,j}$ , si les paiements estimés sont consistants alors l'estimation des provisions sera consistante.

Evolution des sinistres :



((a)) L'évolution des sinistres du triangle C1 ((b)) L'évolution des sinistres du triangle C2



((c)) L'évolution des sinistres du triangle Cyclo ((d)) L'évolution des sinistres du triangle Divers

FIGURE 6.23 – L'évolution des sinistres du triangle des autres usages 2021

Validation des hypotheses :

Chain Ladder :

Nous presentons ici les hypotheses de Chain Ladder pour les autres usages :

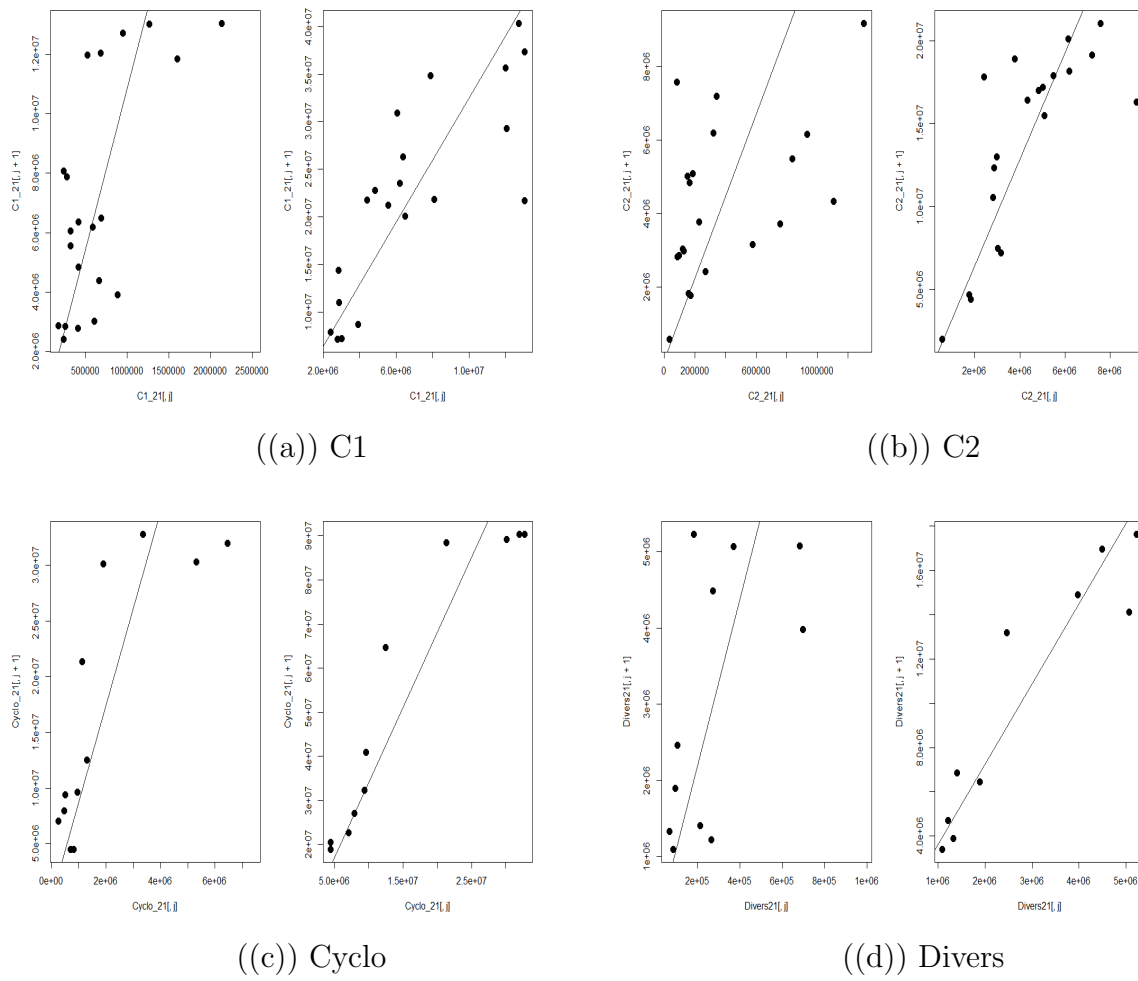


FIGURE 6.24 – Nuage des  $C_{.,j+1}$  en fonction des  $C_{.,j}$  pour  $j = 1$  a gauche, et  $j = 2$  a droite pour les differentes usages 2021

Mack :

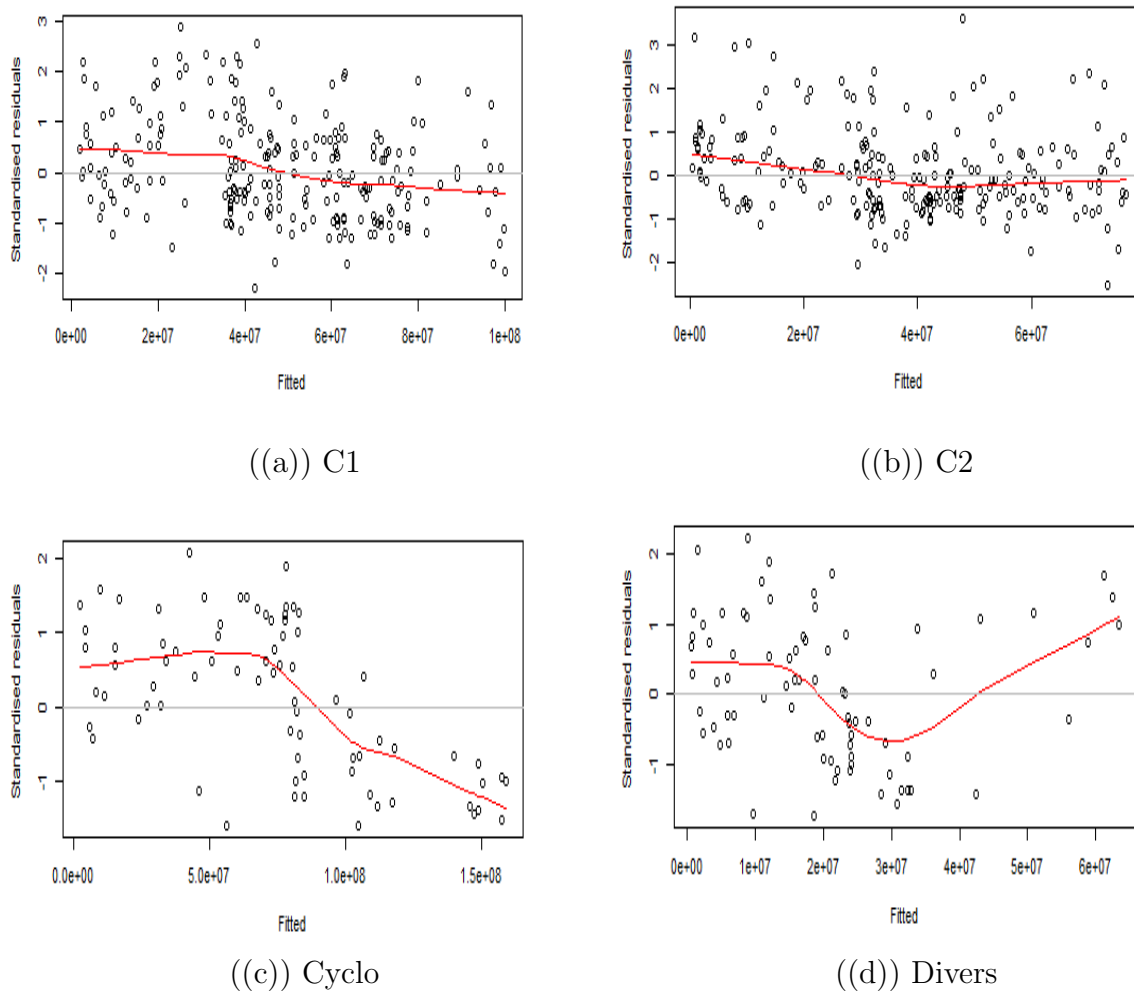


FIGURE 6.25 – Tracés des résidus pour les différents usages 2021

## Construction de la courbe d'actualisation par la méthode du Bottom-up

Nous traitons en détail la construction de la courbe de taux sans risque au 31/12/2019 et nous présentons la courbe du 31/12/2020 sans détails puisqu'il s'agit de la même démarche technique.

### Collecte de données

Les calculs des taux sans risque nécessitent la transformation des taux monétaires en taux actuariels, l'interpolation linéaire pour des maturités pleines puis la transformation en taux zéro-coupon. On explicitera les méthodes de calcul utilisées ci-dessous.

### Transformation des taux monétaires en taux actuariels

Tous les points de la courbe des taux doivent avoir la même base d'intérêt pour pouvoir interpoler entre eux, d'où la nécessité de convertir les taux monétaires en taux actuariels pour trouver les taux supérieurs à 1 an. La conversion du taux monétaire en taux actuariel se fait selon la formule suivante :

$$t_a = \left(1 + \frac{n \times t_m}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

Où :

$t_a$  : Le taux actuariel.

$t_m$  : Le taux monétaire.

$n$  : Le nombre de jours de placement.

### Interpolation linéaire des taux actuariels

Les taux actuariels pour les maturités pleines peuvent être obtenus à partir de la courbe des taux comme une fonction des taux actuariels des maturités non entières. Soit  $t_k$  une maturité pleine, le taux  $R_k$  correspondant peut être défini moyennant la courbe des taux par une interpolation linéaire de deux valeurs de taux avoisinantes, par la formule suivante :

$$R_k = R(t_0, t_k) = R(t_0, t_i) + \frac{(R(t_0, t_{i+1}) - R(t_0, t_i))(t_k - t_i)}{(t_{i+1} - t_i)}$$

Où :  $R(t_0, t_i)$  est le taux sur la période de  $t_0$  à  $t_i$

### Transformation des taux actuariels en taux zéro-coupon

Les taux actuariels interpolés obtenus à l'étape précédente sont transformés en taux zéro-coupon en supposant que les prix des obligations des bons du trésor sont « au pair » à travers la méthode de Bootstrap. La méthode de Bootstrap est une procédure permettant de reconstituer une courbe zéro-coupon pas à pas, c'est-à-dire de proche en proche selon les maturités des obligations étant à disposition. Elle est basée sur l'hypothèse, que le prix théorique d'une obligation soit la somme de ses flux actualisés aux taux zéro-coupon de l'échéance de chaque flux. Pour la maturité un an, le taux zéro coupon 1 an correspond au taux actuariel de rendement 1 an puisque aucun coupon n'est versé entre le moment de calcul du taux zéro coupon et l'échéance. Pour les maturités supérieures à un an, le taux zéro-coupon est calculé avec la formule suivante :

$$ZC_j = \left( \frac{1 + R_j}{1 - R_j \sum_{i=1}^{j-1} \frac{1}{(1 + ZC_i)^i}} \right)^{\frac{1}{j}} - 1 \quad \text{pour } 1 < j \leq n$$

Où :

$ZC_j$  : le taux zéro-coupon de maturité  $j$ .

$R_j$  : le taux actuariel de maturité  $j$ .

## Partie pratique :

### R Shiny :

Shiny est un package R qui facilite la création d'applications Web interactives directement à partir de R. Vous pouvez héberger des applications autonomes sur une page Web ou les intégrer dans des documents R Markdown ou créer des tableaux de bord . Vous pouvez également étendre vos applications Shiny avec des thèmes CSS , des widgets html et des actions JavaScript .



**Bibliothèques utilisées :**

Bibliothèque	Description
library(shiny)	Shiny est une bibliothèque R utilisée pour créer des applications web interactives
library(DT)	DT (DataTables) est une bibliothèque R qui permet de créer des tableaux interactifs dans les applications Shiny.
library(shinydashboard)	Shiny Dashboard est une extension de la bibliothèque Shiny qui permet de créer des tableaux de bord interactifs avec une interface utilisateur plus sophistiquée
library(dplyr)	bibliothèque R utilisée pour la manipulation et la transformation des données.
library(readxl)	readxl est une bibliothèque R utilisée pour importer des fichiers Excel dans R.

**Bootstrap sous R :**

```

Bootstrap_CL=function(triangle){
  N=1000
  n=nrow(triangle)
  M_cumulé=triangle
  M_cumulé=as.matrix(M_cumulé)
#Calcul des facteurs Individuels
  facteurs=matrix(0,n,n)
  for (i in 1:n){
    for (j in 1:n){
      if (is.na(M_cumulé[i,j])){
        facteurs[i,j]=NA
      }
      else
        {facteurs[i,j-1]=round(M_cumulé[i,j]/M_cumulé[i,j-1],3)}
    }
  }
#Calcul des facteurs de développements
  lambda=0
  for(k in 1:(n-1)){
    lambda[k]=sum(triangle[1:(n-k),k+1])/sum(triangle[1:(n-k),k])
  }
#Calcul des erreurs sigma^2
  S2=0
  for(j in 1:(n-2)){

```

```

    S2[j]=(1/(n-j-1))*sum(triangle[1:(n-j),j]*((triangle[1:(n-j),j+1]
    /triangle[1:(n-j),j])-lambda[j])^2)
  }
  S2[n-1]=min((S2[n-2]^2)/(S2[n-3]),S2[n-2],S2[n-3])
#Calcul des residus rij
res=matrix(0,n,n)
for(j in 1:n){
  for(i in 1:n){
    res[i,j]=sqrt(M_cumulé[i,j]/S2[j])*(facteurs[i,j]-lambda[j])
  }
}
#La boucle
A=matrix(0,n,N)
for(k in 1:N){
#Calcul des res ajuste
V=as.vector(res)
V=V[V!=0] # Suppression des résidus valant 0 (par construction)
res_adj=matrix(0,n,n)
for(j in 1:n){
  for(i in 1:n){
    if(i+j+1998<2022){
      res_adj[i,j]=sample(V,1)}
    }
  }
}
# Calcul des facteurs Indiv simulee
Dtriangle_sim=facteurs
for(j in 2:n){
  for(i in 1:(n-j+1)){
    → Dtriangle_sim[i,j]=res_adj[i,j]*sqrt(S2[j-1]/M_cumulé[i,j-1])+lambda[j-1]
  }
}
dd=Dtriangle_sim
for(j in 1:n){
  for(i in 1:n){
    if(is.na(Dtriangle_sim[i,j])){dd[i,j]=0}
  }
}

#CALCUL LAMBDA SIMULES : lambda_sim
lambda_sim=1
for(j in 2:n){
  → lambda_sim[j]=sum(M_cumulé[1:(n-j+1),j-1]*dd[1:(n-j+1),j])/sum(M_cumulé[1:(n-j+1),j-1])
}

```

```

lambda_sim=lambda_sim[-1]

### CALCUL TRIANGLE DES PAIEMENTS CUMULES (C-L "inversé") : N_cumulé
→ ###
M_cumulé_sim=M_cumulé
for(j in 2:n){
  M_cumulé_sim[,j]=lambda_sim[j-1]*M_cumulé_sim[,j-1]
}
####
T_cumulé_sim=M_cumulé_sim
for(j in 1:(n-1)){
  for(i in (n+1-j):n){
    → T_cumulé_sim[i,j+1]=rnorm(1,lambda_sim[j]*M_cumulé_sim[i,j],sqrt(S2[j]*M_
  })
}

### CALCUL PROVISIONS : prov
temp=0
for(i in 2:n){
  temp[i]=T_cumulé_sim[i,n]-T_cumulé_sim[i,(n+1-i)]
}
A[,k]=temp
}
prov=apply(A,2,sum)
return(list(prov_tot=mean(prov,na.rm=TRUE),prediction_error=sd(prov)))
}

```

## Test de Kolmogorov-Smirnov sous R :

```

#La loi Log-Normale
ks.test(C$IBNR.Totals,plnorm,fit$estimate["meanlog"],fit$estimate["sdlog"])
#La loi Normale
ks.test(C$IBNR.Totals,pnorm,fit1$estimate["mean"],fit1$estimate["sd"])

```

## Interface de l'application :

Pour la bases que nous utilisons dans la partie de Shiny, nous devons nous meme constituer les triangles de reglements et de charges, et sur cela nous avons travailler sur des bases ayant les variables suivantes :

- Claim\_currency
- annee\_de\_dev
- year\_of\_payment
- Date\_of\_payment
- Claim\_number
- Date\_of\_loss
- annee\_de\_survenance
- Reported\_date
- Transaction\_date
- Nature\_of\_act
- Status
- Date\_status\_change
- Gross\_claim\_outstanding
- delta charge
- Gross\_claim\_paid
- Policy\_number
- Line\_of\_business



Importation des données

LIC  
LRC

## Liability for Incurred Claims – LIC

BE RA Synthèse  
IBNR Actualisation  
Triangle Facteurs de développement Projection

Reconstitution du triangle  
 Entrer une année de début  
 2000  
 Entrer une année de fin  
 2020  
 Sélectionner une branche  
 AT

Triangle de règlement  
 Afficher le triangle de règlement

Triangle de règlement cumulé  
 Afficher le triangle de règlement cumulé

Triangle de charge  
 Afficher le triangle de charge

la PSAP dd  
 Afficher la PSAP dd

Projection du triangle  
 Méthode de projection des triangles  
 Mack

## Liability for Incurred Claims – LIC

BE RA Synthèse  
IBNR Actualisation  
Triangle Facteurs de développement Projection

### Sur la base du triangle de règlement

N last years  
 Sélectionnez une profondeur, s'il vous plaît:  
 7

Facteurs de développement et intervalles de confiance

Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Moyenne hors Erreur et Vide	3.564	1.737	1.36	1.193	1.112	1.068	1.044	1.031	1.02	1.015	1.008	1.006	1.005	1.003	1.003	1.001	1.002	1.001	1.015	1.001
2 Ecart type hors Erreur et Vide	0.399	0.21	0.051	0.068	0.039	0.023	0.018	0.012	0.01	0.009	0.004	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.021	0
3 Moyenne+Ecart type	3.963	1.947	1.411	1.261	1.151	1.091	1.062	1.043	1.03	1.024	1.012	1.009	1.008	1.004	1.005	1.002	1.004	1.002	1.036	1.001
4 Moyenne-Ecart type	3.165	1.527	1.309	1.125	1.073	1.045	1.026	1.019	1.01	1.006	1.004	1.003	1.002	1.002	1.001	1	1	1	0.994	1.001

Exclusions sur le triangle de règlement

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
1	10028000	36279000	60728202.69	80115202.69	94016169.05	106449733.362	120157518.132	124252027.282	126641902.182	132964557.422	139772672.972	140035949.732	1401
2	10038000	35073578.451	54898578.451	73361340.811	90862358.996	105828299.084	114450774.954	118104105.604	124309077.394	129225482.104	130103849.304	130441075.424	1312
3	10665000	35034000	60269057.09	84607407.258	114097097.331	125330396.011	130727000.081	142361697.681	149100695.131	151527783.081	153024758.181	155161026.931	1557
4	10238000	48282118.37	84412425.266	138174179.207	162189992.607	172060979.637	185397949.807	194486014.177	196782658.317	198401676.187	199488443.747	200641806.877	2017

## Liability for Incurred Claims – LIC

BE RA Synthèse

## Méthode de VaR par l'approche bootstrap

Actualisation des VaR règlement

	BE 5%	BE 10%	BE 25%	BE 50%	BE 75%	BE 95%	BE 99%	BE 99.5%
Totals	351796909.55	361828154.646	385998493.855	414008883.118	442269986.89	493451578.857	534439858.305	559475795.322

Calcul de la RA

	BE 5%	BE 10%	BE 25%	BE 50%	BE 75%	BE 95%	BE 99%	BE 99.5%
RA	-66028472.209	-55997227.113	-31826887.904	-3816498.641	24444605.131	75626197.098	116614476.546	141650413.563
RA%BE	-15.8029%	-13.4021%	-7.6173%	-0.9134%	5.8504%	18.1000%	27.9099%	33.9018%

Actualisation des VaR charge

	BE 5%	BE 10%	BE 25%	BE 50%	BE 75%	BE 95%	BE 99%	BE 99.5%
Totals	250532588.651	295412157.737	363653526.37	427023073.597	495409843.969	609436027.088	723296646.257	805033928.933

Calcul de la RA

	BE 5%	BE 10%	BE 25%	BE 50%	BE 75%	BE 95%	BE 99%	BE 99.5%
RA	-137402419.523	-92522850.437	-24281481.804	39088065.423	107474835.795	221501018.914	335361638.083	417098920.759
RA%BE	-35.4189%	-23.8501%	-6.2592%	10.0759%	27.7043%	57.0975%	86.4479%	107.5177%

## Liability for Incurred Claims – LIC

BE RA Synthèse

## Calcul du BE actualisé par méthode de projection

	BE Chain Ladder arithmétique	BE Chain Ladder volume sans retraitement	BE Chain Ladder volume avec retraitement	BE Mack	BE Bootstrap
BE actualisé	659614099.162	741147832.096	2251389036.367	741147832.096	387935008.174

## Calcul de la RA: Méthode de Bootstrap

	BE actualisé	RA q 95%	RA q 99%	RA q 99.5%
Chain Ladder arithmétique	659614099.162	376639650.622	569906581.676	709085156.599
Chain Ladder volume sans retraitement	741147832.096	423195412.127	640351726.931	796733919.503
Chain Ladder volume avec retraitement	2251389036.367	1285543139.766	1945200127.421	2420243214.095
Mack	741147832.096	423195412.127	640351726.931	796733919.503
Bootstrap	387935008.174	221501018.914	335361638.083	417098920.759

# Bibliographie

## Livres et articles :

- [1] Rédigé par le Groupe de Travail sur le Provisionnement des Sinistres Non-Vie de l'Institut des Actulaires : *Guide de provisionnement des sinistres en assurance non-vie*, Février 2023.
- [2] Arthur Charpentier : *Mathématiques de l'assurance non-vie, 2003-2004*.
- [3] ACAPS : *Secteur des assurances et de réassurance en 2022*.
- [4] Robin AIZAC : *Les composantes de la formation du résultat sous IFRS 17, ISFA, 2020*.
- [5] Julien BENCTEUX : *Modélisation du risque de provision par l'approche bootstrap, ISFA, 2015*
- [6] Fabien LE MANACH : *application des méthodes de provisionnement non-vie à un portefeuille récent en développement, ISFA, 2019*
- [7] Haroun Mahamat ABDOULAYE : *Risk Adjustment et modélisation des cashflows des règlements futurs selon des méthodes de Bootstrap en utilisant Munich Chain Ladder, Université Sorbonne, 2020*
- [8] Philippe RABY : *L'impact sur le résultat IFRS17 d'un assureur automobile du choix du modèle comptable PAA ou BBA au travers des indicateurs de performance et de volatilité, Université Paris Dauphine, 2021*

## Pages Web :

- [9] [www.actuarialab.net](http://www.actuarialab.net)
- [10] [www.institutdesactulaires.com](http://www.institutdesactulaires.com)
- [11] [www.ressources-actuarielles.net](http://www.ressources-actuarielles.net)
- [12] [www.acaps.ma](http://www.acaps.ma)
- [13] [www.mazars.ma](http://www.mazars.ma)