



Mémoire de fin d'études

Thème :

Estimation des provisions techniques en assurance non-vie

***Cas du portefeuille Automobile de la Compagnie Algérienne des
Assurances « CAAT »***

Présenté(e) et soutenu(e) par :

SAFIR Nor El Houda

Encadré(e) par :

Mme.OUESLATI ZOHRA

Etudiant(e) parrainé(e) par :

Compagnie Algérienne des Assurances - CAAT



Dédicace

Je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie cet humble travail à :

Ma tendre mère et mon très cher père,

Ma chère famille,

Mes amis,

Ainsi qu'à toute personne qui ont apporté leur soutien, de près ou de loin, dans mon parcours.

Nor EL Houda



Remerciements

Notre travail a été réalisé sous la direction de Mme **Zohra OUESLATI**, nous tenons à lui exprimer nos profondes gratitude et tous nos remerciements pour son aide précieuse et sa disponibilité, qui ont permis de réaliser ce mémoire.

Aux membres du jury, nous adressons nos sincères remerciements pour avoir accepté de juger notre travail.

Nous exprimons également nos profonds remerciements à Monsieur **Slim TAYEG** pour sa disponibilité et ses précieux conseils.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à notre conseillère professionnelle, la directrice Centrale Automobile au sein de la CAAT, Mme **Katiba Sabrina BENCHEMAM**, pour sa collaboration, son aide et son accueil chaleureux, et sa disponibilité.

Nous tenons aussi à remercier **Mme Sarra Hamel** pour son aide, ses efforts et pour sa disponibilité pour répondre à nos questions et nous guider tout au long de cette expérience.

Nous remercions également tout le personnel de la direction Automobile et de la direction du Risk Management au sein de la CAAT, et nous tenons aussi à remercier l'administration de l'IFID, ainsi que les professeurs et intervenants professionnels, pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont fourni durant cette formation.

Enfin, nous remercions toute personne qui nous a aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.



Résumé

Ce mémoire explore l'importance des provisions techniques dans le maintien de la solvabilité des compagnies d'assurance non-vie, en mettant en lumière l'influence de la directive Solvabilité II. Cette directive a transformé le secteur en adoptant une approche orientée sur les risques et les flux de trésorerie futurs pour le calcul des provisions.

L'étude porte spécifiquement sur l'évaluation des provisions pour sinistres à payer dans la branche Automobile de la Compagnie Algérienne des Assurances « CAAT » en analysant des méthodes actuarielles telles que Chain-Ladder, le modèle de Mack, et la méthode Bootstrap, appliquées à des données historiques de 2014 à 2023.

Ce mémoire cherche à montrer comment l'application de ces modèles par les compagnies Algériennes d'assurance pourrait améliorer la précision des estimations de provisions pour sinistres, permettant ainsi une gestion des risques plus efficace et précise.

Mots-clés : Provisions techniques, Solvabilité II, sinistres, Chain-Ladder, modèle de Mack, modèle de Bootstrap, solvabilité, risque.



Abstract

This thesis explores the essential importance of technical provisions in maintaining the solvency of non-life insurance companies, highlighting the influence of the Solvency II directive. This directive has transformed the sector by adopting a risk-oriented approach and focusing on future cash flows for the calculation of provisions.

The study specifically examines the evaluation of provisions for claims in the automobile branch of the Algerian Insurance Company CAAT by analyzing actuarial methods such as Chain-Ladder, the Mack model, and the Bootstrap method, applied to historical data from 2014 to 2023, the thesis aims to demonstrate how the application of these models by Algerian insurance companies could improve the accuracy of claims provisions estimates, thus enabling more effective and precise risk management.

Keywords: Technical provisions, Solvency II, claims, Chain-Ladder, Mack model, Bootstrap model, solvency, risk.



Sommaire

Dédicace

Remerciements

Résumé

Abstract

Table des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale..... A

Chapitre 01 : provisionnement non-vie : synthèse de la littérature 1

Section 1 : Contextualisation des provisions techniques non-vie 3

Section 02 : Présentation des provisions techniques sous la directive de solvabilité 12

Section 03 : Evaluation déterministe des provisions techniques non-vie 23

Section 04 : Méthodes stochastiques du provisionnement non-vie..... 31

chapitre 02 :Etude empirique : Estimation des provisions techniques..... 38

Section 01 : Provisions pour sinistres, approche et pratiques dans la branche Automobile de la CAAT..... 40

section 02 : Mise en pratique des méthodes déterministes et stochastiques..... 50

section 03 : Estimation des provisions pour sinistres par garantie 58

Section 04 : Synthèse des résultats 69

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Table des Matières

Annexes



Table des figures

Figure 1 : l'inversion du cycle de production en assurance	3
Figure 2: Le déroulement d'un sinistre	6
Figure 3: Les trois piliers de solvabilité I.....	13
Figure 4 : Les trois piliers de Solvabilité II.....	15
Figure 5: Vision du bilan selon Solvabilité I versus le bilan selon Solvabilité II	16
Figure 6 : les flux liés à la meilleure estimation	18
Figure 7: Composition de la charge ultime	24
Figure 8 : Triangle des incréments cumulés	25
Figure 9 : Triangle des incréments cumulés avec le calcul de la provision	26
Figure 10: Organigramme de la CAAT	42
Figure 11 : classement de la CAAT par part de marché	43
Figure 12 : Portefeuille de la CAAT (Exercice 2023)	43
Figure 13: Poids de la branche automobile dans la compagnie	44
Figure 14:La contribution de la production automobile dans la production de la CAAT	45
Figure 15:La contribution de l'assurance Automobile dans les déclarations sinistres.....	46
Figure 16:La contribution de l'assurance Automobile dans les règlements sinistres.....	47
Figure 17:Répartition des indemnisations réglées garantie dans dans la branche Automobile (2023)	47
Figure 18:les sinistres à payer de la branche Automobile dans les de la CAAT	48
Figure 19:l'évolution des provisions pour sinistres à payer.....	53
Figure 20:récapitulatif des résultats d'estimation des provisions	69
Figure 21: récapitulatif des résultats d'estimation des provisions par garantie	72



Liste des tableaux

Tableau 1:Triangle des règlements cumulées	50
Tableau 2:Les coefficients de détermination R²	51
Tableau 3:Les Coefficient de développement et la cadence de règlement.....	52
Tableau 4:Triangle des paiements cumules complété par Chain Ladder	52
Tableau 5:détermination de la provision par la méthode Chain Ladder.....	52
Tableau 6:détermination de la provisin par la méthode Bornhuetter et Ferguson.....	54
Tableau 7:La provision par la méthode Mack	55
Tableau 8: La provision par la méthode Mack	55
Tableau 9:détermination de la provision par la méthode Bootstrap	56
Tableau 10:détermination de l'erreur de prédiction par la méthode Bootstrap	57
Tableau 11: résumé des résultats de la provision par les méthodes stochastiques	57
Tableau 12: Triangle des règlements cumulées RC.....	59
Tableau 13:Les coefficients de détermination R² (RC).....	59
Tableau 14:Les Coefficient de développement et la cadence de règlement (RC).....	59
Tableau 15:Triangle des paiements cumules complété par Chain Ladder (RC)	60
Tableau 16:détermination de la provision RC par la méthode Chain Ladder (RC)	60
Tableau 17:détermination de la provision par la méthode Bornhuetter et Ferguson (RC).....	61
Tableau 18:détermination de la provision par la méthode Mack	62
Tableau 19:détermination de la provision par la méthode Bootstrap	63
Tableau 20:Triangle des règlements cumulées (Autres dommages)	64
Tableau 21 : Les coefficients de détermination R² (Autres dommages)	64
Tableau 22:Les Coefficient de développement et la cadence de règlement (Autres dmg)	65
Tableau 23:Triangle des paiements cumules par Chain Ladder (Autres dommages)	65
Tableau 24:détermination de la provision par Chain Ladder (Autres dommages).....	65
Tableau 25:Détermination de la provision par Bornhuetter-Ferguson (Autres dommages)	66
Tableau 26: La provision par la méthode Mack (Autres dommages)	67
Tableau 27: Détermination de la provision par la méthode Bootstrap (Autres dommages)	68
Tableau 28: Détermination de la provision par la méthode Bootstrap (Autres dommages)	69

Introduction Générale

Un contrat d'assurance repose sur une relation de confiance entre l'assureur et l'assuré qui paie régulièrement une prime, souvent annuelle ou mensuelle, afin de recevoir une couverture de la part de son assureur en cas de sinistre futur. Cette couverture peut se manifester sous différentes formes, telles qu'une indemnisation financière, une réparation des dommages ou fourniture de services spécifiques.

L'assureur doit utiliser ces primes pour honorer ses obligations futures, ce qui nécessite une gestion rigoureuse des risques et des réserves. Un équilibre entre les primes reçues et les indemnités versées est demandé pour éviter des difficultés qui pourraient compromettre la capacité de l'assureur à payer les sinistres, érodant ainsi la confiance des assurés.

Dans ce contexte, les compagnies d'assurance établissent ce que nous appelons des « *provisions techniques* », destinées à couvrir les risques et les sinistres potentiels, garantissant ainsi leur solidité financière. Ces provisions ont un objectif principal de s'assurer que les compagnies disposent des ressources financières suffisantes pour faire face à leurs obligations en cas de sinistre. Cela inclut la capacité à indemniser les assurés pour les pertes subies et à couvrir les frais associés aux sinistres.

La directive Solvabilité, mise en place par l'Union Européenne, joue un rôle important dans la régulation du secteur des assurances en assurant que les compagnies disposent de fonds suffisants pour faire face à leurs obligations. Les provisions techniques sont au cœur de cette directive, ils sont calculés de manière prudente, en prenant en compte divers facteurs de risque et scénarios économique. Solvabilité II impose ainsi des exigences strictes en matière de transparence et de gestion des risques, garantissant que les compagnies d'assurance maintiennent une solidité financière et protègent les intérêts des assurés.

Dans son livre "Insurance Risk Management and Reinsurance", Michel Dacorogna souligne que "Les provisions techniques ne sont pas seulement une exigence réglementaire, mais aussi une pratique de bonne gestion. Elles permettent aux compagnies d'assurance de mieux prévoir et gérer les risques, assurant ainsi leur pérennité.". En établissant ces provisions, les assureurs peuvent anticiper les paiements futurs de sinistres et maintenir la confiance des assurés et des parties prenantes, contribuant ainsi à la solidité globale de l'entreprise.

Une compagnie d'assurance peut faire face à de graves conséquences en cas de provisionnement incorrect, une insuffisance des fonds pour couvrir les sinistres peut mener à la faillite de l'entreprise. À l'inverse, un sur-provisionnement immobilise une partie du capital qui pourrait être investie ailleurs. Il est donc essentiel pour chaque compagnie de disposer de méthodes permettant une estimation précise de ses provisions, afin de gérer le risque d'incertitude lié à leur évaluation. C'est pourquoi les actuaires ont développé plusieurs approches pour minimiser cette incertitude.

À la lumière de ces éléments, il serait pertinent de réaliser une étude approfondie dans le cadre d'estimation des provisions techniques, notre travail va se baser sur l'analyse et la comparaison des différentes méthodes d'évaluation des provisions techniques en assurance non-vie.

Notre choix de ce sujet se justifie par plusieurs arguments :

- L'estimation des provisions techniques, a tout le temps, suscité l'intérêt de toutes les parties prenantes au sein des compagnies d'assurance, Cette étude pourra être bénéfique à la CAAT étant donné qu'elle va savoir le montant nécessaire pour assurer sa solvabilité.
- Les provisions sont soumises à une réglementation stricte dans le monde des assurances en raison de leur importance et de leur poids significatif dans le bilan d'une compagnie d'assurance, l'estimation des provisions contribue à vérifier si les pratiques respectent bien cette réglementation.
- Le choix de ce sujet est également personnel, basé sur des préférences liées à notre formation de base en finance et actuariat.
- Ce travail met en évidence des données réelles et vérifiables pouvant servir à d'autres recherches ultérieures

Nous proposons dans cette étude d'évaluer l'efficacité des méthodes d'estimation des provisions et leur conformité avec les exigences réglementaires (tel que la directive de solvabilité II), et de comparer ces résultats avec ceux calculés par les compagnies Algériennes d'assurance afin de déterminer si elles suivent les bonnes pratiques. De ce qui a été présenté, nous pouvons formuler la problématique qui s'énonce comme suit :

« Quel(s) modèle(s) d'estimation peut-on adopter pour constituer des provisions techniques adéquates en assurance non-vie, et comment s'évalue-t-il en comparaison avec les méthodes réglementaires définies par la législation Algérienne actuellement utilisées par la CAAT ? »

Pour pouvoir répondre à cette question, nous avons formulé ci-dessous quelques questions secondaires pour nous guider dans la réalisation de notre étude :

- Quels sont les risques associés au provisionnement et comment les normes Solvabilité II les abordent-elles ?
- Quel rôle jouent les provisions dans le bilan d'une compagnie d'assurance ?
- Les méthodes déterministes sont-elles adéquates pour estimer les provisions pour sinistres à payer ?
- Les méthodes stochastiques sont-elles indispensables et quels bénéfices apportent-elles au provisionnement ?

Pour répondre à ces questions, nous partons avec des hypothèses de départ que nous tenterons de vérifier tout au long de ce travail :

- **H_1** : Les risques associés au provisionnement incluent le risque où les montants réservés sont insuffisants pour couvrir les sinistres futurs, et le risque qui peut immobiliser inutilement des fonds.
- **H_2** : Les normes Solvabilité II exigent que les provisions soient calculées de manière prudente et réaliste par rapport aux normes de solvabilité I, en intégrant des marges pour incertitudes, afin de limiter ces risques.
- **H_3** : les méthodes déterministes peuvent être adéquates pour le calcul des provisions.
- **H_4** : Les méthodes stochastiques, qui intègrent une variété de scénarios aléatoires, sont indispensables pour une estimation plus précise des provisions.

Lors de la réalisation de ce travail, nous avons dû faire face à quelques obstacles par rapport à la phase de collecte des données :

- La base de données utilisée a été mal organisée et remplie d'aberrations, ce qui prend beaucoup de temps pour la filtrer, les aberrations et le volume très lourd des fichiers compliquent le processus.
- Les données ne sont pas assez détaillées ; par exemple, il n'y a pas de séparation entre la Responsabilité civile matérielle et celle corporelle.

Pour répondre à notre problématique, nous avons défini deux objectifs principaux :

- Une revue de la littérature sur les provisions techniques et les différentes méthodes utilisées pour les déterminer.
- Une analyse statistique et actuarielle détaillée pour estimer ces provisions, en appliquant les connaissances acquises dans la partie théorique.

Pour réaliser ces objectifs, nous avons subdivisé le mémoire en deux chapitres :

Dans le premier chapitre, nous explorerons les provisions techniques non-vie en définissant le concept de provisionnement, en présentant leur cadre réglementaire, ainsi que les techniques actuarielles nécessaires pour les estimer avec précision au sein des compagnies d'assurance.

Dans le deuxième chapitre, nous nous attachons à estimer les provisions pour sinistres à payer prenant la branche automobile au sein de la compagnie algérienne des assurances comme échantillon.

Nous utilisons, dans cette étude, une base de données des règlements au titre des sinistres de la branche Automobile de la Compagnie Algérienne des Assurances (CAAT) sur une durée de 10 ans (2014-2019) et comparer ces résultats avec celles comptabilisé par la compagnie pour la même période afin d'analyser et d'interpréter l'impact de l'application des normes de solvabilité II sur l'évaluation des provisions par rapport aux normes Algérienne. Le choix d'une période d'observation aussi large est principalement motivé par le désir de recueillir un volume plus important de sinistres, afin de développer une méthode d'estimation de la charge ultime suffisamment robuste.



Chapitre 01 :
Provisionnement non-vie :
Synthèse de la littérature

Introduction

L'assurance est une méthode collective pour gérer les risques et réduire l'incertitude. Contrairement aux entreprises classiques, les compagnies d'assurance doivent gérer des paiements de sinistres sur plusieurs années. Pour garantir leur capacité à payer les sinistres futurs, elles doivent constituer des provisions techniques et avoir des fonds propres suffisants pour rester solvables.

L'Union européenne a développé dès les années 1970 une directive nommée Solvabilité qui met particulièrement l'accent sur l'importance des provisions techniques en tant que moyen d'assurer la solvabilité des compagnies d'assurance, en exigeant des évaluations précises et adéquates de ces provisions via des méthodes d'évaluation qui garantissent l'exactitude de ces dernières.

Le contenu de ce chapitre constitue une brève synthèse des travaux théoriques fournis par la littérature à travers les travaux de recherche déjà établis, il est réparti en quatre sections :

- **Section 1 : Contextualisation des provisions techniques non-vie :** A pour objet de définir le concept de provisionnement et d'expliquer les différentes formes de provisions, d'analyser leurs caractéristiques et de cerner leur cadre réglementaire et leurs instances de contrôle.
- **Section 2 : Présentation des provisions techniques sous la directive de solvabilité :** A pour objectif de clarifier les normes prudentielles européennes de solvabilité en matière de provisionnement, plus précisément, le traitement des provisions selon la norme Solvabilité I et la réforme de Solvabilité II.
- **Section 3 : Évaluation déterministe des provisions techniques non-vie :** relative à l'étude des différents méthodes actuarielles déterministes de provisionnement.
- **Section 4 : Méthodes stochastiques du provisionnement non-vie :** est relative à l'étude des différents méthodes actuarielles stochastiques de provisionnement.

Section 1 : Contextualisation des provisions techniques non-vie

Les provisions techniques représentent un élément essentiel pour assurer la solvabilité des compagnies d'assurance en leur permettant de faire face aux coûts des sinistres et de respecter leurs obligations contractuelles.

Cette section examinera en détail la nature des provisions techniques, les divers types existants, leur cadre réglementaire et leur rôle essentiel dans le cadre d'une assurance non-vie.

1. Formulation du problème de provisionnement

L'activité spécifique d'une compagnie d'assurance repose sur le fait que les primes sont encaissées avant de décaissement des montants d'indemnisation des sinistres (encaissement immédiat de la prime, et règlement ultérieur de l'indemnité), ce qui entraîne une différence de représentation du bilan et du compte de résultat par rapport à une entreprise classique¹.

Figure 1 : l'inversion du cycle de production en assurance



Source : établie par l'auteur

Cette spécificité a deux conséquences :

- La nécessité de mettre en place des outils mathématiques pour évaluer le montant de la prime à demander à l'assuré (la tarification).
- La nécessité de mettre en place des outils mathématiques pour garantir qu'il y'aura toujours au passif du bilan les sommes nécessaires au respect des engagements de l'assureur (le provisionnement).

2. Définition des provisions techniques

En raison du cycle inversé de production, l'assureur ne peut prévoir précisément ses charges finales. Par conséquent, la constitution des provisions est essentielle pour assurer sa capacité à respecter ses engagements en tout temps.

Plusieurs auteurs ont tenté d'apporter leur propre vision du ce concept :

Pour **Denuit et Charpentier (2005)**, « L'objectif des provisions techniques est d'assurer le paiement intégral des engagements envers les assurés. Elles sont imposées par la réglementation en raison de l'inversion du cycle de production et elles sont liées à la technique

¹ Tosetti, A et autres (2011) « Assurance : comptabilité - réglementation – actuariat (avec extraits du code des assurances à jour au 30 juin 2010) » Paris, Édition Economica, page : 25.

même de l'assurance et servent à évaluer les engagements restants que doit respecter l'assureur, représentant en moyenne 75% du total du bilan en assurance non-vie »¹.

Pour **Belhimer (2011)**, « les Provisions Techniques sont dites techniques parce que leur constitution répond à la nécessité pour l'assureur de faire face à tout moment à ses engagements et que leur évaluation tient compte des règles techniques. Elles constituent les comptes de l'épargne qu'a dû accumuler une entreprise d'assurances à la date de l'inventaire pour qu'elle puisse faire face à l'avenir à ses engagements envers les assurés et bénéficiaires de contrat, elles représentent de 70 à 80% du total du passif ».

Pour **AIT HAMZA (2020)**, « Les provisions techniques représentent la somme affectée par l'entreprise d'assurances à la couverture d'une charge ou d'une perte virtuelle, future ou éventuelle relative à son engagement envers les assurés. Le terme technique permet de faire la distinction des autres provisions comme les provisions pour risques et charges ou encore les provisions pour dépréciation »².

Elles sont nées du principe de rattachement des charges aux produits :

- Inversion du cycle de production.
- Décalage possible entre la survenance du fait dommageable, générateur du paiement de l'indemnité et le règlement effectif de cette indemnité.

En nous appuyant sur les définitions précédemment exposées, nous sommes en mesure de conclure que les provisions techniques sont façonnées par la technique propre à l'assurance et réglementées pour prendre en compte l'inversion du cycle de production, elles servent donc à assurer le paiement intégral des engagements envers les assurés et bénéficiaires de contrats.

Il s'agit de l'élément central du bilan d'une compagnie d'assurance en représentant de 70 à 80% du total du passif, celui qui doit être contrôlé en permanence de la part des autorités de contrôles et les dirigeants selon des modalités qui varient d'un pays à l'autre.

3. Typologie des provisions techniques

Les provisions techniques se regroupent en deux catégories selon les branches d'assurance qui les ont générées, à savoir la branche vie et la branche non-vie.

Dans notre étude, nous nous concentrons spécifiquement sur les provisions en assurance non-vie qui se déclinent en plusieurs types à savoir :

¹ Denuit. M, Charpentier, A. (2005) « **Mathématique de l'assurance non-vie : Tarification et provisionnement** », Tome II, Paris, édition Economica, page :337.

² AIT HAMZA, M (2020) « **Estimation des provisions pour sinistres à payer** », Ingénierie en Finance et Actuariat, Université Cadi Ayad, Marrakech, Maroc, page : 06.

3.1 Provision de primes

3.1.1 Provision pour primes non acquises (PPNA)

La PPNA représente la part des primes émises ainsi que celles restant à émettre pour tous les contrats en cours, associées à la période comprise entre la date de l'inventaire et celle de la prochaine échéance de prime, ou sinon jusqu'au terme du contrat¹.

Cette provision dont la variation entre le début et la fin de la période vient en déduction des primes émises permet le respect du principe de la séparation des exercices et le rattachement des charges aux produits.

La constitution de cette provision correspond, en fait, à la régularisation des produits constatés d'avance.

3.1.2 Provision pour risques en cours (PREC)

Elle représente le montant à provisionner en supplément des primes non acquises pour couvrir les risques à assumer.

Cette provision est constatée chaque fois qu'une branche présente un déficit technique c'est à dire un taux de sinistralité supérieur à 100% au titre de deux exercices consécutifs cumulés. Elle est calculée sur la base du taux du déficit appliqué à la PPNA, avec la formule suivante² :

$$PREC = \max(S/P_{chargé} - 100 \%, 0) \times PPNA$$

Le ratio de sinistralité est calculé comme suit :

$$S/P_{chargé} = \frac{\text{Charges des sinistres} + \text{Frais}}{\text{Primes acquises}}$$

3.1.3 La provision pour risque croissant (PRC)

Une provision qui peut être exigée pour les opérations d'assurance contre les risques de maladie et d'invalidité et qui est égale à la différence entre les valeurs actuelles des engagements de l'assureur et de l'assuré.

3.2 Provisions des sinistres

C'est une réserve financière que les compagnies d'assurance mettent de côté pour couvrir les coûts des sinistres déjà survenus mais pas encore réglés, ou estimés mais pas encore déclarés.

¹ Kammoun M. (2016) « **Best Estimate des provisions techniques non-vie : cas de la Tunisie** », Saarbrücken, Allemagne, éditions universitaires Européennes, page : 89.

² Groupe de Travail sur le Provisionnement des Sinistres Non-Vie de l'Institut des actuaires (2023), « **Guide de provisionnement des sinistres en assurance non-vie** », Institut des actuaires, Paris, page :70.

3.2.1 Provision pour sinistres à payer (PSASP)

L'une des provisions techniques en assurance non-vie les plus importantes en termes de charge est la provision pour sinistres à payer.

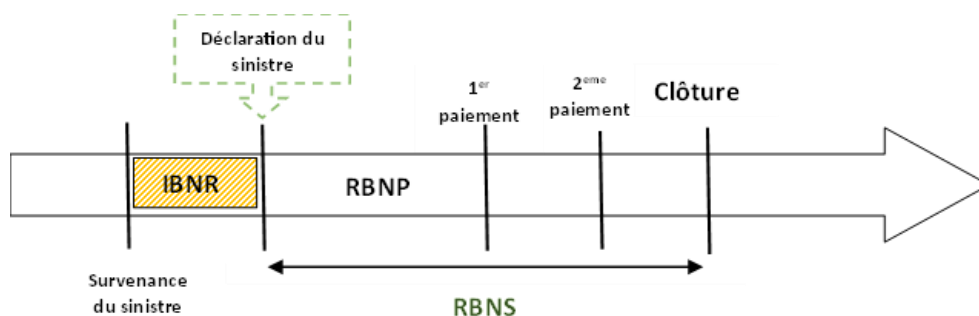
Selon l'extrait Article 334-8 du code CIMA : « c'est à une estimation des dépenses nécessaires pour régler tous les sinistres survenus et non payés. Elle est définie comme « la valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mises à la charge de l'entreprise »

Cette provision doit comprendre :

- Une provision pour les sinistres connus mais pas encore réglés.
- Une provision pour les sinistres inconnus ou déclarés tardivement.
- Une provision de gestion, couvrant les frais futurs liés aux sinistres en suspens.

Pour mieux visualiser les provisions pour sinistres à payer, nous examinons le déroulement d'un sinistre dans la figure qui suit :

Figure 2: Le déroulement d'un sinistre



Source : Sentucq, A (2023)

Selon le cycle de déroulement d'un sinistre, on distingue plusieurs sortes de sinistres survenus qui font l'objet des provisions pour sinistres à payer (PSAP) :

- **Reported but not settled (RBNS)** : correspondent aux sinistres connus par l'assureur, parce qu'ils lui ont été déclarés par l'assuré ou un tiers mais ils n'ont pas été réglés à la fin de l'exercice comptable, ils font alors l'objet de provisions dossier par dossier. Ils sont calculés à l'aide d'une estimation de la gravité du sinistre basée sur les informations disponibles issues du processus de règlement des sinistres.
- **Incurred but not reported (IBNR)** : ses sinistres se composent de :
 - Le montant des IBNER (Incurred But Not Enough Reported) sur les sinistres déclarés qui vient diminuer ou augmenter la provision dossier/dossier à la suite

de nouvelles informations (passage d'un expert, changement d'environnement économique, juridique ou réglementaire...).

- Le montant des IBNYR (Incurred But Not Yet Reported) qui correspond aux sinistres tardifs est évalué à partir de méthodes statistiques.

La totalité des provisions pour sinistres à payer est égale à :

$$PSAP = \text{Incurred But Not Reported (IBNR)} + \text{Reported But Not Settled (RBNS)} \\ - \text{Montants Réglés sur ces Sinistres}$$

3.2.2 Provision mathématique des rentes (PM)

Les provisions mathématiques de rentes sont constituées pour couvrir les engagements futurs liés au versement d'annuités en cas de sinistre. Ces provisions correspondent à la valeur actuelle probable des montants qui seront versés sous forme de rentes et d'accessoires de rentes, après la clôture de l'exercice, au titre d'événements survenus avant cette date.

Leur calcul repose sur des méthodes actuarielles reconnues et prend en compte divers facteurs tels que l'âge des bénéficiaires, leur espérance de vie restante, le montant des rentes garanties et les hypothèses actuarielles retenues (taux d'intérêt, mortalité, etc.)¹.

3.2.3 Provision pour égalisation et d'équilibrage (PE/E)

La provision d'égalisation et/ou d'équilibrage regroupe les montants réservés pour stabiliser les fluctuations des taux de sinistres futurs et pour couvrir des risques spécifiques tels que la grêle, l'assurance-crédit et l'assurance caution, selon les normes légales et réglementaires. Ces provisions sont évaluées et enregistrées conformément aux principes du code des assurances, dans des comptes spécifiques intitulés provision pour égalisation ou provision pour équilibrage, selon le type de risque couvert ².

3.3 Autres Provisions

3.3.1 Provision pour risques d'exigibilité des engagements techniques (PREET)

À la clôture de l'exercice comptable, les placements des entreprises d'assurance sont évalués à leur valeur de marché. Les moins-values sont comptabilisées comme charges, alors que les plus-values ne le sont pas. Cette provision protège contre le risque de défaillance des placements et assure la capacité de l'entreprise à honorer ses engagements. Si la situation s'améliore, les provisions non nécessaires sont reversées dans les résultats de l'exercice courant.

¹ Extrait Des Notes Annexes Aux Comptes Consolidés, 2017, comptes consolidés en normes IAS/IFRS, Saham assurance, Casablanca , Maroc; page :02 .

² Kammoun M. (2016), op-cit ; page 92 .

3.3.2 Provision pour participation aux bénéfices et ristournes (PPBR)

Cette provision inclut les paiements futurs que l'assureur doit aux bénéficiaires, basés sur les performances contractuelles et les participations aux bénéfices. Elle englobe les montants alloués non versés et ceux anticipés selon les résultats futurs, et doit être calculée selon les régulations de l'autorité de contrôle des assurances¹.

4. Evaluation réglementaire des provisions techniques en Algérie

Pour garantir la solvabilité et la stabilité financière du secteur tout en préservant les intérêts des assureurs, le législateur Algérien a instauré des règles prudentielles que les compagnies d'assurance doivent respecter en tout moment.

Ces règles, énoncées dans l'ordonnance n°95-07 du 25 janvier 1995 relative aux assurances, exigent que les sociétés d'assurance soient en mesure de justifier à tout moment les engagements réglementés qu'elles sont tenues de constituer, ces engagements concernent à la fois les provisions réglementées et les provisions techniques².

Ces provisions doivent être représentées par des actifs équivalents de :

- Bons et dépôts.
- Valeurs mobilières et titres assimilés.
- Actifs immobiliers.

L'ordonnance n°95-07 du 25 janvier 1995 a été modifiée et complétée par le décret exécutif n°13-114 du 16 Joumada El Oula 1434 correspondant au 28 mars 2013 relatif aux engagements réglementés des sociétés d'assurance et/ou de réassurance, qui précise dans ses articles du 17^{ème} au 22^{ème} les méthodes de constitution et de détermination de chaque provision technique en assurance de dommage.

4.1 Evaluation de la provision d'équilibrage / d'égalisation

La provision d'équilibrage est alimentée annuellement par un prélèvement limité à 72% du résultat technique bénéficiaire de la branche concernée, jusqu'à ce que son montant atteigne ou dépasse 150% du plus haut montant annuel des primes ou cotisations nettes des cinq exercices précédents.

La provision d'égalisation est alimentée, pour chacun des exercices successifs, par un prélèvement d'excédant pas 72% du résultat technique bénéficiaire apparaissant dans la branche

¹ Kammoun M. (2016) , op-cit ; page 91 .

² Article. 224, l'ordonnance n° 95-07 du 25 janvier 1995 relative aux assurances et ses textes d'application, page:43.

d'assurance concernée. Jusqu'au moment où la provision sera égale ou supérieure à 200% des primes ou cotisations nettes d'annulations et de taxes de l'exercice pour la branche concernée.

Pour les deux provisions (équilibre et égalisation), et en cas de résultat technique négatif, la provision doit être réintégrée dans le résultat de l'exercice à concurrence du montant négatif déterminé.

4.2 Evaluation de la Provision pour participation aux bénéfices et ristournes

Cette provision est déterminée selon les conditions contractuelles de la société d'assurance avec ses assurés.

4.3 Evaluation de la provision pour primes non acquises

Cette provision est calculée au prorata temporis, police par police, sur la base de la prime émise nette d'annulations et de taxes et selon la méthode ci-après :

$$PPNA = \frac{(primes\ émises - chargement)}{2} \times Primes\ ou\ cotisations\ de\ l'exercice$$

Les primes ou cotisations de l'exercice sont celles non annulées à la date d'inventaire.

En plus de la somme déterminée précédemment, l'assureur doit constituer un montant de primes ou cotisations émises ou acceptées afférent aux contrats dont celles-ci sont payables d'avance pour plus d'une année ou pour autre période différente. Pour l'année en cours, le mode de calcul est celui indiqué ci-dessus, alors que pour les années suivantes, il est égal à 100% des primes ou cotisations émises, au prorata de la durée restante.¹

4.4 Evaluation de la provision pour sinistres à payer en assurance dommages autre que l'Automobile

Cette provision est calculée dossier par dossier, exercice par exercice, pour son montant brut, sans déduction des recours à exercer et des sinistres inscrits à la charge de la réassurance ou de la rétrocession.

Lorsqu'à la suite d'un sinistre une indemnité a été fixée par une décision de justice définitive ou non, la dette à considérer doit être, au moins égale, à cette indemnité diminuée, le cas échéant, des acomptes déjà versés.

4.5 Evaluation de la provision pour sinistres à payer en assurance dommages Automobile

- **Pour les sinistres matériels** : La provision est calculée dossier par dossier et exercice par exercice. En cas de défaut, la société peut appliquer après accord de

¹ Décret exécutif n° 13-114 du 16 Joumada El Oula 1434 correspondant au 28 mars 2013 relatif aux engagements réglementés des sociétés d'assurance et/ou de réassurance, page : 8.

l'administration de contrôle, les trois méthodes ci-après et retenir l'évaluation la plus élevée :

1. Evaluation par coût moyen des sinistres des trois derniers exercices antérieurs.
2. Evaluation basée sur les cadences de règlement observées dans l'entreprise au cours des cinq derniers exercices.
3. Evaluation basée sur le calcul du rapport de sinistres sur primes acquises appelée « méthode forfaitaire ».

- **Pour les sinistres corporels**

La compagnie calcule une provision mathématique vu que les règlements s'effectuent sous forme de rentes, représentant la valeur à l'inventaire, des capitaux constitutifs de rentes inscrites à la charge de la société d'assurance.

La provision pour sinistres à payer en assurance Automobile doit être calculée pour son montant brut, sans déduction des recours à exercer et des sinistres inscrits à la charge de la réassurance ou de la rétrocession.

5. Les instances du contrôle des provisions techniques non-vie

Le système de régulation et de contrôle des sociétés d'assurance en Algérie est géré par la Direction des Assurances au niveau du ministère des finances et aussi la Commission de Supervision des Assurances (CSA)¹. Ce système de régulation inclut également la supervision des provisions techniques.

5.1 La direction des assurances

Les missions de la direction des assurances sont réparties en quatre principaux axes à savoir²:

- Superviser la gestion des organismes qui exercent des missions liées à l'activité d'assurance et qui sont placés sous l'autorité du ministre chargé des finances et assurer le respect de la réglementation en vigueur.
- Suivre et évaluer les contributions de l'Etat aux sociétés publiques d'assurance et proposer toute mesure visant à améliorer leur gestion.
- Favoriser le développement du marché des assurances.
- Instruire les dossiers de demande d'agrément des entreprises d'assurances, de réassurances, des mutuelle et courtiers d'assurances.

¹ Les articles 209 et 210 de l'Ordonnance 95/07 datée du 25 janvier 1995.

² Article 2 du Décret exécutif n° 07-364 du 28/10/2007 portant sur l'organisation de l'Administration Centrale du Ministère des Finances d'Algérie.

5.2 Le comité de supervision des assurances (CSA)

Le CSA exerce le contrôle sur l'activité d'assurance, agit de contrôle au moyen de la structure chargée des assurances au ministère des Finances. Elle a pour missions essentielles¹:

- ✓ Surveiller et contrôler le respect des lois et règlements en matière d'assurance et de réassurance par les sociétés et les courtiers d'assurance agréés.
- ✓ S'assurer que ces entreprises sont capables de respecter les engagements qu'elles ont pris envers leurs clients assurés.
- ✓ Vérifier l'origine des fonds utilisés pour créer ou augmenter le capital social de ces sociétés d'assurance et/ou de réassurance.

Pour assurer le bon fonctionnement du processus de provisionnement, l'inspection Générale des Finances (IGF), relevant du ministère des finances, sert d'organisme de contrôle. Elle est responsable de rendre compte de ses activités à la direction générale du trésor et de la gestion comptable des opérations financières de l'État, qui détient également un droit de supervision.

L'IGF a pour missions de ²:

- Vérifier, contrôler, assurer l'audit technique, administratif, financier et comptable à priori et à posteriori sur l'ensemble de l'Administration publique nationale (y compris les assurances).
- Etudier toutes questions, d'exécuter toute mission relative aux finances publique, à la comptabilité publique, aux programmes d'investissement public, aux marchés publics, aux patrimoines de l'Etat et des Collectivités locales ainsi que celles liées à la discipline budgétaire et financière.

¹ Art.210, Ordonnance n° 95-07 du 25/01/1995 Relative aux assurances et Ses textes d'application, page : 38.

² Manuel de procédures pour la réalisation des missions, Inspection générale des finances, ministère de l'économie et des finances, 2010, page :07.

Section 02 : Présentation des provisions techniques sous la directive de solvabilité

1. La solvabilité d'un assureur

La Fédération Française des Sociétés d'Assurances définit la solvabilité d'une compagnie d'assurance par sa « capacité à respecter les engagements qu'elle prend auprès de ses clients »¹.

Un "engagement" est une promesse contractuelle d'une indemnisation si un sinistre survient (accident de voiture, hospitalisation, etc.).

Ainsi, la solvabilité d'une compagnie dépend :

- De l'importance de ses engagements (les garanties et protections offertes aux assurés).
- Des ressources dont elle dispose pour y faire face : fonds propres et actifs qu'elle détient (actions, obligations, etc.).

L'insolvabilité apparaît quand les actifs de l'entreprise ne sont plus suffisants pour couvrir ses passifs, notamment les provisions techniques, ce qui peut menacer sa capacité à honorer ses engagements envers les assurés.

Il est donc important de surveiller la solvabilité des assureurs pour protéger les intérêts des assurés et la stabilité du marché de l'assurance.

En conséquence, les autorités de régulation établissent des dispositifs de surveillance d'évaluation des provisions techniques en assurance non-vie pour une estimation juste de la solvabilité des compagnies d'assurance.

2. Présentation des provisions techniques sous la directive « solvabilité I »

La réglementation européenne sur la solvabilité des assurances a été initiée par deux directives, l'une en 1973 pour l'assurance non-vie et l'autre en 1979 pour l'assurance vie, imposant aux assureurs de disposer de fonds propres suffisants pour couvrir leurs engagements. Cette réglementation s'est renforcée avec l'introduction de la troisième génération des directives européennes sur l'assurance en 1994, qui laissait aux États membres la liberté d'adopter des normes plus strictes².

Depuis 2002, les assureurs sont soumis à la réglementation de "Solvabilité I", qui a imposé le respect constant des exigences de solvabilité et la mise en place d'une autorité de

¹ Dupin, G. (2016) « **Solvabilité II : Une réforme inutile et dangereuse** », Société de Calcul Mathématique Livre Blanc, Paris, 2016, page : 17.

² Otoul, Benoît (2019) « **Quels sont les impacts du passage de Solvabilité I à Solvabilité II sur les contrats à annuités** », Louvain School of Management, Belgique, page : 29.

contrôle spécifique. Les principes de "Solvabilité I" reposent sur trois fondamentaux illustrés comme suit :

Figure 3: Les trois piliers de solvabilité I

Actif	Passif
Des actifs pour permettre le règlement intégral des engagements donc des placements sûrs, liquides, rentables, dispersés	Des fonds propres supérieurs au minimum de marge
	Des provisions techniques suffisantes donc évaluées à l'aide d'hypothèses prudentes

Source : Dreyfuss,M. (2015)

2.1 Les provisions techniques doivent être suffisantes

Ce pilier couvre principalement les provisions techniques qui doivent être suffisantes, c'est-à-dire être supérieures au montant probable des prestations, ou les assureurs doivent constituer des provisions techniques suffisantes pour le règlement intégral de leurs engagements vis-à-vis des assurés ou bénéficiaires des contrats.

Les provisions techniques sont des fonds constitués et inscrits au passif du bilan d'un assureur pour les sinistres non encore réglés. Les actifs correspondant à ces provisions sont financés par les primes payées par les preneurs d'assurance. Au cas où ces primes ne seraient pas suffisantes, la différence doit être couverte par les capitaux propres ¹.

2.2 Couvrir ses engagements réglementés avec des placements liquides, sûrs et rentables

Les engagements réglementés englobent l'ensemble des provisions techniques, les dettes privilégiées comme l'impôt ou les dettes envers les salariés, les dépôts de garantie et les réserves pour l'amortissement des emprunts. Ils doivent être couverts à l'aide d'actifs sous la contrainte de règles d'admissibilité, de congruence, de limitation et de dispersion.

2.3 Détenir plus d'actifs réels que de dettes et d'engagements

Ce dernier volet définit une marge de solvabilité minimale que doit détenir l'assureur afin de pouvoir supporter des pertes futures. Cette marge constituée des fonds propres et des plus-values latentes, doit être supérieure au maximum entre :

¹ Partrat, C. et autres (2007), « **Provisionnement technique en assurance non-vie, Perspectives actuarielles modernes** », Paris, édition Economica, page : 275.

- Le montant minimum réglementaire, appelé l'exigence de marge de solvabilité
- Le fonds minimum de garantie.

Par conséquent, le dispositif prudentiel Solvabilité I dont s'inspirent les normes de solvabilité appliquées en Algérie, a été largement critiqué et se révèle être obsolète face aux nouveaux défis de l'économie mondiale¹:

- La méthode de calcul de la marge de solvabilité ne fait pas de distinction entre les différents types de risques, sauf pour le risque de souscription.
- Les exigences de marge de solvabilité sont fixées de manière forfaitaire et peuvent entraîner une surévaluation, nécessitant une immobilisation de capitaux propres.
- Les entreprises exposées à des risques plus élevés devraient logiquement avoir une exigence en capital plus importante, alignée sur leur profil de risque.
- Les variations dans le calcul des provisions entre les pays créent des incohérences, soulignant le besoin d'une harmonisation des règles de solvabilité au niveau européen, y compris une évaluation à l'échelle des groupes.
- Du côté qualitatif, il existe une absence totale de supervision concernant le contrôle interne, audit et gestion.

3. Présentation des provisions techniques sous la réforme « Solvabilité II ».

La réforme de solvabilité II a été introduite par la commission européenne en janvier 2016, améliore les normes de solvabilité pour les assurances, elle succède à Solvabilité I et permet une évaluation plus précise des risques et une gestion plus stricte des capitaux nécessaires pour répondre aux obligations des assureurs².

Cette réforme modernise également la régulation en alignant les règles de solvabilité sur les normes comptables internationales (IFRS) pour les actifs et les passifs, visant à unifier les principes de comptabilité, de prudence et de mesure de la performance pour éviter toute incohérence. La nouvelle norme, Solvabilité II s'organise en trois piliers :

¹ Meister, v. (2007) « solvabilité II : contexte, valorisation et impacts sur l'exigence en capital », diplôme universitaire d'actuaire de strasbourg «DUAS » , Université Louis Pasteur, Strasbourg, page : 14.

² S'inspirant des réglementations de Bâle II appliquées aux banques.

Figure 4 : Les trois piliers de Solvabilité II

Solvabilité II	
<u>Pilier I</u> Exigences quantitatives	• <u>Exigence de fonds propres</u> SCR et MCR • <u>Exigence des provisions techniques</u> Best Estimate + marge de risque • <u>Placement en valeur de marché</u>
<u>Pilier II</u> Exigences qualitatives	• Gouvernance, Gestion des risques et contrôle interne • Contrôles des modèles internes • Dispositifs de reporting et d'alerte • Supervision par les autorités de tutelle
<u>Pilier III</u> Publication de l'information	• Exigence de publication de l'information (Transparence, discipline de marché) • Exigence de reporting au superviseur (Rapport annuel sur la solvabilité et la situation financière) • Principe de cohérence entre information des annexes comptables / exigences pilier III / reporting au superviseur

Source : Juillard. M-M (2013)

Solvabilité II est structurée autour de trois piliers, comme illustré ci-dessus, à savoir ¹:

- **Pilier 1** : se concentre sur les exigences quantitatives que les compagnies doivent respecter pour garantir leur solvabilité. Cette partie de la réglementation vise à s'assurer que les assureurs disposent de suffisamment de capitaux pour couvrir tous les risques auxquels ils sont exposés.

- **Pilier 2** : Ce pilier se concentre sur un aspect plus qualitatif, en établissant des règles pour le suivi interne des risques par les compagnies d'assurance et les autorités de contrôle. Il met l'accent sur le contrôle interne, la gestion efficace des risques, et le contrôle exercé par les superviseurs sur ces pratiques.

Ce pilier souligne également la responsabilité des entreprises dans la gestion de leurs risques et vise à harmoniser les pratiques des superviseurs nationaux.

¹ Dupin, G. (2016), Op-cit, page : 24.

- **Pilier 3** : Il traite de la transparence et de la diffusion d'informations liées aux deux premiers piliers. Il inclut le reporting aux autorités de supervision, la publication des états financiers ainsi que des exigences réglementaires, et la discipline de marché. De plus, il souligne l'harmonisation du reporting aux superviseurs et comment la pression exercée par les marchés et les agences de notation renforce cette orientation.

3.1 Focus sur l'évaluation des provisions techniques selon le pilier 1

Sous la Solvabilité I, le bilan des compagnies était évalué selon des critères comptables qui ne reflétaient pas adéquatement les risques spécifiques de l'entreprise.

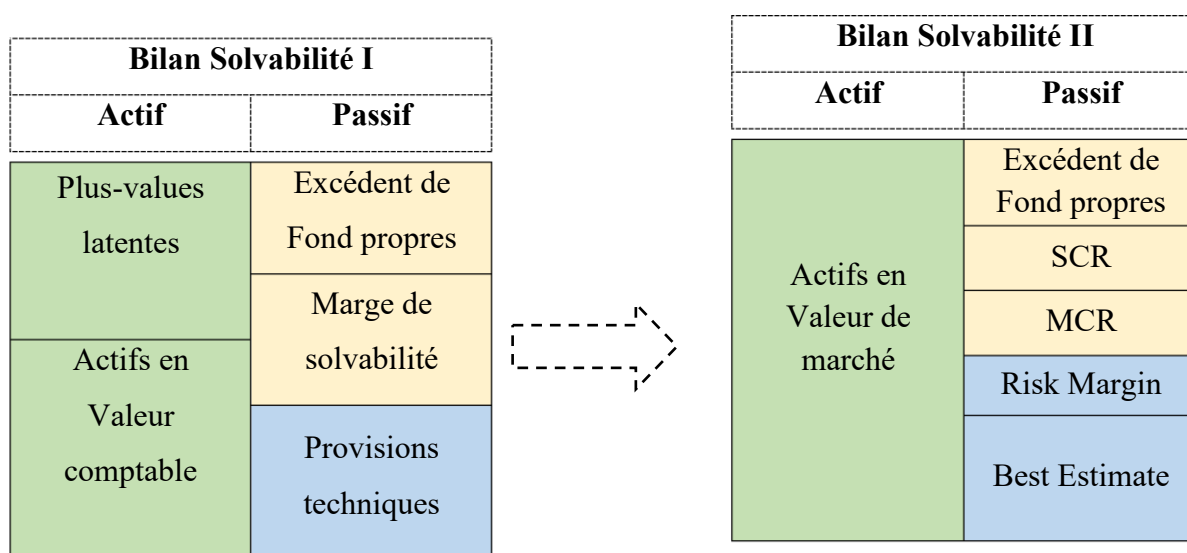
Solvabilité II, en revanche, adopte une approche de "pleine juste valeur", offrant une perspective plus économique du bilan.

Dans ce cadre, les actifs sont valorisés à leur prix de marché et les provisions sont calculées selon une estimation la plus juste possible « Best Estimate ».

L'objectif du pilier I est la définition des modalités et normes de calcul des composantes du bilan économique, il vise à garantir que les compagnies d'assurance possèdent suffisamment de capital pour honorer leurs engagements envers les assurés et gérer les différents risques auxquels elles sont exposées¹.

La transition du bilan de Solvabilité 1 à Solvabilité 2 pourrait être illustrée comme suit :

Figure 5: Vision du bilan selon Solvabilité I versus le bilan selon Solvabilité II



Source : Ferrero, C. (2017)

¹ Ferrero, C. (2017), « Pilotage de la solvabilité et déclinaison opérationnelle de l'appétence au risque d'une société d'assurance vie », Institut des actuaires, Lyon, page :12.

3.2 Les grandes lignes des règles de calcul des provisions techniques

Les provisions techniques sont déterminées selon des règles strictes visant à garantir la solvabilité des assureurs et la protection des assurés, on peut citer ¹ :

- Les provisions sont calculées suivant des principes et méthodologies actuarielles et statistiques harmonisés, assurant la comparabilité et la transparence.
- Le calcul doit être compatible avec l'évaluation des actifs et autres passifs et conforme aux normes internationales en matière de comptabilité et de contrôle.
- Le calcul doit utiliser les informations et données de marché (celles liées aux risques de souscription pour assurer une cohérence avec les conditions actuelles du marché financier).
- Le calcul des provisions doit être effectué de manière prudente, fiable et objective, reflétant fidèlement les risques et les caractéristiques spécifiques du portefeuille d'assurance.

3.3 Calcul des provisions techniques

Selon la réglementation Solvabilité II, l'évaluation doit être effectuée de manière prudente, fiable, objective, et en accord avec les données de marché. Cette réglementation différencie également deux catégories de risques :

- Les risques répliquables : ils concernent principalement les risques financiers, pour ce type de risques, qui sont suffisamment liquides pour couvrir l'engagement, la valeur de la provision technique est celle observée sur le marché. Elle est construite moyennant des instruments financiers provenus d'un marché liquide et fiable, répliquant les flux futurs d'assurance.
- Les risques non répliquables : ils englobent les risques d'assurance traditionnels, dans ce cas, l'évaluation des provisions techniques s'effectue par la somme de deux composantes le Best Estimate et une marge de risque.

La Commission Européenne a lancée des études d'impact quantitatif (QIS) qui ont été réalisées en pratique par l'EIOPA, parmi ces études on trouve le QIS 1 (2005) qu'elle visait l'évaluation des provisions techniques à partir du calcul d'un Best Estimate et d'une marge de risque.

¹ Dreyfuss, M. (2015) « **Les grands principes de solvabilité 2** », 3^{ème} édition, Paris, édition l'argus de l'assurance, Page : 117.

3.3.1 Best Estimate (BE)

La Meilleure Estimation représente la valeur actuelle, calculée avec un taux sans risque, des flux de trésorerie futurs nécessaires pour honorer les engagements de l'assureur. Elle se décompose de la manière suivante¹ :

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

Avec :

- CF_i : Flux financiers de l'année i .
- r_i : Taux sans risque de maturité i , celui-ci est calculé à l'aide de la courbe des taux sans risques de l'EIOPA.

La projection en matière de flux de trésorerie utilisée dans le calcul de la meilleure estimation tient compte de toutes les entrées et sorties de trésorerie nécessaires illustrés dans le tableau qui suit pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance pendant toute la durée de ceux-ci :

Figure 6 : les flux liés à la meilleure estimation

Flux entrants	Flux sortants
• Primes à recevoir • Récupérations/recours • Intérêts/produit des placements • Réassurance	• Paiement des sinistres/prestations • Frais liés aux contrats • Réassurance

Source : Dreyfuss, M. (2015)

La projection des flux de trésorerie utilisée dans le calcul de la meilleure estimation tient explicitement ou implicitement compte de toutes les incertitudes des flux de trésorerie, et notamment de tous les facteurs suivants ² :

- La fréquence et la gravité des sinistres.
- Les montants et délais des paiements.

¹ Otoul, Benoît (2019), Op-cit, page : 42

² Article 30, journal officiel de l'union européenne, règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014, complétant la directive 2009/138/ce du parlement européen et du conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II), page : 35.

- Les frais associés.
- Les variations des indices de marché influençant les coûts des sinistres.
- Le comportement des souscripteurs.
- L'interdépendance de plusieurs facteurs d'incertitude.

Conformément à l'article 36 pour les assurances non-vie, la meilleure estimation est calculée distinctement pour les provisions de primes non acquises et les provisions pour sinistres à payer¹ :

- **Best Estimate pour provisions pour sinistre à payer**

Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actualisées et crédibles ainsi que sur des hypothèses réalistes. Ce calcul fait appel à des méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables et pertinentes qui reposent sur des données historiques relatives à leur sinistralité tel que la méthode la plus connue et la plus utilisée qui est la méthode Chain Ladder Standard (expliquée dans la section suivante).

- **Best Estimate pour provision pour primes**

Les provisions pour primes non acquises (PPNA) et pour risques en cours (PREC) couvrent les flux de trésorerie futurs pour les sinistres après l'évaluation, incluant les frais d'administration et de gestion pour la durée restante du contrat.

Ci-dessous la formule permettant de le calculer ²:

$$BE = CR * [UPR / (1 - \text{taux de commission}) + (CR - 1)] * PVFP + AER * PVPF$$

Avec :

- **BE** : Best Estimate de la provision pour primes.
- **CR** : estimation du ratio combiné de chaque segment d'activité hors frais d'acquisition.
- **UPR** (Unearned premium reserve) : Provision pour prime non acquise PPNA par LoB.
- **AER** (Estimate of acquisition expenses ratio) : Estimation du ratio des frais d'acquisition par LoB.

¹ Conformément à l'article 36, journal officiel de l'union européenne, règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014, complétant la directive 2009/138/ce du parlement européen et du conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II), page : 35.

² Bouabdallah, R, Oubelaid, H. (2022), « **L'impact du passage de Solvabilité I à Solvabilité II sur les exigences en fonds propres d'une compagnie d'assurance** », école supérieure du commerce, revue des Sciences commerciales et de gestion, numéro : 1, page : 103.

- **PVFP** (Present value of future premiums) : valeur actuelle des primes futures par LoB actualisées au taux sans risque.

Il est à noter que le taux de commission doit être fixé à 0 dans le cas où l'UPR est basée sur la prime totale.

En assurance IARD, les résultats de calcul du « Best Estimate » doivent être présentés sur la base d'une segmentation selon douze branches :

1. Accident et maladie (indemnités journalières)
2. Accident et maladie (assurance maladie)
3. Accident et maladie (autres risques non compris dans 1 ou 2)
4. Automobile (Responsabilité Civile)
5. Automobile (autres branches)
6. Marine, aviation et transport.
7. Incendie et autres dommages aux biens.
8. Responsabilité civile.
9. Crédit et caution.
10. Protection juridique.
11. Assistance.
12. Divers assurance non-vie

Les Provisions pour Sinistres à Payer (PSAP) couvrent la période entre l'occurrence et le paiement final des sinistres, incluant ceux non déclarés (IBNR). Face aux incertitudes quantitatives et réglementaires (nombre et au montant des sinistres, à leur variabilité, aux dates de règlement, et aux changements potentiels dans l'environnement juridique), une "Marge pour Risque" est ajoutée à la meilleure estimation pour aligner la valeur des passifs sur celle du marché.

3.3.2 La marge pour risque (RM)

C'est le montant à ajouter au best Estimate afin de garantir que l'assureur dispose de provisions techniques suffisantes pour pouvoir faire face à ses engagements. Elle est égale au coût d'immobilisation des capitaux propres nécessaires pour parvenir à assumer ses flux futurs jusqu'à extinction des engagements¹.

¹ Dreyfuss, M. (2015) , Op-cit , page : 119 .

La formule de calcul de la marge pour risque est la suivante ¹ :

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

Avec :

- **CoC** : représente le taux de coût du capital (Cost of capital) qui est égale à 6%.
- **SCR(t)** : représente le capital de solvabilité requis visé à l'article 38, paragraphe 2, après t années.
- **r(t + 1)** : représente le taux d'intérêt sans risque de base pour l'échéance t + 1 .

Du fait de la complexité caractérisant cette méthode, L'EIOPA a proposé formule simplifiée suivante :

$$RM = \alpha lob * BE_0$$

3.3.3 Autres éléments relatifs au calcul des provisions

- Les entreprises doivent inclure toutes les dépenses futures et les effets de l'inflation (des dépenses et des sinistres) dans le calcul des provisions techniques.
- Les provisions techniques doivent incorporer la valeur des garanties financières et des options des contrats, en se fondant sur des hypothèses réalistes et actuelles pour prévoir la probabilité que les assurés utilisent ces options, tout en considérant les impacts des variations des conditions financières et non financières.
- Les engagements doivent être classés en groupes de risques homogènes pour une évaluation précise.
- Les entreprises doivent assurer l'exactitude, l'exhaustivité et la pertinence des données utilisées pour calculer les provisions techniques.
- Les calculs des provisions doivent être régulièrement comparés et ajustés selon les données d'expérience réelle.
- Les autorités de contrôle peuvent exiger des entreprises qu'elles démontrent la pertinence du niveau de leurs provisions techniques, l'applicabilité de leurs méthodes et l'adéquation des données statistiques utilisées. En cas de non-conformité, il peut être requis d'augmenter le niveau des provisions.

¹ Conformément à l'article 37, journal officiel de l'union européenne, règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014, complétant la directive 2009/138/ce du parlement européen et du conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II), page : 35.

4. Les conséquences attendues de la mise en place de Solvabilité II

4.1 Pour les entreprises d'assurance

Les compagnies d'assurance devraient profiter directement du cadre de Solvabilité II. Selon l'objectif de la directive, ce régime est conçu pour établir une concurrence équitable et encourager une intégration accrue du marché européen de l'assurance. Ainsi, les assureurs et réassureurs européens devraient bénéficier d'une compétitivité améliorée grâce à l'harmonisation des exigences réglementaires quantitatives avec le coût économique réel des risques qu'ils prennent.

4.2 Pour les autorités de contrôle

Les autorités de régulation devraient disposer d'outils prudentiels améliorés pour une intervention plus rapide et efficace. Elles seront autorisées à effectuer des contrôles réguliers sur l'ensemble des risques auxquels sont confrontés les assureurs. La répartition des responsabilités entre les autorités en charge du contrôle individuel des entreprises et celles responsables des groupes devrait améliorer la compréhension des différentes entités au sein d'un groupe d'assurance. De plus, la coopération et la convergence des pratiques parmi les diverses autorités de contrôle seront renforcées.

4.3 Pour les assurés

Les assurés et les adhérents devraient être les principaux bénéficiaires indirects du régime Solvabilité II, qui vise à leur offrir une protection uniforme et accrue à travers l'Union européenne. Ce régime réduit leur risque de pertes dues aux difficultés financières de leurs assureurs. En stimulant la concurrence, notamment dans les secteurs de l'assurance de biens courants comme l'automobile et l'habitation, il devrait également entraîner une baisse des prix et favoriser l'innovation, offrant ainsi plus de choix aux consommateurs.

4.4 Pour l'activité économique

Solvabilité II devrait améliorer la compétitivité internationale des assureurs européens et aligner les réglementations sur les réalités économiques pour une meilleure gestion du capital à l'échelle des entreprises, du secteur, et de l'économie européenne dans son ensemble. Cela devrait réduire les coûts de mobilisation de capitaux, grâce au rôle des assureurs comme investisseurs institutionnels, et favoriser une gestion plus efficace des capitaux et des risques, contribuant ainsi à la stabilité financière à moyen et long.

Section 03 : Evaluation déterministe des provisions techniques non-vie

Pour l'évaluation des provisions techniques, les assureurs utilisent des différentes méthodes actuarielles, telles que les méthodes déterministes, ces derniers peuvent être un premier outil intéressant pour prévoir la charge finale en utilisant des cadences de règlement observées sur le passé.

1. Hypothèses des méthodes déterministes

L'utilisation des méthodes déterministes pour l'évaluation des provisions techniques non-vie est tributaire de la vérification de certaines hypothèses, notamment ¹:

- L'uniformité des délais de règlement des sinistres (délais qui s'écoulent entre la date de survenance du sinistre et celle de son règlement) quelques soit l'exercice de survenance.
- L'absence d'inflation.
- La stabilité de la structure du portefeuille, en termes de garanties des contrats, de franchises, et plus généralement de la gestion des sinistres.
- La disponibilité d'une base de données vérifiant les hypothèses ci-dessus exposées sur une période suffisamment longue (au moins 5 ans).

2. La méthode de Chain-Ladder (CL)

2.1 Principe

Il s'agit de la technique déterministe la plus utilisée par les assureurs pour estimer les paiements futurs sur la base des données passées, grâce à sa mise en œuvre simple et sa fiabilité. Elle présente l'avantage de s'appliquer à des à des structures de données appelées triangles de paiements issus des données historiques de toute nature (en particulier ceux de paiements cumulés ou de charges) ².

2.2 Hypothèses

La méthode de Chain Ladder a deux hypothèses :

- **H_1** : L'indépendance des années de survenance (les sinistres qui sont déjà survenu n'ont aucune influence sur les sinistres pouvant survenir l'année suivante).
- **H_2** : Le développement de la sinistralité future se comporte comme celle du passé.

¹ Kammoun M. (2016), op-cit ; page : 98.

² Aman-yah, A. et autres « Application de méthodes de machine learning au provisionnement non-vie », master 1 actuariat, Euria- euro institut d'actuariat, Siapartners, France, page : 16.

2.3 Mise en œuvre

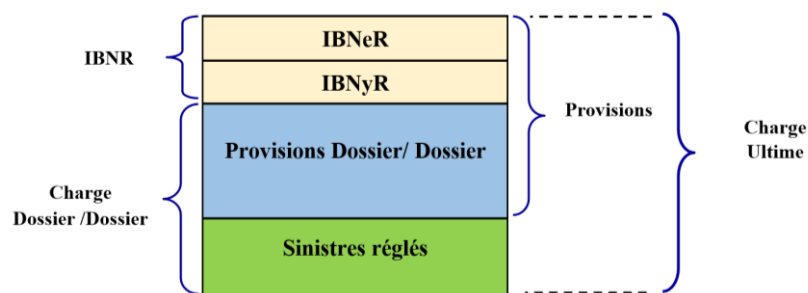
L'application de la méthode de Chain ladder se repose sur les quatre étapes suivantes :

2.3.1 Etape 1 : La collecte des données et la vérification des hypothèses

La base de données utilisée pour l'estimation de la provision pour sinistres à Payer (PSAP) repose sur trois principaux éléments¹ :

- La cadence des règlements : l'évaluation de la PSAP est principalement basée sur les indemnisations réellement versées aux sinistrés.
- Le coût moyen : L'évaluation se fait en multipliant le nombre de dossiers sinistres par un coût moyen estimé par dossier
- La charge ultime : la charge ultime d'une année de survenance donnée vues à la date d'inventaire peut se décomposer comme suit :
 - Le montant des règlements déjà effectués par l'assureur.
 - La provisions dossier par dossier, constituées par le gestionnaire sinistre pour chaque sinistre déclaré lors de l'ouverture du dossier, elle est révisée plus ou moins régulièrement, et diminuée du montant des règlements effectués au fur et à mesure du développement du sinistre.
 - La provision IBNR (Incurred But Not Reported) qui se compose de IBNeR et IBNyR (déjà détaillé dans la section 1).

Figure 7: Composition de la charge ultime



Source : Hénin.P (2013)

2.3.2 Etape 2 : l'estimation des coefficients de passage

L'application de la méthode Chain Ladder repose sur le triangle de liquidation qui regroupe des informations sur le règlement de tous les sinistres survenus dans le portefeuille analysé et les classent par année de survenance et année de développement.

La structuration du triangle de règlement repose sur les notations sont les suivantes :

¹ Kammoun M. (2016), op-cit , page : 99.

- i : correspond à l'indice des années de survenance des sinistres, avec $i=1, \dots, n$.
- j : correspond à l'indice des années de développement des sinistres, avec $j=1, \dots, n$.
- $Y_{i,j}$: correspond au montant des règlements effectués l'année j pour les sinistres survenus l'année i (ou montant incrémental).
- $C_{i,j}$: correspond à la somme des règlements effectués de l'année i à l'année j pour les sinistres survenus l'année i (ou montant cumulé) :

$$C_{i,j} = Y_{i,1} + Y_{i,j}$$

Chain Ladder utilise des coefficients de passage pour estimer les charges techniques futures (le triangle inférieur / partie verte) à partir des charges observées (le triangle supérieur/partie bleu).

Figure 8 : Triangle des incréments cumulés

		Période de développement						
		1	2	...	j	...	n-1	n
Période d' origine	1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
	2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮		
	i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$			
	⋮	⋮	⋮	⋮			?	
	n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$					
	n	$C_{n,1}$						

Source : élaboré par l'auteur

Le calcul des coefficients de passage (Link-ratios) peut être paramétré comme suit :

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

2.3.3 Etape 3 : la projection des chiffres à observer à partir des chiffres réalisés via les coefficients de passage ¹

Pour chaque année de survenance (ou de déclaration), le calcul de la charge ultime est défini de la façon suivante :

$$\exists (\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}), \text{ tels que } C_{i,j+1} = \lambda_j * C_{i,j}$$

¹ Kammoun M. (2016), op-cit , page : 104.

2.3.4 Etape 4 : Déduction de la provision estimée

Une fois le triangle des charges techniques futures est complété via les coefficients de passage, l'estimation de la provision technique à comptabiliser se fait, sur la période d'étude, par exercice de survenance moyennant la différence entre les charges techniques du dernier exercice projeté n et celles du dernier exercice observé¹.

Le tableau ci-dessous nous donne le rectangle des paiements après avoir estimé les $\hat{C}_{i,j}$ et le montant des provisions à constituer :

Après l'estimation des paiements futurs, le montant de la provision pour l'année de survenance i est donné par :

$$\hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - \hat{C}_{i,n-i+1}$$

Le montant total de provision nécessaire à la date d'inventaire est de :

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

Figure 9 : Triangle des incréments cumulés avec le calcul de la provision

		Période de développement							Provisions
		1	2	...	j	...	n-1	n	
Période d' origine	1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$	$\hat{R}_1 = 0$
	2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	$\hat{C}_{2,n}$	$\hat{R}_2$
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮		⋮	⋮
	i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$	...	...	$\hat{C}_{i,n}$	$\hat{R}_i$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			⋮	⋮
	n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$					$\hat{C}_{n-1,n}$	$\hat{R}_{n-1}$
	n	$C_{n,1}$	$\hat{C}_{n,2}$	...	$\hat{C}_{n,j}$	...	...	$\hat{C}_{n,n}$	$\hat{R}_n$
Le montant total de provision :									R

Source : élaboré par l'auteur

2.4 Critiques de la méthode²

2.4.1 Qualités

- Elle est facilement paramétrable, un paramètre adéquat permet de respecter les hypothèses sous-jacentes à la méthode dans nombreux cas de figures.

¹ Kammoun M. (2016), op-cit ; page : 104.

² Denuit, M, Charpentier, A. (2009) « **Mathématique de l'assurance non-vie : Tarification et provisionnement** », Tome 2, Paris, édition Economica, page : 323.

- Elle permet d'obtenir des résultats par année de rattachement (survenance, souscription) nécessaires notamment pour remplir les états réglementaires et répondre aux contraintes fiscales.
- Elle est très largement utilisée à l'international, les groupes multinationaux peuvent ainsi facilement s'appliquer à de nombreux types de données : règlement, charges sinistres, recours, nombres des sinistres, coût moyen des sinistres etc.
- Elle est simple à appliquer et très utilisée par les services techniques des sociétés.

2.4.1 Limites

- Ne donne qu'un seul scénario qui a une probabilité quasi-nulle de se réaliser (pas de construction de scénarios).
- Ne doit pas se faire que sur un triangle stable (constance des facteurs, indépendance des années de survenance)
- Pour les branches longues, il est nécessaire d'utiliser un lissage pour prolonger le développement des sinistres, sinon les charges ultimes seront sous-estimées.

3. Méthode du S/P à l'ultime ou Loss Ratio

3.1 Principe

Cette méthode permet de calculer une charge de sinistres par année de survenance en fonction des primes versées. Cette charge de sinistres calculée par année de survenance doit ensuite être écoulee pour déterminer les prestations payées par année de projection et non sur les triangles de liquidation comme la méthode Chain-Ladder

3.2 Hypothèses

La méthode de Loss Ratio a une hypothèse essentielle :

- **H_1** : Les sinistres futurs peuvent être mieux estimés en utilisant une estimation a priori plutôt qu'en se basant sur l'historique.

3.3 Mise en œuvre

Avec cette méthode, la charge ultime est définie comme le produit d'un ratio de sinistralité avec la prime acquise ¹ :

$$Charge\ Ultime_{LR} = Prime\ acquise \times S/P$$

La prime acquise et le « P » du S/P doivent suivre la même cohérence.

Plusieurs approches peuvent être utilisées pour déterminer le ratio de sinistralité utilisé pour cette approche :

¹ Groupe de Travail sur le Provisionnement des Sinistres Non-Vie (2023), op-cit, page :20.

- Utiliser le ratio de sinistralité fourni par la tarification.
- Utiliser un ratio en cohérence avec le Plan à moyen terme de la compagnie.
- Utiliser un benchmark du marché.
- Utiliser un jugement d'expert.
- Calculer un ratio de sinistralité à partir d'un historique de données :
 - Soit en projetant un triangle de S/P.
 - Soit en projetant les primes et les sinistres séparément.

Cette méthode est privilégiée par rapport à la méthode Chain-Ladder lorsque que l'historique ne permet pas d'estimer la charge ultime, pour :

- Historique faible : nouveaux produits.
- Branche caractérisée par de très faibles montants de règlement et/ou de sinistres enregistrés au cours des 1ères années de développement.
- Déviation du risque par rapport à l'historique : évolution des profils souscrits, changement de la fréquence ou de l'intensité de la sinistralité, évolution des règles de gestion.

3.4 Critiques

La méthode du Loss Ratio, bien que peu technique et peu sensible aux variations des données, elle présente une stabilité notable.

4. La méthode de Bornhuetter et Ferguson

4.1 Principe

La méthode de Bornhuetter Ferguson est une alternative connue à la méthode de Chain Ladder dans le cas où l'on dispose de triangles « instables ». Cette méthode ne se base pas uniquement sur l'historique des sinistres, mais prend en compte une donnée exogène où nous utilisons souvent un S/P final attendu ou estimé.

Donc, La charge ultime dans cette estimation représente la somme entre la charge ultime projetée par la méthode Chain ladder et la charge ultime projetée par la méthode Loss Ratio.

4.2 Hypothèse

- H_1 : Les sinistres cumulés $C_{i,j}$, sont indépendants suivant les années d'incidence i (hypothèse identique à celle du Chain-Ladder).
- H_2 : Il existe un unique vecteur sur les années d'origine (strictement positif) et d'un unique vecteur sur les années de développement (compris entre 0 et 1, avec des éléments consécutifs croissants et le coefficient à ultime est égal à 1) tel que

pour chaque montant du triangle soit, en espérance, le produit des vecteurs pour l'année d'origine et le développement correspondant. Il existe des paramètres $\mu_0, \dots, \mu_i > 0$, et des cadences $\beta_0, \dots, \beta_i > 0$ avec $\beta_j = 1$ tels que :

$\forall 0 \leq i \leq I$ et $0 \leq j \leq J-1$ et $0 \leq k \leq J-j$, on a :

$$E[C_{i,0}] = Q_0 \mu_i$$

$$E[C_{i,j}|C_{i,0}, \dots, C_{i,j-1}] = C_{i,j} + (Q_{j+k} - Q_j) \mu_i.$$

4.3 Mise en œuvre

Soit P_i la prime acquise pour l'année i , $\widehat{LR}_i$ un estimateur du Loss ratio ultime pour l'année i :

$$L_i = \frac{U_i}{P_i}$$

- U_i : représente la charge ultime de l'année i ¹.
- $\widehat{Z}_k$: estimateur de la proportion de sinistres payés à la date i .
- $\widehat{Z}_{n+i-1}$: Représente alors la proportion de sinistres payés à la date $n + 1 - i$ et $1 - \widehat{Z}_{n+i-1}$ à proportion qu'il reste à payer.

On a alors pour l'année de survenance i , selon la méthode de Bornhuetter Ferguson, la réserve suivante :

$$\widehat{R}_i = \widehat{U} \times (1 - \widehat{Z}_{n+i-1})$$

$$\widehat{R}_i = P_i \times L_i \times (1 - \widehat{Z}_{n+i-1})$$

Les coefficients $\widehat{Z}_k$ proviennent des coefficients de développement de la méthode Chain Ladder $\widehat{\lambda}_1, \dots, \widehat{\lambda}_n$ ¹:

$$\widehat{Z}_n = \frac{1}{\widehat{\lambda}_n}; \widehat{Z}_{n-1} = \frac{1}{\widehat{\lambda}_n \times \widehat{\lambda}_{n-1}}; \dots; \widehat{Z}_1 = \frac{1}{\widehat{\lambda}_n \times \widehat{\lambda}_1}$$

4.4 Critiques de la méthode

4.4.1 Qualités

- La méthode incorpore des avis d'experts en plus du triangle de paiements pour estimer la charge ultime des sinistres pour une année d'incidence spécifique.

¹ E.GETTLER ; « Sinistres attritionnels en non-vie : quelles méthodes de provisionnement », mémoire d'actuaire ; centre d'étude actuarielle ; Paris ; 2016 ; page : 35.

- Elle combine les méthodes du Loss Ratio et de Chain-Ladder, offrant une estimation plus complète.
- La méthode ne dépend pas uniquement du dernier montant observé, permettant ainsi de faire de bonnes provisions même avec des triangles contenant peu d'années.

4.4.2 Inconvénients

- La détermination du Loss Ratio dépend largement de l'interprétation de l'expert, ce qui peut introduire une subjectivité marquée.
- Si le Loss Ratio est mal estimé, il y a un risque élevé de biais dans l'estimation de la charge ultime des sinistres (forte dépendance de la méthode à ce ratio).
- La méthode ne garantit pas une stabilité des résultats d'une année à l'autre, ce qui peut poser des défis dans la prévision à long terme.

5. Critiques des méthodes déterministes

L'utilisation des méthodes déterministes pour évaluer les provisions techniques dépend de la vérification de plusieurs hypothèses concernant la base de données, qui ne sont pas toujours garanties. Ces hypothèses incluent l'uniformité des délais de règlement des sinistres, l'absence d'inflation, la stabilité de la structure du portefeuille de contrats, et la disponibilité d'une base de données fiable sur au moins cinq ans. Ces conditions sont nécessaires pour l'efficacité de ces méthodes, mais leur validation peut être difficile selon le contexte économique et réglementaire.

En conclusion, bien que les méthodes déterministes soient utiles pour estimer les réserves de sinistres et soient relativement simples à utiliser, elles demeurent particulièrement sensibles aux variations des données observées. Afin de quantifier cette incertitude liée au provisionnement, il est donc nécessaire de recourir à des méthodes stochastiques pour le calcul des réserves.

Section 04 : Méthodes stochastiques du provisionnement non-vie

Les méthodes stochastiques complètent les méthodes déterministes en mesurant l'incertitude dans les résultats obtenus offrent une vision sur la variabilité des provisions au-delà d'une simple estimation moyenne des montants. Ces méthodes évaluent non seulement la volatilité des provisions mais permettent également de déterminer leur distribution, offrant ainsi une perspective plus précise et réaliste du risque

1. Principe des méthodes stochastiques

Tenant compte des résultats obtenus par les méthodes déterministes, les méthodes stochastiques visent principalement à ¹:

- Estimer les paramètres de distribution des provisions selon la méthode du maximum de vraisemblance.
- Identifier les lois de probabilité qui régissent les paiements pour l'IBNR et le PSAP via des tests de conformité (Chi-Square Goodness of Fit).
- Créer des scénarios potentiels pour ces paiements en utilisant les méthodes de Monte Carlo.
- Calculer en fonction des scénariis générés des résultats prévisionnels estimatifs pour les provisions.

2. Le modèle de Mack

2.1 Principe

Le modèle de Mack est un modèle stochastique qui s'appuie sur la méthode déterministe du Chain Ladder (décrit dans la section précédente) comme cette dernière, il s'applique sur le triangle des montants cumulés.

Il s'agit d'un modèle non paramétrique, ce qui signifie qu'il ne repose sur aucune hypothèse de distribution spécifique concernant les éléments du triangle. De plus, il est conditionnel, puisque les espérances sont calculées en tenant compte des valeurs du triangle supérieur. On note C_{ij} le montant du sinistre pour l'année d'accident $i \in \{1, \dots, I\}$ et l'année de développement $j \in \{1, \dots, J\}$ ².

¹ Kammoun M. (2016), op-cit, page : 127.

² LACOUM, A. (2008) « **Mesure du risque de réserve sur un horizon d'un an** », mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Actuaire, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut de science financière et d'assurance, France, page :12.

2.2 Hypothèses

La méthode de Mack repose sur trois hypothèses essentielles :

- **H₁** : Les paiements cumulés de l'année de développement i ($C_{i,j}$) $j=1, \dots, n$ et ceux de l'année de développement i' ($C_{i',j}$) $j=1, \dots, n$ sont indépendants ($i \neq i'$).
- **H₂** : L'espérance conditionnelle de $C_{i,j+1}$, sachant $C_{i,1} \dots C_{i,j}$ est liée à la dernière observation par un facteur multiplicatif près :

$$E(C_{i,j+1} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = \lambda_j E(C_{i,j} | C_{i,1}, \dots, C_{i,j-1})$$

- **H₃** : Le modèle de Mack produit des estimateurs des paramètres inconnus σ_j^2 $j \leq n-1$ en formulant d'autre hypothèse, c'est l'hypothèse de la volatilité interne du triangle pour l'année de développement j , nous avons alors :

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

Sous les hypothèses (H1) et (H2), le modèle stochastique développé produit des estimations de provisions similaires à celles obtenues par la méthode Chain-Ladder. La troisième hypothèse a été introduite pour quantifier la variabilité au sein du rectangle.

2.3 La notion d'erreur de prédiction

La première étape dans la mise en œuvre du modèle de Mack est de commencer par le calcul de la variance estimée σ^2 associée aux estimations des facteurs de développement $\hat{\lambda}_j$ et le calcul aussi d'une moyenne pondérée car elle présente une variance plus faible, elle est calculée comme suit :

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \lambda_j \right)^2, j = 1, \dots, n-2$$

La valeur de σ_j^2 pour $j = n-1$ est donnée par ¹ :

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

¹Khordj, M et autres (2017), « **Provisionnement et mesure de risque en assurance dommage dans le cadre de Solvabilité II** », La revue en management, Éditions Association de Recherches et Publications en Management pages :143.

Le Mean Square Error of Predicion ou ce qu'on appelle l'erreur quadratique moyenne $msep(\hat{C}_{i,n})$ où $\hat{C}_{i,n}$ est définie comme suit :

$$msep(\hat{C}_{i,n}) = E((\hat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2 | D)$$

L'ensemble de toutes les données observées est de : $D = \{C_{i,n}, i + j \leq n\}$

$\hat{C}_{i,n}$ correspondent aux valeurs estimées du triangle inférieur et $\hat{C}_{i,n-i+1} = C_{i,n-i+1}$.

Dans la pratique, nous examinons l'intérêt de l'erreur quadratique moyenne conditionnelle relative à l'estimation spécifique $\hat{C}_{i,n}$ basée sur l'ensemble de données observées D observé et donc à utiliser $E((\hat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2 | D)$ qui nous donne l'écart moyen entre $\hat{C}_{i,n}$ et $C_{i,n}$. Nous voyons cela nous permet d'évaluer la précision de l'estimation

$$msep(\hat{R}_{i,n}) = E((\hat{R}_{i,n} - R_{i,n})^2 | D) = E((\hat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2 | D) = msep(\hat{C}_{i,n})$$

Ensuite, en raison de la règle générale ¹:

$$msep(\hat{C}_{i,n}) = \underbrace{Var(C_{i,n} | D)}_{\text{L'erreur du modèle}} + \underbrace{(E(C_{i,n} | D) - \hat{C}_{i,n})^2}_{\text{L'erreur d'estimation}}$$

L'erreur quadratique moyenne se compose donc de deux éléments :

- **Erreur du modèle** : correspond à l'erreur de modèle ou erreur du process, il mesure la variabilité du modèle stochastique du processus.
- **Erreur d'estimation** : résultant de l'incertitude liée à l'estimation des paramètres utilisés pour calculer $\hat{C}_{i,n}$. Elle tend généralement à diminuer à mesure que la quantité d'informations disponibles augmente.

L'erreur quadratique moyenne $msep(\hat{R}_{i,n})$ peut être estimée par ²:

$$msep(\hat{R}_{i,n}) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{\sigma_j^2}{\hat{\lambda}^2} \left(\frac{1}{\hat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right)$$

Mak a proposé autre formule on peut estimer l'erreur quadratique moyenne d'estimation de réserve globale $\hat{R}$ grâce à la seconde formule de T. Mack :

$$m\hat{s}ep(\hat{R}) = \sum_{i=2}^n \left\{ m\hat{s}ep(\hat{R}_i) + \hat{C}_{i,n} \left(\sum_{k=i+1}^n \hat{C}_{k,n} \right) \left(\sum_{j=i+1}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2 / \hat{\lambda}^2}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}} \right) \right\}$$

¹ Le groupe de Travail sur le provisionnement des Sinistres Non-Vie (2023), op-cit, page :26.

² Khordj, M et autres (2017), op-cit , pages : 144.

2.4 Critiques du modèle

2.4.1 Qualités

- Contrairement à Chain Ladder, ce modèle offre la possibilité d'estimer l'erreur de prévision des réserves, permettant ainsi de déterminer un intervalle de confiance.
- Cette approche intègre le calcul de provisionnement de la méthode Chain Ladder, ce qui représente un avantage technique, notamment en termes de temps de développement de la méthode.

2.4.2 Limites

- C'est une méthode complexe à expliquer et à analyser.
- La constance des facteurs de passage et des variances doit être vérifiée par des analyses rétrospectives.
- Le modèle ne permet pas de définir la distribution des réserves sans hypothèses supplémentaires.
- Ne permet pas d'obtenir la description complète de la distribution des provisions.

3. . Méthode de Bootstrap

3.1 Définition

Le Bootstrap est largement utilisé en assurance non-vie pour évaluer la variabilité des données. Quand les données incrémentales sont positives, les réserves estimées par cette méthode tendent à correspondre à celles de la méthode Chain-Ladder. Elle utilise les facteurs de Chain-Ladder pour ajuster un triangle de paiements, garantissant que les totaux de chaque diagonale restent constants.

Le Bootstrap crée ensuite plusieurs versions modifiées de ce triangle, et réapplique le modèle statistique pour estimer les provisions pour chaque version. Cela aide à prévoir une gamme possible de futurs paiements. En résumé, le Bootstrap combine le rééchantillonnage et le simulation Monte Carlo pour offrir une vision précise des provisions¹.

Le Bootstrap est utilisé principalement pour :

- Analyser la variabilité de paramètres statistiques.
- Produire des intervalles de confiance de ces paramètres.

¹ MORINEAU, A. (2016) « **Bootstrap et procédures de rééchantillonnage : l'analyse des données au 21^{-ème} siècle** », France, page : 23.

3.2 Hypothèses

Les hypothèses fondamentales du Bootstrap incluent :

- H_1 : L'indépendance des observations d'où le tirage avec remise.
- H_2 : La distribution identique des lois de chaque élément dans l'échantillon initial.

3.3 Mise en œuvre

1) Appliquer le modèle de chaine-Ladder sur le triangle des paiements cumulés

Nous utilisons les facteurs de développement de Chain-Ladder pour ajuster un triangle de paiements, assurant que les totaux de chaque diagonale soient égaux aux totaux initiaux, ce qui confirme l'hypothèse de Chain-Ladder. La méthode inclut ensuite la sélection d'un échantillon d'erreurs pour créer un nouveau triangle, en excluant les cellules en haut à droite et en bas à gauche, qui sont toujours nulle. Cela nous permet de former un pseudotriangle incrémental¹.

2) Calculer les facteurs de développement du pseudotriangle

Nous pouvons calculer les facteurs de développement et les paiements pour ce nouveau triangle en répétant cette méthode plusieurs fois, et évaluer l'erreur d'estimation pour chaque paiement incrémental. De plus, nous devons considérer l'erreur du modèle, en prenant en compte que les paiements suivent une distribution de Poisson surdispersée.

3) déduire le triangle des résidus ajustés de Pearson

A partir de ces facteurs issus des données historiques on considère un triangle ajusté tel que les $D_{i,j}$ de la diagonale sont égaux aux paiements cumulés, où les résidus étant en moyenne proches de zéro :

$$D_{i,j} = \lambda_j \hat{D}_{i,j-1}$$

Il est alors possible d'obtenir le triangle des résidus ajustés de Pearson, définis par :

$$PR_{i,j} = \sqrt{\frac{N}{N-p}} \cdot \frac{X_{i,j} - \tilde{X}_{i,j}}{\sqrt{\tilde{X}_{i,j}}}$$

- N : est le nombre d'observations de triangle
- P : le nombre des paramètres à estimer.

4) Les étapes suivantes sont répétées pour chaque simulation :

¹ KERDALI, A (2017) « **Modélisation Stochastique Des Provisions Techniques En Assurance Non-Vie : Modèles Récursifs de provisionnement** », thèse de doctorat en science économique et statistique appliquée, Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée, Koléa, Algérie, page : 68.

- a) Ré échantillonnage des résidus de Pearson ajustés
- b) Reconstitution du pseudotriangle des incréments $\tilde{X}_{i,j}$ par la formule

$$\tilde{X}_{i,j} = PR_{i,j} \sqrt{X_{i,j} + \tilde{X}_{i,j}}$$

- c) Reconstitution du pseudo-triangle des cumulés
- d) Calcul des facteurs de développement suivant Chaine-ladder
- e) Réutilisation du modèle pour obtenir le triangle inferieur prévu par le modèle et estimer la provision globale.
- f) stocker le résultat de la provision et réitérer.

Estimer la moyenne et l'erreur du montant des provisions à partir du B échantillons des provisions ($\hat{R}^b$)¹:

La moyenne et la variance de la provision sont données par les formules suivantes successivement :

$$E^B(\hat{R}) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{R}_b$$
$$Var^B(\hat{R}) = \frac{1}{B-1} \sum_{b=1}^B (\hat{R}_b - E^B(\hat{R}))^2$$

L'erreur de prédiction est donnée par :

$$\widehat{mse}_{boot}^B = Var^B(\hat{R}) + \widehat{Var}(R)$$

3.4 Critiques du modèle

3.4.1 Qualités

- Permet de retrouver toute la distribution empirique (donne une richesse d'informations).

3.4.2 Limites

- Elle est complexe et nécessite que les résidus soient indépendants et distribués de manière identique.
- Le Bootstrap est moins efficace pour estimer les quantiles élevés, car les données disponibles ne représentent souvent pas bien ces extrêmes. Il est nécessaire d'ajuster la distribution des valeurs extrêmes.

¹ Ibid , page : 69.

4. Critiques des méthodes stochastiques

- Ces modèles peuvent parfois générer une incertitude très élevée, résultant en des intervalles de confiance excessivement larges qui peuvent être difficiles à exploiter et potentiellement source de risques liés au modèle¹.
- Elles nécessitent une grande puissance de traitement informatique, ce qui peut être un défi pour les simulations rapides, bien que l'évolution technologique atténue ce problème².
- Elles offrent des estimations plutôt que des prédictions précises, ce qui peut être restrictif pour les décisions de trading basées sur des analyses précises du marché.
- Elles requièrent une compréhension solide de la théorie des probabilités, posant des difficultés pour ceux qui ne sont pas initiés à ces concepts mathématiques.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné le concept de provisionnement technique dans les compagnies d'assurance, ainsi que les différentes méthodologies d'évaluation. Nous avons commencé par une présentation des concepts fondamentaux, mettant en lumière l'importance des provisions techniques pour assurer la solvabilité des assureurs, en raison de l'inversion du cycle de production où les primes sont perçues avant les paiements des sinistres.

Ensuite, nous avons étudié les directives de solvabilité, à savoir Solvabilité I et Solvabilité II. Solvabilité I impose aux assureurs de disposer de fonds propres adéquats pour couvrir leurs engagements, tandis que Solvabilité II modernise cette régulation en valorisant les actifs à leur juste valeur de marché et en introduisant des méthodes actuarielles et statistiques harmonisées pour le calcul des provisions techniques.

Nous avons également exploré en détail les méthodes actuarielles d'évaluation des provisions à savoir les méthodes déterministes, telles que la méthode Chain-Ladder, qui sont couramment utilisées mais présentent une sensibilité aux variations des données. Pour remédier à cela, nous avons abordé les méthodes stochastiques, telles que le modèle de Mack et la méthode de Bootstrap, qui permettent de mesurer l'incertitude et la volatilité des provisions.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons l'aspect empirique de notre étude, centré sur l'évaluation des provisions techniques dans la Compagnie Algérienne des Assurances (CAAT).

¹ KERDALI,A (2017), Op-cit , page : 70 .

² Disponible sur : « <https://fastercapital.com/fr/sujet/avantages-et-inconv%C3%A9nients-des-m%C3%A9thodes-stochastiques.html> », consulté le : 08/05 /2024 à 22 :00 .



Chapitre 02 :
Etude empirique : Estimation
des provisions techniques

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons analysé en détail le concept de provisionnement dans les compagnies d'assurance, en explorant les différentes méthodes d'évaluation utilisées. Nous avons mis en évidence le rôle important des provisions techniques pour garantir la solvabilité des assureurs, en raison du décalage entre la perception des primes et le paiement des sinistres. De plus, nous avons abordé les directives de solvabilité I et Solvabilité II, en expliquant comment elles contribuent à améliorer l'évaluation de ces provisions.

Dans ce chapitre, nous passons de la théorie à la pratique en nous concentrant sur l'évaluation empirique des provisions techniques au sein de la compagnie Algérienne des assurances (CAAT). L'objectif est d'appliquer les méthodes discutées précédemment pour estimer de manière rigoureuse les provisions pour sinistres à payer. Cette étude pratique se structure autour de l'application de modèles actuarielles à un ensemble de données réelles.

Ce chapitre est structuré en trois sections :

Section 01 : Provisions pour Sinistres, Approche et Pratiques dans la Branche Automobile de la CAAT : Cette section examine les pratiques et approches spécifiques de la CAAT pour la gestion des provisions pour sinistres dans le secteur automobile.

Section 02 : Mise en pratique des méthodes déterministes et stochastiques : Cette section applique les méthodes déterministes et stochastiques pour estimer les provisions, en utilisant des données réelles de la CAAT.

Section 03 : Synthèse des résultats : Cette section résume et interprète les résultats obtenus, mettant en évidence les implications pour la gestion des risques au sein de la CAAT.

Section 01 : Provisions pour Sinistres, Approche et Pratiques dans la Branche Automobile de la CAAT

Notre étude s'est déroulée au sein de la Compagnie Algérienne des Assurances (CAAT), C'est une Entreprise Publique Économique, dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière, réputée commerçante dans ses relations avec les tiers, et soumise aux règles relatives au régime des assurances Algérien.

La CAAT est habilitée à pratiquer toutes les opérations d'assurances de dommages. C'est une société par actions avec un capital social de 25 milliards DA (augmenté en 2023) dont le principal actionnaire est l'État Algérien¹.

1. Présentation de l'organisme d'accueil

1.1 Historique de la CAAT

Depuis sa création, la Compagnie Algérienne des Assurances a subi des profonds changements pour atteindre sa position actuelle sur le marché des assurances :

- **Avril 1985** : Création de la compagnie Algérienne des assurances de transport (CAAT) par le décret n°85-82 du 30 Avril 1985 à la faveur de la restructuration du secteur des assurances.
- **Janvier 1986** : la CAAT a commencé à exercer ses activités, avec un monopole de l'Etat et une spécialisation des sociétés d'assurance. Elle a été agréée pour pratiquer des activités liées aux assurances transports maritimes, aériens et terrestres.
- **1990** : fin de la spécialisation qui a permis à la CAAT de commercialiser l'ensemble des branches d'assurance et d'élargir son champ d'intervention au niveau national.
- **Janvier 1995** : la fin du monopole de l'Etat sur les opérations d'assurance et de réassurance², avec l'ouverture de l'activité d'assurance au secteur privé, l'Entreprise a veillé à maintenir sa position de leader sur le marché des risques transports, tout en investissant progressivement les autres segments, tel que les risques industriels.
- **Juillet 2011** : Changement de statut de la CAAT en compagnie d'assurance dommages toutes branches, conformément à un arrêté ministériel.
- **2011** : La création d'une filiale dédiée aux assurances de personnes, dénommée Taamine Life Algérie (TALA), en partenariat avec le Fonds National d'Investissement

¹ Disponible sur : « www.caat.dz », consulté le 19/05/2024, 09:30.

² Décision consacrée par l'Ordonnance N°95-07 du 25 janvier 1995.

(FNI) et la Banque Extérieure d’Algérie (BEA).

- **Septembre 2018** : La CAAT fait passer son capital social à 20 milliards DA, et présente des indicateurs très élevés sur marché, cette augmentation permet à la compagnie d’accroître sa capacité de rétention et de limiter le transfert de devises.
- **Décembre 2020** : La CAAT obtient des résultats positifs malgré un contexte de la pandémie de la crise économique
- **Décembre 2023** : Réalisation d’un chiffre d’affaires de 28,5 milliards DA, Cette performance représente une évolution significative par rapport à l’année précédente, consolidant la position de la CAAT en tant que deuxième société du secteur en termes de chiffre d’affaires global et le leader incontesté en assurance des risques industriels.

1.2 Objectifs de la compagnie

- ✓ Recherche du plus de profitabilité et de rentabilité.
- ✓ Diversification du portefeuille des produits.
- ✓ Préserver la position de leader sur le marché de l'assurance des risques industriels.
- ✓ L’amélioration de la part du marché.
- ✓ Améliorer et moderniser la gestion et le développement des ressources humaines
- ✓ Création des nouveaux postes de travail en développant le réseau commercial.
- ✓ Assurer la bonne qualité des services fournis aux clients avec le bon tarif.

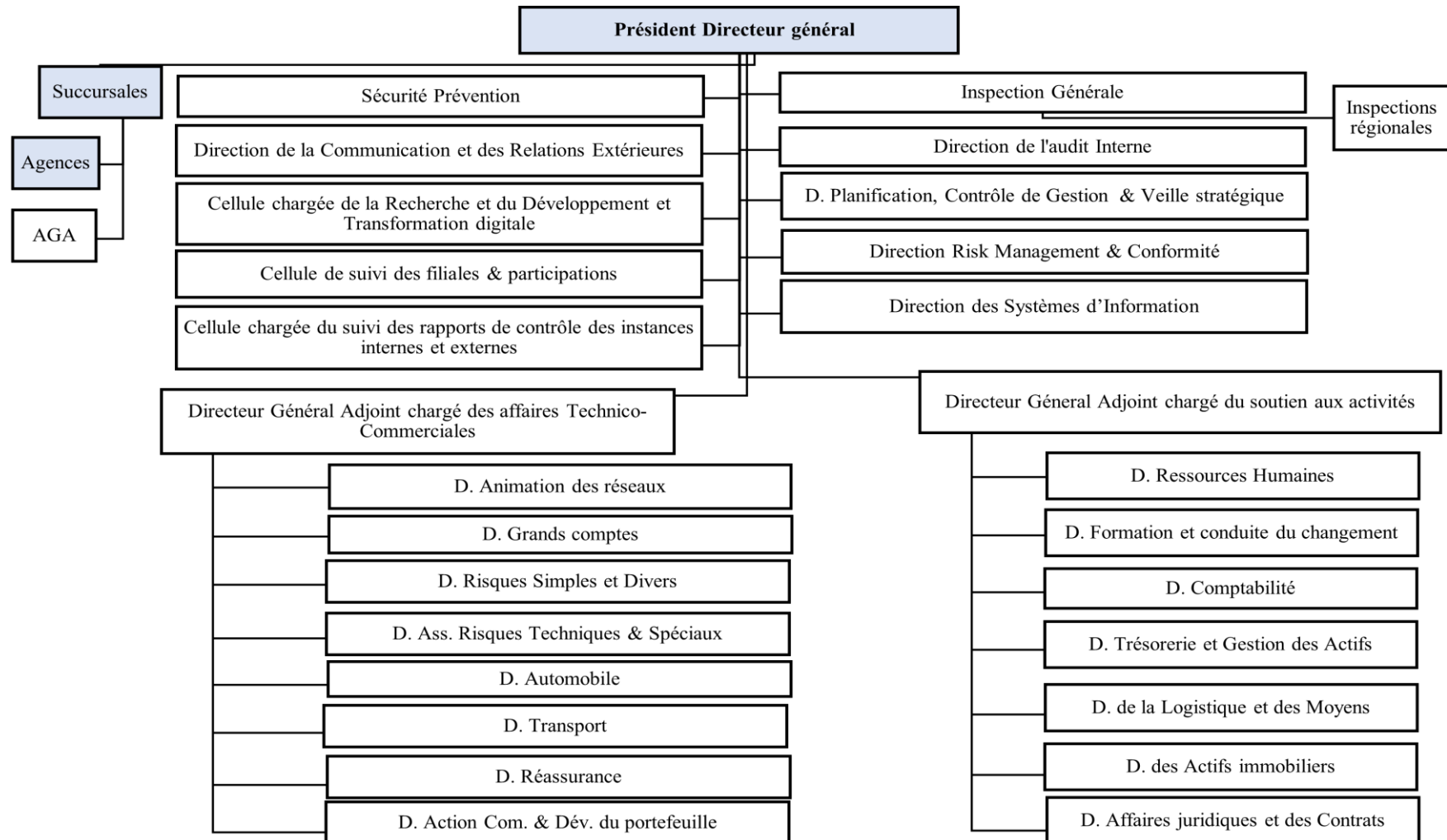
1.3 Atouts de la compagnie

- ✓ Un capital social en augmentation.
- ✓ Des marges de solvabilité supérieures aux normes réglementaires.
- ✓ Une solidité financière et des résultats comptables bénéficiaires.
- ✓ Un personnel expérimenté et qualifié.
- ✓ Implantation sur l’ensemble du territoire national.
- ✓ Capitalise une expérience avérée dans la gestion des risques d’entreprise.

1.4 Structure organisationnelle

Le schéma organisationnel de la CAAT a évolué en 2022 au gré de la redéfinition des priorités stratégiques de la compagnie. Le modèle actuel d’organisation de la compagnie se caractérise par une structuration illustrée dans la figure suivante :

Figure 10: Organigramme de la CAAT



Source : Direction Planification Contrôle de Gestion et Organisation.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

2. Classement par part de marché

D'après les chiffres du Conseil National des Assurances (CNA), la CAAT a conservé sa place de deuxième assureur national en Algérie après la SAA, avec une part de marché de 19,68 % en 2023 en réduisant l'écart avec le leader de 1,92 point en 2022 à 0,80 points en 2023 avec un chiffre d'affaires de 28 486 millions DA.

Figure 11 : Classement de la CAAT par part de marché (2023)

Unité : millions de dinars

Rang	Compagnie	Chiffres d'affaires	Part de marché		Evolution
			2023	2022	
1	SAA	29 634	20,48%	21,00%	-0,52%
2	CAAT	28 486	19,68%	18,76%	0,92%
3	CASH	19 943	13,78%	13,20%	0,58%
Total marché		144 724	100 %		

Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

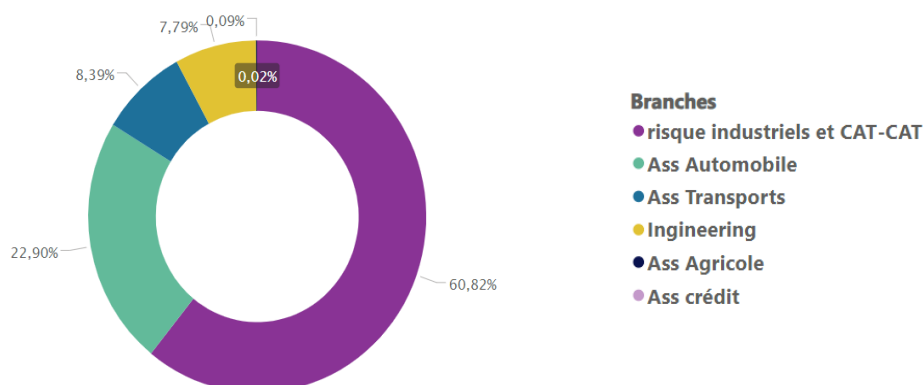
En termes de parts de marché, la CAAT se trouve dans les meilleures positions :

- 1^{er} Assureur dans les Assurances IARD, avec 29,95% de part de marché.
- 1^{er} Assureur dans les Risques de Transports avec 28% de part de marché.
- 3^{ème} Assureur en Automobile avec 9,91% de part de marché.

3. Structure du Portefeuille

La structure du portefeuille de la CAAT est diversifiée et reflète sa stratégie commerciale visant à répondre aux besoins des différents segments de marché. Le chiffre d'affaires de l'exercice 2023 réalisé peut-être réparti par branche selon la figure ci-dessous :

Figure 12 : Portefeuille de la CAAT (Exercice 2023)



Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

La composition du portefeuille de la Société est demeurée stable, avec une prédominance des branches « Incendie & Cat-Nat » et « Automobile », représentant respectivement 61 % et 23 % du portefeuille total. Cette dernière est caractérisée par une gestion complexe, une sinistralité élevée, et des revenus modestes.

4. Motifs de choix de la branche Automobile pour la réalisation de l'étude

Nous avons choisi de nous concentrer sur la branche Automobile pour le calcul des provisions pour plusieurs raisons :

- L'assurance automobile est considérée comme un risque de masse en raison du nombre élevé de souscriptions provenant d'entreprises, d'organisations associatives, et de particuliers¹. Elle constitue une part importante du marché des assurances, représentant 23% du portefeuille total de la CAAT.
- Nombre important de sinistres gérés par rapport aux autres branches.
- Croissance du parc automobile : Une augmentation du nombre de véhicules sur la route implique une probabilité accrue de sinistres, ce qui a un impact direct sur les provisions à constituer.
- Cette branche est considérée comme étant la branche la plus réglementée : cette réglementation impose des exigences strictes en matière de couverture et d'indemnisation, ce qui nécessite une estimation rigoureuse des provisions pour répondre aux obligations légales et garantir la solvabilité de l'assureur.

5. Poids de la branche Automobile dans la compagnie

Figure 13: Poids de la branche Automobile dans la compagnie

Réalisation de la branche Automobile (2023)	6 523 268 182,43 DA
Part dans le portefeuille CAAT	22,9 %
Part dans le secteur automobile national	9,91 %
Position dans la Portefeuille CAAT	2
Position dans le secteur automobile national	3

Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

¹ Cette assurance est obligatoire conformément à l'article 1er de l'ordonnance 74-15, modifiée et complétée par la loi 88-31 relative à l'obligation d'assurance automobile et au régime d'indemnisation des dommages en Algérie.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

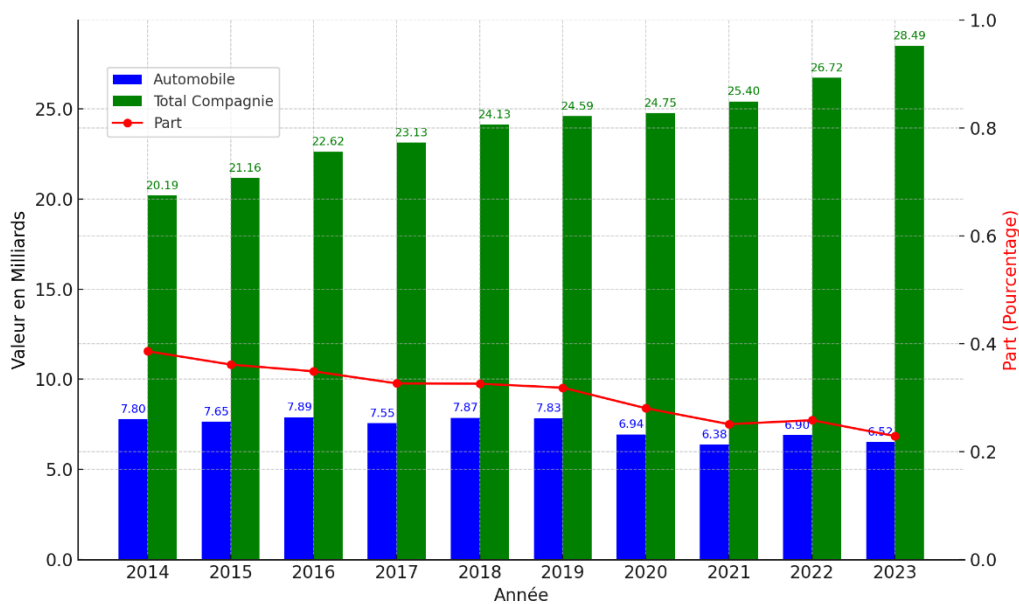
En 2023, la branche Automobile de la CAAT a réalisé un chiffre d'affaires de 6 523 268 182,43 DA. Cela représente 22,9 % du portefeuille total de la CAAT, faisant de la branche automobile la deuxième plus importante dans le portefeuille de l'entreprise.

Sur le plan national, la CAAT détient une part de marché de 9,91 % dans le secteur de l'assurance automobile, la positionnant au troisième rang parmi les assureurs dans ce secteur. Ces chiffres illustrent l'importance stratégique de l'assurance automobile pour la CAAT, tant au niveau interne qu'externe.

En comparaison avec 2022, les primes de la branche automobile ont enregistré une baisse de 5,5%. Cette tendance à la baisse est généralement observée sur l'ensemble du marché et due principalement au faible nombre de véhicules importés.

5.1 La production

Figure 14: La contribution de la production Automobile dans la production de la CAAT



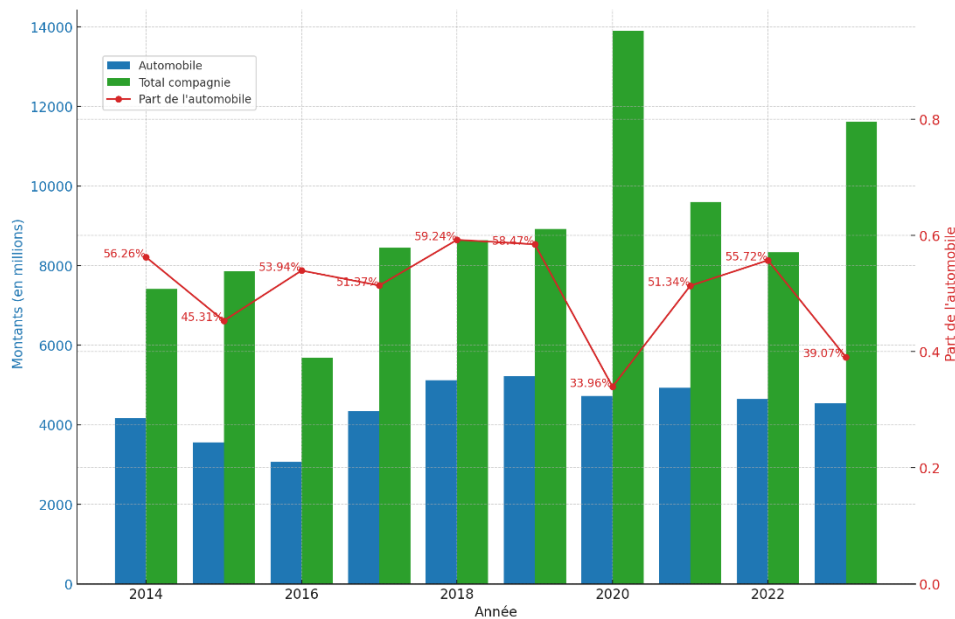
Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

Pendant les dix derniers ans, la branche automobile a constamment contribué à la production globale de la CAAT. Bien que la production totale ait connu des fluctuations, la contribution de la branche automobile est restée relativement stable, soulignant son rôle en tant que composante fiable de la capacité de production de la CAAT représentant en moyenne 31 % de sa production globale au cours de la période de 2014 à 2023.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

5.2 Déclaration des sinistres

Figure 15: La contribution de l'assurance Automobile dans les déclarations sinistres



Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

La branche automobile représente une part significative en matière de déclaration des sinistres sur toute la période, oscillant entre 33.96% en 2020 et 59.24% en 2018.

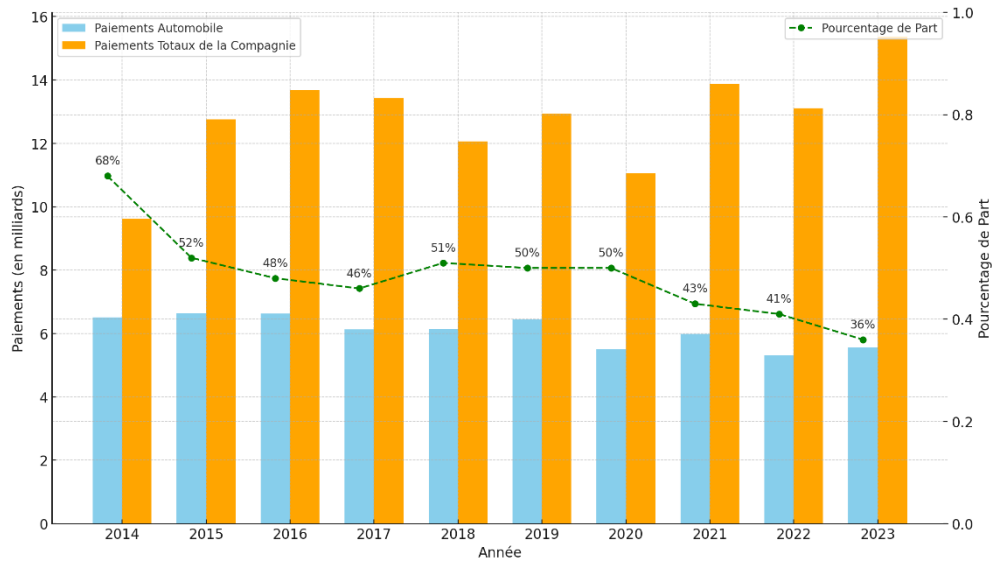
Cette variation indique que, bien que les sinistres automobiles soient une composante majeure, leur part relative peut fluctuer en fonction des variations des sinistres dans d'autres branches, par exemple en 2020, la part des sinistres automobiles a diminué de manière significative à 33.96%, ce qui peut être attribué à une hausse exceptionnelle des sinistres dans la branche Transport (5.11 milliards) et Risques Industriels et Cat-Nat (3.44 milliards dinars).

Étant donné que les sinistres automobiles représentent des montants significatifs en raison de leur fréquence élevée, il est essentiel pour la CAAT d'estimer correctement ses provisions. Cela permet de maintenir sa solvabilité et de préserver la confiance des assurés et des parties prenantes.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

5.3 Indemnisations

Figure 16: La contribution de l'assurance Automobile dans les règlements sinistres



Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

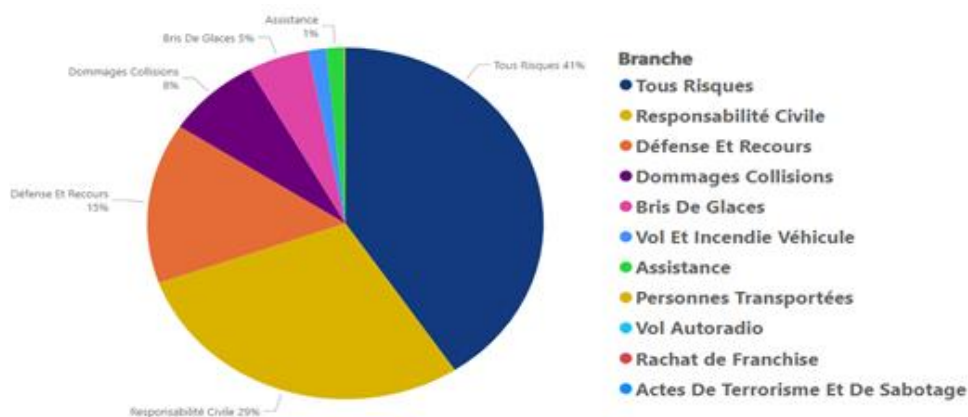
En matière de structure des indemnisations de la CAAT, c'est la branche automobile qui vient dans la première position, suivie par l'assurance risques industriels.

Après le ralentissement du rythme d'indemnisation en 2020 dû à la situation sanitaire (Covid-19), la CAAT a enregistré une hausse des indemnisations en 2021 de, soit 5,3 Milliards DA, cette hausse est constatée sur toutes les branches y compris l'automobile.

En 2023, la CAAT a atteint un volume de sinistres réglés de 5,5 Milliards DA en 2023 signalant une croissance modérée mais positive. Cette augmentation est due principalement au règlement des sinistres en suspens, et, aux recouvrements des créances des contrats flottes.

5.4 Indemnisations par garanties (exercice 2023)

Figure 17: Répartition des indemnisations réglées garantie dans la branche Automobile



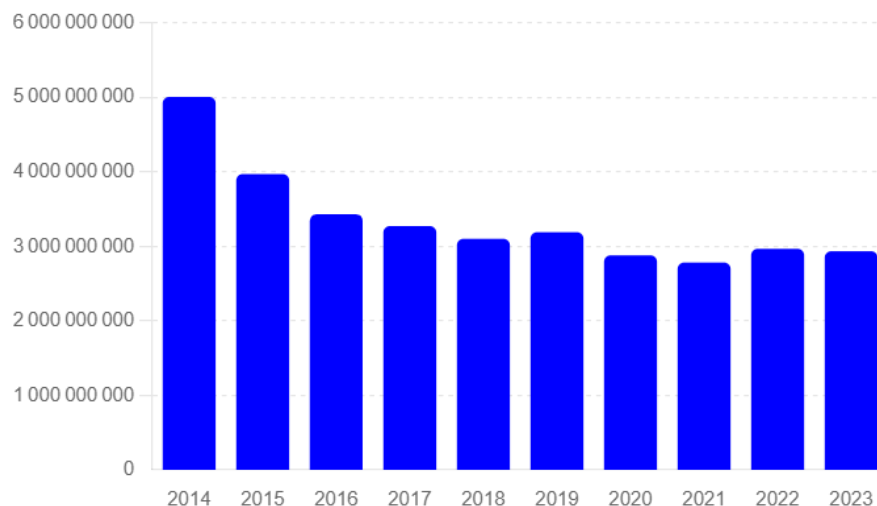
Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

En 2023, les indemnisations pour dommages automobiles ont constitué 36,1 % de l'ensemble des règlements. Parmi les principales garanties, la couverture « Tous risques » représente 41 %, tandis que la responsabilité civile, totalisant 29 %, cette dernière se divise en plusieurs catégories : responsabilité civile, responsabilité civile à l'étranger, et responsabilité civile pour remorques.

5.5 Sinistres à payer

Figure 18: les sinistres à payer de la branche Automobile dans les de la CAAT



Source : Elaboré par l'auteur à partir des documents internes de la compagnie

D'après les données du graph ci-dessus, l'assurance automobile se distingue en occupant une part moyenne de 23 % des provisions techniques globale de la compagnie au fils de la période 2014-2023.

Par conséquent, toute sous-estimation erronée des réserves dans cette branche présente une menace significative pour la stabilité financière de la société. Pour garantir la justesse des provisions et ainsi honorer ses engagements envers les assurés, l'assureur doit recourir à des méthodes de mesure plus précises, mieux alignées sur la réalité.

6. Constitution des provisions des dossiers sinistres Automobiles

L'analyse comparative des trois méthodes réglementaires¹ pour l'évaluation des provisions pour sinistres, telles que définies dans l'article 13-114, a clairement démontré que la méthode du coût moyen produit l'estimation la plus élevée pour les provisions à constituer par la CAAT.

¹ Méthode de la cadence de règlement, méthode forfaitaire (Blocage de primes), méthode du coût moyen.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Face à ces résultats, la décision a été prise par de la CAAT de continuer à utiliser la méthode du coût moyen comme l'approche standard pour le calcul des provisions pour sinistres à payer.

Le coût moyen est calculé avec la formule suivante¹ :

$$\text{coût moyen} = \frac{\text{Total des règlements}}{\text{dossiers réglés} + \text{dossiers classés sans suite}}$$

- **Pour le sinistre matériel** : La provision pour un dossier sinistre matériel doit représenter la valeur la plus juste possible des montants à verser par la compagnie, incluant :
 - Les dommages pour l'assuré
 - Les honoraires d'expertise
 - Les frais de réparations des garagistes
 - Les dommages subis par les tiers (en tenant compte du taux de responsabilité)

Coût moyen initial : 37 500.00 DA.

Coût moyen initial pour la RC et du Recours : 12 500.00 DA (responsabilité totale)²

- **Provision pour sinistre corporel** : représente la valeur la plus juste possible incluant :
 - Indemnisation des victimes et ayants droit.
 - Honoraires médicaux et d'expertise automobile.
 - Dommages matériels.
 - Honoraires d'avocat.

Évaluation initiale au coût moyen : 350,000.00 DA pour 2017.

Par la suite, une mise à jour de la valeur initiale par la valeur finale de la provision doit être effectuée après réception du rapport d'expertise et après réception des factures.

À partir de cette section, il est essentiel de souligner l'importance de la branche automobile et de ses provisions sur le marché national de l'assurance, en se concentrant particulièrement sur la Compagnie Algérienne des Assurances (CAAT). Dans la section suivante, nous appliquerons les fondements théoriques acquises dans le chapitre premier pour analyser le provisionnement des sinistres à payer.

¹ Cette formule de calcul est standard sur le marché algérien, un dossier classé sans suite est compté comme réglé. Par conséquent, on divise la valeur des règlements par le nombre total de dossiers réglés, y compris ceux classés sans suite pour obtenir un cout moyen des règlements.

² En cas de responsabilité partielle ou partagée : évaluation basée sur le taux de responsabilité.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Section 02 : Mise en pratique des méthodes déterministes et stochastiques

1. Estimation des montants de sinistre à payer Par approche globale

1.1 Présentation des données

Étant donné l'importance de la branche Automobile dans le portefeuille de la CAAT nous avons exploité des données historiques issues de la direction automobile. Ces données incluent les règlements pour tous les sinistres liés à l'assurance automobile entre 2014 et 2023 couvrant une période de dix ans prise en compte dans notre étude.

Notre base de données a été soumise à une conciliation : avant d'utiliser les bilans techniques, il est indispensable de passer par la comptabilité pour s'assurer que les chiffres correspondent. Cette conciliation garantit l'exactitude et la fiabilité des données utilisées.

Dans cette étude, nous utilisons les données historiques des règlements de sinistres pour la branche automobile, couvrant la période de 2014 à 2023. Après filtrage et élimination des aberrations et des données anormales, nous avons conservé uniquement les enregistrements les plus fiables et représentatifs pour notre analyse.

1.2 Mise en pratique des méthodes déterministes

Le point de départ des estimations est un tableau triangulaire dans lequel les lignes représentent les années d'origine auxquelles sont rattachés les sinistres (années de survenances) et les colonnes représentent le cumul des sinistres payés à la fin de chaque exercice comptable (les périodes de développement). Ce tableau est construit à partir d'un triangle des règlements (annexe 01) permettant de visualiser et d'analyser l'évolution des paiements de sinistres au fil du temps.

Le tableau ci-dessous présente le triangle des paiements cumulés :

Tableau 1: Triangle des règlements cumulés

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 923 476 113	5 140 512 758	5 881 797 773	6 256 417 680	6 829 325 322	6 953 128 026	7 005 694 320	7 062 908 008	7 093 883 604	7 119 093 400
2015	2 777 985 420	4 841 362 617	5 471 194 683	5 780 086 236	6 356 820 782	6 442 679 656	6 501 508 746	6 548 514 553	6 573 324 714	
2016	2 542 998 516	4 246 418 447	4 823 666 556	5 137 024 716	5 299 927 730	5 434 784 713	5 533 483 500	5 581 364 974		
2017	2 572 144 474	4 145 865 434	4 662 884 621	4 930 384 185	5 145 062 268	5 272 972 866	5 323 524 349			
2018	2 799 245 371	4 438 086 785	4 905 547 216	5 203 691 292	5 376 605 156	5 527 003 391				
2019	3 090 506 433	4 730 576 785	5 323 515 444	5 608 104 596	5 834 478 282					
2020	2 727 512 603	4 126 166 969	4 512 484 257	4 805 579 876						
2021	3 110 420 286	4 448 487 181	5 004 346 590							
2022	2 760 369 679	4 205 597 275								
2023	2 683 343 600									

Source : Établi par l'auteur à partir des données de la direction Automobile.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Nous observons que les paiements cumulés des sinistres montrent une tendance décroissante à mesure que l'on se rapproche des dernières années de développement. Cela s'explique par le fait qu'une grande partie des sinistres sont remboursés dès les premières années suivant leur déclaration.

1.2.1 Application de la méthode de Chain Ladder

A. Tests et validation des hypothèses

Certaines hypothèses doivent être validées pour garantir l'exactitude et la fiabilité des estimations obtenues avec la méthode Chain Ladder :

- **Validation de (H1) : Indépendance des sinistres** : Cette hypothèse, généralement validée par les compagnies d'assurance, stipule que les sinistres d'une année ne sont pas influencés par ceux des autres années, chaque année ayant ses propres caractéristiques en termes de nombre et de gravité des sinistres.
- **Validation de (H2) : Relation linéaire entre les paiements cumulés** : Il existe une relation linéaire entre les paiements cumulés d'une année et ceux de l'année précédente ou suivante. Cette hypothèse est confirmée par des coefficients de corrélation compris entre 0,55 et 1.

Tableau 2: Les coefficients de détermination R^2

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
R^2	0,55	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

A partir du tableau précédent, nous remarquons que le coefficient de détermination R^2 prend des valeurs très proches de 1. Ceci s'explique par le fait que ce modèle est une simple relation affine entre les couples étudiés.

B. L'estimation des coefficients de passage

À partir du triangle de liquidation des montants cumulés, il est nécessaire d'estimer les facteurs de passage entre les différentes années de développement. Le calcul de ces coefficients peut être paramétré comme suit (détails de la formule dans le premier chapitre) :

$$\hat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} c_{ij+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} c_{ij}}$$

Il existe une corrélation entre les coefficients de développement et le rythme de règlement des sinistres fournissant des informations précieuses sur le calendrier des paiements avec :

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

$$\lambda_i = \frac{1}{\hat{f}_j \times \dots \times \hat{f}_{n-1}}$$

Tableau 3: Les Coefficient de développement et la cadence de règlement

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Coef de développement	1,59	1,12	1,06	1,06	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00
Cadence de règlement	48%	76%	86%	91%	96%	98%	99%	100%	100%

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

On observe que les valeurs des coefficients de développement diminuent avec le temps indiquant une baisse du cumul des paiements effectués.

Ainsi nous constatons que 48% des sinistres sont réglés dans l'année de leur survenance, 85% sont réglés dans les 03 premières années et tous les sinistres sont clôturés au bout de dix ans.

C. La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage

Après avoir calculé les coefficients de développement ils sont utilisés pour remplir les cases vides dans le triangle.

Tableau 4: Triangle des paiements cumules complété par Chain Ladder

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 923 476 113	5 140 512 758	5 881 797 773	6 256 417 680	6 829 325 322	6 953 128 026	7 005 694 320	7 062 908 008	7 093 883 604	7 119 093 400
2015	2 777 985 420	4 841 362 617	5 471 194 683	5 780 086 236	6 356 820 782	6 442 679 656	6 501 508 746	6 548 514 553	6 573 324 714	6 596 684 581
2016	2 542 998 516	4 246 418 447	4 823 666 556	5 137 024 716	5 299 927 730	5 434 784 713	5 533 483 500	5 581 364 974	5 604 239 928	5 624 155 923
2017	2 572 144 474	4 145 865 434	4 662 884 621	4 930 384 185	5 145 062 268	5 272 972 866	5 323 524 349	5 366 049 770	5 388 042 265	5 407 189 950
2018	2 799 245 371	4 438 086 785	4 905 547 216	5 203 691 292	5 376 605 156	5 527 003 391	5 586 770 044	5 631 398 326	5 654 478 339	5 674 572 868
2019	3 090 506 433	4 730 576 785	5 323 515 444	5 608 104 596	5 834 478 282	5 959 750 804	6 024 197 002	6 072 319 542	6 097 206 650	6 118 874 519
2020	2 727 512 603	4 126 166 969	4 512 484 257	4 805 579 876	5 086 843 809	5 196 063 815	5 252 251 828	5 294 207 910	5 315 905 964	5 334 797 296
2021	3 110 420 286	4 448 487 181	5 004 346 590	5 305 357 395	5 615 872 615	5 736 451 438	5 798 482 972	5 844 802 462	5 868 757 101	5 889 613 121
2022	2 760 369 679	4 205 597 275	4 725 856 237	5 010 115 883	5 303 351 026	5 417 219 674	5 475 799 173	5 519 540 997	5 542 162 568	5 561 857 957
2023	2 683 343 600	4 275 918 662	4 804 876 825	5 093 889 549	5 392 027 848	5 507 800 483	5 567 359 484	5 611 832 711	5 634 832 536	5 654 857 249

Source : Etabli par l'auteur à partir des données de la direction automobile.

Après avoir rempli le tableau nous évaluons la valeur de provision pour chaque année de survenance en calculant la différence entre la dernière colonne du triangle et le montant correspondant sur la diagonale. Enfin nous déterminons le montant total des provisions en additionnant ces valeurs.

Tableau 5: détermination de la provision par la méthode Chain Ladder

Année	Charges ultimes	Dernier règlement	Provisions
2014	7 119 093 400	7 119 093 400	-
2015	6 596 684 581	6 573 324 714	23 359 867

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

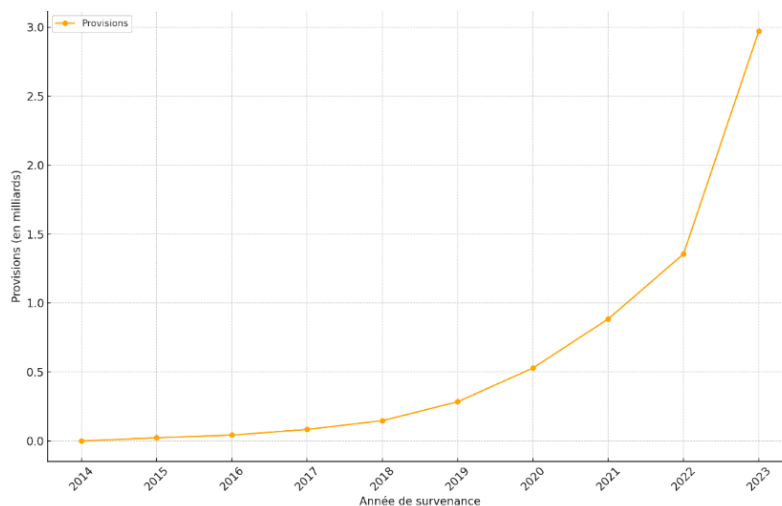
2016	5 624 155 923	5 581 364 974	42 790 949
2017	5 407 189 950	5 323 524 349	83 665 601
2018	5 674 572 868	5 527 003 391	147 569 477
2019	6 118 874 519	5 834 478 282	284 396 237
2020	5 334 797 296	4 805 579 876	529 217 420
2021	5 889 613 121	5 004 346 590	885 266 531
2022	5 561 857 957	4 205 597 275	1 356 260 682
2023	5 654 857 249	2 683 343 600	2 971 513 649
Total	58 981 696 864	52 657 656 451	6 324 040 413

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Selon le tableau les charges finales totalisent **58 981 696 864 dinars** les paiements totaux atteignent **52 657 656 451 dinars** montrant une hausse constante ce qui reflète l'efficacité de l'assureur dans le règlement des sinistres (89,28%).

La provision totale s'élève à **6 324 040 413 dinars**.

Figure 19: l'évolution des provisions pour sinistres à payer



Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Nous remarquons une hausse de montant de la provision sur les années étudiées ceci s'explique par le fait que la charge totale des sinistres pour chaque année de survenance augmente, plus nous approchons des années récentes, plus la charge sinistre augmente et le montant de la réserve augmente aussi.

1.2.2 La méthode de Bornhuetter et Ferguson

Contrairement à la méthode Chain Ladder, qui se base exclusivement sur les données historiques des sinistres, la méthode Bornhuetter-Ferguson permet d'incorporer des estimations a priori (comme le Loss ratios) ce qui peut améliorer la précision des estimations. Nous démontrons cette méthode en utilisant les données du tableau 1 et en intégrant des

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

informations exogènes, à savoir le "Loss Ratio" ultime (Annexe 02) et valeurs des primes acquises pour chaque année de survenance. Grâce à l'application de la méthode BF, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 6:détermination de la provision par la méthode Bornhuetter et Ferguson

<i>Année</i>	<i>prime acquise</i>	<i>Dernier règlement</i>	<i>Charge ultime</i>	$\hat{Z}_{n+1-i}\%$	<i>Loss ratio</i>	<i>charge Ultime a priori</i>	<i>Provision</i>
2014	7 791 901 000	7 119 093 400	7 119 093 400	100,00%	91,37%	7 119 093 400	-
2015	7 846 436 562	6 573 324 714	6 596 684 581	99,65%	84,12%	6 600 095 487	26 770 773
2016	7 819 549 545	5 581 364 974	5 624 155 923	99,24%	71,99%	5 629 373 855	48 008 882
2017	7 472 724 816	5 323 524 349	5 407 189 950	98,45%	72,45%	5 413 700 948	90 176 599
2018	7 676 370 319	5 527 003 391	5 674 572 868	97,40%	74,02%	5 681 667 203	154 663 812
2019	7 880 025 065	5 834 478 282	6 118 874 519	95,35%	77,73%	6 125 092 261	290 613 979
2020	7 164 016 791	4 805 579 876	5 334 797 296	90,08%	74,48%	5 335 982 643	530 402 767
2021	6 455 022 217	5 004 346 590	5 889 613 121	84,97%	91,14%	5 883 393 792	879 047 202
2022	6 904 884 762	4 205 597 275	5 561 857 957	75,61%	80,42%	5 552 698 631	1 347 101 356
2023	6 637 288 356	2 683 343 600	5 654 857 249	47,45%	84,86%	5 632 249 165	2 948 905 565
							6 315 690 936

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Le Best Estimate de la provision « Bornhuetter-Ferguson » est donc de **6 315 690 936 DA**.

Les Loss Ratios élevés nécessitent des provisions plus importantes pour couvrir les sinistres attendus, tandis que les variations des primes acquises influencent la capacité de l'entreprise à constituer des réserves adéquates. La méthode Bornhuetter-Ferguson, en intégrant ces éléments exogènes, permet une estimation plus précise et prudente des provisions nécessaires, assurant ainsi la stabilité financière de la compagnie d'assurance face aux sinistres futurs.

1.3 Mise en pratique des méthodes stochastiques

1.3.1 Le modèle de Mack

Avant d'utiliser ce modèle, il faut vérifier et valider ces hypothèses :

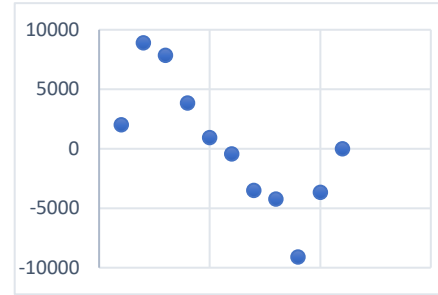
- **Validation de (H1) et (H2)**

Comme le modèle de Mack est la version stochastique de la méthode standard de Chain Ladder, les hypothèses d'indépendance des années de survenance (H1) et l'existence des facteurs de développement (H2) ont déjà été vérifiées dans la section consacrée au modèle de Chain Ladder.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

• Validation de (H3)

Comme mentionné dans la partie théorique concernant le modèle de Mack, pour valider l'hypothèse (H3), nous devons estimer les résidus de notre modèle. Nous vérifions graphiquement l'absence de toute tendance spécifique dans ces résidus (Annexe 03). Le graphique montre que les points ($r_{i,1}$; $C_{i,1}$) ne présentent aucune structure discernable, indiquant que les résidus sont aléatoires. Par conséquent, l'hypothèse (H3) est confirmée.



Par conséquent, les hypothèses du modèle de Mack ayant été validées les coefficients de développement estimés sont identiques à ceux obtenus par la méthode Chain Ladder et les mêmes charges à l'ultime par conséquent. L'utilisation du logiciel R permet de résumer les résultats dans le tableau suivant :

Tableau 7: La provision par la méthode Mack

	Charge ultime	Dernier règlement	Provisions ($\hat{R}_t$)
Total	58 981 696 864	52 657 656 450	6 324 040 413

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

Le modèle de Mack construit les intervalles de prédiction pour la provision par une distribution log normale de paramètres μ_i et σ^2_i . Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 8: La provision par la méthode Mack

Année	Charges ultimes	Dernier règlement	Provisions	L'erreur standard	Coefficient de variation ($\hat{R}_t$) ¹
2014	7 119 093 400	7 119 093 400	-	-	-
2015	6 596 684 581	6 573 324 714	23 359 867	2 407 999	0.10
2016	5 624 155 923	5 581 364 974	42 790 949	3 767 250	0.09
2017	5 407 189 950	5 323 524 349	83 665 601	5 968 530	0.07
2018	5 674 572 868	5 527 003 391	147 569 477	30 926 222	0.21
2019	6 118 874 519	5 834 478 282	284 396 237	51 144 735	0.18
2020	5 334 797 296	4 805 579 876	529 217 420	185 771 429	0.35
2021	5 889 613 121	5 004 346 590	885 266 531	198 405 314	0.22
2022	5 561 857 957	4 205 597 275	1 356 260 682	211 059 757	0.15
2023	5 654 857 249	2 683 343 600	2 971 513 649	478 979 808	0.16
Total	58 981 696 864	52 657 656 451	6 324 040 413	646 902 653	0.10 ²

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

¹ Le rapport de l'erreur standard sur la provision ($\hat{R}_t$).

² L'erreur standard relative au montant de la provision totale est de 10%, ce qui signifie que la variance de l'estimation représente 10% du montant totale de la provision.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Le modèle de Mack affiche le même résultat de la méthode Chain ladder au nom des provisions, avec un écart de 646 902 653 DA entre la moyenne et les bornes supérieure et inférieure, cet écart représente l'erreur quadratique moyenne $MSE(\hat{R}_t)$ indiquant une forte volatilité des montants des provisions au cours des années. Cette volatilité peut s'expliquer par le nombre limité d'informations disponibles pour les derniers exercices.

1.3.2 Méthode de Bootstrap

Cette méthode est une approche de rééchantillonnage utilisée pour modéliser l'incertitude de provisions estimées.

Comme cette méthode est une méthode basée sur la simulation, on l'applique pour 1000 fois de répétitions de rééchantillonnage. Les résultats obtenus par la méthode Bootstrap sont comme suit :

Tableau 9: détermination de la provision par la méthode Bootstrap

Année	Dernier règlement	Charge ultime	Provision
2014	7 119 093 400	7 119 093 400	0
2015	6 573 324 714	6 597 110 900	23 786 186
2016	5 581 364 974	5 624 442 003	43 077 030
2017	5 323 524 349	5 407 245 779	83 721 430
2018	5 527 003 391	5 674 055 463	147 052 073
2019	5 834 478 282	6 118 201 601	283 723 318
2020	4 805 579 876	5 334 307 275	528 727 400
2021	5 004 346 590	5,888,503,923	884 157 333
2022	4 205 597 275	5 558 787 893	1 353 190 618
2023	2 683 343 600	5 657 150 481	2 973 806 881
Total	52 657 656 450	58 978 898 718	6 321 242 268

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

En utilisant la méthode Bootstrap gamma, nous obtenons une estimation des provisions à hauteur de 6 321 242 268 DA avec une marge d'erreur de 622 351 688 DA.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Tableau 10: détermination de l'erreur de prédiction par la méthode Bootstrap

Année	Erreur de prédiction	Provision à 75%	Provision à 95%
2014	-	-	-
2015	34 665 373	37 609 107	90 198 286
2016	42 240 817	63 324 619	124 265 543
2017	55 248 120	114 180 451	185 881 655
2018	71 351 096	189 161 912	277 371 130
2019	97 310 091	341 626 579	457 729 015
2020	130 956 914	608 964 321	760 697 606
2021	173 568 963	995 302 144	1 187 447 929
2022	224 314 515	1 496 342 063	1 741 332 426
2023	405 479 508	3 227 268 434	3 661 773 128
Total	622 351 688	6 727 064 062	7 359 960 532

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

En résumant les résultats de l'estimation stochastique par le tableau suivant :

Tableau 11: résumé des résultats de la provision par les méthodes stochastiques

	Modèle de Mack	Modèle de Bootstrap
Provision Moyenne	6 324 040 413	6 321 242 268
Variation de la provision (+/-)	646 902 653	622 351 688
Provision Minimale	5 677 137 760	5 698 890 580
Provision Maximale	6 970 943	6 943 593 956
Provision à 75%		6 727 064 062
Provision à 95%		7 359 960 532

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Nous remarquons que l'intervalle calculé par le Bootstrap a une amplitude beaucoup plus réduite que celui obtenu par le modèle de Mack, et que la valeur réelle appartient bien à cet intervalle.

Après cette analyse, la méthode de Bootstrap a permis de déterminer la distribution des réserves en simulant leurs montants 1000 fois. Nous avons trouvé que cette distribution suit une loi normale. En revanche, le modèle de Mack nous a seulement permis de calculer l'erreur de prédiction des montants des réserves estimés par Chain Ladder, sans en déterminer la distribution. Ainsi, il semble que la méthode de Bootstrap soit plus fiable que celle de Mack.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Section 03 : Estimation des provisions pour sinistres par garantie

Conformément à l'article 80 de la Directive solvabilité 2, les entreprises d'assurance et de réassurance doivent segmenter leurs engagements techniques en groupes de risques homogènes, pour calculer leurs provisions techniques.

Les sinistres matériels sont réglés rapidement avec une faible sévérité, tandis que les sinistres de responsabilité civile prennent plus de temps. L'objectif est de maintenir l'homogénéité des groupes sans compromettre la crédibilité des données. L'estimation par garantie permet une précision accrue et une évaluation détaillée des risques où la stratification choisie se divise en :

- Sous-catégorie responsabilité civile (RC)
- Sous-catégorie autres dommages

Plusieurs motifs justifient l'estimation distincte des provisions pour chaque garantie :

- La nature de la garantie : la RC concerne les réparations des préjudices causés à des tiers, tandis que les autres dommages couvrent les dommages matériels subis par les véhicules assurés et autres biens.
- Les coûts des RC peuvent être plus élevés et varier en fonction des préjudices subis par les tiers, y compris les blessures corporelles, tandis que les sinistres matériels sont principalement liés aux coûts de réparation des véhicules.
- Le règlement des sinistres de RC peut être plus long et complexe, nécessitant des enquêtes approfondies, des évaluations et des négociations, alors que les sinistres matériels impliquent principalement des réparations directes des dommages.

1. L'évaluation de la provision pour sinistres à payer au titre de la Responsabilité civile

1.1 Mise en pratique des méthodes déterministes

Dans cette partie, nous utilisons les données historiques des règlements de sinistres au titre de la RC couvrant la période de 2014 à 2023. Les données ont été collectées à partir de la base de données initiale utilisée dans la section précédente ou nous avons regroupé 04 garanties de la même nature sous le nom de « **sous-catégorie responsabilité civile** » à savoir :

- La responsabilité civile
- La responsabilité civile à l'étranger
- La responsabilité civile remorque
- Défense et recours.

Ces données sont présentées sous la forme d'un triangle de liquidation des règlements cumulés à partir d'un triangle de règlement (Annexe 4) :

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Tableau 12: Triangle des règlements cumulés RC

†

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	461 956 925	1 277 066 606	1 751 349 050	2 028 992 217	2 546 139 629	2 637 065 608	2 678 455 546	2 715 072 798	2 739 632 272	2 759 819 401
2015	544 719 225	1 320 142 303	1 768 068 382	2 011 231 982	2 524 029 786	2 588 874 426	2 632 471 285	2 665 840 602	2 681 285 521	
2016	520 371 003	1 173 840 336	1 589 709 436	1 846 275 135	1 985 235 953	2 101 343 250	2 188 064 442	2 221 137 027		
2017	533 321 562	1 185 056 625	1 577 381 297	1 802 385 401	1 988 215 184	2 093 508 994	2 130 430 040			
2018	574 746 262	1 292 610 247	1 624 264 765	1 870 412 236	2 019 982 225	2 126 236 327				
2019	606 725 893	1 252 572 178	1 692 921 168	1 943 687 376	2 122 973 978					
2020	524 526 920	1 109 861 607	1 427 158 149	1 667 425 914						
2021	621 836 278	1 155 433 032	1 591 861 291							
2022	533 280 685	1 237 856 637								
2023	604 578 658									

Source : Établi par l'auteur à partir des données de la direction automobile.

Les paiements cumulés des sinistres montrent une tendance décroissante vers les dernières années de développement.

1.1.1 Application de la méthode de Chain Ladder

A. Tests et validation des hypothèses

La validation de deux hypothèses est essentielle pour la méthode Chain Ladder :

- **Validation de (H1) : Indépendance des sinistres** : Les sinistres d'une année ne sont pas influencés par ceux des autres années.
- **Validation de (H2) : Relation linéaire entre les paiements cumulés** : Cette hypothèse est confirmée par des coefficients de corrélation compris entre 0,07 et 1.

Tableau 13: Les coefficients de détermination R^2 (RC)

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
R^2	0,07	0,88	0,99	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

B. L'estimation des coefficients de passage

A partir de triangle de liquidation cumulée pour la responsabilité civile, nous calculons le coefficient de développement.

Tableau 14: Les Coefficient de développement et la cadence de règlement (RC)

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Coef de développement	2,24	1,33	1,15	1,15	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01
Cadence de règlement	23%	52%	69%	79%	91%	95%	97%	99%	99%

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Plus les années de règlement avancent, plus ces coefficients se réduisent, indiquant une diminution du cumul des paiements effectués. Ainsi, 23 % des sinistres sont réglés dans l'année de leur survenance, 52 % sont réglés dans les deux premières années.

Ces résultats confirment que les sinistres de responsabilité civile prennent plus de temps à être réglés en raison de leur complexité.

C. La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage

Après le calcul des coefficients de développement, nous déterminons les règlements à payer :

Tableau 15: Triangle des paiements cumules complété par Chain Ladder (RC)

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	461 956 925	1 277 066 606	1 751 349 050	2 028 992 217	2 546 139 629	2 637 065 608	2 678 455 546	2 715 072 798	2 739 632 272	2 759 819 401
2015	544 719 225	1 320 142 303	1 768 068 382	2 011 231 982	2 524 029 786	2 588 874 426	2 632 471 285	2 665 840 602	2 681 285 521	2 701 042 719
2016	520 371 003	1 173 840 336	1 589 709 436	1 846 275 135	1 985 235 953	2 101 343 250	2 188 064 442	2 221 137 027	2 237 650 067	2 254 138 313
2017	533 321 562	1 185 056 625	1 577 381 297	1 802 385 401	1 988 215 184	2 093 508 994	2 130 430 040	2 159 708 686	2 175 765 037	2 191 797 281
2018	574 746 262	1 292 610 247	1 624 264 765	1 870 412 236	2 019 982 225	2 126 236 327	2 173 323 092	2 203 191 221	2 219 570 843	2 235 925 871
2019	606 725 893	1 252 572 178	1 692 921 168	1 943 687 376	2 122 973 978	2 215 737 653	2 264 806 478	2 295 931 869	2 313 000 971	2 330 044 445
2020	524 526 920	1 109 861 607	1 427 158 149	1 667 425 914	1 911 472 635	1 994 994 726	2 039 175 068	2 067 199 591	2 082 568 183	2 097 913 701
2021	621 836 278	1 155 433 032	1 591 861 291	1 834 112 262	2 102 555 424	2 194 426 907	2 243 023 793	2 273 849 823	2 290 754 756	2 307 634 308
2022	533 280 685	1 237 856 637	1 650 551 938	1 901 734 508	2 180 074 953	2 275 333 664	2 325 722 278	2 357 684 840	2 375 213 044	2 392 714 931
2023	604 578 658	1 351 837 837	1 802 533 908	2 076 845 240	2 380 815 129	2 484 845 213	2 539 873 585	2 574 779 242	2 593 921 434	2 613 034 886

Source : Établi par l'auteur à partir des données de la direction automobile.

Après avoir rempli le tableau nous déterminons le montant total des provisions :

Tableau 16: détermination de la provision RC par la méthode Chain Ladder (RC)

Année	Charges ultimes	Dernier règlement	Provisions
2014	2 759 819 401	2 759 819 401	-
2015	2 701 042 719	2 681 285 521	19 757 199
2016	2 254 138 313	2 221 137 027	33 001 286
2017	2 191 797 281	2 130 430 040	61 367 241
2018	2 235 925 871	2 126 236 327	109 689 544
2019	2 330 044 445	2 122 973 978	207 070 467
2020	2 097 913 701	1 667 425 914	430 487 787
2021	2 307 634 308	1 591 861 291	715 773 017
2022	2 392 714 931	1 237 856 637	1 154 858 294
2023	2 613 034 886	604 578 658	2 008 456 228
Total	23 884 065 856	19 143 604 792	4 740 461 064

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

La provision totale au titre de la garantie RC s'élève à **4 740 461 064 DA**.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

1.1.2 La méthode de Bornhuetter et Ferguson

L'utilisation de la méthode Bornhuetter-Ferguson pour la garantie responsabilité civile permet d'incorporer des estimations a priori, afin d'améliorer la précision des estimations. Pour réaliser cette estimation, nous avons suivi la même démarche illustrée dans la partie précédente pour le total des paiements.

Hypothèse : Bien que les données disponibles au niveau de la direction comptabilité concernant les primes acquises ne distinguent pas entre les primes acquises pour RC et celles pour autres dommages, nous avons travaillé sur l'hypothèse que :

« Les primes acquises au titre de la RC représente 44 % du total des primes acquises de la branche automobile, cette hypothèse est basée sur l'information selon laquelle cette catégorie représentait 44 % des réalisations totales du portefeuille en 2023 ».

L'application de la méthode BF nous permet d'obtenir le tableau suivant :

Tableau 17: détermination de la provision par la méthode Bornhuetter et Ferguson (RC)

Année	prime acquise	Dernier règlement	Charge ultime	$\hat{Z}_{n+1-i}\%$	Loss ratio	charge ultime a priori	Provision
2014	3 428 436 440	2 759 819 401	2 759 819 401	100,00%	80,50%	2 759 819 401	-
2015	3 452 432 087	2 681 285 521	2 701 042 719	99,27%	78,30%	2 703 349 515	22 063 995
2016	3 440 601 800	2 221 137 027	2 254 138 313	98,54%	65,62%	2 257 758 958	36 621 931
2017	3 287 998 919	2 130 430 040	2 191 797 281	97,20%	66,80%	2 196 457 470	66 027 430
2018	3 377 602 940	2 126 236 327	2 235 925 871	95,09%	66,36%	2 241 233 578	114 997 251
2019	3 467 211 029	2 122 973 978	2 330 044 445	91,11%	67,34%	2 334 880 431	211 906 453
2020	3 152 167 388	1 667 425 914	2 097 913 701	79,48%	66,53%	2 096 993 138	429 567 224
2021	2 840 209 775	1 591 861 291	2 307 634 308	68,98%	80,88%	2 297 034 469	705 173 179
2022	3 038 149 295	1 237 856 637	2 392 714 931	51,73%	78,00%	2 369 801 737	1 131 945 100
2023	2 920 406 877	604 578 658	2 613 034 886	23,14%	87,58%	2 557 692 917	1 953 114 260
							4 671 416 823

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

La provision avec la méthode « Bornhuetter-Ferguson » est de **4 671 416 823 DA**.

1.2 Mise en pratique des méthodes stochastiques

1.2.1 Le modèle de Mack

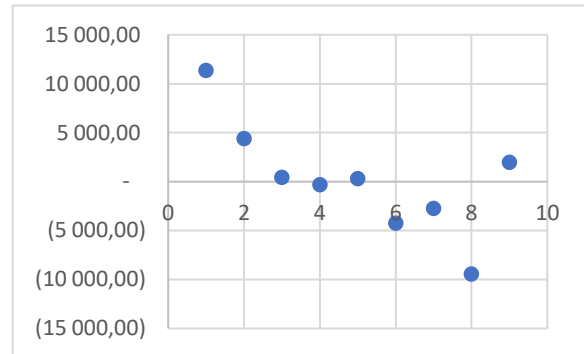
Avant d'utiliser ce modèle, il faut vérifier et valider les hypothèses de la méthode de Mack :

- **Validation de (H1) et (H2) :** Les hypothèses (H1) et (H2) ont déjà été vérifiées dans la section consacrée au modèle de Chain Ladder.
- **Validation de (H3) :**

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Nous avons examiné graphiquement l'absence de tendance spécifique dans ces résidus (voir Annexe 05). Le graphique illustre que les points $(r_{i,1}; C_{i,1})$ n'affichent aucune structure discernable, indiquant que les résidus sont aléatoires. Cela confirme l'hypothèse (H3).

En conséquence, avec les hypothèses du modèle de Mack validées et les coefficients de développement estimés étant conformes à ceux obtenus par la méthode Chain Ladder, nous pouvons utiliser ces résultats pour l'évaluation des provisions.



L'utilisation du logiciel R permet de résumer les résultats dans le tableau suivant :

Tableau 18: détermination de la provision par la méthode Mack

Année	Dernier règlement	Charge ultime	Provisions $\hat{R}_i$	L'erreur standard	Coefficient de variation ($\hat{R}_i$) ¹
2014	2 759 819 401	2 759 819 401	-	-	-
2015	2 701 042 719	2 681 285 521	19 757 199	4 348 847	0.220
2016	2 254 138 313	2 221 137 027	33 001 286	7 732 369	0.234
2017	2 191 797 281	2 130 430 040	61 367 241	8 224 883	0.134
2018	2 235 925 871	2 126 236 327	109 689 544	31 354 248	0.286
2019	2 330 044 445	2 122 973 978	207 070 467	47 475 424	0.229
2020	2 097 913 701	1 667 425 914	430 487 787	190 128 020	0.442
2021	2 307 634 308	1 591 861 291	715 773 017	202 025 982	0.282
2022	2 392 714 931	1 237 856 637	1 154 858 294	221 158 575	0.192
2023	2 613 034 886	604 578 658	2 008 456 228	372 354 466	0.185
Total	23 884 065 856	19 143 604 792	4 740 461 064	588 127 193	0.12

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

Le modèle de Mack construit les intervalles de prédiction pour la provision ($\hat{R}$) par une distribution log normale de paramètres μ_i et $\sigma^2_{i..}$. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Le modèle de Mack présente des résultats similaires à la méthode Chain Ladder pour les provisions, avec un écart de 646 902 653 DA entre la moyenne et les bornes supérieure et

¹ Le rapport de l'erreur standard sur la provision ($\hat{R}_i$).

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

inférieure, représentant l'erreur quadratique moyenne $MSE(\hat{R}_i)$, Cet écart indique une forte volatilité des montants des provisions au fil des ans, due à un nombre limité d'informations pour les derniers exercices.

$$Provision_{2023} = \{4\,740\,461\,064 \pm 588\,127\,193\}$$

$$Provision_{2023} = \{4\,152\,333\,871 ; 5\,328\,588\,257\}$$

1.2.2 Méthode de Bootstrap

Cette méthode est une approche de rééchantillonnage utilisée pour modéliser l'incertitude de provisions estimées. Les résultats obtenus par la méthode Bootstrap sont comme suit :

Tableau 19:détermination de la provision par la méthode Bootstrap

Année	Dernier règlement	Charge ultime	Provision	Erreur de prédiction	Provision à 75%	Provision à 95%
2014	2 759 819 401	2 759 819 401	0	-	-	-
2015	2 681 285 521	2 701 374 168	20 088 647	27 863 443	30 849 270	73 587 771
2016	2 221 137 027	2 254 569 497	33 432 471	31 976 250	48 488 352	93 519 484
2017	2 130 430 040	2 191 312 342	60 882 302	41 442 851	82 491 771	139 049 658
2018	2 126 236 327	2 235 760 401	109 524 074	52 911 311	140 363 618	205 544 101
2019	2 122 973 978	2 329 459 986	206 486 008	72 661 524	251 560 422	335 767 415
2020	1 667 425 914	2 100 043 916	432 618 003	107 273 801	500 483 127	624 082 859
2021	1 591 861 291	2 310 698 349	718 837 059	148 880 785	811 469 910	984 010 882
2022	1 237 856 637	2 396 204 397	1 158 347 759	216 793 496	1 292 197 350	1 536 548 411
2023	604 578 658	2 626 368 956	2 021 790 298	426 787 660	2 244 048 995	2 747 875 998
Total	19 143 604 792	23 905 611 414	4 762 006 621	591 368 522	5 121 039 352	5 775 454 455

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

En utilisant la méthode Bootstrap gamma, nous obtenons une estimation des provisions à hauteur de **4 762 006 621** DA avec une marge d'erreur de 622 351 688

En conclusion, la méthode Bootstrap gamma semble être un outil efficace pour estimer les provisions nécessaires pour couvrir la responsabilité civile, prenant en compte les incertitudes et les variations annuelles, et permettant ainsi une meilleure gestion des risques pour l'assureur. Les résultats indiquent une provision totale de 4 762 006 621 DA avec des marges d'erreur appropriées, assurant une couverture adéquate des sinistres futurs.

2 L'évaluation de la provision pour sinistres à payer au titre des Autres dommages

2.1 Mise en pratique des méthodes déterministes

Nous examinons les données historiques des règlements de sinistres pour les autres dommages, qui représentent 56 % du portefeuille de la branche automobile de la CAAT, sur la période

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

allant de 2014 à 2023. Ces informations, issues de la base de données utilisée précédemment, sont organisées sous la forme d'un triangle de liquidation des règlements cumulés, basé sur le triangle de règlement de l'Annexe 6, présenté comme suit :

Tableau 20: Triangle des règlements cumulés (Autres dommages)

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 461 519 189	3 863 446 151	4 130 448 724	4 227 425 462	4 283 185 694	4 316 062 417	4 327 238 774	4 347 835 210	4 354 251 332	4 359 273 999
2015	2 233 266 195	3 521 220 314	3 703 126 301	3 768 854 254	3 832 790 997	3 853 805 229	3 869 037 461	3 882 673 952	3 892 039 193	
2016	2 022 627 513	3 072 578 110	3 233 957 120	3 290 749 581	3 314 691 777	3 333 441 463	3 345 419 057	3 360 227 947		
2017	2 038 822 912	2 960 808 809	3 085 503 325	3 127 998 784	3 156 847 084	3 179 463 872	3 193 094 309			
2018	2 224 499 110	3 145 476 539	3 281 282 452	3 333 279 057	3 356 622 931	3 400 767 064				
2019	2 483 780 539	3 478 004 608	3 630 594 277	3 664 417 220	3 711 504 304					
2020	2 202 985 682	3 016 305 362	3 085 326 108	3 138 153 962						
2021	2 488 584 008	3 293 054 149	3 412 485 300							
2022	2 227 088 993	2 967 740 638								
2023	2 078 764 942									

Source : Établi par l'auteur à partir des données de la direction automobile.

Les paiements cumulés des sinistres montrent une tendance décroissante vers les dernières années de développement.

2.1.1 Application de la méthode de Chain Ladder

A. Tests et validation des hypothèses

La validation de deux hypothèses est essentielle pour la méthode Chain Ladder :

- **Validation de (H1) : Indépendance des sinistres** : Les sinistres d'une année ne sont pas influencés par ceux des autres années.
- **Validation de (H2) : Relation linéaire entre les paiements cumulés** : Cette hypothèse est confirmée par des coefficients de corrélation compris entre 0,70 et 1.

Tableau 21 : Les coefficients de détermination R^2 (Autres dommages)

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
R^2	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

B. L'estimation des coefficients de passage

A partir de triangle de liquidation cumulée, nous calculons le coefficient de développement :

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Tableau 22: Les Coefficient de développement et la cadence de règlement (Autres dommages)

Année	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Coef de développement	1,44	1,05	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00
Cadence de règlement	63%	91%	95%	97%	98%	99%	99%	100%	100%

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Les sinistres pour les autres garanties sont traités et réglés plus rapidement que ceux de responsabilité civile. Les coefficients de développement et la cadence de règlement montrent que la majorité des paiements sont effectués dans les premières années, ce qui suggère une gestion efficace et moins complexe des sinistres pour ces types de garanties.

- La cadence de règlement est relativement rapide, avec 63 % des sinistres réglés dans les deux premières années.
- 91 % des sinistres sont réglés dans les trois premières années, et 95 % dans les quatre premières années.
- Les sinistres sont pratiquement tous réglés dans un délai de cinq à six ans, avec une cadence atteignant 100 % dans les huit à neuf premières années.

C. La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage

Après le calcul des coefficients de développement, nous déterminons les règlements à payer :

Tableau 23: Triangle des paiements cumules par Chain Ladder (Autres dommages)

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 461 519 189	3 863 446 151	4 130 448 724	4 227 425 462	4 283 185 694	4 316 062 417	4 327 238 774	4 347 835 210	4 354 251 332	4 359 273 999
2015	2 233 266 195	3 521 220 314	3 703 126 301	3 768 854 254	3 832 790 997	3 853 805 229	3 869 037 461	3 882 673 952	3 892 039 193	3 896 528 695
2016	2 022 627 513	3 072 578 110	3 233 957 120	3 290 749 581	3 314 691 777	3 333 441 463	3 345 419 057	3 360 227 947	3 366 670 924	3 370 554 408
2017	2 038 822 912	2 960 808 809	3 085 503 325	3 127 998 784	3 156 847 084	3 179 463 872	3 193 094 309	3 206 662 086	3 212 810 612	3 216 516 617
2018	2 224 499 110	3 145 476 539	3 281 282 452	3 333 279 057	3 356 622 931	3 400 767 064	3 412 814 952	3 427 316 344	3 433 887 957	3 437 848 977
2019	2 483 780 539	3 478 004 608	3 630 594 277	3 664 417 220	3 711 504 304	3 740 337 647	3 753 588 532	3 769 537 904	3 776 765 701	3 781 122 233
2020	2 202 985 682	3 016 305 362	3 085 326 108	3 138 153 962	3 173 755 010	3 198 410 772	3 209 741 773	3 223 380 286	3 229 560 868	3 233 286 195
2021	2 488 584 008	3 293 054 149	3 412 485 300	3 469 096 673	3 508 452 128	3 535 708 032	3 548 233 975	3 563 310 776	3 570 143 148	3 574 261 339
2022	2 227 088 993	2 967 740 638	3 104 221 618	3 155 719 055	3 191 519 372	3 216 313 139	3 227 707 563	3 241 422 415	3 247 637 591	3 251 383 769
2023	2 078 764 942	2 990 042 154	3 127 548 740	3 179 433 163	3 215 502 506	3 240 482 590	3 251 962 639	3 265 780 553	3 272 042 434	3 275 816 763

Source : Etabli par l'auteur à partir des données de la direction automobile

Après avoir rempli le tableau nous déterminons le montant total des provisions :

Tableau 24: détermination de la provision par Chain Ladder (Autres dommages)

Année	Charges ultimes	Dernier règlement	Provisions
2014	4 359 273 999	4 359 273 999	-

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

2015	3 896 528 695	3 892 039 193	4 489 501
2016	3 370 554 408	3 360 227 947	10 326 461
2017	3 216 516 617	3 193 094 309	23 422 308
2018	3 437 848 977	3 400 767 064	37 081 913
2019	3 781 122 233	3 711 504 304	69 617 929
2020	3 233 286 195	3 138 153 962	95 132 233
2021	3 574 261 339	3 412 485 300	161 776 040
2022	3 251 383 769	2 967 740 638	283 643 132
2023	3 275 816 763	2 078 764 942	1 197 051 821
Total	35 396 592 996	33 514 051 658	1 882 541 338

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

La provision totale au titre des autres garantie s'élève à **1 882 541 338 dinars**.

2.1.2 La méthode de Bornhuetter et Ferguson

Hypothèse : Malgré l'absence de distinction dans les données comptables entre les primes acquises pour RC et celles pour autres dommages, nous avons formulé l'hypothèse que les autres garanties constituent 56 % du total des primes sur la période 2013-2024. Cette hypothèse repose sur l'information indiquant que cette catégorie représentait 56 % du portefeuille en 2023. L'application de BF nous permet d'obtenir le tableau suivant :

Tableau 25: Détermination de la provision par Bornhuetter-Ferguson (Autres dommages)

Année	prime acquise	Dernier règlement	Charges ultimes	$\hat{Z}_{n+1-i}\%$	Loss ratio	charge ultime a priori	Provision
2014	4 363 464 560	4 359 273 999	4 359 273 999	100,00%	99,90%	4 359 273 999	-
2015	4 394 004 475	3 892 039 193	3 896 528 695	99,88%	88,70%	3 897 270 466	5 231 272
2016	4 378 947 745	3 360 227 947	3 370 554 408	99,69%	77,00%	3 371 839 538	11 611 592
2017	4 184 725 897	3 193 094 309	3 216 516 617	99,27%	76,90%	3 218 186 982	25 092 672
2018	4 298 767 378	3 400 767 064	3 437 848 977	98,92%	80,01%	3 439 631 778	38 864 715
2019	4 412 814 036	3 711 504 304	3 781 122 233	98,16%	85,72%	3 782 687 095	71 182 791
2020	4 011 849 403	3 138 153 962	3 233 286 195	97,06%	80,62%	3 234 208 156	96 054 194
2021	3 614 812 441	3 412 485 300	3 574 261 339	95,47%	98,88%	3 574 216 859	161 731 559
2022	3 866 735 467	2 967 740 638	3 251 383 769	91,28%	84,09%	3 251 367 378	283 626 740
2023	3 716 881 480	2 078 764 942	3 275 816 763	63,46%	88,06%	3 273 139 848	1 194 374 905
							1 887 770 440

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Le Best Estimate de la provision « Bornhutter-Ferguson » est donc de **1 887 770 440**

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

2.2 Mise en pratique des méthodes stochastiques

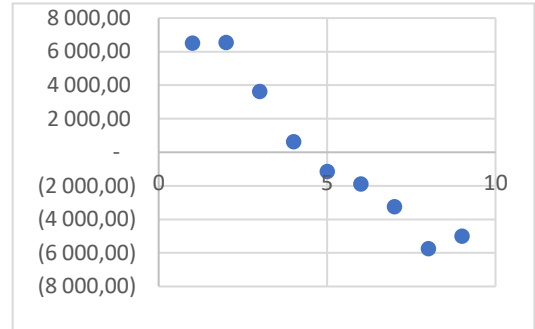
2.2.1 Le modèle de Mack

Avant d'utiliser ce modèle, il faut vérifier et valider les hypothèses de la méthode de Mack :

- **Validation de (H1) et (H2) :** Les hypothèses (H1) et (H2) ont déjà été vérifiées dans la section consacrée au modèle de Chain Ladder.
- **Validation de (H3) :**

Nous avons vérifié graphiquement l'absence de tendance spécifique dans les résidus (voir Annexe 07).

Le graphique montre que les points $(r_{i,1}; C_{i,1})$ sont aléatoires, confirmant ainsi l'hypothèse (H3). Les hypothèses du modèle de Mack étant validées et les coefficients de développement étant identiques à ceux



de la méthode Chain Ladder, nous pouvons utiliser ces résultats pour évaluer les provisions. Le modèle de Mack construit les intervalles de prédiction pour la provision $(\hat{R})$ par une distribution log normale de paramètres μ_i et $\sigma^2_{i..}$.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant grâce à l'utilisation du logiciel R :

Tableau 26: La provision par la méthode Mack (Autres dommages)

	Charges ultimes	Dernier règlement	Provisions	L'erreur standard	Coefficient de variation
2014	4 359 273 999	4 359 273 999	-	-	-
2015	3 896 528 695	3 892 039 193	4 489 501	3 468 861	0.773
2016	3 370 554 408	3 360 227 947	10 326 461	4 274 912	0.414
2017	3 216 516 617	3 193 094 309	23 422 308	4 882 860	0.208
2018	3 437 848 977	3 400 767 064	37 081 913	5 917 792	0.160
2019	3 781 122 233	3 711 504 304	69 617 929	13 861 653	0.199
2020	3 233 286 195	3 138 153 962	95 132 233	19 065 817	0.200
2021	3 574 261 339	3 412 485 300	161 776 040	26 454 737	0.164
2022	3 251 383 769	2 967 740 638	283 643 132	53 496 380	0.189
2023	3 275 816 763	2 078 764 942	1 197 051 821	249 025 075	0.208
Total	35 396 592 996	33 514 051 658	1 882 541 338	261 164 008	0.14

Source : établi par l'auteur à partir du logiciel R

Le tableau (24) présente les provisions pour les autres dommages calculées avec la méthode Mack. Les provisions totales s'élèvent à **1 882 541 338** DA, avec une erreur quadratique

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

moyenne $MSE(\hat{R}_i)$ de **261 164 008** DA souligne la volatilité due aux informations limitées pour les dernières années.

2.2.2 Méthode de Bootstrap

Cette technique de rééchantillonnage sert à modéliser l'incertitude des provisions estimées.

Voici les résultats obtenus par la méthode Bootstrap :

Tableau 27: Détermination de la provision par la méthode Bootstrap (Autres dommages)

Année	Dernier règlement	Charge ultime	Provision	Erreur de prédiction	Provision à 75%	Provision à 95%
2014	4 359 273 999	4 359 273 999	-	0	0	0
2015	3 892 039 193	3 897 062 682	5 023 489	11 628 381	7 629 681	27 466 622
2016	3 360 227 947	3 370 298 058	10 070 111	15 140 309	17 139 104	39 440 225
2017	3 193 094 309	3 216 665 993	23 571 684	19 694 566	33 397 472	63 036 844
2018	3 400 767 064	3 438 810 995	38 043 932	25 776 267	51 833 511	89 028 134
2019	3 711 504 304	3 781 049 574	69 545 269	33 620 683	88 887 777	129 977 304
2020	3 138 153 962	3 231 961 999	93 808 037	37 178 753	113 630 580	157,918,215
2021	3 412 485 300	3 572 799 950	160 314 650	49 107 997	188 770 911	249 103 036
2022	2 967 740 638	3 252 230 512	284 489 874	66 828 374	326 374 490	402 697 234
2023	2 078 764 942	3 269 766 746	1 191 001 804	156 114 236	1 288 676 065	1 464 193 805
Total	33 514 051 658	35 389 920 507	1 875 868 850	208 239 606	2 011 201 009	2 227 080 603

Source : Etabli par l'auteur à partir du logiciel R

En utilisant la méthode Bootstrap, nous obtenons une estimation des provisions à hauteur de **1 875 868 850** DA avec une marge d'erreur de 208 239 606 DA.

Tout au long de cette section, nous avons appliqué diverses méthodes d'évaluation des provisions pour sinistres à payer (PSAP). Dans la section suivante, nous comparerons les résultats obtenus par ces méthodes et analyserons les écarts enregistrés entre elles.

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Section 04 : synthèse des résultats

1. Récapitulatif totale estimation

Après une estimation détaillée dans les sections précédentes, nous allons résumer les résultats en les comparant avec ceux calculés par les compagnies. Le tableau suivant présente un résumé des résultats :

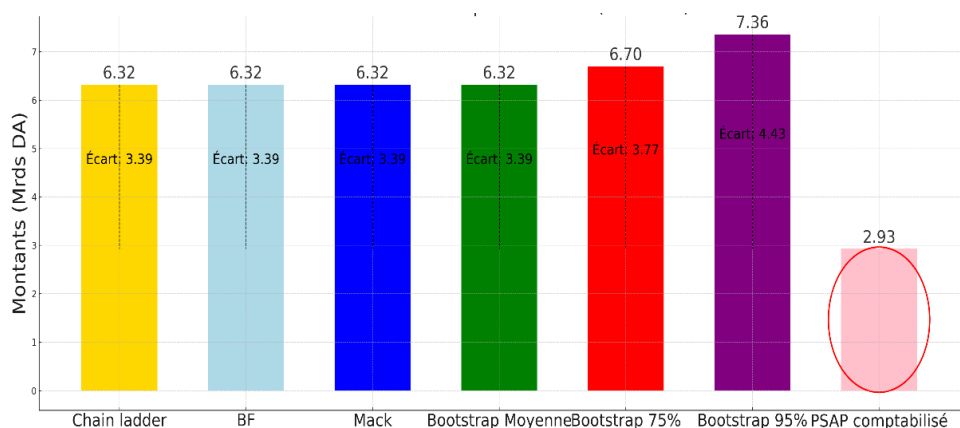
Tableau 28: Tableau récapitulatif des résultats d'estimation des provisions

Méthode	Provision	Montants totale auto
Chain ladder	Provision estimée	6 324 040 413
Bornhuetter et Ferguson	Provision estimée	6 315 690 936
Mack	Provision Moyenne	6 324 040 413
	Variation de la provision (+/-)	646 902 653
	Provision Minimale	5 677 137 760
	Provision Maximale	6 970 943
Bootstrap	Provision Moyenne	6 321 242 268
	Variation de la provision (+/-)	622 351 688
	Provision Minimale	5 698 890 580
	Provision Maximale	6 943 593 956
	Provision à 75%	6 727 064 062
	Provision à 95%	7 359 960 532
PSAP comptabilisé	2 934 065 796	

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Ces résultats peuvent également être illustrés par une figure présentée comme suit :

Figure 20:récapitulatif des résultats d'estimation des provisions



Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

La figure présente les provisions totales pour sinistres calculées par différentes méthodes comparées à celles comptabilisées par la compagnie (PSAP).

La figure montre une grande variabilité entre les provisions calculées par différentes méthodes actuarielles et celles comptabilisées par la compagnie.

Les résultats obtenus par ces modèles affichent un sous-provisionnement moyen dans la branche automobile de l'ordre de 50%, soit un montant moyen de 3.62 Mrds de DA.

- La méthode Chain Ladder estime les provisions à 6,32 milliards de DA, ce qui représente un écart de 3,39 milliards de DA par rapport aux PSAP comptabilisés. Cette méthode utilise les tendances historiques des sinistres.
- La méthode Bornhuetter et Ferguson (BF) estime les provisions à 6,32 milliards de DA, avec un écart de 3,39 milliards de DA par rapport aux PSAP comptabilisés. Elle combine les données historiques et les prévisions initiales.
- La méthode Mack estime les provisions à 6,32 milliards de DA, ce qui montre un écart de 3,39 milliards de DA par rapport aux PSAP comptabilisés. Cette méthode stochastique utilise des intervalles de confiance pour estimer les provisions.
- La méthodes Bootstrap estiment en moyenne des provisions de 6,79 milliards de DA, ce qui représente un écart moyen de 3,86 milliards de DA par rapport aux PSAP comptabilisés. La méthode Bootstrap Moyenne utilise le rééchantillonnage pour estimer les provisions, tandis que les méthodes Bootstrap à 75% et 95% fournissent des estimations à des niveaux de confiance de 75% et 95% respectivement, montrant ainsi des niveaux de prudence accrus.
- Les résultats obtenus des modèles stochastiques sont similaires à ceux de la méthode déterministe Chain Ladder. Cela est compréhensible, car les modèles choisis reproduisent cette méthode.
- En termes d'erreur de prédiction, il est noté que la variante Bootstrap présente une erreur de prédiction inférieure à celle du modèle de Mack (622 351 688 DA pour Bootstrap contre 646 902 653 DA pour Mack). Cela nous permet de conclure que le modèle Bootstrap est celui qui fournit le montant de provision avec une incertitude moindre

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

2. Récapitulatif de l'estimation par garantie

Après une estimation détaillée des provisions par garantie dans les sections précédentes, nous allons résumer les résultats de la RC et des autres dommages simultanément, et les comparer à ceux calculés par les compagnies. Le tableau suivant présente un résumé de ces résultats :

Tableau 29: Tableau récapitulatif des résultats d'estimation des provisions par garantie

Méthode	Provision	Prov RC	Prov autres dommages
Chain ladder	Provision estimée	4 740 461 064	1 882 541 338
Bornhuetter et Ferguson	Provision estimée	4 671 416 823	1 887 770 440
Mack	Provision Moyenne	4 740 461 064	1 882 541 338
	Variation de la provision (+/-)	588 127 193	261 164 008
	Provision Minimale	4 152 333 871	2 143 705 346
	Provision Maximale	5 328 588 257	1 621 377 330
Bootstrap	Provision Moyenne	4 762 006 621	1 875 868 850
	Variation de la provision (+/-)	591 368 522	208 239 606
	Provision Minimale	4 170 638 099	1 667 629 244
	Provision Maximale	5 353 375 143	2 084 108 456
	Provision à 75%	5 121 039 352	2 011 201 009
	Provision à 95%	5 775 454 455	2 227 080 603
PSAP comptabilisé		1 290 988 950	1 643 076 846

Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

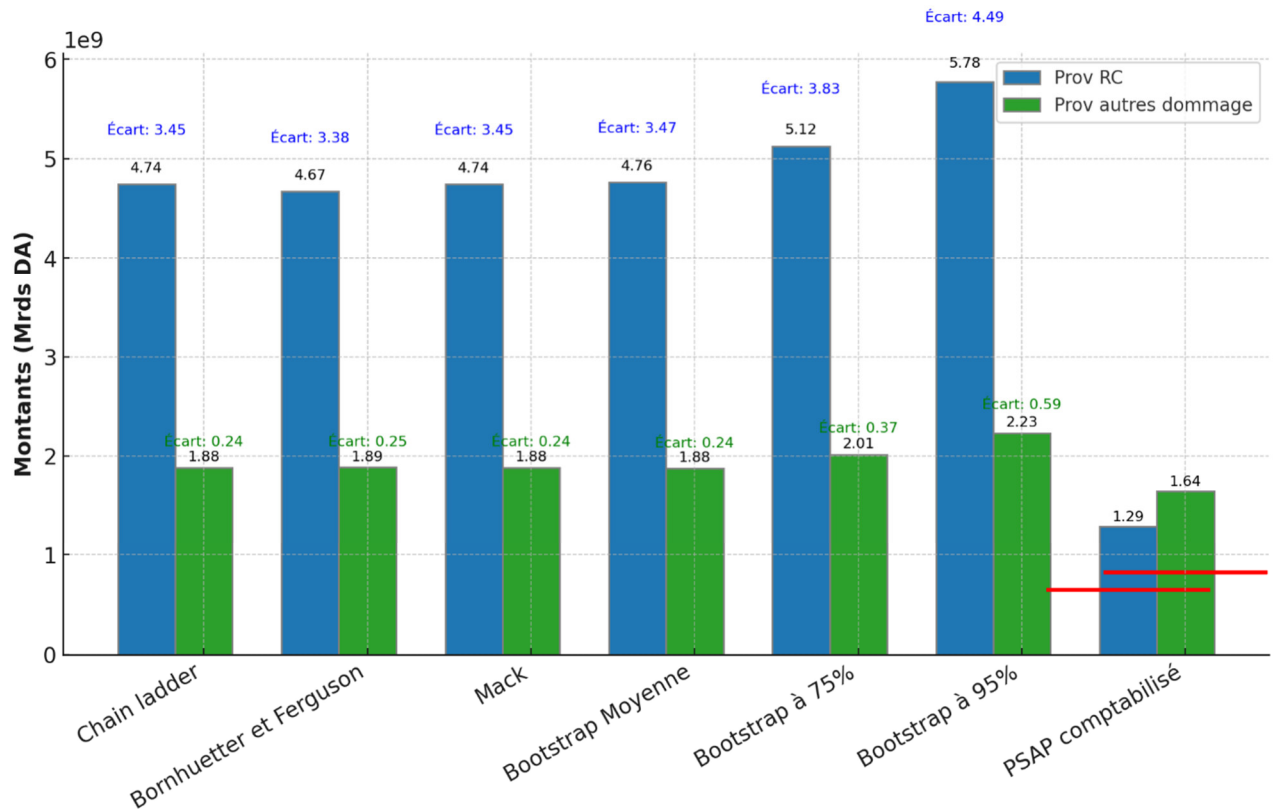
Hypothèse : Bien que les données disponibles au niveau de la direction du finance et comptabilité concernant les PSAP ne distinguent pas entre celles de la RC et celles pour autres dommages, nous avons travaillé sur l'hypothèse que :

« Les PSAP au titre de la RC et au titre des autres dommages représentent 44 % et 56 % respectivement du total des PSAP de la branche automobile »

Ces résultats peuvent également être illustrés par une figure présentée comme suit :

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

Figure 21: récapitulatif des résultats d'estimation des provisions par garantie



Source : Etabli par l'auteur à partir des données disponibles

En analysant les résultats du tableau 29 et la figure 21, nous constatons que l'estimation de provisions pour les autres dommages sont proches de la réalité. En revanche, les estimations pour la RC montrent un écart significatif avec une moyenne de 3,67 milliards DA, indiquant une sous-estimation pour cette garantie.

Les méthodes utilisées pour ces estimations révèlent des disparités importantes. Par exemple, les estimations pour la RC varient entre 4,74 milliards DA et 5,78 milliards DA, bien au-dessus des montants comptabilisés. En revanche, les estimations pour les autres dommages restent relativement stables et proches des montants comptabilisés, confirmant leur alignement avec la réalité.

Conclusion :

Après avoir appliqué deux méthodes déterministes (Chain Ladder et Bornhuetter et Ferguson) et deux méthodes stochastiques (Mack et Bootstrap) à notre base de données, nous avons comparé les résultats obtenus. L'analyse révèle que, bien que les méthodes stochastiques offrent une approche plus avancée pour estimer les provisions, en particulier pour des branches

Chapitre 02 : Etude empirique : Estimation des provisions techniques

importantes comme l'assurance automobile, les méthodes déterministes montrent leurs limites face à la complexité de cette branche. En effet, les méthodes stochastiques, en intégrant l'incertitude et en offrant une modélisation plus flexible, se révèlent mieux adaptées pour capturer les nuances des sinistres dans un portefeuille aussi significatif. Il devient donc évident que, dans un contexte où la précision et la prudence sont essentielles, les méthodes déterministes ne suffisent pas à répondre aux exigences de la gestion des sinistres dans la branche automobile



Conclusion Générale

Les provisions techniques sont essentielles pour maintenir la solvabilité des compagnies d'assurance non-vie, en leur permettant de couvrir les coûts futurs des sinistres et de respecter leurs engagements contractuels représentant une part importante du passif total. Pour garantir que les assureurs peuvent faire face à leurs obligations futures, ces provisions sont encadrées par des régulations strictes qui visent à protéger les assurés et stabiliser le secteur.

La directive Solvabilité II a révolutionné l'évaluation des provisions techniques dans le secteur des assurances, en remplaçant les méthodes standardisées de Solvabilité I par une approche dynamique et axée sur les risques réels.

Désormais, les provisions techniques sont calculées en fonction des flux de trésorerie futurs nécessaires pour honorer les engagements, utilisant des méthodes actuarielles avancées appelées "Best Estimate" et incluant une marge de risque. Cette approche garantit que les provisions couvrent à la fois les sinistres déclarés et non encore réglés, ainsi que ceux qui sont non encore déclarés, tout en étant alignées sur les conditions de marché actuelles. Ainsi, Solvabilité II assure que les provisions sont suffisantes et reflètent les réalités économiques, renforçant la solvabilité des assureurs et protégeant les assurés contre les risques financiers.

Partant de cette perspective, nous avons réalisé une étude pour comprendre le fonctionnement technique des compagnies d'assurance en ce qui concerne le calcul des provisions pour les sinistres à payer. Cette étude s'est également penchée sur les différentes méthodes utilisées dans ce calcul, en prenant comme cas d'étude la branche automobile au sein d'une compagnie d'assurance algérienne.

L'estimation des montants de sinistres à payer dans la branche automobile de la CAAT repose sur des données historiques couvrant la période de 2014 à 2023. Ces données ont été soigneusement conciliées avec les sources comptables pour assurer leur exactitude, après élimination des anomalies.

Le présent travail nous a menés à vérifier les hypothèses déjà présentés au niveau de l'introduction générale et nous a conduit aux conclusions suivantes, tirées des résultats obtenus:

- La méthode de Chain-Ladder, bien que simple et largement utilisée, présente des limitations, notamment son incapacité à prendre en compte des scénarios multiples. De

manière plus générale, les méthodes déterministes, dont fait partie le Chain-Ladder, sont limitées par leur dépendance à des hypothèses rigides et leur incapacité à quantifier l'incertitude des estimations.

- Pour pallier les limitations des méthodes déterministes, il est nécessaire de recourir à des méthodes stochastiques, qui offrent une vision plus réaliste des risques associés aux provisions ainsi une estimation plus complète et précise des provisions nécessaires.
- Le modèle de Mack fournit des résultats similaires à la méthode Chain Ladder, mais avec une volatilité accrue en raison des données limitées pour les années récentes. La spécificité stochastique consiste à quantifier l'incertitude de la prévision des provisions et classiquement mesurée par l'erreur moyenne quadratique.
- La méthode Bootstrap, offre une estimation plus précise. Comparée à Mack, Bootstrap présente un intervalle de confiance plus restreint, suggérant qu'elle est la méthode la plus fiable dans les méthodes utilisées pour estimer les provisions.

La synthèse des résultats d'estimation des provisions montre des écarts significatifs entre les différentes méthodes actuarielles utilisées et la provision comptabilisée par la compagnie. Les résultats obtenus par ces modèles affichent un risque de sous-provisionnement moyen dans la branche automobile de l'ordre de 50%, soit un montant moyen de 3.62 Mrds de DA.

- En analysant les provisions par garantie, les résultats révèlent que les estimations pour les autres dommages sont relativement proches des montants comptabilisés, tandis que celles pour la RC montrent un écart moyen de 3,67 milliards de DA, suggérant une sous-estimation significative de cette garantie.
- Les variations entre les méthodes montrent des estimations pour la RC allant de 4,74 milliards à 5,78 milliards de DA, bien au-dessus des provisions comptabilisées, tandis que les estimations pour les autres dommages restent plus stables et réalistes, confirmant un alignement plus proche de la réalité pour cette dernière garantie.

Cet écart constaté peut s'expliquer par :

- Une sous-estimation du coût moyen des sinistres qui représente l'approche standard utilisé pour le calcul des provisions au niveau de la CAAT
- Les provisions comptabilisées dans le système ne prennent pas en compte les sinistres tardifs, connus sous le nom d'IBNR (Incurred But Not Reported).
- Les provisions pour sinistres doivent être enregistrées dans l'exercice où les sinistres surviennent, peu importe leur déclaration ou règlement. Le non-respect de ce principe dans les IBNR entraîne une mauvaise correspondance des charges avec les périodes des

sinistres, conduisant à une sous-estimation des provisions nécessaires pour l'exercice en cours.

Au terme de ce travail, nous pouvons formuler quelques recommandations :

- Il est essentiel de mettre en avant l'importance pour nos compagnies d'assurance de ne pas rester en marge des réformes mondiales, en particulier du projet de Solvabilité II.
- Les compagnies d'assurance doivent viser à intégrer ces méthodes actuarielles dans l'évaluation des provisions. Cela permettra de mieux comprendre l'incertitude liée aux passifs et de développer des stratégies commerciales en conséquence.
- Réexaminer la méthode de calcul du coût moyen ou bien changer la méthode utilisée pour le calcul des provisions
- Intégrer les IBNR dans le calcul des PSAP et en les rattacher à l'exercice de leur survenance.
- Analyser les tendances des sinistres récents et les facteurs de risque pour mieux ajuster les provisions. Cela peut inclure l'examen des données historiques et la prise en compte des changements dans le marché et les réglementations.
- Ajuster les primes afin de refléter le risque réel et de s'assurer qu'elles couvrent adéquatement les coûts des sinistres.
- Optimiser la gestion des sinistres pour réduire les coûts, améliorer les processus de règlement des sinistres et accélérer les paiements.
- L'efficacité de l'évaluation des provisions pour sinistres à payer dépend non seulement du choix du modèle, mais aussi de la qualité des données, de l'expertise des analystes, des contrôles internes, et de la révision régulière des estimations. Une bonne communication et documentation sont également nécessaire pour assurer la transparence et la précision.

Il serait pertinent de suggérer l'adoption de techniques de provisionnement plus avancées, telles que celles basées sur l'apprentissage automatique (machine Learning) et les big data. Ces méthodes permettent d'estimer les provisions PSAP de manière plus précise en utilisant des données individuelles pour chaque sinistre, plutôt que de s'appuyer sur des méthodes agrégées comme les approches déterministes ou stochastiques. En exploitant les données spécifiques à chaque sinistre, ces techniques offrent une meilleure évaluation des provisions nécessaires, réduisant ainsi les risques d'erreurs d'estimation et améliorant la gestion des sinistres, cette suggestion peut être le sujet d'un travail prochain qui complète les insuffisances des méthodes actuarielles.

Références Bibliographiques

❖ **Ouvrages**

- Denuit, M, Charpentier, A. (2005) « **Mathématique de l'assurance non-vie : Tarification et provisionnement** », Tome 2, Paris, Edition Economica.
- Denuit, M, Charpentier, A. (2009) « **Mathématique de l'assurance non-vie : Tarification et provisionnement** », Tome 2, Paris, Edition Economica.
- Dreyfuss, M. (2015) « **Les grands principes de solvabilité 2** », 3^{ème} édition, Paris, Edition l'argus de l'assurance.
- Kammoun M. (2016) « **Best estimate des provisions techniques non-vie : cas de la Tunisie** », Saarbrücken, Allemagne, Editions universitaires Européennes.
- Partrat, C. et autres (2007), « **Provisionnement technique en assurance non-vie, Perspectives actuarielles modernes** », Paris, Edition Economica.
- TOSETTI, A et autres (2011) « **Assurance : comptabilité - réglementation – actuariat (avec extraits du code des assurances à jour au 30 juin 2010)** » paris, Édition Economica.

❖ **Revue et articles**

- Bouabdallah, R, Oubelaid, H. (2022), « **L'impact du passage de Solvabilité I à Solvabilité II sur les exigences en fonds propres d'une compagnie d'assurance** », école supérieure du commerce, revue des Sciences commerciales et de gestion, N° : 1.
- Ferrero, C. (2017), « **Pilotage de la solvabilité et déclinaison opérationnelle de l'appétence au risque d'une société d'assurance vie** », Institut des actuaires, Lyon.
- Khordj, M et autres (2017), « **Provisionnement et mesure de risque en assurance dommage dans le cadre de Solvabilité II** », La revue en management, Éditions Association de Recherches et Publications en Management.
- Sentucq, A (2023) « **Provisionnement en assurance non-vie : Extension stochastique de méthodes usuelles et application au calcul de l'ajustement pour risque sous IFRS 17** », mémoire présenté devant l'ENSAE Paris pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat et l'admission à l'Institut des Actuaires, IP Paris.

❖ **Mémoires et rapports**

- AIT HAMZA, M (2020) « **Estimation des provisions pour sinistres à payer** », Ingénierie en Finance et Actuariat, université Cadi Ayad, Marrakech, Maroc.
- Aman-yah, A. et autres « **Application de méthodes de machine learning au provisionnement non-vie** », master 1 actuariat, Euria-euro institut d'actuariat, Siapartners, France .
- BELHIMER, H. (2011) « **La gestion actif-passif dans une compagnie d'assurances**, recueil de communications du colloque international, Les sociétés d'assurances traditionnelles et les sociétés d'assurances TAKAFUL entre la théorie et l'expérience pratique, université Sétif, 25-26 avril 2011.
- Dupin, G. (2016) « **Solvabilité II : Une réforme inutile et dangereuse** », Société de Calcul Mathématique Livre Blanc, Paris.
- E.GETTLER ; « **Sinistres Attritionnels en non-vie : quelles méthodes de provisionnement** », mémoire d'actuaire ;centre d'étude actuarielle ; Paris ;2016 .
- Groupe de Travail sur le Provisionnement des Sinistres Non-Vie de l'Institut des actuaires (2023), « **Guide de provisionnement des sinistres en assurance non-vie** », Institut des actuaires, Paris.
- KERDALI,A (2017) « **Modélisation Stochastique Des Provisions Techniques En Assurance Non-Vie :Modèles Récursifs de provisionnement**»; thèse de doctorat en science économique et statistique appliquée ; Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée ; Koléa ; Algérie .
- LACOUM, A. (2008) « **Mesure du risque de réserve sur un horizon d'un an** » ; mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Actuaire ; Université Claude Bernard Lyon 1 ; Institut de science financière et d'assurance ; France.
- Meister, v. (2007) « **solvabilité ii : contexte, valorisation et impacts sur l'exigence en capital** », diplôme universitaire d'actuaire de strasbourg «DUAS » , Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- MORINEAU, A. (2016) « **Bootstrap et procédures de ré-échantillonnage : l'analyse des données au 21^{ème} siècle** » ; cours ; France.
- Otoul, Benoît (2019) « **Quels sont les impacts du passage de Solvabilité I à Solvabilité II sur les contrats à annuités** », Louvain School of Management, Belgique.

❖ **Textes législatifs et réglementaires**

- Art.210, Ordonnance n° 95-07 du 25 janvier 1995 Relative aux assurances et Ses textes d'application.
- Article 2 du Décret exécutif n° 07-364 du 28 novembre 2007 portant sur l'organisation de l'Administration Centrale du Ministère des Finances d'Algérie.
- Article. 224 (Modifié par l'art. 35 LFC 2011), l'ordonnance n° 95-07 du 25 janvier 1995 relative aux assurances et ses textes d'application.
- Décret exécutif n° 13-114 du 16 Joumada El Oula 1434 correspondant au 28 mars 2013 relatif aux engagements réglementés des sociétés d'assurance et/ou de réassurance.
- Extrait Des Notes Annexes Aux Comptes Consolidés, 2017, comptes consolidés en normes IAS/IFRS, Saham assurance, Casablanca, Maroc.
- Journal officiel de l'union européenne, règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission du 10 octobre 2014, complétant la directive 2009/138/ce du parlement européen et du conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II).
- Les articles 209 et 210 de l'Ordonnance 95/07 datée du 25 janvier 1995.
- Manuel de procédures pour la réalisation des missions, Inspection générale des finances, ministère de l'économie et des finances, 2010.

❖ **Autres**

- JUILLARD. M-M (2013), « Gestion et Mesure des risques », Cours dispensés à l'Institut Européen d'Actuariat Jean Dieudonné. France.
- Documents internes de la compagnie CAAT

❖ **Sites d'internet**

- <https://fastercapital.com/fr.html>
- <https://caat.dz/index.php/fr/>



Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
Table des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	A
<i>Chapitre 01 : provisionnement non-vie : synthèse de la littérature</i>	<i>1</i>
<i>Section 1 : contextualisation des provisions techniques non-vie</i>	<i>3</i>
1. Formulation du problème de provisionnement	3
2. Définition des provisions techniques	3
3. Typologie des provisions techniques.....	4
3.1 Provision de primes.....	5
3.1.1 Provision pour primes non acquises (PPNA).....	5
3.1.2 Provision pour risques en cours (PREC).....	5
3.1.3 La provision pour risque croissant (PRC).....	5
3.2 Provisions de sinistres.....	5
3.2.1 Provision pour sinistres à payer (PSASP).....	6
3.2.2 Provision mathématique des rentes (PM).....	7
3.2.3 Provision pour égalisation et d'équilibrage (PE/E).....	7
3.3 Autres Provisions	7
3.3.1 Provision pour risques d'exigibilité des engagements techniques (PREET)	7
3.3.2 Provision pour participation aux bénéfices et ristournes (PPBR).....	8
4. Evaluation réglementaire des provisions techniques en Algérie	8
4.1 Evaluation de la provision d'équilibrage / d'égalisation	8
4.2 Evaluation de la Provision pour participation aux bénéfices et ristournes	9
4.3 Evaluation de la provision pour primes non acquises.....	9
4.4 Evaluation de la provision pour sinistres à payer en assurance dommages autre que l'automobile.....	9
4.5 Evaluation de la provision pour sinistres à payer en assurance dommages automobile.....	9
5. Les instances du contrôle des provisions techniques non-vie	10
5.1 La direction des assurances.....	10
5.2 Le comité de supervision des assurances (CSA)	11
<i>Section 02 : Présentation des provisions techniques sous la directive de solvabilité</i>	<i>12</i>

1. La solvabilité d'un assureur	12
2. Présentation des provisions techniques sous la directive « solvabilité I »	12
2.1 Les provisions techniques doivent être suffisantes	13
2.2 Couvrir ses engagements réglementés avec des placements liquides, sûrs et rentables	13
3. Présentation des provisions techniques sous la réforme « Solvabilité II »	14
3.1 Focus sur l'évaluation des provisions techniques selon le pilier 1	16
3.2 Les grandes lignes des règles de calcul des provisions techniques	17
3.3 Calcul des provisions techniques	17
3.3.1 Best Estimate (BE)	18
3.3.2 La marge pour risque (RM)	20
3.3.3 Autres éléments relatifs au calcul des provisions	21
4. Les conséquences attendues de la mise en place de solvabilité II	22
4.1 Pour les entreprises d'assurance	22
4.2 Pour les autorités de contrôle	22
4.3 Pour les assurés	22
4.4 Pour l'activité économique	22

Section 03 : Evaluation déterministe des provisions techniques non-vie..... 23

1. Hypothèses des méthodes déterministes	23
2. La méthode de Chain ladder (CL)	23
2.1 Principe	23
2.2 Hypothèses	23
2.3 Mise en œuvre	24
2.3.1 Etape 1 : La collecte des données et la vérification des hypothèses	24
2.3.2 Etape 2 : l'estimation des coefficients de passage	24
2.4 Critiques de la méthode	26
2.4.1 Qualités	26
2.4.1 Limites	27
3. Méthode du S/P à l'ultime ou Loss Ratio	27
3.1 Principe	27
3.2 Hypothèses	27
3.3 Mise en œuvre	27
3.4 Critiques	28
4. La méthode de Bornhuetter et Ferguson	28
4.1 Principe	28
4.2 Hypothèse	28
4.3 Mise en œuvre	29
4.4 Critiques de la méthode	29
4.4.1 Qualités	29
4.4.2 Inconvénients	30
5. Critiques des méthodes déterministes	30

Section 04 : Méthodes stochastiques du provisionnement non-vie..... 31

1. Principe des méthodes stochastiques	31
2. Le modèle de Mack	31

2.1	Principe	31
2.2	Hypothèses.....	32
2.3	La notion d'erreur de prédiction	32
2.4	Critiques du modèle	34
2.4.1	Qualités.....	34
2.4.2	Limites.....	34
3.	Méthode de Bootstrap	34
3.1	Définition	34
3.2	Hypothèses.....	35
3.3	Mise en œuvre.....	35
3.4	Critiques du modèle	36
3.4.1	Qualités.....	36
3.4.2	Limites.....	36
4.	Critiques des méthodes Stochastiques.....	37
Chapitre 02 :Etude empirique : Estimation des provisions techniques		38
Section 01 : Provisions pour Sinistres, Approche et Pratiques dans la branche Automobile de la CAAT.....		40
1.	Présentation de l'organisme d'accueil.....	40
1.1	Historique de la CAAT.....	40
1.2	Objectifs de la compagnie.....	41
1.3	Atouts de la compagnie.....	41
1.4	Structure organisationnelle	41
2.	Classement par part de marché.....	43
3.	Structure du portefeuille.....	43
4.	Motifs de choix de la branche automobile pour la réalisation de l'étude	44
5.	Point de vue de la branche Automobile dans la compagnie	44
5.1	La production	45
5.2	Déclaration des sinistres	46
5.3	Indemnisations	47
5.4	Indemnisations par garanties (exercice 2023).....	47
5.5	Sinistres à payer	48
6.	Constitution des provisions des dossiers sinistres automobiles	48
Section 02 : Mise en pratique des méthodes déterministes et stochastiques		50
1.	Estimation des montants de sinistres à payer par approche globale	50
1.1	Présentation des données	50
1.2	Mise en pratique des méthodes déterministes.....	50
1.2.1	Application de la méthode de Chain Ladder.....	51
A.	Tests et validation des hypothèses.....	51
B.	L'estimation des coefficients de passage.....	51
C.	La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage	52
1.2.2	La méthode de Bornhuetter et Ferguson	53
1.3	Mise en pratique des méthodes stochastiques.....	54
1.3.1	Le modèle de Mack	54
1.3.2	Méthode de Bootstrap	56

Section 03 : Estimation des provisions pour sinistres par garantie 58

1. L'évaluation de la provision pour sinistres à payer au titre de la Responsabilité civile.....58

1.1 Mise en pratique des méthodes déterministes..... 58

1.1.1 Application de la méthode de Chain Ladder 59

A. Tests et validation des hypothèses..... 59

B. L'estimation des coefficients de passage..... 59

C. La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage 60

1.1.2 La méthode de Bornhuetter et Ferguson 61

1.2 Mise en pratique des méthodes stochastiques..... 61

1.2.1 Le modèle de Mack 61

1.2.2 Méthode de Bootstrap 63

2 l'évaluation de la provision pour sinistres à payer au titre des autres dommages 63

2.1 Mise en pratique des méthodes déterministes..... 63

2.1.1 Application de la méthode de Chain Ladder 64

A. Tests et validation des hypothèses..... 64

B. L'estimation des coefficients de passage..... 64

C. La projection des chiffres à observer via les coefficients de passage 65

2.1.2 La méthode de Bornhuetter et Ferguson 66

2.2 Mise en pratique des méthodes stochastiques..... 67

2.2.1 Le modèle de Mack 67

2.2.2 Méthode de Bootstrap 68

Section 04 : Synthèse des résultats 69

1. Récapitulatif : totale estimation 69

2. Récapitulatif de l'estimation par garantie 71

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Table des matières

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Triangle des règlements

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 923 476 113	2 217 036 645	741 285 015	374 619 907	572 907 643	123 802 704	52 566 294	57 213 688	30 975 595	25 209 797
2015	2 777 985 420	2 063 377 197	629 832 066	308 891 553	576 734 546	85 858 873	58 829 091	47 005 807	24 810 160	
2016	2 542 998 516	1 703 419 931	577 248 109	313 358 160	162 903 014	134 856 982	98 698 787	47 881 474		
2017	2 572 144 474	1 573 720 960	517 019 188	267 499 563	214 678 083	127 910 598	50 551 483			
2018	2 799 245 371	1 638 841 414	467 460 431	298 144 076	172 913 864	150 398 235				
2019	3 090 506 433	1 640 070 353	592 938 659	284 589 151	226 373 686					
2020	2 727 512 603	1 398 654 367	386 317 288	293 095 618						
2021	3 110 420 286	1 338 066 895	555 859 409							
2022	2 760 369 679	1 445 227 596								
2023	2 683 343 600									

Annexe 02 : La méthode de Bornhuetter et Ferguson

Les coefficients $\hat{Z}_j$ sont déterminés à partir des facteurs de développement de Chain ladder.

La détermination de ratio $\hat{q}_j$ est le travail le plus délicat à effectuer du fait qu'il n'existe pas de méthode bien définie pour déterminer ces ratios. Nous avons donc utilisé la procédure proposée par Mack pour estimer le Loss ratio a priori $\hat{q}_j$ donné par :

$$\hat{q}_j = (\hat{m}_1 + \dots + \hat{m}_n) r_j$$

Tel que :

$$\begin{cases} \hat{m}_j = \sum_{i=1}^{n+1-j} s_{i,j} / \sum_{i=1}^{n+1-j} p_i \\ \hat{r}_j = \sum_{j=1}^{n+1-j} \frac{\hat{m}_j s_{i,j}/p_i}{\sum \hat{m}_k} \end{cases}$$

– $\hat{m}_j$: est la moyenne incrémentale du Loss ratio

– $\hat{r}_j$ est l'indice du Loss ratio.

<i>i</i>	$C_{i,n-i+1}$	$\hat{C}_{i,n}$	$\hat{Z}_{n+1-i}\%$	$\hat{m}_j$	$\hat{r}_j$	$\hat{q}_j$	$\hat{\mu}_j$	R_j
2014	7 119 093 400	7 119 093 400	100,00%	38,00%	114,54%	91,37%	7 119 093 400,37	-
2015	6 573 324 714	6 596 684 581	99,65%	22,41%	105,45%	84,12%	6 600 095 487,01	26 770 773,15
2016	5 581 364 974	5 624 155 923	99,24%	7,43%	90,25%	71,99%	5 629 373 855,39	48 008 881,68
2017	5 323 524 349	5 407 189 950	98,45%	3,99%	90,82%	72,45%	5 413 700 948,39	90 176 599,41
2018	5 527 003 391	5 674 572 868	97,40%	4,14%	92,79%	74,02%	5 681 667 202,75	154 663 812,04
2019	5 834 478 282	6 118 874 519	95,35%	1,61%	97,45%	77,73%	6 125 092 260,71	290 613 978,53
2020	4 805 579 876	5 334 797 296	90,08%	0,84%	93,38%	74,48%	5 335 982 642,68	530 402 767,18
2021	5 004 346 590	5 889 613 121	84,97%	0,65%	114,27%	91,14%	5 883 393 792,44	879 047 202,12
2022	4 205 597 275	5 561 857 957	75,61%	0,36%	100,82%	80,42%	5 552 698 631,06	1 347 101 356,24

2023	2 683 343 600	5 654 857 249	47,45%	0,32%	106,38%	84,86%	5 632 249 164,93	2 948 905 565,26
Total								6 315 690 935,60

Annexe 03 : Les résidus de Mack TOTAL

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8
2014	8 913,43	1 469,66	271,61	2 613,59	- 276,26	-271,29	14,94	24,14	- 45,88
2015	7 866,79	444,45	- 273,09	3 136,18	-635,01	-135,04	-61,14	- 25,07	
2016	3 849,84	797,05	334,26	- 1 922,06	289,31	541,63	49,46		
2017	929,54	64,44	- 189,97	- 1 052,32	243,15	- 89,07			
2018	- 425,68	-1 224,26	43,92	- 1 825,02	476,73				
2019	- 3 492,52	112,48	- 488,19	- 1 360,19					
2020	- 4 215,08	- 1 932,20	322,59						
2021	- 9 108,29	83,26							
2022	- 3 674,64								

Annexe 04 : Règlements au titre de la RC

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	461 956 925	815 109 682	474 282 443	277 643 168	517 147 411	90 925 980	41 389 938	36 617 252	24 559 474	20 187 130
2015	544 719 225	775 423 078	447 926 079	243 163 600	512 797 804	64 844 640	43 596 859	33 369 317	15 444 919	
2016	520 371 003	653 469 334	415 869 099	256 565 699	138 960 818	116 107 297	86 721 192	33 072 584		
2017	533 321 562	651 735 063	392 324 672	225 004 104	185 829 783	105 293 810	36 921 045			
2018	574 746 262	717 863 985	331 654 518	246 147 471	149 569 990	106 254 102				
2019	606 725 893	645 846 284	440 348 990	250 766 208	179 286 602					
2020	524 526 920	585 334 687	317 296 542	240 267 765						
2021	621 836 278	533 596 754	436 428 259							
2022	533 280 685	704 575 952								
2023	604 578 658									

Annexe 05 : Les résidus de Mack RC

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8
2014	11 358,53	1 357,58	265,75	4 888,10	- 402,86	- 331,23	- 3,73	83,95	- 3,45
2015	4 376,76	214,60	- 616,02	4 870,61	- 904,53	- 269,95	- 54,75	- 84,72	
2016	451,12	715,57	367,24	- 3 054,87	658,99	876,64	64,17	-	
2017	- 322,61	80,39	- 378,77	- 1 836,55	413,07	- 206,34			
2018	311,91	2 761,82	- 25,67	- 2 871,47	400,29				
2019	- 4 224,90	642,74	- 166,83	- 2 386,04	-				
2020	- 2 749,94	- 1 582,67	610,98	-					
2021	- 9 423,59	1 506,62	-						
2022	1 967,75	-							

Annexe 06 : Règlements au titre des autres dommages

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
2014	2 461 519 189	1 401 926 963	267 002 572	96 976 739	55 760 231	32 876 724	11 176 356	20 596 436	6 416 122	5 022 667
2015	2 233 266 195	1 287 954 120	181 905 987	65 727 953	63 936 743	21 014 233	15 232 232	13 636 490	9 365 242	
2016	2 022 627 513	1 049 950 597	161 379 010	56 792 461	23 942 196	18 749 685	11 977 595	14 808 889		
2017	2 038 822 912	921 985 897	124 694 516	42 495 459	28 848 300	22 616 788	13 630 438			
2018	2 224 499 110	920 977 429	135 805 913	51 996 605	23 343 874	44 144 133				
2019	2 483 780 539	994 224 068	152 589 669	33 822 943	47 087 084					
2020	2 202 985 682	813 319 680	69 020 746	52 827 853						
2021	2 488 584 008	804 470 141	119 431 151							
2022	2 227 088 993	740 651 644								
2023	2 078 764 942									

Annexe 07 : Les résidus de Mack autres dommages

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8
2014	6 507,48	1 437,17	442,75	119,99	- 6,08	- 62,62	33,59	- 29,13	- 50,41
2015	6 537,54	336,56	70,58	345,01	- 141,52	25,44	- 45,07	30,82	
2016	3 630,63	362,19	55,26	- 233,42	- 121,60	2,91	10,27		
2017	624,94	- 210,75	- 156,47	- 118,68	- 33,95	41,97	-		
2018	- 1 148,87	- 157,78	- 42,56	- 250,64	311,85	-			
2019	- 1 898,20	- 124,76	- 438,25	91,12	-				
2020	- 3 247,25	- 1 268,98	29,60	-					
2021	- 5 742,35	- 557,82	-						
2022	- 4 993,36	-							

Annexe 08 : Outputs pour l'estimation par le logiciel R (estimation totale)

