



المندوبية السامية للتخطيط  
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

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



**INSEA**

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

### Calibration des chocs RA Sous IFRS 17 sur un portefeuille d'assurance vie

Préparé par : *Mme Nada MERRAKA (Actuariat-Finance)*  
*Mme Ghita EL QOUNS (Actuariat-Finance)*

Sous la direction de : *Mme Rajae SAMKAOUI (INSEA)*  
*M. Oussama ZITY (Forvis Mazars)*  
*M. Sambassa DOUKOURE (Forvis Mazars)*

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

## Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : *Actuariat-Finance*

*Devant le jury composé de :*

- *M. Fouad MARRI (INSEA)*
- *Mme Rajae SAMKAOUI (INSEA)*
- *M. Sambassa DOUKOURE (Forvis Mazars)*

**Juin 2024 / PFE N° 10**



# Dédicaces

*À ma merveilleuse mère qui m'a soutenue inconditionnellement. Son amour et son soutien indéfectibles ont été mes piliers tout au long de ce parcours,*

*À mon père exceptionnel, qui a fait d'incroyables sacrifices pour me permettre d'atteindre ce niveau. Sa détermination et son amour paternel m'ont guidée et motivée à chaque étape de ma vie,*

*À mes frères, qui ont été mes modèles et mes sources d'inspiration. Leur soutien constant et leurs conseils avisés ont été essentiels dans ma réussite,*

*À ma chère petite sœur, Yousra, je souhaite qu'elle puisse atteindre ce que je n'ai pas pu,*

*À ma partenaire de mémoire, Nada, qui m'a accompagnée tout au long de ce chemin,*

*À tous ceux qui ont apporté leur contribution, directe ou indirecte, à la réalisation de ce travail,*

*Merci.*

**- Ghita**

*à ma famille extraordinaire, qui a cru en moi dès le début, et dont l'amour  
inconditionnel a été ma source d'inspiration constante,*

*À ma mère merveilleuse, dont le soutien inébranlable et l'amour sans limites  
ont été mes piliers tout au long de ce voyage,*

*À mon père remarquable, qui a consenti à d'incroyables sacrifices pour  
m'aider à atteindre ces sommets,*

*À mes deux sœurs, Marwa et Nihal, dont mon amour est profond et  
inconditionnel,*

*À Ghita, ma compagne de mémoire, qui a été à mes côtés tout au long de ce  
parcours,*

*À tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation  
de ce travail,*

*Je vous exprime ma profonde gratitude.*

**- Nada**

# Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont joué un rôle crucial dans l'évolution de notre réflexion et la réalisation de ce travail.

Nous aimerions particulièrement remercier :

— **Mme. Rajae SAMKAOUI**, notre directrice de mémoire, pour avoir généreusement accepté de nous encadrer dans ce projet. Sa disponibilité inébranlable, son soutien constant, ainsi que ses nombreux encouragements et conseils ont été des éléments essentiels de notre parcours. Sa contribution précieuse a joué un rôle indispensable dans notre réussite, et nous lui sommes infiniment reconnaissants pour son engagement et son dévouement envers notre projet.

— **M. Ibrahima SOW**, associé et responsable de la Business Unit "Actuariat" de Forvis Mazars, pour la confiance continue qu'il nous a témoignée tout au long de notre stage.

— **M. Oussama ZITY**, encadrant de mémoire et senior manager au sein du cabinet Forvis Mazars, pour son encadrement, son suivi et son aide ainsi que pour sa confiance tout au long de ce projet.

— **M. Sambassa DOUKOURÉ**, notre encadrant et consultant actuaire senior chez Forvis Mazars, a joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce travail. Nous le remercions chaleureusement pour ses conseils précieux, son soutien constant et sa disponibilité sans faille. Son implication déterminante a grandement contribué au succès de ce mémoire.

Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers l'ensemble de l'équipe de Forvis Mazars pour leur accueil chaleureux et leur soutien continu. Enfin, nos remerciements s'adressent sincèrement à **M. Fouad MARRI** et aux membres du jury qui ont l'honneur d'évaluer notre travail. Nous sommes également reconnaissants envers l'ensemble du corps enseignant de l'INSEA, qui nous a prodigué les connaissances nécessaires tout au long de nos trois années d'études.

# Résumé

En mai 2017, l'IASB (International Accounting Standard Board), responsable de l'édition des normes comptables internationales, a publié la norme IFRS 17. Cette norme remplace IFRS 4 phase 1 et introduit de nouveaux enjeux en matière de communication financière.

Dans ce mémoire, nous avons calculé l'ajustement pour risque (RA) en nous basant sur l'approche par scénarios. Cette méthodologie est similaire au calcul du SCR sous SBR/S2, où l'on calcule d'abord le Best Estimate central, qui représente la meilleure estimation des engagements futurs de l'assureur, puis un Best Estimate choqué pour ce risque.

L'ajustement pour risque est obtenu par la différence entre les deux Best Estimates. Il est donc nécessaire de déterminer les chocs à appliquer.

Deux approches ont été donc proposées dans ce mémoire pour déterminer les chocs de rachat utilisés ultérieurement pour le calcul du Risk Adjustment marginal pour le risque de rachat.

Pour la première approche, nous avons opté pour une méthode de conversion des chocs SBR. C'est à ce stade que nous avons effectué des ajustements pour faciliter la transition du SBR vers la norme IFRS 17, tant au niveau de l'horizon temporel qu'au niveau de l'appétence au risque. La nécessité de remettre en question les résultats obtenus par cette approche justifie le recours à une deuxième méthode afin de pouvoir comparer les deux résultats.

La deuxième méthode repose sur le calcul de la VaR (Value at Risk) en utilisant l'approximation de Cornish-Fisher pour obtenir les chocs. Cette méthode est particulièrement efficace, car elle permet de répliquer au mieux le profil de risque du portefeuille. Une comparaison entre les deux approches sera réalisée à la fin de ce mémoire afin d'en tirer des conclusions concernant l'efficacité relative de chaque méthode pour déterminer les chocs utilisés ultérieurement pour choqué le Best Estimate.

**Mots Clés** – IFRS 17, Solvency II, SBR, Cornish-Fisher, Best Estimate, Risk Adjustment, Calibration, Shocks, Surrender, Central Scenario.

# Abstract

In May 2017, the IASB (International Accounting Standard Board), responsible for issuing international accounting standards, published IFRS 17. This standard replaces IFRS 4 phase 1 and introduces new challenges in financial communication.

In this thesis, we calculated the risk adjustment (RA) based on the scenario approach. This methodology is similar to the calculation of SCR under SBR/S2, where the central Best Estimate, representing the best estimate of the insurer's future liabilities, is first calculated, followed by a shocked Best Estimate for the given risk. The risk adjustment is obtained by the difference between the two Best Estimates. Therefore, it is necessary to determine the shocks to be applied.

Two approaches were proposed in this thesis to determine the surrender shocks used later for the calculation of the marginal risk adjustment for surrender risk.

For the first approach, we opted for a method of converting SBR shocks. At this stage, we made adjustments to facilitate the transition from SBR to IFRS 17, both in terms of the risk time horizon and risk appetite. The need to reassess the results obtained by this approach justifies the use of a second method to compare the two sets of results.

The second method is based on the calculation of VaR (Value at Risk) using the Cornish-Fisher expansion to obtain the shocks. This method is particularly efficient because it allows for a better replication of the portfolio's risk profile while avoiding the conservatism inherent in the calibration of the first approach.

A comparison between the two approaches will be conducted at the end of this thesis in order to draw conclusions regarding the relative efficiency of each method for determining the shocks used subsequently to adjust the Best Estimate.

**Keywords** – IFRS 17, Solvency II, Best Estimate, Risk Adjustment, Risk Margin, Calibration, Shocks

# Liste des abréviations

- **IFRS 17** : International Financial Reporting Standard 17
- **IASB** : International Accounting Standards Board
- **RA** : Risk Adjustment (Ajustement pour risque)
- **RM** : Risk Margin
- **SBR** : Solvabilité Basée sur les Risques
- **SCR** : Solvency Capital Requirement
- **VaR** : Value at Risk
- **IAS** : International Accounting Standards
- **CSM** : contractual service margin
- **BE** : Best Estimate (Meilleure Estimation)
- **ACAPS** : Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale
- **BBA** : Building Block Approach (Modèle général)
- **VFA** : Variable Fee Approach
- **PAA** : Premium Allocation Approach
- **IARD** : Incendie, Accidents et Risques Divers
- **CF** : Cash Flows
- **PT** : Provisions techniques
- **CoC** : Cost Of Capital (Coût du capital)
- **ME** : Meilleure estimation
- **BEG** : Meilleure estimation des garanties probabilisés
- **FDB** : Fonds de participations aux bénéfices discrétionnaire futurs.
- **S2** : Solvabilité II
- **MCR** : Minimum Capital Requirement
- **TVaR** : Tail Value at Risk
- **PIB** : Produit Intérieur Brut
- **TMG** : Taux Minimum garanti

- **DGI** : Direction générale des impôts
- **IR** : impôt sur le revenu
- **PM** : Provisions Mathématiques
- **LOESS** : Locally Estimated Scatterplot Smoothing

# Table des matières

Introduction . . . . .	1
1 Partie I : Présentation de la norme IFRS 17 . . . . .	3
1.1 Les normes IFRS et la structure de l'organisme décisionnel . . . . .	4
1.2 Les normes comptables internationales . . . . .	4
2 Partie II : Cadre de l'étude . . . . .	8
2.1 Description générale de la norme : . . . . .	8
3 Partie III : Focus sur le Risk Adjustment . . . . .	22
3.1 Méthodes et contraintes d'estimations techniques . . . . .	24
3.2 Rappels sur Solvabilité II : . . . . .	29
3.3 Rappels sur Solvabilité Basée sur les Risques : . . . . .	29
3.4 Comparaison entre Solvabilité II et SBR : . . . . .	30
3.5 Comparaison entre S2/SBR et IFRS 17 : . . . . .	38
4 Partie IV : Assurance vie - Exemple d'un contrat épargne-retraite . . . . .	41
4.1 Généralités sur l'assurance vie : . . . . .	41
4.2 Types de garanties : . . . . .	42
4.3 Types de contrats : . . . . .	43
4.4 Le marché des assurances au Maroc : . . . . .	44
4.5 Présentation du portefeuille étudié : . . . . .	46
5 Partie V : Détermination des taux de rachat en montant . . . . .	48
5.1 Les types de rachat : . . . . .	48
5.2 Les facteurs explicatifs du rachat : . . . . .	49
5.3 Base de données : . . . . .	51
5.4 Détermination des taux de rachat : . . . . .	55
5.5 Détermination du taux moyen de rachat : . . . . .	56
5.6 Lissage des taux de rachat : . . . . .	58

5.7	Résultat du lissage de LOESS : . . . . .	60
6	Partie VI : Détermination des chocs de rachat associé à l'ajustement pour risque . . . . .	62
6.1	Cadre théorique : Approche par scénarios pour le calcul du RA : .	62
6.2	Cadre théorique : Les approches adoptées pour la détermination des chocs : . . . . .	65
6.3	Cadre pratique : Approche par scénarios pour le calcul du RA . .	87
	Références . . . . .	93
	<b>Annexe</b>	<b>98</b>
A4	Code R du lissage de LOESS . . . . .	98
A5	Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Épargne . . . . .	99
A6	Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Retraite . . . . .	100
A7	Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Épargne&Retraite	101

# Table des figures

1.1	Calendrier de mise en oeuvre de la norme IFRS 17 . . . . .	3
2.1	modèle général - Building Block Approach . . . . .	11
2.2	Impacts des changements d'hypothèses sur la CSM . . . . .	12
2.3	Classification des types de contrats sous les trois méthodes de comptabilisation	15
2.4	Granularité des contrats . . . . .	19
2.5	Méthodes proposées pour le calcul du taux d'actualisation . . . . .	21
3.1	Vue d'ensemble de calcul de RA . . . . .	24
3.2	La méthode coût du capital pour le calcul du RA : . . . . .	25
3.3	La méthode d'ajustement des paramétrages pour le calcul du RA . . . . .	26
3.4	L'approche par scénarios pour le calcul du RA . . . . .	27
3.5	L'approche VaR et TVaR pour le calcul du RA . . . . .	28
3.6	Comparaison de la meilleure estimation vie entre S2 et SBR . . . . .	31
3.7	Comparaison des flux futurs entre S2 et SBR . . . . .	32
3.8	Agrégation de risque suivant le principe bottom-up S2 et SBR . . . . .	35
3.9	Module de risque souscription vie S2 . . . . .	36
3.10	Module de risque souscription vie SBR . . . . .	36
3.11	Matrice de corrélation du module risque de souscription vie SII . . . . .	37
3.12	Matrice de corrélation du module risque de souscription vie SBR . . . . .	37
3.13	Table des chocs pour le risque souscription en vie SBR . . . . .	38
3.14	Table des chocs pour le risque souscription en vie SII . . . . .	38
3.15	Comparaison entre les bilans IFRS 17 et S2/SBR . . . . .	39
4.1	Structure des primes par branche - Source : ACAPS . . . . .	44
4.2	Activité technique des entreprises d'assurances et de réassurance - Source : ACAPS . . . . .	45
4.3	Structure des primes par catégorie - Source : ACAPS . . . . .	46

5.1	Montant de sortie (tout type) par produit . . . . .	53
5.2	Montant de rachat par produit . . . . .	53
5.3	Montant des PM par produit . . . . .	54
5.4	Évolution du taux de rachat d'une année à l'autre - Épargne . . . . .	55
5.5	Évolution du taux de rachat d'une année à l'autre - Retraite . . . . .	56
5.6	Taux de rachat moyen - Épargne . . . . .	57
5.7	Taux de rachat moyen - Retraite . . . . .	58
5.8	Taux de rachat avant et après le lissage - Épargne . . . . .	60
5.9	Taux de rachat avant et après le lissage - Retraite . . . . .	60
5.10	Taux de rachat avant et après le lissage - Epargne&Retraite . . . . .	61
6.1	Matrice de corrélations sous SBR . . . . .	63
6.2	Duration par type de produit . . . . .	69
6.3	Table des chocs pour le risque souscription en vie SBR . . . . .	70
6.4	Conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 pour T=8 ans . . . . .	71
6.5	Conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 pour T=11 ans . . . . .	71
6.6	Illustration de l'horizon de risque . . . . .	73
6.7	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne . . . . .	81
6.8	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne par horizon de projection . . . . .	81
6.9	Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite . . . . .	82
6.10	Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite par horizon de projection . . . . .	82
6.11	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite . . . . .	83
6.12	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite par horizon de projection . . . . .	83
6.13	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne - Down . . . . .	84
6.14	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne par horizon de projection - Down . . . . .	84
6.15	Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite - Down . . . . .	85
6.16	Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite par horizon de projection - Down . . . . .	85
6.17	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite - Down . . . . .	86
6.18	Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite par horizon de projection - Down . . . . .	86
6.19	RA rachat pour la base Épargne - Lapse UP . . . . .	88
6.20	RA rachat pour la base Retraite - Lapse UP . . . . .	88
6.21	RA rachat pour la base Épargne&Retraite - Lapse UP . . . . .	88

6.22 RA rachat pour chaque base, chaque loi, lapse UP . . . . .	89
6.23 Comparaison entre RA rachat des deux approches . . . . .	90
A4.1 Code R du lissage de LOESS . . . . .	98
A5.1 Outil de calibration des chocs - Épargne . . . . .	99
A6.1 Outil de calibration des chocs - Retraite . . . . .	100
A7.1 Outil de calibration des chocs - Épargne&Retraite . . . . .	101

# Liste des tableaux

3.1	Différences entre Risk Margin (RM) et Risk Adjustment (RA) . . . . .	40
4.1	Les éléments essentiels de la performance d'un contrat d'épargne . . . . .	43
4.2	Caractéristiques du contrat . . . . .	47

# Introduction générale

Dans un contexte marqué par une grande diversité des normes comptables nationales, les investisseurs se heurtent à des difficultés pour effectuer des comparaisons efficaces entre les organismes d'assurance. Les méthodes comptables et la présentation des états financiers varient considérablement selon les référentiels, rendant la comparaison de la rentabilité de ces organismes particulièrement ardue.

Les normes IFRS (International Financial Reporting Standards) qui sont établies par l'IASB (International Accounting Standards Board) s'appliquent à toutes les entreprises, indépendamment de leur secteur d'activité. En 2005, une première norme spécifique aux organismes d'assurance, IFRS 4 : contrats d'assurance, a été publiée. Elle a été remplacée par IFRS 17 : contrats d'assurance, la nouvelle norme régissant la comptabilisation des contrats d'assurance, qui est entrée en vigueur en 2023.

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons à la norme IFRS 17. Nous présenterons cette nouvelle norme et la comparerons aux normes Solvabilité II et SBR, afin de mettre en lumière les différences entre elles, notamment entre l'ajustement pour risque (RA) et la marge pour risque (RM). Cependant, avant d'entamer cette comparaison, il est nécessaire d'examiner les similitudes et les différences entre Solvabilité II et SBR en termes de calcul des exigences en capital.

En vigueur depuis 2016, les normes Solvabilité II et SBR ont suscité de nombreux travaux de la part des assureurs. Ces derniers ont investi énormément de temps, d'énergie et de ressources financières dans la mise en place des calculs et des reportings de Solvabilité II et SBR. Afin d'éviter de multiplier les efforts de production pour IFRS 17 et S2/SBR, les acteurs du marché explorent les possibilités de réutiliser les calculs et les modèles des deux normes antérieures pour pouvoir en déduire les chocs IFRS 17 qui pourront servir dans le calcul de l'ajustement pour risque.

Ce mémoire s'inscrit dans cette démarche, en proposant notamment, dans un premier temps, une approche qui consiste à convertir les chocs SBR en chocs IFRS 17 pour les risques de rachat, de mortalité/longévité et de frais.

L'utilisation des chocs calculés sous SBR présente un intérêt certain. Cependant, nous démontrerons dans ce mémoire que des ajustements sont nécessaires. Il s'agira, entre autres, de modifier l'horizon temporel pour passer de la vision annuelle de SBR à une vision alignée avec la durée des engagements, comme requis par IFRS 17. De plus, le seuil de confiance, fixé à 99,5% sous SBR, devra être ajusté en fonction de l'aversion au risque de l'organisme sous IFRS 17.

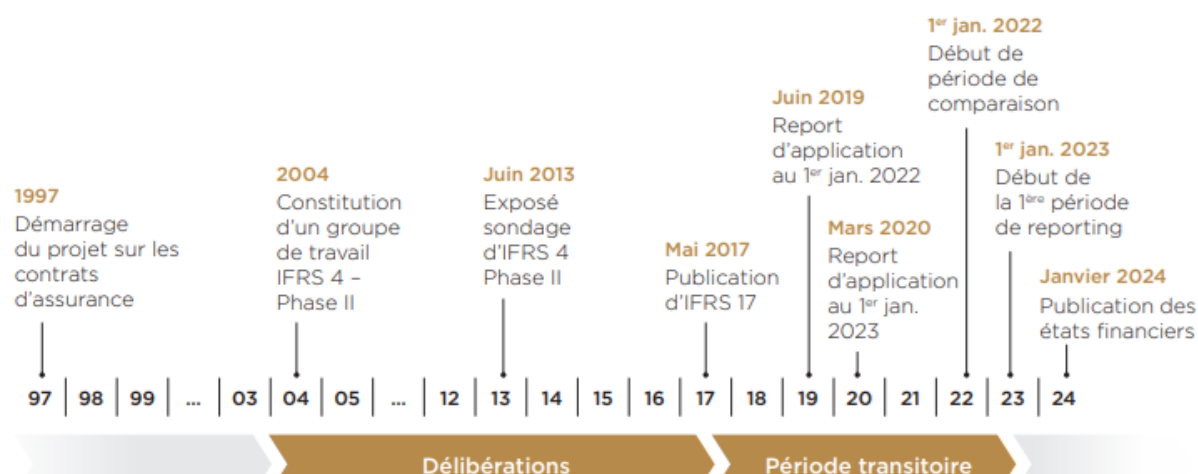
Dans un second temps, nous proposerons une deuxième approche permettant de calculer les chocs de rachat en cas de hausse et de baisse sous la norme IFRS 17, en nous basant principalement sur le calcul de la VaR (Value at Risk) via l'approximation de Cornish-Fisher.

Finalement, nous concluons ce mémoire en calculant l'ajustement pour risque marginal propre au risque de rachat en utilisant une approche par scénarios, que nous définirons dans les sections suivantes. Pour cela, nous identifierons les chocs selon deux méthodes différentes, lesquels seront ensuite utilisés pour calculer l'ajustement pour risque. Et les résultats seront ensuite comparés.

# 1 Partie I : Présentation de la norme IFRS 17

La première partie de ce mémoire se concentre sur la présentation de la norme IFRS 17. Son objectif est d'exposer les principaux concepts associés à cette norme, en mettant particulièrement en lumière la question cruciale de l'ajustement pour risque, qui constitue le cœur de notre étude.

Cette section établit le contexte normatif de manière précise, en rappelant également la séquence des événements. Ainsi, cette partie initiale examine l'évolution du cadre réglementaire récent, en commençant par détailler la progression de la norme IFRS 17 au fil du temps, puis en rappelant brièvement les normes antérieures qui ont conduit à sa formulation. En outre, pour une meilleure compréhension temporelle, une frise chronologique est présentée ci-dessous :



**FIGURE 1.1** – Calendrier de mise en oeuvre de la norme IFRS 17

La progression vers l'adoption de la norme IFRS 17 peut être retracée à travers une frise chronologique, commençant par les phases antérieures à son établissement. Initié en 1997, ce projet long et complexe a conduit à une révision des normes temporaires IFRS 4 phase 1 et IFRS 4 phase 2, aboutissant à la création de l'IFRS 17, spécifiquement dédiée aux passifs d'assurance. Bien que publiée le 18 mai 2017, son entrée en vigueur n'a eu lieu qu'à partir du 1er janvier 2023.

L'analyse des différentes étapes de ce processus sera abordée ultérieurement, mais l'attention se porte d'abord sur l'organisme initiateur de cette norme : l'IASB.

## **1.1 Les normes IFRS et la structure de l'organisme décisionnel**

La Fondation IFRS, une organisation mondiale à but non lucratif, s'engage dans le développement et la révision des normes IFRS, des normes comptables reconnues à l'échelle internationale. Ces normes ont pour objectif crucial d'assurer la transparence et la comparabilité dans les rapports financiers des entreprises, offrant ainsi une représentation claire et précise de leur performance financière et de leur situation.

Supervisant cette mission se trouve l'IASB, le conseil des normes comptables internationales, composé d'experts indépendants issus de divers horizons et pays. Leur rôle est de formuler des normes comptables de haute qualité, conviviales, pratiques et ayant un impact réel pour les utilisateurs des états financiers.

Les normes IFRS s'appliquent aux états financiers des sociétés cotées en bourse et d'autres entités qui les adoptent volontairement. Les entreprises cotées en bourse sont tenues de respecter les normes IFRS, car elles sont essentielles pour évaluer la performance financière et prendre des décisions d'investissement. Parallèlement, d'autres entités peuvent choisir l'adoption des IFRS pour renforcer la transparence et faciliter la compréhension parmi les investisseurs et les créanciers.

Compte tenu de la nature dynamique des paysages économiques et des pratiques comptables, les normes IFRS font l'objet de mises à jour périodiques afin de rester pertinentes. Il est impératif pour les entreprises de rester informées de ces changements afin d'assurer l'intégrité et la comparabilité de leurs états financiers. De plus, la Fondation IFRS promeut activement l'adoption et la mise en œuvre mondiale des normes IFRS. En collaboration étroite avec les autorités comptables nationales et les organismes professionnels, elle fournit des ressources éducatives et des outils pour faciliter la compréhension et l'application de ces normes à l'échelle mondiale.

## **1.2 Les normes comptables internationales**

Comme évoqué précédemment, les normes IFRS favorisent la comparabilité entre les entreprises cotées dans un même secteur mais situées dans différents pays. Cette section

abordera brièvement les principes des IFRS concernant la comptabilisation et l'évaluation des passifs d'assurance, en se concentrant particulièrement sur la norme IFRS 4, prédécesseur de la norme IFRS 17. Les détails spécifiques sur cette norme et ses principes seront fournis dans les parties suivantes.

## **2.i La norme IFRS 4 phase 1**

Face à la complexité du sujet, l'IASB a été incapable de finaliser une norme exhaustive avant la première mise en œuvre des normes IFRS par les entreprises européennes cotées. Ainsi, le projet a été divisé en deux phases. Dès le 1er janvier 2005, la phase 1 d'IFRS 4 a été introduite comme une mesure transitoire en attendant une norme plus complète. Cette norme internationale de comptabilité concerne les contrats d'assurance. Durant cette première phase, les assureurs continuent de comptabiliser leurs passifs conformément aux normes comptables locales en vigueur au moment de la transition vers les normes IFRS.

Cependant, cette approche pose une limite majeure en termes de comparabilité entre les assureurs. Afin de pallier cette lacune, un mécanisme de "comptabilité reflet" est utilisé pour ajuster les différences de valorisation entre les actifs et les passifs, bien que cela accentue le caractère provisoire de la norme. La comptabilité reflet, également appelée *shadow accounting*, vise à réduire l'écart comptable résultant de l'utilisation de méthodes d'évaluation différentes pour les actifs et les passifs. En effet, si les normes IFRS exigent une évaluation des actifs à leur juste valeur, les normes locales permettent souvent une évaluation des engagements passifs selon le coût amorti.

Le paragraphe 30 de la norme IFRS 4 autorise l'utilisation d'une forme du shadow accounting comme suit :

### **Shadow accounting**

Dans certains modèles comptables, les gains ou pertes réalisés sur les actifs d'un assureur ont un impact direct sur la mesure de tout ou partie (a) de ses passifs d'assurance, (b) des coûts d'acquisition différés connexes et (c) des actifs incorporels connexes, tels que ceux décrits aux paragraphes 31 et 321. Un assureur est autorisé, mais non obligé, à modifier ses politiques comptables de manière à ce qu'un gain ou une perte reconnu mais non réalisé sur un actif affecte ces mesures de la même manière qu'un gain ou une perte réalisé. L'ajustement connexe au passif d'assurance (ou aux coûts d'acquisition différés ou aux actifs incorporels) doit être reconnu dans le résultat global que si, et seulement si, les gains ou pertes non réalisés sont reconnus dans le résultat global. Cette pratique est parfois appelée « shadow accounting ».

Ainsi, le *shadow accounting* est autorisé par les normes IFRS 4 existantes lorsqu'il existe un lien direct entre la réalisation des actifs et la mesure des passifs d'assurance. Cela serait le cas pour les contrats avec participation, y compris les contrats avec une caractéristique de participation directe. Cependant, le *shadow accounting* selon les normes IFRS 4 existantes ne réduit pas les divergences comptables pour les contrats d'assurance vie sans caractéristiques de participation, les contrats d'assurance non vie, ou les contrats avec des caractéristiques de participation où il existe une relation indirecte entre les gains et pertes réalisés sur des actifs spécifiques et la mesure des passifs d'assurance.

## **2.ii La norme IFRS 4 phase 2**

Le projet de révision d'IFRS 4, baptisé IFRS 4 phase 2, a été initié en 2010 avec la publication du premier *exposure draft*. Cette révision a introduit de nouveaux éléments comptables, tels que **la marge de service contractuelle**, **l'ajustement pour risque** et **le *best estimate***, selon une approche structurée par blocs. En mai 2017, le projet a été rebaptisé IFRS 17. Dans la phase initiale d'IFRS 4, les assureurs présentaient leur compte de résultat de manière divergente, s'alignant parfois davantage sur les pratiques locales que sur les normes internationales. La phase 2 avait pour objectif d'harmoniser ces pratiques de présentation. Par ailleurs, le bilan prend en considération une évaluation du passif à sa juste valeur, soit une valorisation en valeur de réalisation.

## 2.iii La norme IFRS 17

Au cœur de notre discussion se trouve la récente norme comptable IFRS 17, qui traite la manière dont les contrats d'assurance sont comptabilisés et évalués. Cette norme, qui marque la fin de la phase de développement de l'IFRS 4, cherche à corriger les lacunes observées dans cette dernière. Son introduction clôture un projet longtemps attendu par certains et redouté par d'autres, réaffirmant des concepts déjà introduits dans l'IFRS 4 tout en visant à combler ses lacunes. L'IASB a officiellement publié cette nouvelle norme, intitulée IFRS 17 "Contrats d'assurance", le 18 mai 2017.

Son impact est significatif pour les entreprises d'assurance qui préparent des états financiers conformes aux IFRS, représentant la conclusion d'un projet s'étendant sur deux décennies et entraînant une transformation majeure dans la manière dont les contrats d'assurance sont comptabilisés. Cette norme concerne toutes les facettes des activités des entreprises, tant sur le plan comptable qu'opérationnel. Elle établit également un nouveau standard international, en remplacement l'IFRS 4, qui permettait aux assureurs d'utiliser leurs propres normes comptables locales. De plus, elle clarifie la présentation du résultat des activités d'assurance en distinguant les marges issues de l'assurance de celles issues des activités financières contrairement à l'IFRS 4.

En somme, les objectifs de l'IFRS 17 sont multiples : réduire les divergences dans l'évaluation et la comptabilisation des contrats d'assurance entre les pays, valoriser les options et garanties des contrats, promouvoir la cohérence avec les autres normes IFRS et harmoniser l'estimation des passifs. Ce paragraphe introduit succinctement l'IFRS 17, préparant ainsi le terrain pour un examen plus approfondi de ses principes et de ses implications dans les parties à venir.

## 2 Partie II : Cadre de l'étude

Cette partie de notre rapport introduit la norme « IFRS 17 Contrats d'assurance » que nous noterons IFRS 17 par la suite.

Dans un premier temps, nous abordons les fondements introduits par cette norme. Ensuite, nous ferons un focus sur l'ajustement pour risque tout en présentant ses implications en matière de modélisation pour les assureurs.

### 2.1 Description générale de la norme :

Dans cette section, nous présentons les fondements de la norme IFRS 17.

#### 1.i Objectifs :

La norme IFRS 17 est une norme de communication financière qui a pour but d'améliorer la cohérence de la comptabilisation des contrats d'assurance au niveau international. Elle a été publiée par l'IASB en mai 2017 afin de remplacer la norme transitoire IFRS 4 sur les contrats d'assurance.

La norme IFRS 4 est entrée en application depuis le 1er janvier 2005 dans le but de donner des indications quant à la comptabilisation des contrats d'assurance. Cependant, sous cette norme, chaque acteur comptabilise les contrats selon les règles comptables locales, et non internationales comme les autres normes.

L'objectif de la norme IFRS 17 est d'éliminer les diverses pratiques comptables permises aujourd'hui et de proposer un modèle qui reflète la réalité économique des contrats d'assurance, afin d'accroître la comparabilité de profitabilité entre les différents assureurs, mais aussi entre un assureur et une quelconque entreprise ayant des comptes IFRS.

#### 1.ii Périmètre d'application :

Le champ d'application de la norme IFRS 17 est le même que celui de la norme IFRS 4. Ainsi, elle concerne les contrats suivants<sup>1</sup> émis par une entité possédant des contrats d'assurance définis par la norme :

---

1. Cf. paragraphe 3 de IFRS 17 Insurance Contracts - Champ d'application.

- Les contrats d'assurance et de réassurance émis par la compagnie ;
- Les traités de réassurance détenus par la compagnie (contrats cédés) ;
- Les contrats d'investissement comportant un élément de participation discrétionnaire, sous condition que le groupe émette également des contrats d'assurance.

**Contrats d'assurance :** La norme IFRS 17 définit les contrats d'assurance comme des accords dans lesquels une partie, désignée comme l'émetteur du contrat, assume un risque significatif lié à l'assurance pour une autre partie, l'assuré. Lorsqu'un événement spécifique, appelé événement garanti, entraîne des conséquences défavorables pour l'assuré, celui-ci (ou le bénéficiaire) a le droit de recevoir une compensation de la part de l'émetteur du contrat.

Un contrat n'est pas considéré comme un contrat d'assurance selon la norme IFRS 17 si l'assuré est uniquement exposé à un risque financier et non à un risque d'assurance significatif. En revanche, un contrat dans lequel les deux types de risques, financier et d'assurance, sont présents est considéré comme un contrat d'assurance. Ainsi, il est nécessaire de déterminer ce que signifie le caractère significatif d'un risque d'assurance.

**Contrats de réassurance :** Selon la norme IFRS 17, « un traité de réassurance est un contrat d'assurance émis par un assureur (le réassureur) pour indemniser un autre assureur (la cédante) au titre de pertes sur un ou plusieurs contrats émis par la cédante ». Ces contrats ne seront pas abordés dans le cadre de ce mémoire.

**Les contrats d'investissement avec participation discrétionnaire :**

La norme IFRS 17 définit ces contrats comme des contrats qui fournissent à un investisseur un droit contractuel à recevoir, en supplément d'un montant non soumis à la discrétion de l'émetteur, des prestations additionnelles (au-delà des minima légaux).

Le contrat d'investissement avec une clause de participation aux bénéfices discrétionnaire propose alors des prestations complémentaires en fonction des résultats de l'assureur (sa performance).

### 1.iii Méthodes de comptabilisation prescrites par la norme IFRS 17 :

Avant de se pencher sur les détails des trois composantes du passif, à savoir la **CSM**, le **RA** et le **BE**, nous présentons d'abord les diverses **méthodes de comptabilisation prévues par la norme IFRS 17**. Ces méthodes, au nombre de trois, sont utilisées en fonction de la nature des contrats concernés :

#### « **Building Block Approach** » (**BBA**) :

La première méthode de comptabilisation proposée, appelée Building Block Approach (BBA), constitue le **modèle général** de la norme. Ce modèle s'applique par défaut **obligatoirement** à tous les contrats d'assurance, sauf dans les cas suivants :

- L'approche Variable Fee Approach (VFA) doit être appliquée ;
- La méthode Premium Allocation Approach (PAA) est appliquée par choix, dans les situations prévues par la norme.

Il convient de noter que la méthode BBA sera principalement utilisée pour les contrats d'assurance emprunteur, la prévoyance collective et individuelle, ainsi que pour l'assurance IARD. Nous examinerons ultérieurement comment le modèle PAA peut également être utilisé pour ces types de contrats.

Comme son nom l'indique, **l'approche BBA est structurée autour de trois blocs**. Ces trois blocs du passif correspondent respectivement à **la marge de service contractuelle**, à **l'ajustement pour risque**, et à **la valeur actuelle des flux futurs**.

L'approche par blocs vise à quantifier les engagements auxquels un assureur doit faire face pendant toute la période de couverture d'un contrat d'assurance. Les calculs doivent être réalisés avec des hypothèses financières courantes et non figées, sauf dispositions contraires prévues par IFRS 17.

La comptabilisation selon l'approche BBA se déroule en deux étapes. Tout d'abord, il est nécessaire d'initier tous les postes du bilan à l'ouverture d'un contrat.

Ci-dessous, un graphique présente l'initialisation de cette méthode :



**FIGURE 2.1** – modèle général - Building Block Approach

Nous décrivons ci-après les différentes phases de l'initialisation :

1. Les provisions techniques BE représentent une estimation explicite, sans biais et pondérée par les probabilités des **cash-flows futurs**, qu'ils soient sortants (sinistres, frais) ou entrants (primes), générés par les contrats d'assurance.
2. Les flux de trésorerie sont **actualisés à un taux courant** dérivé des données de marché observables, ajusté pour refléter les caractéristiques spécifiques des passifs d'assurance. Le taux d'actualisation<sup>2</sup> doit également tenir compte de l'interaction avec les actifs pour les contrats avec participation aux bénéfices.
3. Les passifs d'assurance comprennent un **ajustement pour risque**, destiné à évaluer l'incertitude provenant des **risques non financiers** sur le montant et le calendrier des flux de trésorerie futurs. Cet ajustement correspond au montant maximal qu'un assureur serait raisonnablement prêt à payer pour être libéré de ce risque.
4. La **marge de service contractuelle** est calculée au début de la durée de vie du contrat afin de neutraliser tout résultat initial à la souscription du contrat.

---

2. Le taux d'actualisation utilisé pour calculer la valeur actuelle des cash-flows projetés peut être déterminé en utilisant des taux d'intérêt de marché et à l'aide d'une approche *Top-Down* ou *Bottom-Up*.

Ainsi, lors de l'émission d'un contrat d'assurance, nous avons :

$$Prime = BE + RA + CSM$$

Par ailleurs, la norme IFRS 17 prévoit les modalités selon lesquelles les modifications d'hypothèses ou les écarts d'expérience affecteront ces trois composantes, ainsi que leur impact sur le résultat et les fonds propres de la compagnie.

De plus, la CSM joue un rôle crucial au sein du passif d'assurance. Les réévaluations du BE et du RA, consécutives à des modifications d'hypothèses non financières qui affectent les flux futurs, sont enregistrées en CSM. En revanche, dans le modèle général, les changements d'hypothèses financières sont comptabilisés en résultat ou en capitaux propres, contrairement aux hypothèses techniques, enregistrées en CSM.

Les variations résultant d'une modification de la courbe des taux d'actualisation sont comptabilisées en résultat ou directement en fonds propres grâce à l'option OCI.

Voici le déroulement de l'écoulement de la CSM d'une année sur l'autre :



**FIGURE 2.2** – Impacts des changements d'hypothèses sur la CSM

En effet, chaque année, la CSM est influencée par plusieurs éléments. Après l'enregistrement des changements d'hypothèses techniques dans la CSM, celle-ci est désactualisée en utilisant le taux d'actualisation initial, appelé locked-in rate, puis elle est amortie.

L'amortissement de la CSM, qui est libérée en résultat, devient alors le principal facteur déterminant du résultat. Cette méthode permet de lisser la reconnaissance des profits futurs dans le temps.

## « Variable Fee Approach » (VFA) :

La deuxième méthode de comptabilisation est la Variable Fee Approach (VFA). Cette méthode est une **variante du modèle général**.

Elle s'applique lorsque les contrats que l'assureur souhaite comptabiliser sont des contrats participatifs avec une participation directe<sup>3</sup>. Les contrats participatifs sont ceux pour lesquels les flux futurs dépendent du rendement des actifs sous-jacents.

Par conséquent, un contrat est comptabilisé avec la méthode VFA si les trois conditions suivantes sont respectées au moment de la comptabilisation initiale du contrat :

- Les clauses contractuelles spécifient que le titulaire de la police participe à un portefeuille d'actifs identifié ;
- L'assureur s'attend à verser à l'assuré un montant égal à une part substantielle des rendements du portefeuille d'actifs ;
- L'assureur s'attend à ce qu'une part substantielle des prestations versées aux assurés varie avec les variations de la juste valeur des actifs.

Lors de la première comptabilisation, aucune distinction n'est faite entre les modèles VFA et BBA. Des différences apparaîtront lors des comptabilisations suivantes. En effet, les modifications d'hypothèses financières ne sont pas prises en compte de la même manière, notamment celles concernant les hypothèses financières.

La principale différence avec le modèle BBA réside dans la CSM pour les comptabilisations ultérieures. Elle est ajustée de l'effet des changements d'hypothèses financières et de variation d'actifs, et est implicitement désactualisée et ajustée au taux courant. En revanche, dans le modèle BBA, toute modification d'hypothèses financières est enregistrée en résultat ou en capitaux propres.

De plus, l'avantage de l'approche VFA est l'élimination d'une volatilité artificielle du compte de résultat en comptabilisant les actifs et les passifs de manière cohérente.

---

3. Définition en annexe A de IFRS 17 Insurance Contracts

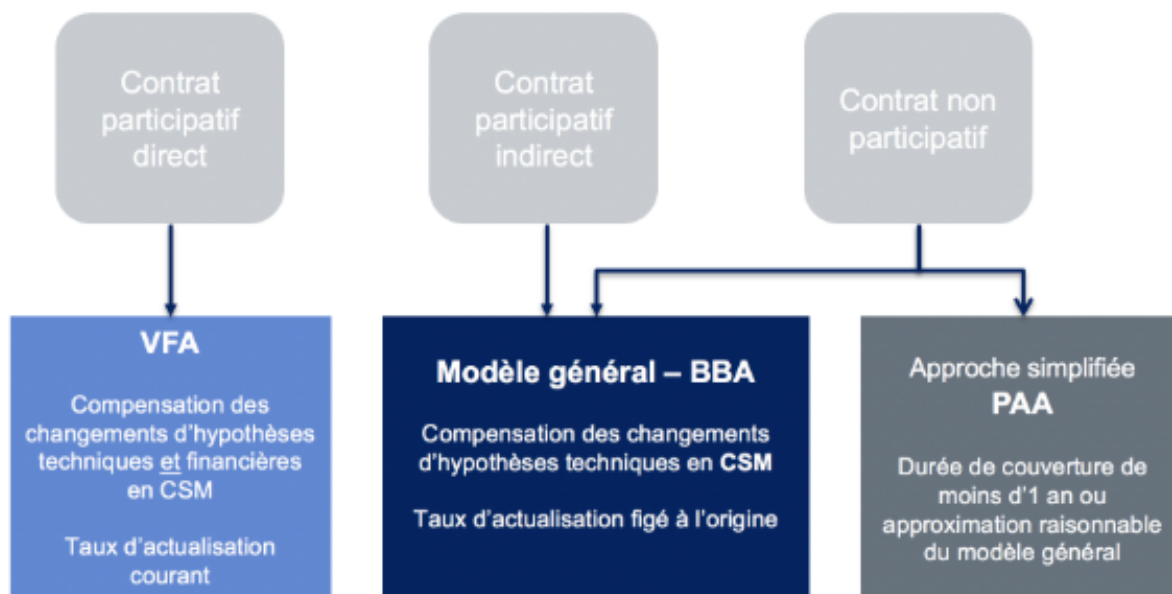
## « Premium Allocation Approach » (PAA) ou méthode simplifiée :

Le mode de comptabilisation final, connu sous le nom de Premium Allocation Approach (PAA), constitue un **modèle alternatif au modèle BBA**. Concrètement, la PAA offre une **approche simplifiée** pour évaluer la valeur des contrats d'assurance, pouvant être utilisée comme une approximation raisonnable du BBA ou lorsque la période de couverture est d'un an ou moins. Il est important de souligner que l'usage de cette approche demeure **optionnel**.

Ce modèle s'applique à la période de couverture des contrats plutôt qu'à la période de règlement des sinistres, se rapprochant ainsi des principes comptables des assurances non-vie. La principale raison de cette approche est de permettre aux assureurs non-vie de continuer à utiliser leurs processus et systèmes de calcul des provisions pour primes non acquises.

Dans ce cadre, la prime versée, après déduction du coût d'acquisition, est enregistrée au passif lors de l'émission du contrat. Aucun ajustement pour actualisation des flux n'est effectué si le laps de temps entre le début de la couverture et le premier sinistre ne dépasse pas un an, et aucune marge de services contractuels n'est alors constatée.

Ces trois méthodes de comptabilisation sous IFRS 17 présentent chacune leurs propres caractéristiques et spécificités. Ainsi, le schéma ci-dessous récapitule de manière synthétique les points essentiels :



**FIGURE 2.3** – Classification des types de contrats sous les trois méthodes de comptabilisation

Maintenant, nous exposons chaque bloc ainsi que les méthodes utilisées pour leur calcul. Étant donné que l'ajustement pour risque est le sujet de ce mémoire, il fera l'objet d'une section dédiée dans laquelle il sera traité en détail.

#### 1.iv La marge de service contractuelle :

Le premier élément du passif que nous examinons est la **marge de service contractuelle** (CSM - Contractual Service Margin). Cette composante revêt une importance cruciale dans le cadre d'IFRS 17, car elle constitue une part essentielle du passif d'assurance.

La CSM vise à **lisser le résultat** sur toute la durée du contrat et correspond au **profit attendu** par l'assureur à la souscription des contrats. De plus, ces bénéfices actualisés sont liés aux services futurs à fournir à l'assuré.

Elle permet de différer la reconnaissance des bénéfices en résultat sur l'intégralité de la période de couverture du contrat d'assurance, par un relâchement progressive de cette dernière. Elle joue ainsi un rôle crucial dans la détermination du résultat.

Conformément à la norme IFRS 17, la CSM est définie comme « un composant de l'actif ou du passif afférent au groupe de contrats d'assurance qui représente le profit non acquis que l'entité comptabilisera à mesure qu'elle fournira les services ».

La CSM est initiée de manière à éliminer tout bénéfice au début du contrat. Plus précisément, la CSM à  $t = 0$  est calculée selon la formule suivante :

$$CSM_0 = CF_0 - BE_0 - RA_0$$

Avec :

- $CF_0$  représentant les flux de trésorerie à la souscription ;
- $BE_0$  représentant les provisions à l'instant  $t = 0$  ;
- $RA_0$  représentant l'ajustement pour risque à l'instant  $t = 0$ .

De plus, la **CSM est strictement positive**. Si elle est négative au début, cette perte doit être reconnue immédiatement en résultat. Une CSM négative (remise à zéro par la suite) est attribuée aux contrats onéreux.

L'évaluation de la CSM doit être effectuée au niveau de chaque groupe de contrats, conformément à IFRS 17 qui distingue trois groupes : profitables, potentiellement onéreux et onéreux (les critères seront définis ultérieurement). L'évaluation de la CSM dépend de ces groupes.

Par ailleurs, comme mentionné précédemment, pour les contrats onéreux, la CSM n'existe pas. Elle correspond cependant à la composante de perte. La CSM est donc présente uniquement pour les contrats profitables ou potentiellement onéreux.

Certains événements, tels que des changements d'hypothèses, peuvent modifier la CSM initiale. Dans ce cas, elle est recalculée pour prendre en compte les impacts de ces changements et sera capitalisée au taux d'intérêt initial. L'ajustement est enregistré en CSM et le nouveau montant sera amorti dans le temps.

Ensuite, la CSM est relâchée en résultat de manière continue tout au long de la période de couverture pour représenter le service rendu. En ce qui concerne l'amortissement, il peut être effectué selon différentes méthodes. La norme permet une certaine flexibilité à cet égard, bien que l'interprétation courante suggère d'amortir la CSM en utilisant la notion d'unités de couverture<sup>4</sup> allouées sur la période.

La CSM à la fin de la période représente alors le bénéfice du groupe de contrats qui n'a

---

4. Les unités de couverture d'un groupe de contrats reflètent la durée attendue et la taille des contrats dans le groupe : paragraphe B119 de IFRS 17 Insurance Contracts.

pas encore été comptabilisé en résultat, car il concerne des services futurs.

### 1.v Le *best estimate* :

La norme IFRS 17 exige que les engagements de l'assureur soient évalués en valeur actuelle. Le *best estimate* représente ainsi **la moyenne actualisée et pondérée en probabilité de l'ensemble des flux de trésorerie au moment de l'évaluation**. La norme stipule également que l'estimation des cash-flows futurs devrait :

- Intégrer, de manière neutre, toutes les informations raisonnables disponibles ;
- Refléter la perspective et le point de vue de l'entité ;
- Être explicite et courante.

Ces cash-flows sont actualisés pour ajuster l'estimation des flux futurs de trésorerie afin de refléter la valeur temps. Cependant, IFRS 17 ne prescrit aucune méthode d'actualisation. Deux approches sont proposées : l'approche *Top-Down* ou l'approche *Bottom-Up*.

La détermination du taux d'actualisation doit être en cohérence avec les prix observés sur le marché pour des instruments financiers, dont les cash-flows présentent des caractéristiques similaires aux contrats d'assurance, notamment en termes de durée, de devise et de liquidité.

En outre, la norme permet la possibilité de mesurer les flux futurs à un niveau d'agrégation plus large que celui des groupes de contrats, avec un montant total calculé qui ventile entre les différents groupes<sup>5</sup>.

### 1.vi L'ajustement pour risque :

Le dernier élément du passif est l'ajustement pour risque. Plus précisément, la norme IFRS 17 prend en compte un **ajustement pour les risques non financiers**.

L'ajustement pour risque reflète **l'incertitude dans l'estimation des projections des flux futurs** générés par les contrats d'assurance. Son objectif est de capturer l'impact des erreurs d'estimation des **risques non financiers** inhérents aux contrats d'assurance.

---

5. Paragraphe 33 de IFRS 17 Insurance Contracts.

Cet ajustement se rajoute au BE pour couvrir l'incertitude de ce dernier. De plus, le RA réduit le montant de la CSM du passif.

La composante financière du risque est supposée être intégrée dans l'estimation des flux futurs et des taux d'actualisation.

Une particularité notable de cette notion est que la norme IFRS 17 **ne dicte aucune méthode spécifique pour son calcul**, laissant à l'assureur le soin d'exercer son jugement. De plus, aucune directive n'est fournie concernant le niveau d'agrégation pour le calcul de l'ajustement pour risque. Par conséquent, ce calcul peut être réalisé par groupe de contrats ou globalement, ce qui est également permis pour le BE.

**Étant donné que l'ajustement pour risque est au centre de ce mémoire, cette notion sera explorée plus en détail dans la partie suivante.**

### **1.vii Autres particularités de la norme :**

Après avoir clarifié les définitions et les caractéristiques des trois composantes du passif, il est important de noter que ces notions sont essentielles. Cependant, de nombreuses autres spécificités influencent la norme IFRS 17. Dans cette sous-section, nous allons aborder brièvement les questions de granularité, de cohorte, de primes futures et de courbe des taux, qui jouent un rôle crucial dans la comptabilisation des contrats d'une compagnie d'assurance.

#### **Granularité et niveau d'agrégation des contrats :**

La norme IFRS 17 stipule que les entités regroupent leurs contrats avant toute comptabilisation. Ainsi, l'agrégation des contrats se fait en se basant sur trois critères : les portefeuilles, les cohortes annuelles et les classes de profitabilité.

Un portefeuille comporte des risques similaires et qui sont gérés ensemble.

Les cohortes annuelles sont des groupes de contrats émis à moins d'un an d'intervalle. En effet, afin de prévenir le regroupement de générations profitables avec celles non profitables, la norme IFRS 17 exige qu'une maille de calcul ne peut inclure des contrats souscrits à plus d'une année d'intervalle.

Après la classification des contrats par cohortes annuelles, ils sont ensuite classés en fonction du niveau de profitabilité.

On distingue trois groupes de profitabilité :

- Les groupes de contrats reconnus comme onéreux à la date initiale de comptabilisation ;
- Les groupes de contrats dont la probabilité de devenir onéreux à l'avenir n'est pas significative ;
- Les groupes de contrats n'appartenant pas à ces deux groupes.

Ce qui est indiqué par l'illustration suivante :

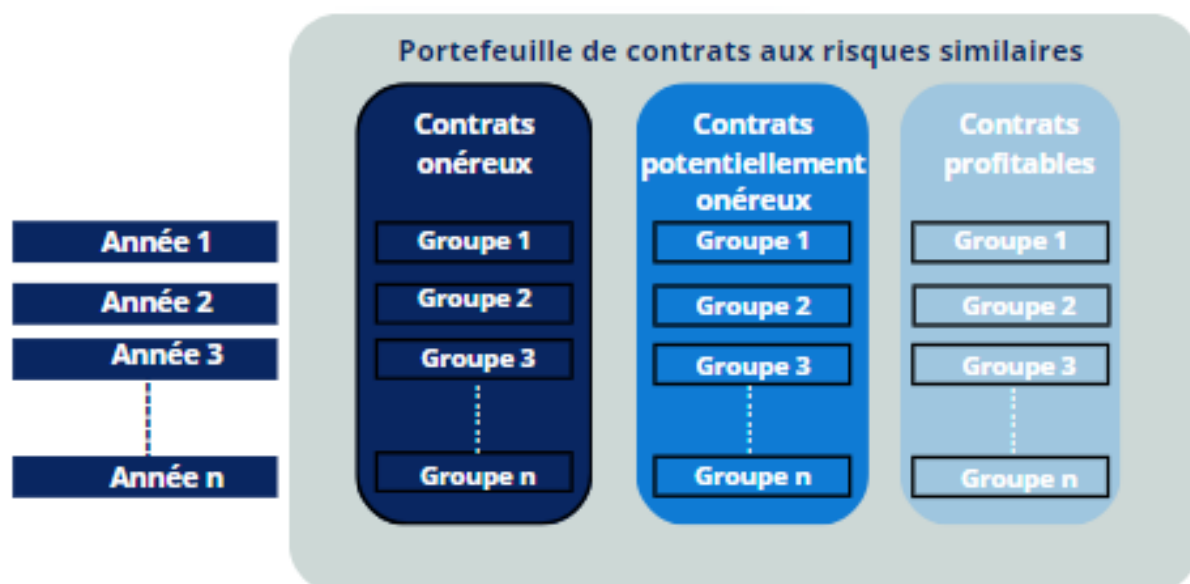


FIGURE 2.4 – Granularité des contrats

Notons que la norme permet d'évaluer les cash-flows des groupes à un niveau moins fin que le groupe (au niveau portefeuille par exemple). Dans ce cas, les résultats sont ensuite ventilés entre groupes.

Ainsi, la segmentation des portefeuilles et la granularité des calculs constituent de principaux défis associés à l'évaluation des passifs des contrats d'assurance selon la norme IFRS 17.

## Primes futures :

La question des primes futures sous IFRS 17 suscite des discussions, en particulier sur la nécessité pour l'assureur de projeter ou non les primes futures des contrats d'assurance, notamment dans le domaine de l'épargne-retraite.

Pour le calcul du BE, les flux considérés doivent provenir des contrats existants dans le portefeuille et respecter la frontière des contrats<sup>6</sup>. En outre, les primes doivent être projetées tant qu'elles engendrent une obligation substantielle de service, mais cette projection s'arrête dès qu'il devient possible de modifier les tarifs ou les garanties. Dans notre analyse, nous avons choisi de ne pas projeter les primes futures.

## Courbe d'actualisation :

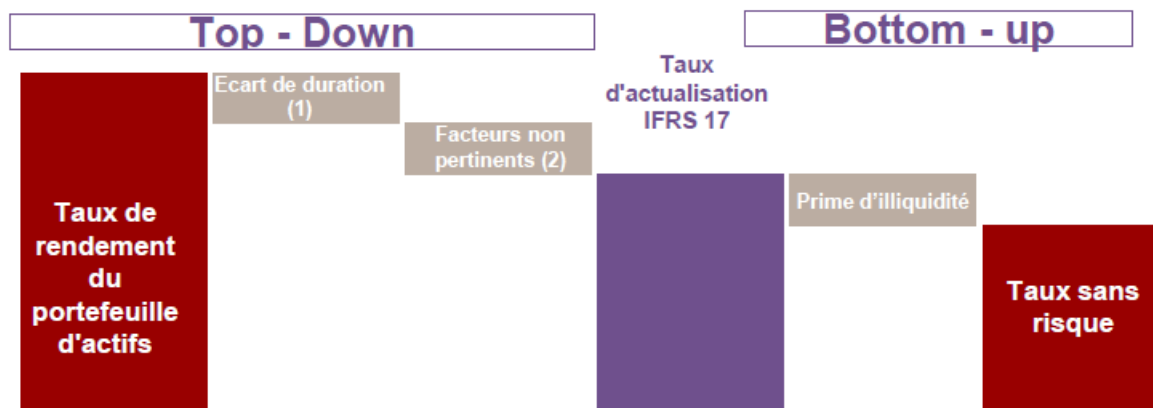
Comme mentionné dans la section sur le BE, il existe deux approches pour estimer la courbe des taux d'actualisation :

- *Top-Down* : Cette méthode utilise une courbe de taux de rendement basée sur un portefeuille d'actifs de référence ajusté. Cependant, cette approche est relativement complexe à mettre en œuvre car elle nécessite l'identification d'un portefeuille de référence approprié.
- *Bottom-Up* : Cette méthode repose sur l'utilisation d'une courbe de taux sans risque, ajustée par une prime de liquidité. Elle est similaire à celle employée sous Solvabilité II, mais IFRS 17 offre plus de flexibilité dans le choix de la courbe à utiliser.

Ces deux méthodes offrent des moyens distincts pour estimer les taux d'actualisation nécessaires.

---

6. La frontière des contrats définit la date jusqu'à laquelle les primes et les cash-flows associés peuvent être reconnus dans le calcul des passifs d'assurance.



**FIGURE 2.5** – Méthodes proposées pour le calcul du taux d'actualisation

En théorie, les deux approches devraient aboutir à la même courbe de taux. Cependant, la norme précise qu'il n'est pas nécessaire de le vérifier : utiliser une seule méthode suffit, sans devoir prouver que l'autre aurait conduit au même résultat.

**Nous utiliserons une courbe de taux établie par notre entité pour l'actualisation. Nous travaillerons directement avec cette courbe sans avoir besoin de démontrer comment elle a été construite.**

La norme IFRS 17 est très dense et comporte de nombreuses autres notions à approfondir, telles que la transition, la réassurance, l'enregistrement des contrats, la séparation des composantes d'un contrat, et la décomptabilisation. Toutefois, ces aspects ne seront pas abordés dans ce mémoire.

En raison de la complexité de cette norme et de la diversité des éléments qu'elle englobe, ce mémoire ne peut pas couvrir toutes ces notions simultanément. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur l'ajustement pour risque. La partie suivante approfondira cette notion en présentant ses axiomes.

### 3 Partie III : Focus sur le Risk Adjustment

Ce mémoire explore la notion d'ajustement pour risque sous IFRS 17. Il est essentiel de définir précisément ce terme et de présenter ses axiomes.

L'**ajustement pour risque**<sup>7</sup> vise à modifier les estimations de la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs afin de tenir compte de l'indemnité que l'entité demande pour couvrir l'incertitude concernant le montant et le calendrier des flux de trésorerie, qui est générée par le risque non financier. L'ajustement pour risque est :

- Le montant qu'il serait raisonnable pour l'assureur de payer pour être dégagé du risque que les flux de trésorerie définitifs excèdent en fin de compte les flux de trésorerie attendus ;
- Il est intégré dans l'évaluation du contrat de manière explicite ;
- Il est réévalué à chaque clôture et diminue au fur et à mesure que l'assureur est dégagé du risque.

Plusieurs paragraphes de la norme IFRS 17 sont consacrés exclusivement à l'**ajustement pour risque au titre du risque non financier**, spécifiquement les paragraphes B86 à B92. Voici les points clés à retenir.

Le paragraphe B86 précise clairement les types de risques à considérer : « l'ajustement au titre du risque non financier se rapporte aux risques qui découlent des contrats d'assurance, autre que le risque financier. Ce dernier est pris en compte dans les estimations de flux de trésorerie futurs ou dans le taux d'actualisation utilisé pour ajuster les flux de trésorerie. Les risques sur lesquels porte l'ajustement au titre du risque non financier sont le risque d'assurance et les autres risques non financiers ».

La norme IFRS 17 détaille également les critères à respecter pour le calcul de l'ajustement pour risque, bien qu'aucune méthode spécifique ne soit imposée. Le paragraphe B91 énonce les conditions que doit remplir l'ajustement pour risque non financier :

- il sera d'un montant plus élevé si les risques sont peu fréquents, mais graves que s'ils sont fréquents, mais peu graves ;

---

7. Définition en paragraphe B87 de IFRS 17 Insurance Contracts.

- pour des risques similaires, il sera d'un montant plus élevé si les contrats sont de longue durée que s'ils sont de courte durée ;
- il sera d'un montant plus élevé si la distribution de probabilité des risques est large que si elle est étroite ;
- il sera d'un montant d'autant plus élevé que l'estimation à jour et la tendance qu'elle présente comportent de nombreuses inconnues ;
- il sera d'un montant d'autant moins élevé que les résultats techniques récents réduisent l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie, et vice versa.

Par ailleurs, d'autres particularités découlent de ces axiomes. L'ajustement pour risque prend en compte « les résultats favorables comme défavorables, d'une manière qui rend compte du degré d'aversion au risque de l'entité »<sup>8</sup>.

De plus, cet ajustement est estimé à chaque étape de la projection de la période de couverture. Il intègre l'effet de diversification entre les portefeuilles et est réalisé tout au long de la période de couverture. Son impact sur la CSM est similaire à celui du BE.

Pour des raisons pratiques, il est préférable de calculer l'ajustement pour risque au niveau de l'entité. Cependant, il devra ensuite être réparti au niveau des groupes et cohortes pour la comptabilisation.

Le paragraphe B92 d'IFRS 17 précise qu'aucune méthode spécifique n'est prescrite pour calculer cet ajustement : « l'entité doit faire appel au jugement pour déterminer la méthode d'estimation qu'il convient d'utiliser pour établir l'ajustement au titre du risque non financier ».

En outre, **la norme stipule** que, quelle que soit la méthode employée pour calculer l'ajustement pour risque, il est impératif de **publier un équivalent du niveau de confiance** associé à cet ajustement : « L'entité doit indiquer le niveau de confiance utilisé dans la détermination de l'ajustement au titre du risque non financier. Si elle a appliqué une méthode autre que celle des niveaux de confiance pour déterminer cet ajustement, elle doit indiquer la méthode appliquée et le niveau de confiance auquel équivaut le résultat de l'application de cette méthode. » (paragraphe IFRS 17.119). Cette

---

8. Cf. paragraphe B88 de IFRS 17 Insurance Contracts.

exigence vise à permettre la comparaison des ajustements pour risque entre différentes entités, malgré les divergences méthodologiques.

### 3.1 Méthodes et contraintes d'estimations techniques

Il est important de noter en premier lieu qu'il n'existe aucune méthode standard prescrite, laissant ainsi à l'entité la liberté de choisir la méthode à utiliser. Cependant, selon les exigences, l'entité est tenue de divulguer le niveau de confiance et de détailler la méthode retenue. Bien que différentes techniques de calcul puissent être utilisées pour déterminer le RA, le principe final reste cohérent, comme illustré dans la figure ci-dessous :

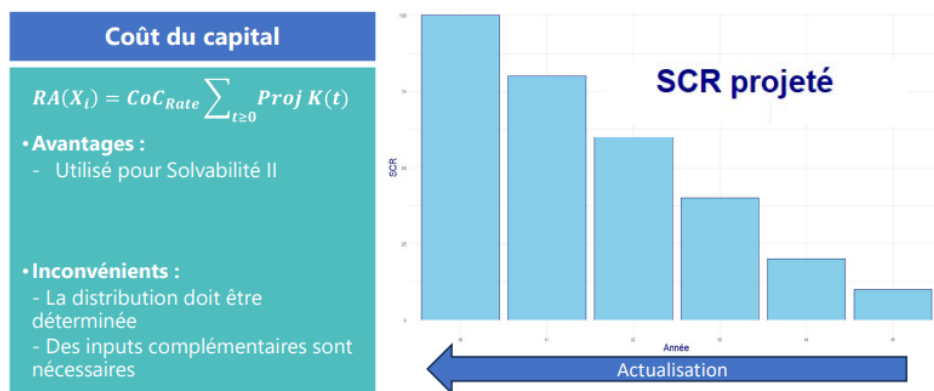


FIGURE 3.1 – Vue d'ensemble de calcul de RA

Étant donné que la norme IFRS 17 n'impose pas de techniques spécifiques pour le calcul du RA, nous exposerons par la suite diverses méthodes élaborées par les acteurs du marché pour modéliser cet aspect du passif d'assurance.

#### 1.i Le coût du capital :

Cette méthode permet aux compagnies d'assurance d'utiliser le cadre existant d'évaluation du SCR sous S2/SBR. Selon cette approche, le Risk Adjustment est calculé avec un taux de coût du capital fixé par l'assureur.



**FIGURE 3.2** – La méthode coût du capital pour le calcul du RA :

Où :

- La somme couvre toutes les années à venir de projection  $t$ ,
- $Proj(.)$  est la projection qui est calculée en utilisant un taux d'actualisation approprié,
- $CoC$  = le taux de coût du capital,
- $K_t$  = risque capital pour les risques non financiers, à l'instant  $t$ .

La somme des projections des risques capitaux pour les risques non financiers pour les années à venir de projection  $t$  revient à calculer la somme des  $SCR$  projetés et actualisés pour les années à venir de projection  $t$ .

On note que la méthode du coût du capital peut être utilisée aussi bien dans le cadre de Solvabilité II que dans celui de la Solvabilité Basée sur les Risques.

### 1.ii Approche d'ajustement des paramètres SBR/S2 :

Le RA est calculé en appliquant un choc lié aux risques non financiers au SCR. Pour déterminer le RA, il est nécessaire d'ajuster les paramètres du modèle de SBR/S2. Ces ajustements tiennent compte de l'horizon des engagements, du seuil de confiance, des volumes, et de la granularité.

Nous allons utiliser la première partie de cette approche pour passer des chocs SBR aux chocs IFRS 17. Nous calculerons les chocs pour les risques de rachat, de mortalité/longévité et de frais. Toutefois, le RA ne sera pas calculé en appliquant ce choc au SCR, comme présenté dans cette approche. Il sera plutôt appliqué au Best Estimate. Ensuite, nous soustrairons le BE central du BE choqué pour déterminer le RA, conformément à l'approche par scénarios

décrite dans la partie 1.iii.

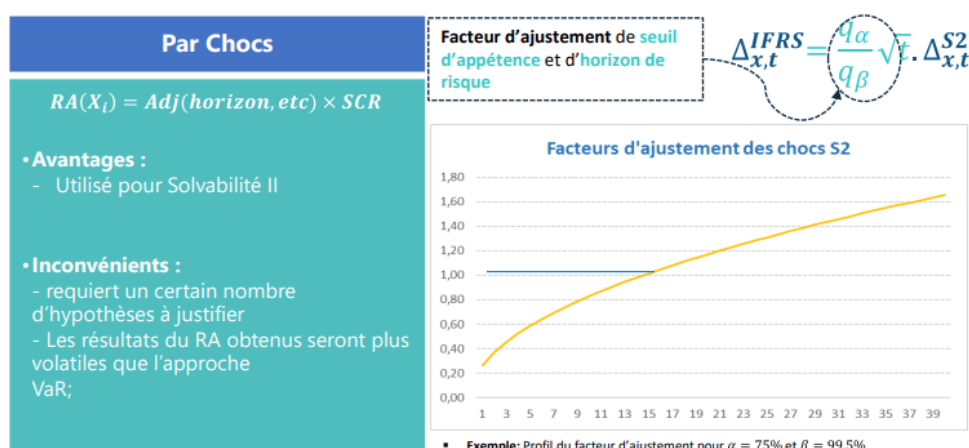


FIGURE 3.3 – La méthode d’ajustement des paramètres pour le calcul du RA

### 1.iii Approche par scénarios :

Cette méthodologie est similaire à un calcul de SCR sous SBR/S2. Nous considérons une cartographie des risques non financiers (comme la mortalité/longévité, rachat, etc.) à partir de laquelle un ajustement pour risque marginal sera calculé pour chaque risque. Ensuite, en utilisant des techniques d’agrégation modulaire, nous prenons en compte la diversification entre les différents risques afin d’obtenir un ajustement pour risque global.

Pour chaque risque, le calcul du RA lié à ce risque est alors similaire à celui d’un SCR élémentaire. L’idée est de calculer d’abord le Best Estimate central, qui représente la meilleure estimation des engagements futurs de l’assureur, puis un Best Estimate choqué pour ce risque considéré. Le Risk Adjustment marginal pour ce risque est obtenu par la différence entre les deux Best Estimates.

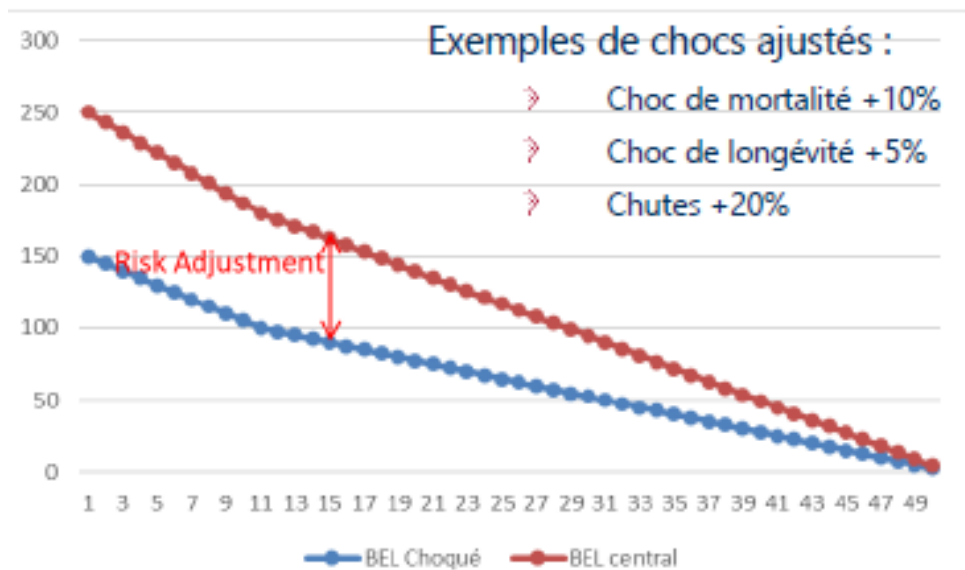


FIGURE 3.4 – L’approche par scénarios pour le calcul du RA

C’est cette approche qui sera adoptée pour le calcul de l’ajustement pour risque dans notre mémoire. Cette méthode sera également détaillée plus en profondeur dans les sections suivantes.

#### 1.iv Value at Risk (VaR) ou méthode quantile :

La VaR, ou Value at Risk, est déterminée en fonction d’un niveau de confiance spécifique. Par exemple, dans le cadre de SBR/S2, le Capital de Solvabilité Requis (SCR) est calculé en utilisant une VaR au percentile 99.5%, basée sur le montant des fonds propres sur un horizon d’un an.

Afin de choisir une méthode de VaR, une entité doit calculer le best estimate de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs selon divers scénarios (chacun d’entre eux considérant l’incertitude liée aux risques non financiers) afin de générer une distribution du risque.

En plus de cela, l’entité doit déterminer un niveau de confiance qu’elle juge approprié. Le RA est alors défini comme la différence entre la VaR au niveau de confiance et le best estimate de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs.

En l’absence de modèle stochastique, la VaR pertinente serait probablement calculée à l’aide d’une méthode de calibrage ou de déviation. Le principe dans ce dernier est de

considérer une déviation au seuil  $\alpha$  (seuil de référence IFRS) sur un horizon de projection représentatif des engagements (par exemple la durée des passifs).

Le seuil ne doit pas nécessairement correspondre au seuil 99.5% des normes SBR/S2 mais plutôt considéré comme moins adverse.

De même la déviation ne doit pas être considérée à 1 an, horizon SBR/S2, mais doit refléter le risque d'incertitude sur l'hypothèse sous-jacente sur l'horizon de projection des contrats. L'idée est donc d'étudier une déviation sur un horizon représentatif des engagements, comme la durée par exemple.

### 1.v Tail Value at Risk (TVaR) :

La TVaR est également calculée par rapport à un niveau de confiance spécifique, cependant, la TVaR est la valeur attendue au-delà de ce niveau de confiance. Par exemple, si le niveau de confiance choisi est 99.5%, la TVaR serait égale à la valeur attendue, étant donné qu'un événement extrême de queue de distribution (au-delà du niveau de confiance 99.5%) a eu lieu. Cela contraste avec la VaR où la valeur serait au 99.5 e percentile.

Cette méthode peut être contraignante pour les entités qui n'utilisent pas des techniques stochastiques, car une distribution complète des risques serait nécessaire afin de calculer la TVaR. Toutefois, en l'absence d'un modèle stochastique, les entreprises peuvent calculer cette mesure en utilisant une distribution standard supposée, par exemple la distribution normale. Étant donné la sensibilité de cette mesure à la forme de la queue de distribution, il est probable que les entreprises devront justifier l'utilisation d'une distribution standard particulière, si elle est choisie.

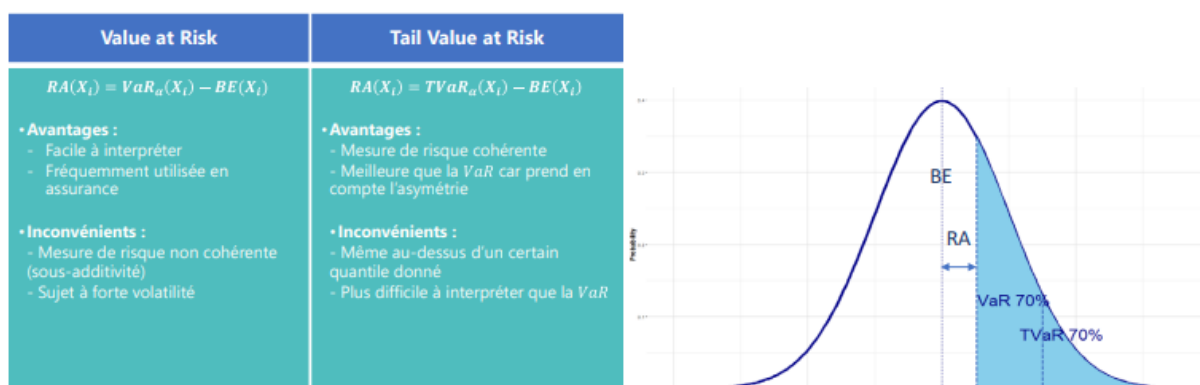


FIGURE 3.5 – L'approche VaR et TVaR pour le calcul du RA

## 3.2 Rappels sur Solvabilité II :

La directive Solvabilité II, entrée en vigueur le 1er janvier 2016, regroupe un ensemble de règles définissant le régime de solvabilité applicable aux entreprises d'assurance dans l'Union Européenne. Cette norme introduit un système mieux ajusté aux risques, permettant d'évaluer la solvabilité globale des compagnies d'assurance.

Étant donné que ce mémoire n'est pas exclusivement consacré à Solvabilité II, nous aborderons uniquement les notions principales et pertinentes pour notre étude. Cette partie vise principalement à rappeler les **définitions des notions de provisions techniques et de marge de risque sous Solvabilité II**.

Il est également important de souligner que les exigences de Solvabilité II sont structurées autour de trois piliers et que ce régime repose sur une approche prospective des risques, mettant l'accent sur la gestion de ces risques. Les trois piliers sur lesquels repose la norme sont les suivants :

- Pilier 1 : les exigences quantitatives ;
- Pilier 2 : les exigences qualitatives ;
- Pilier 3 : les informations à destination du public et du superviseur.

Les trois principaux composants de Solvabilité II poursuivent des objectifs distincts mais complémentaires.

## 3.3 Rappels sur Solvabilité Basée sur les Risques :

La solvabilité basée sur les risques (SBR) est un cadre réglementaire marocain mis en place pour se conformer aux standards internationaux, tout en permettant un arbitrage entre les secteurs financiers. Le Projet de circulaire SBR, lancé le 25 avril 2017, est une initiative de l'Autorité de contrôle des assurances et de la prévoyance sociale, en collaboration avec la Fédération marocaine des sociétés d'assurance et de réassurance.

Le cadre de la solvabilité basée sur les risques repose sur trois piliers :

- Pilier 1 : les exigences quantitatives ;
- Pilier 2 : les exigences qualitatives et la gouvernance ;
- Pilier 3 : les exigences en termes de transparence et d'information.

Le premier pilier englobe les exigences quantitatives. Il définit le montant minimum de la marge de solvabilité ainsi que les composants désignés respectivement par "Capital de Solvabilité Requis" et "Fonds propres" ACAPS (2017).

Les provisions techniques prudentielles sont évaluées en additionnant "la meilleure estimation des engagements", "la meilleure estimation des frais de gestion" et "une marge de risque", conformément à l'Article 12 du Projet de circulaire de Solvabilité basée sur les risques ACAPS (2017). La valorisation de ces provisions est réalisée par catégories d'activité, à savoir :

- les opérations d'assurance vie, décès ou de capitalisation ;
- les rentes découlant des opérations non-vie ;
- les opérations d'assurance non-vie hors rente ;
- les opérations de réassurance.

### 3.4 Comparaison entre Solvabilité II et SBR :

Dans cette section, nous examinerons les différences entre Solvabilité II et la Solvabilité Basée sur les Risques. **La méthode de conversion des chocs et d'adaptation des calculs**, présentée dans la partie 1.ii pour le calcul du RA, a été déjà utilisée et appliquée sur le marché européen pour convertir les chocs de Solvabilité II en chocs IFRS 17. En revanche, la conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 n'a pas encore eu lieu, ou du moins, n'est pas documentée dans la littérature pour le cadre marocain.

L'objectif de cette partie, qui compare la norme Solvabilité II du cadre européen et la norme SBR du cadre marocain, est de mettre en évidence les différences et les similitudes entre les deux normes en termes d'ajustement pour risque. Cela permettra éventuellement de déterminer les hypothèses nécessaires pour appliquer la méthode de conversion des chocs et d'adaptation des calculs, mais cette fois-ci, afin de convertir les chocs SBR en chocs IFRS 17.

Toutefois, comme la comparaison entre les normes Solvabilité II et SBR n'est pas le sujet principal de notre mémoire, nous nous concentrerons sur les aspects pertinents pour notre étude, tels que la meilleure estimation des opérations vie et les exigences en capital.

La meilleure estimation des opérations vie nous servira pour calculer le RA par l'**approche des scénarios**, présentée dans la partie 1.iii, tandis que les exigences en capital, plus précisément le SCR, nous serviront pour calculer le RA par l'**approche de conversion des chocs**, présentée dans la partie 1.ii.

#### 4.i Meilleure estimation des opérations vie :

Il est essentiel, dès le départ, de noter quelles opérations sont prises en compte pour calculer la meilleure estimation vie. Le Règlement Délégué (Journal Officiel de l'Union Européenne) stipule que les contrats d'assurance vie doivent être divisés en six lignes d'activité, tandis que le Projet de circulaire SBR propose de les classer en quatre catégories d'opérations d'assurance et de réassurance.

Meilleure estimation vie : ligne d'activité SII	Meilleure estimation vie : catégorie SBR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurance santé SLT ;</li> <li>• Assurance vie avec participation aux bénéficiaires ;</li> <li>• Assurance indexée et en unité de compte ;</li> <li>• Autre assurance vie ;</li> <li>• Rentes découlant des contrats d'assurance santé non-SLT ;</li> <li>• Rentes découlant des contrats d'assurance santé non-vie et autre que les contrats d'assurance santé non-SLT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opérations d'assurance vie, décès ou de capitalisation ;</li> <li>• Rentes découlant des opérations non vie ;</li> <li>• Les opérations en unités de compte ;</li> <li>• Les opérations non-vie hors rente.</li> </ul>

**FIGURE 3.6** – Comparaison de la meilleure estimation vie entre S2 et SBR

La meilleure estimation des deux normes se divise en deux parties : la meilleure estimation des garanties et les bénéfices discrétionnaires futurs.

$$BE_{vie} = BEG + BDF$$

Avec,

- $BE_{vie}$  est la meilleure estimation relative aux opérations vie ;
- $BEG$  représente la meilleure estimation des garanties probabilisés ;
- $BDF$  désigne les fonds de participations aux bénéfices discrétionnaire futurs.

Il convient de noter que le Best Estimate que nous projetons est le *BEG*. Étant donné que l'aspect le plus crucial de notre mémoire est celui de la calibration des chocs RA, surtout pour le risque de rachat, nous avons considéré l'utilisation d'un outil de projection propre à l'entité. La meilleure estimation des garanties probabilisées est obtenue en actualisant les flux de trésorerie futurs probabilisés afférents aux engagements jusqu'à leur extinction.

Les flux futurs SII	Les flux futurs SBR
<p>Les flux de trésorerie futurs prennent en compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les primes futures ;</li> <li>• Les prestations : rentes, capitaux en cas de vie, en cas de décès, dépendance, ... ;</li> <li>• Les frais d'administrations.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les flux de trésorerie futurs précités correspondent à la différence entre les décaissements et les encaissements futurs.</li> <li>• Les encaissements : engagements des assurés (primes futures) ;</li> <li>• Décaissements : prestation garanties (rentes, capitaux, rachats).</li> </ul>

**FIGURE 3.7** – Comparaison des flux futurs entre S2 et SBR

Il est important de noter que la SBR ne prend pas en compte les frais lors du calcul de la meilleure estimation, car ces derniers sont évalués séparément des engagements. La fiabilité de la meilleure estimation dépend des hypothèses de projection appropriées formulées par l'actuaire avant de procéder à cette évaluation.

#### 4.ii Exigence en capital par les deux normes :

Il est nécessaire pour les entreprises d'assurance et de réassurance de disposer d'un capital minimum pour couvrir leur profil de risque, appelé capital de solvabilité. Les directives Solvabilité II et la Solvabilité Basée sur les Risques imposent tous deux aux entreprises d'assurance et de réassurance de maintenir des fonds propres suffisants pour couvrir ce profil de risque.

La directive Solvabilité II requiert deux niveaux de capital : le capital de solvabilité requis (SCR) et le minimum de solvabilité requis (MCR). En revanche, la Solvabilité Basée sur les Risques n'exige des entreprises que le capital de solvabilité requis.

Le sujet de notre mémoire porte sur le calibrage des chocs RA. Il est important de noter qu'avant l'entrée en vigueur de la norme IFRS 17, les chocs SBR/S2 étaient utilisés pour

le calcul du SCR. Dans cette section, nous allons comparer les exigences en capital de ces deux normes.

Il est nécessaire de noter que les risques élémentaires inhérents à l'épargne peuvent être divisés en deux catégories : **les risques de marché** représentant **les risques financiers**, **les risques de souscription en vie** représentant **les risques non-financiers**, ainsi que **le risque de défaut**.

Conformément à la norme IFRS 17, l'**ajustement pour risque non financier** représente une "prime de risque" permettant de couvrir l'incertitude sur le montant et l'échéancier des flux de trésorerie contingents **aux risques non financiers**.

**Ainsi, en accord avec notre étude, l'agrégation des risques ne prend en compte que le risque de souscription en vie.**

### **Le capital de solvabilité requis (SCR) :**

Le SCR, qu'il s'agisse de Solvabilité II ou de la Solvabilité Basée sur les Risques, vise à mesurer les pertes imprévues que l'entreprise pourrait subir dans un scénario défavorable, avec un niveau de confiance de 99,5% pour différents profils de risque. Le calcul du SCR selon la formule standard commence par le calcul des SCR relatifs aux risques élémentaires.

Ainsi, le SCR pour un risque  $i$  correspond à la perte en fonds propres économiques résultant de l'application d'un choc sur un horizon d'un an avec un niveau de confiance de 99,5% pour ce risque  $i$  :

$$SCR_i = FP_{\text{choc}_i}(0) - FP_{\text{central}}(0)$$

Où :

- $FP_{\text{central}}(0)$  : le montant des fonds propres économiques en scénario central ;
- $\text{choc}_i$  : le choc relatif au risque  $i$  ;
- $FP_{\text{choc}_i}(0)$  : le montant des fonds propres économiques après l'application du choc  $i$ .

Une fois ces derniers calculés, on procède à l'agrégation intra-modulaire, puis à l'agrégation inter-modulaire, lesquelles seront décrites dans le paragraphe suivant.

### **Agrégation des risques :**

Le calcul du SCR pour les deux normes est effectué module de risques par module de risques. Le profil de risque d'une structure d'assurance et de réassurance pour les deux normes est organisé en module de risques. Ces modules regroupent différents risques selon leur nature.

Nous précisons que le SCR peut être calculé en utilisant soit la formule standard, soit un modèle interne développé par les entreprises. Nous décrirons ici les principes et méthodes d'évaluation du SCR selon la méthode standard pour les deux normes. Par la suite, nous désignerons clairement le « calcul du SCR par la formule standard » simplement par « le calcul du SCR ».

Le calcul du SCR suit un principe de « bottom-up », c'est-à-dire qu'il commence par une agrégation des risques au sein de chaque module (agrégation intra-modulaire) avant de procéder à une agrégation entre les modules (agrégation inter-modulaire).

Selon la Directive Solvabilité II, les différents modules de risques et les risques au sein d'un même module sont interdépendants. Ainsi, l'agrégation des risques intègre l'effet de diversification entre les risques d'un même module, ainsi qu'entre les différents modules de risques. En revanche, dans la norme marocaine de Solvabilité Basée sur les Risques (SBR), aucun effet de diversification n'est pris en compte au niveau des modules de risques. Le modèle d'agrégation des risques inter-modulaire adopté par la SBR est purement additif, se contentant de sommer les exigences en capital de chaque module.



risque.

La définition suivante est inspirée du contenu du troisième paragraphe de l'article 105 de la Directive Solvabilité II.

**Le risque de souscription en vie**

Le risque de souscription en vie est le risque de perte en fonds propres découlant des engagements d'assurance vie, compte tenu des périls couverts et des procédés appliqués dans l'exercice de cette activité.

Dans ce module de risques, le risque de « mortalité » et le risque de « longévité » selon Solvabilité II sont regroupés en un seul risque, le risque de « mortalité/longévité » dans Solvabilité basée sur les risques. En outre, il inclut le risque « incapacité/invalidité » et le risque « révision », absents de la SBR.

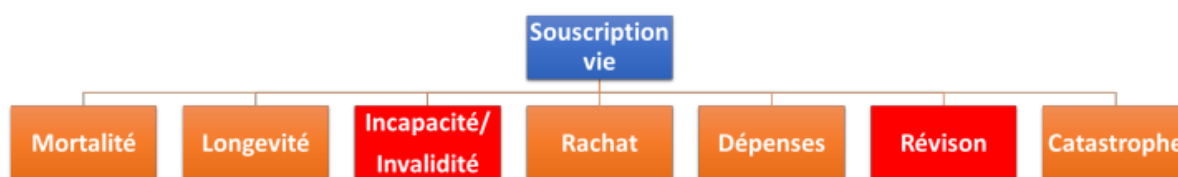


FIGURE 3.9 – Module de risque souscription vie S2

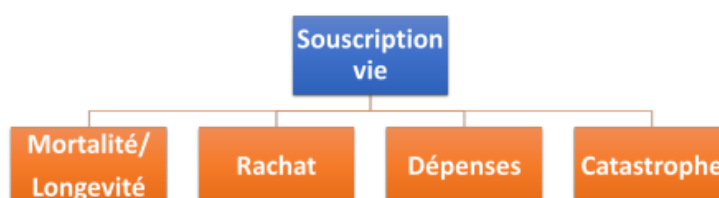


FIGURE 3.10 – Module de risque souscription vie SBR

$$SCR_{Life} = SCR_{mort/long} + SCR_{rachat} + SCR_{frais} + SCR_{cat} \quad (3.1)$$

$$SCR_{Life} = \sqrt{\sum_{i,j} \rho_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} \quad (3.2)$$

L'effet de diversification est pris en compte lors du calcul du capital requis pour le module sous SII, alors que cette exigence est la somme des capitaux requis pour chacun des risques qui composent ce module selon SBR. La formule (3.1) est utilisée pour

calculer le SCR du module « souscription vie » selon SBR, tandis que la formule (3.2) est utilisée pour celui de « souscription vie » SII.

Où,

- $SCR_i$  et  $SCR_j$  correspondent aux exigences de capital des risques  $i$  et  $j$  du module de risques souscription vie ;
- $\rho_{i,j}$  sont les coefficients de corrélation donnée par la matrice suivante :

Désormais, un changement important réside dans le fait que l'effet de diversification est pris en compte même au niveau de SBR dans le cadre d'une diversification entre les risques du même module. Ainsi, les matrices de corrélation pour les deux normes sont introduites ci-dessous.

	Mortalité	Longévité	Invalidité	Dépenses	Révision	Rachat	Cat
Mortalité	1	-0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
Longévité	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25	0
Invalidité	0,25	0	1	0,50	0	0	0,25
Dépenses	0,25	0,25	0,50	1	0,50	0,50	0,25
Révision	0	0,25	0	0,50	1	0	0
Rachat	0	0,25	0	0,50	0	1	0,25
Cat	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	1

FIGURE 3.11 – Matrice de corrélation du module risque de souscription vie SII

	Mortalité	Longévité	Rachat	Frais	Cat
Mortalité	1	-0,25	0	0,25	0,25
Longévité	-0,25	1	0,25	0,25	0
Rachat	0	0,25	1	0,50	0,25
Frais	0,25	0,25	0,5	1	0,25
Cat	0,25	0	0,25	0,25	1

FIGURE 3.12 – Matrice de corrélation du module risque de souscription vie SBR

Pour l'évaluation de l'exigence de capital, les deux normes ont adopté une approche par scénarios. En SBR, les chocs sont au nombre de quatre : choc de mortalité/longévité, choc de rachat, choc de catastrophe, et choc de frais. En revanche, sous Solvabilité II, on identifie six chocs : choc de mortalité, choc de longévité, choc d'incapacité/invalidité, choc de rachat, choc de catastrophe, et choc de frais.

Nous avons choisi de dresser des tableaux comparatifs pour les chocs de

mortalité/longévité, de rachat et de frais, afin de faciliter la comparaison entre les deux normes. Les autres chocs n'ont pas été résumés dans les tableaux suivants.

Scénarios	Libellé	Choc
<b>Choc mortalité/longévité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse</li> <li>• Baisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +30%</li> <li>• -30%</li> </ul>
<b>Choc rachat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse</li> <li>• Baisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +50%</li> <li>• -50%</li> </ul>
<b>Choc de frais</b>	Choc de frais	+14%

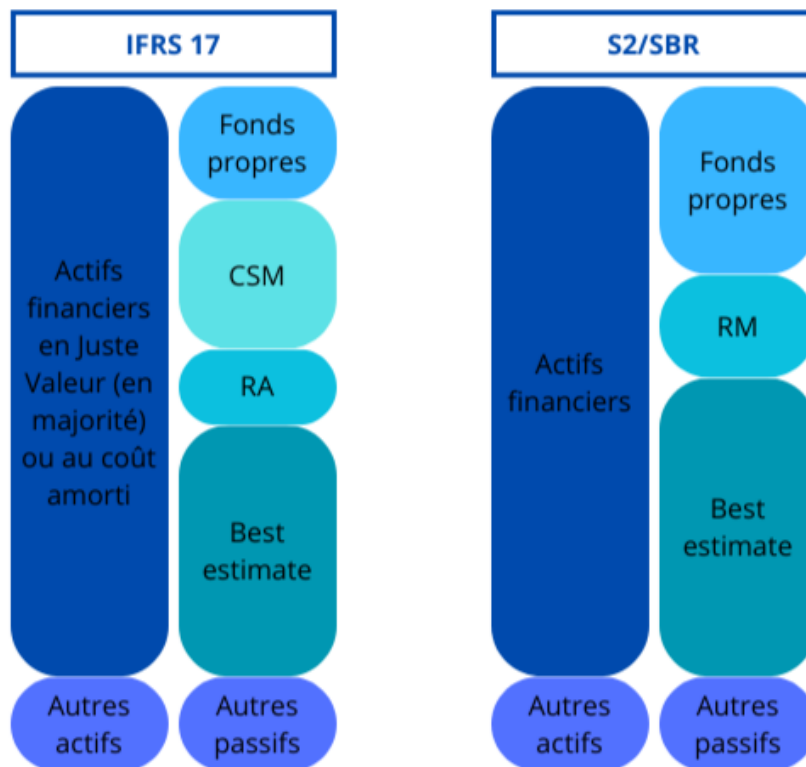
FIGURE 3.13 – Table des chocs pour le risque souscription en vie SBR

Scénarios	Libellé	Choc
<b>Choc mortalité</b>	Choc mortalité	+15%
<b>Choc longévité</b>	Choc longévité	-20%
<b>Choc rachat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse</li> <li>• Baisse</li> <li>• Massive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +50%</li> <li>• -50%</li> <li>• +40%</li> </ul>
<b>Choc de frais</b>	Choc de frais	+10%

FIGURE 3.14 – Table des chocs pour le risque souscription en vie SII

### 3.5 Comparaison entre S2/SBR et IFRS 17 :

Dans cette partie, nous examinerons les différences entre la norme IFRS 17 et les normes antérieures qui existaient avant l'IFRS 17, afin de mettre en lumière les nouveautés et les apports de cette nouvelle norme. En comparant le bilan sous IFRS 17 avec celui sous S2/SBR, nous constaterons que les principaux éléments apportés par la norme IFRS 17 sont la CSM et le RA présents dans le passif. **Étant donné que l'ajustement pour risque est le sujet central de ce mémoire, nous nous concentrerons uniquement sur cet aspect dans la suite de notre analyse, et la CSM ne sera pas abordée.**



**FIGURE 3.15** – Comparaison entre les bilans IFRS 17 et S2/SBR

Dans ce mémoire, nous nous intéressons particulièrement au calcul de l’ajustement pour risque. Par conséquent, nous allons aborder cette question en détail.

La comparaison multinorme des autres éléments du passif est traitée en profondeur dans le document d’experts intitulé « Réconciliation multinorme : comparaison Solvabilité II – IFRS 17 et transition du P&L d’IFRS 4 à IFRS 17 » Addactis (2024).

### 5.i La Risk Margin et le Risk Adjustment :

Bien que le Risk Adjustment défini par la norme IFRS 17 joue un rôle similaire à celui de la Risk Margin dans le cadre de la SBR, malgré leur proximité, les deux notions de RA et de RM respectivement associées aux référentiels IFRS 17 et SBR présentent de nombreuses différences . Le tableau ci-dessous mettra en évidence une distinction majeure entre ces deux concepts.

<b>Points clés</b>	<b>Risk Adjustment</b>	<b>Risk Margin</b>
Principe	Compensation attendue par l'entité d'assurance afin de faire face à l'incertitude des flux futurs de trésorerie relative aux risques non financiers	Réserve prudentielle destinée à prendre en compte l'incertitude associée à l'évaluation des provisions BE.
Méthologie	Aucune méthode n'a été spécifiée. Toutefois, il est indispensable de toujours communiquer le niveau de confiance associé au Risk Adjustment (RA)	Méthode du coût de capital (CoC)
Horizon de risque	Durée des engagements	Vision d'un an
Périmètre de risques	Risques non financiers relatifs aux contrats d'assurance	Risques de souscription, risque opérationnel et risque de contrepartie
Frontière de contrat	Projection des primes futures lorsque l'entité d'assurance peut exiger le paiement de la prime ou est tenue de fournir le service	Projection des primes futures jusqu'à la date à laquelle l'assureur a la possibilité de résilier
Granularité	Portefeuilles x groupes de contrats	Lignes de Business
Niveau de confiance	Mesure de risque et méthodologie à déterminer en fonction du niveau d'aversion au risque de l'entité d'assurance	Seuil de confiance de 99,5%

**TABLE 3.1** – Différences entre Risk Margin (RM) et Risk Adjustment (RA)

## 4 Partie IV : Assurance vie - Exemple d'un contrat épargne-retraite

L'objectif principal de l'assurance est de fournir une protection contre les risques et les dangers de la vie quotidienne, ce qui en fait un pilier essentiel du développement socio-économique des nations. L'importance de ce secteur pour une économie peut être évaluée à travers divers indicateurs tels que la taille de ses opérations, l'effectif de ses employés, les actifs sous gestion ou encore sa contribution au produit intérieur brut (PIB) national. En effet, l'industrie de l'assurance joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement d'une société moderne, car elle est essentielle à plusieurs secteurs d'activité tels que l'industrie, la construction et le transport.

Dans ce chapitre, nous abordons les principes fondamentaux de l'assurance vie ainsi qu'une vue d'ensemble de ce secteur au Maroc. Ensuite, nous nous concentrons sur les contrats d'épargne-retraite, qui sont au cœur de notre analyse, avant de présenter les caractéristiques techniques du portefeuille étudié.

### 4.1 Généralités sur l'assurance vie :

Avant d'aborder les spécificités de l'assurance vie, il est essentiel de la positionner par rapport à d'autres types d'assurance. Ainsi, il y a deux principales catégories d'assurance : celles qui protègent la personne physique et celles qui protègent les biens. En fonction de leur objet et de leur étendue, les opérations d'assurance peuvent être regroupées en deux grandes familles :

- **Assurances de dommages** : Les assurances de dommages visent à couvrir les frais induits par des dommages, qu'il s'agisse de dommages causés par l'assuré ou de dommages subis par l'assuré. Ainsi, elles regroupent à la fois les assurances de responsabilité et les assurances de biens :
  - **Assurances de biens** : Elles garantissent l'indemnisation des préjudices subis par l'assuré suite à des dommages et pertes causés aux biens lui appartenant.
  - **Assurances de responsabilité** : Elles garantissent les conséquences pécuniaires de la responsabilité civile que l'assuré peut encourir à raison de

dommages corporels, matériels ou immatériels causés aux tiers.

- **Assurances de personnes** : On peut classer ces assurances de la manière suivante :

- **Assurances vie** : Elles ont pour objet la couverture des risques dont la survenance dépend de la survie ou du décès de l'assuré.
- **Assurances des accidents corporels et maladie/maternité** : Elles couvrent les risques portant atteinte à l'intégrité physique de la personne assurée, des risques liés à la maladie ou à la maternité, ainsi que des risques d'incapacité et d'invalidité.

L'assurance vie occupe une place primordiale parmi les assurances de personnes. Ce contrat implique que l'assureur s'engage à verser des prestations au bénéficiaire désigné en contrepartie de paiements de primes uniques, périodiques ou libres. Ces prestations sont déclenchées soit par le décès de l'assuré, soit par sa survie jusqu'à une date spécifiée dans le contrat.

## 4.2 Types de garanties :

- **L'assurance vie entière**

L'assurance vie entière est un contrat où l'assureur garantit le versement d'une prestation aux bénéficiaires désignés en cas de décès de l'assuré.

- **L'assurance temporaire décès**

L'assurance temporaire décès est un accord où l'assureur s'engage à verser une prestation si l'assuré décède avant une date spécifiée dans le contrat. Si le décès survient après cette date, aucune prestation n'est versée et les primes restent acquises à l'assureur.

- **L'assurance en cas de vie** : On distingue donc entre capital différé et rente viagère :

- **Capital différé** : Une assurance de capital différé est un contrat par lequel l'assureur s'engage à payer le capital assuré après un terme fixé ( $n$  années) si l'assuré d'âge  $x$  est toujours vivant à l'âge  $(x+n)$ . La durée  $n$  reste une grandeur certaine.
- **Rente viagère** : Une rente viagère consiste en des paiements réguliers qui se poursuivent jusqu'au décès du bénéficiaire, également appelé le rentier. En échange

de ces paiements, l'assureur reçoit une prime unique ou périodique.

#### - L'assurance mixte

Il s'agit d'une combinaison d'une temporaire décès et d'un capital différé, il y a donc une garantie en cas de vie et une en cas de décès. Ce contrat permet de réaliser une option d'épargne et de prévoyance en même temps.

### 4.3 Types de contrats :

#### - Prévoyance

Les contrats de prévoyance sont conçus pour offrir une protection aux assurés contre les événements inattendus susceptibles de perturber leur vie quotidienne. Ils englobent une couverture des risques associés au décès, à la maladie, à l'invalidité et à l'incapacité de travail.

#### - Epargne ou Capitalisation :

Les contrats d'épargne sont des contrats de capitalisation qui garantissent au souscripteur, à l'échéance, le paiement d'un capital (ou d'une rente) égal ou supérieur aux primes versées par l'assuré. Ces primes sont revalorisées chaque année selon un taux moyen garanti (TMG), qui représente le rendement minimum que l'assureur s'engage légalement à verser à l'assuré. De plus, l'assureur s'engage à augmenter ces primes grâce à une participation aux bénéfices (PB).

La performance de ce type de contrat repose sur deux éléments principaux :

Taux minimum garanti (TMG)	Participation aux bénéfices (PB)
Il constitue l'une des garanties tacites des contrats d'assurance-vie. Les compagnies d'assurance-vie ou de capitalisation peuvent inclure dans leurs contrats un taux minimum auquel la provision évolue chaque année. En d'autres termes, à la fin de chaque période, l'engagement de la compagnie est réajusté pour refléter ce taux minimum.	Ce montant représente les bénéfices financiers générés par les placements effectués au nom de ses assurés, distribués sur ces derniers. Selon la Fédération Marocaine des Sociétés d'Assurances et de Réassurance, la plupart des compagnies appliquent des taux situés entre 80% et 90%.

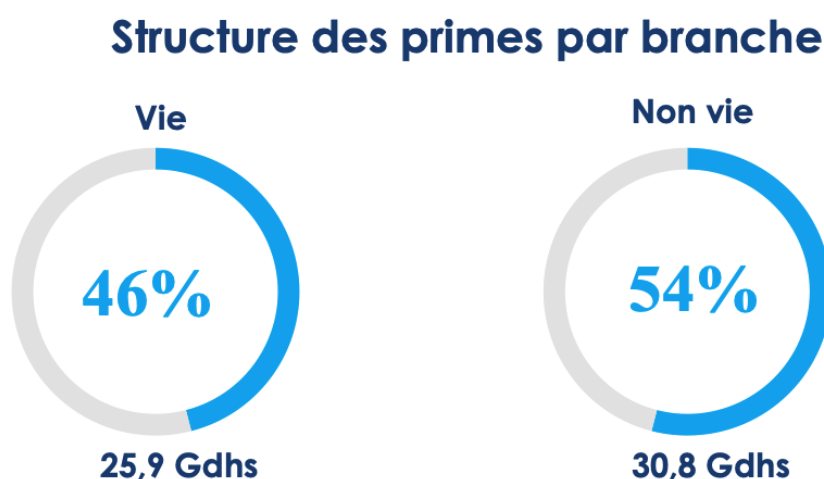
TABLE 4.1 – Les éléments essentiels de la performance d'un contrat d'épargne

#### - Epargne-retraite :

Il s'agit d'un contrat d'assurance de capitalisation dont l'objet est la constitution d'une retraite principale ou complémentaire, moyennant le versement de primes ou cotisations uniques, libres ou périodiques.

#### 4.4 Le marché des assurances au Maroc :

En 2023, les primes émises ont atteint 57 milliards de dirhams, ce qui représente une augmentation de 4,6% par rapport à l'année précédente. Cette croissance est principalement alimentée par la branche non vie, stimulée par l'intérêt croissant des Marocains pour l'assurance vie, malgré un contexte d'inflation qui a réduit les rendements réels. Selon l'ACAPS, la branche vie a enregistré un chiffre d'affaires s'élevant à 25,9 GDH. De son côté, l'activité de la branche non vie a généré 30,8 GDH de chiffres d'affaires à la fin de l'année 2023.



**FIGURE 4.1** – Structure des primes par branche - Source : ACAPS

En 2023, la branche vie et capitalisation a observé une augmentation de 1,8 % des primes émises par rapport à l'année précédente. L'épargne-support Dirhams représente la première sous-branche en termes de primes émises dans l'assurance vie, avec un montant de 21 262,9 GDH. Quant à la branche non-vie, elle a enregistré un montant de primes émises de 30 074 GDH, marquant ainsi une augmentation de 5,8 % par rapport à l'année 2022.

	<b>Primes (2023)</b>	<b>Evolution (vs n-1)</b>
<b>Vie</b>	<b>25 852,5</b>	<b>1,8%</b>
Epargne-Support Dirhams	21 262,9	1,5%
Décès	3 332,9	3,7%
Epargne-Support Unités de Compte	1 256,2	2,0%
Autres opérations	0,5	218,0%
<b>Non vie</b>	<b>30 074,2</b>	<b>5,8%</b>
Evènements catastrophiques	571,2	1,9%
Accidents corporels	5 389,6	6,8%
<i>dont maladie</i>	4 602,0	5,7%
AT & MP	2 557,0	2,5%
Automobile	14 370,5	4,7%
<i>dont RC</i>	11 919,9	5,4%
RC Générale	741,5	5,4%
Incendie	2 278,1	8,8%
Risques techniques	459,2	61,4%
Transport	839,9	-4,9%
Assistance	1 483,1	7,1%
Crédit - caution	288,0	-1,2%
Autres opérations	1 096,2	15,4%
<b>Acceptations</b>	<b>765,4</b>	<b>11,6%</b>
Vie	-	-
Non vie	765,4	11,6%
<b>Total</b>	<b>56 692,0</b>	<b>4,0%</b>

**FIGURE 4.2** – Activité technique des entreprises d’assurances et de réassurance -  
Source : ACAPS

Les ménages trouvent de plus en plus d’attrait dans les produits d’épargne. En effet, ces produits sont perçus comme des instruments d’investissement hautement rentables. Ils offrent la possibilité de sécuriser des fonds pour la retraite ou de constituer un patrimoine tout en assurant une protection contre les aléas de la vie.

En 2023, les produits d’épargne-support Dirhams ont dominé les émissions de primes par rapport aux autres catégories, totalisant un montant de 21 263 GDH. Cette performance souligne l’importance cruciale de ce produit pour les compagnies d’assurance et pour l’économie dans son ensemble.

## Structure des primes par catégorie

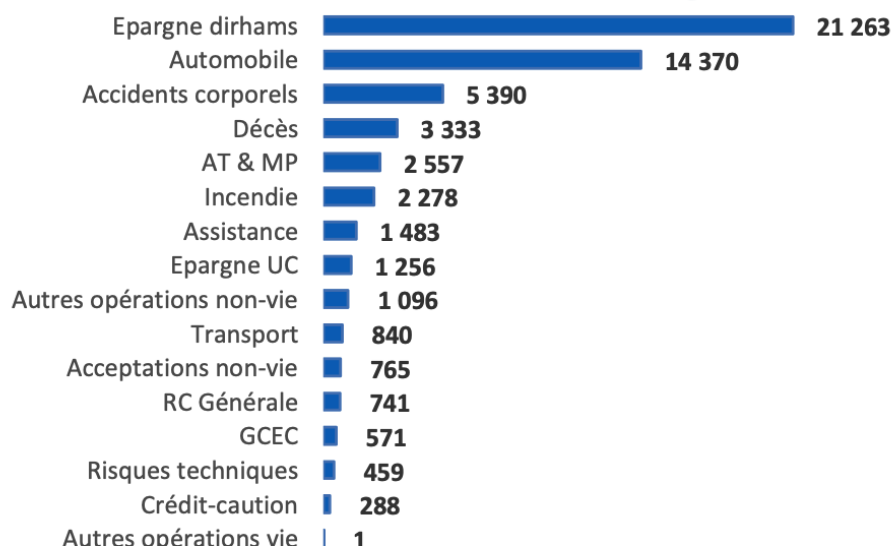


FIGURE 4.3 – Structure des primes par catégorie - Source : ACAPS

### 4.5 Présentation du portefeuille étudié :

Le portefeuille étudié est constitué des contrats epargne-retraite en run-off<sup>9</sup>

La table ci-dessous illustre bien les différentes composantes et caractéristiques de ce contrat :

---

9. toute souscription d'affaires nouvelles est arrêtée entraînant le traitement du stock des provisions techniques dans le temps jusqu'à leur épuisement total, sans que de nouveaux versements de primes par les assurés ne soient effectués dans le futur.

<b>Contexte / Régime</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le régime d'épargne retraite englobe tous les contrats d'investissements financiers qui permettent à une personne de constituer progressivement une retraite principale ou complémentaire pendant sa vie active. Ce qui permet à l'assuré de bénéficier d'une rente viagère ou d'un capital une fois à la retraite.</li> <li>- L'assuré peut aussi souscrire une garantie facultative "Décès-Invalidité".</li> </ul>
<b>Objet</b>	Constitution d'une épargne par capitalisation à travers des versements périodiques ou libres avec versement initial obligatoire.
<b>Date d'effet / Durée du contrat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le contrat prend effet dès le versement de la première cotisation.</li> <li>- Le contrat se termine à la date de liquidation de l'épargne choisie par l'assuré.</li> </ul>
<b>Fréquence des versements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulière : annuellement, mensuellement, trimestriellement ou semestriellement.</li> <li>- Exceptionnelle.</li> </ul>
<b>Valorisation de l'épargne</b>	Chaque année, l'épargne constituée par l'achat de parts augmente en fonction d'une capitalisation au taux d'intérêt technique en vigueur. De plus, elle bénéficie d'une participation aux bénéfices de 90% après la clôture de chaque exercice.
<b>Frais</b>	- Le pourcentage de l'épargne généré correspond aux frais de gestion associés.
<b>Rachat total/partiel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'accès à la totalité ou partie de l'épargne est disponible sans aucune pénalité ni frais après une période de souscription de trois ans.</li> <li>- Un pourcentage sera déduit du montant de l'épargne avant 3 ans de souscription.</li> </ul>
<b>Résiliation de contrat</b>	Conformément à la réglementation en vigueur en matière d'assurance.
<b>Options au terme du contrat</b>	Liquidation du contrat selon le choix du souscripteur.

**TABLE 4.2** – Caractéristiques du contrat

## 5 Partie V : Détermination des taux de rachat en montant

Le phénomène de rachat en assurance vie est un aspect crucial de la gestion des contrats d'assurance vie. Le rachat, défini comme la possibilité pour l'assuré de retirer **tout** ou **partie** de son épargne avant l'échéance du contrat, constitue une caractéristique essentielle de ces produits financiers. Cette flexibilité permet aux souscripteurs de disposer de leurs fonds en fonction de leurs besoins et de leurs projets, tout en bénéficiant d'un cadre fiscal avantageux.

Le rachat peut être motivé par divers facteurs tels que des besoins financiers imprévus, une réallocation d'actifs ou des changements dans les objectifs de l'investisseur. Cependant, cette option représente également un défi significatif pour les assureurs, car elle introduit une incertitude quant aux flux de trésorerie futurs et aux engagements financiers. Par conséquent, une compréhension approfondie du risque de rachat est essentielle pour la gestion prudente et efficace des portefeuilles d'assurance vie.

Dans cette section, nous explorerons la nature du risque de rachat, ses types, et présenterons les méthodes de calcul des taux de rachat.

### 5.1 Les types de rachat :

L'option de rachat, c'est-à-dire la faculté pour l'assuré de retirer à tout moment une partie ou la totalité de son épargne, est une option essentielle offerte au souscripteur.

Le comportement des assurés en matière de rachat de leur contrat d'épargne ne peut être expliqué par un seul facteur. Certains rachats sont dus à la situation économique générale, tandis que d'autres sont motivés par des raisons spécifiques à chaque assuré. On peut ainsi distinguer les rachats **conjoncturels** des rachats **structurels**.

#### — Les rachats conjoncturels :

Les rachats conjoncturels sont influencés par la situation économique, car les assurés choisissent de racheter leur contrat pour investir dans un autre produit jugé plus rentable. On parle donc de taux de rachats exogènes. Ces taux sont

généralement évalués en comparant le rendement du contrat d'épargne détenu avec celui qu'un assuré pourrait obtenir en modifiant son investissement.

Ce phénomène est complexe à saisir car il dépend du choix individuel de chaque assuré. Tous n'adoptent pas un comportement parfaitement rationnel et chacun se forge sa propre opinion sur l'état de l'économie. Par conséquent, ils ne perçoivent pas tous de la même manière les taux offerts par la concurrence et ne réagissent pas tous avec la même rapidité.

— **Les rachats structurels :**

Les rachats structurels sont dus à des facteurs spécifiques aux caractéristiques du contrat d'épargne, qui influencent la décision de rachat à un niveau microéconomique. Nous faisons référence à des taux de rachat endogènes.

Ce phénomène est récurrent et permanent, et il est difficile à estimer car il nécessite une bonne connaissance du produit concerné et de son historique.

## 5.2 Les facteurs explicatifs du rachat :

Ce comportement de rachat peut être expliqué par divers facteurs, dont les principaux sont les suivants :

- ***La fiscalité :***

Les plus values réalisées sur un contrat d'assurance-vie sont exemptées d'impôt sur le revenu après la huitième année de souscription. Toutefois, en cas de retrait partiel ou total, les intérêts perçus sont imposables en fonction de l'ancienneté du contrat.

Néanmoins, la fiscalité a subi des ajustements avec l'introduction de la Loi de Finances 2023 publiée par le Ministère de l'Economie et des Finances MEF (2023).

A travers sa note circulaire des dispositions fiscales de l'année 2023, la DGI explique clairement les changements opérés :

1. **La condition d'âge** pour bénéficier de la déduction des primes ou cotisations **est réduite de 50 ans à 45 ans**. Les assurés ayant plus de 45 ans au moment de la souscription du contrat peuvent bénéficier de cette déduction, sous réserve de respecter la condition de durée de 8 ans du contrat.
2. **Le taux de l'abattement** sur le montant de la rente (en cas de respect des conditions de durée et d'âge) **est relevé de 40% à 70%** pour les rentes versées

sous forme de **capital ne dépassant pas 168.000 DH**, avec maintien du **taux d'abattement de 40% pour le surplus**. L'étalement sur une période de 4 ans est appliqué.

Dans ce cas, l'imposition par retenue à la source du capital versé est effectuée de la manière suivante :

- Le montant brut du capital versé est réparti en quatre parts égales, **étalées sur 4 ans**.
  - Sur une part de ce capital (1/4), des abattements sont appliqués : 70% sur la partie ne dépassant pas 168.000 DH et 40% sur le surplus.
  - Le montant de l'impôt correspondant à cette part de capital (1/4) est calculé selon les taux du barème en vigueur au moment du versement.
  - Le calcul du montant de l'impôt à retenir à la source correspond au montant global du capital servi, en multipliant le montant de l'impôt correspondant à la part du capital précitée par 4.
  - L'étalement sur 4 ans ne s'applique pas aux rentes versées sous forme de rente certaine ou sous forme de capital versé sur plusieurs années.
3. Pour **les assurés ne respectant pas les conditions d'âge et de durée**, les rachats de primes ou cotisations sont imposés **sans abattement ni étalement** par voie de **retenue à la source, au taux non libératoire de 15%** sur les montants bruts.
  4. **Les avances** reçues par l'assuré avant la durée de 8 ans ou avant l'âge de 45 ans sont considérées comme des rachats imposables.
  5. Étant donné que le taux de 15% est non libératoire, **le contribuable doit inclure ces montants dans sa déclaration de revenu global**, en tenant compte de ses autres revenus, pour régulariser sa situation fiscale.
  6. Les retraites complémentaires, dont les cotisations n'ont pas été déduites pour déterminer le revenu net imposable, sont exonérées de l'IR.
  7. Ces nouvelles dispositions **s'appliquent aux montants bruts des rachats de cotisations et primes effectués à partir du 1er janvier 2023**.

**- *La durée du contrat :***

Le terme contractuel peut avoir une influence significative sur les rachats. En effet, pour les contrats à durée déterminée, presque tous les contrats sont rachetés dans les quelques mois suivant leur échéance, car ils cessent de générer des intérêts après cette date. En revanche, pour les contrats renouvelables, l'effet du temps se manifeste surtout par l'impact fiscal.

**- *La saisonnalité :***

Des études sur le taux de rachat au cours de l'année ont révélé une saisonnalité marquée. Par exemple, des effets saisonniers mensuels sont perceptibles en fin d'année, période durant laquelle la majorité des termes contractuels arrivent à échéance.

**- *L'âge de l'assuré :***

L'âge de l'assuré peut également influencer les choix de retraits. En effet, les besoins du souscripteur varient selon son âge. Certains épargnent en prévision d'un événement nécessitant une importante liquidité, comme l'achat d'une maison, tandis que d'autres préfèrent accumuler des fonds pour leur retraite ou pour une succession. Ces différents objectifs détermineront le taux de rachat.

**- *Montant versé par l'assuré :***

Le taux de rachat peut également dépendre du montant investi par l'assuré. En effet, il est pertinent de considérer que plus l'investissement de l'assuré est faible, plus il est probable qu'il choisisse de se retirer. Cela peut concerner des placements à court terme dont le but est simplement de profiter d'un taux plus attractif temporairement, en réponse à la baisse des rendements des produits bancaires.

Tous ces facteurs explicatifs ne constituent pas une liste exhaustive, mais ils semblent être les variables les plus susceptibles de déterminer le taux de rachat structurel d'un contrat. Comprendre le comportement des assurés face au rachat de leur contrat est crucial, car cela permet non seulement d'évaluer les risques associés, mais aussi d'améliorer la valorisation et la gestion de l'activité.

### **5.3 Base de données :**

L'étude se base sur les données fournies par une compagnie d'assurance, qui concernent principalement deux types de produits : épargne et retraite. Ces données, après avoir été

nettoyées et traitées, sont disponibles en format Excel et ne contiennent que les informations relatives aux rachats et à la PM annuelle, nécessaires pour notre analyse.

**L'historique utilisé pour notre étude concerne les années 2018 à 2023.**

#### **Présentation des variables de la base PM :**

La base "PM" regroupe la somme des provisions mathématiques ainsi que le nombre de contrats en cours, classés selon l'année d'exercice et l'ancienneté.

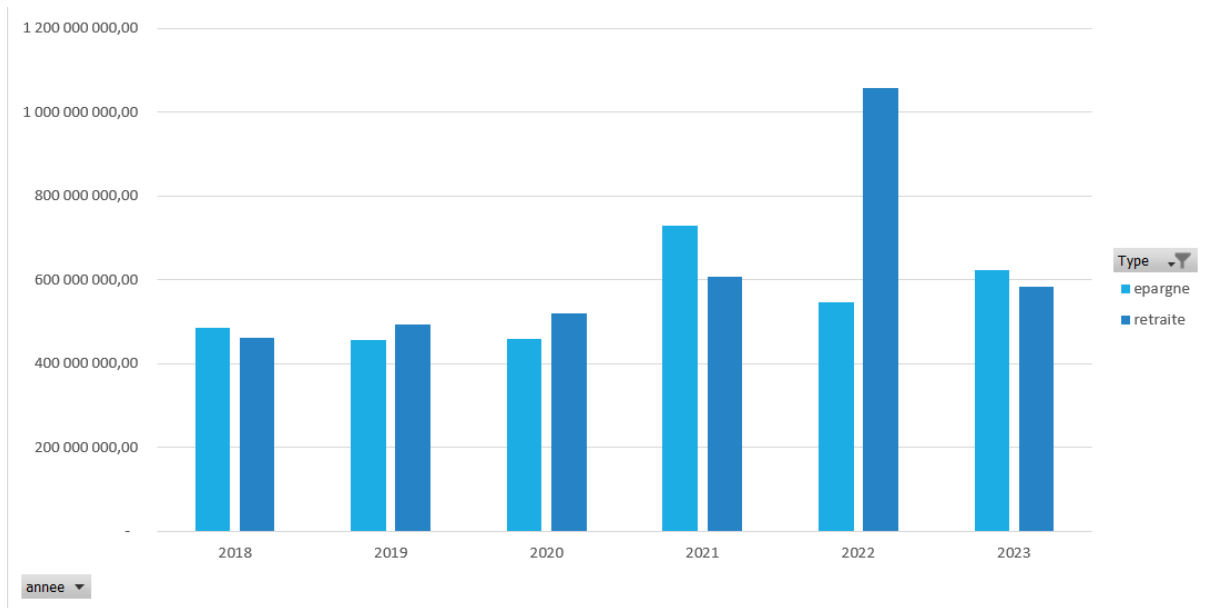
- Année de vue : l'année de calcul des PM par l'entreprise ;
- Type : type de contrats (épargne/retraite) ;
- Ancienneté : l'ancienneté du contrat ;
- Nombre : le nombre de contrats en cours ;
- PM : la provision mathématique de clôture de l'exercice en dirhams.

#### **Présentation des variables de la base rachat :**

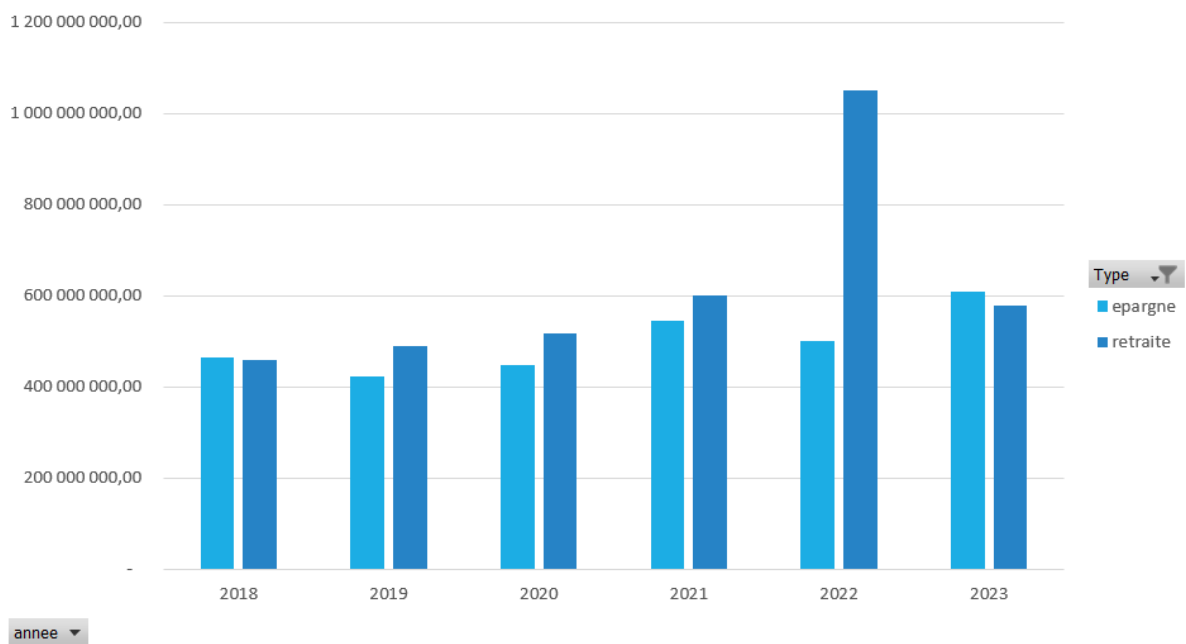
La base de données "rachat" inclut les montants sorties pour les cas de décès et de rachats, ainsi que le nombre de sorties pour les rachats et les décès, regroupés par année d'exercice et par ancienneté.

**Dans cette étude, nous nous concentrons uniquement sur les raisons de sortie suivantes : rachat et décès. Toute autre raison de sortie n'est pas prise en compte dans notre analyse.**

- Année de l'exercice : l'année de calcul des montants et des nombres de rachats et/ou décès par l'entreprise ;
- Type : type de contrats (épargne/retraite) ;
- Ancienneté : l'ancienneté du contrat ;
- MT\_sortie (tout type) : le montant de sortie du portefeuille en dirhams, en tenant compte uniquement des rachats et des décès. Nous n'incluons pas d'autres raisons de sortie dans cette étude ;
- MT\_sortie (hors décès) : le montant de rachat en dirhams ;
- NBR de sortie (tout type) : Nombre de contrats qui ont été résiliés du portefeuille suite à un décès ou à un rachat ;
- NBR de sortie (hors décès) : nombre de contrats qui ont effectué un rachat.



**FIGURE 5.1** – Montant de sortie (tout type) par produit



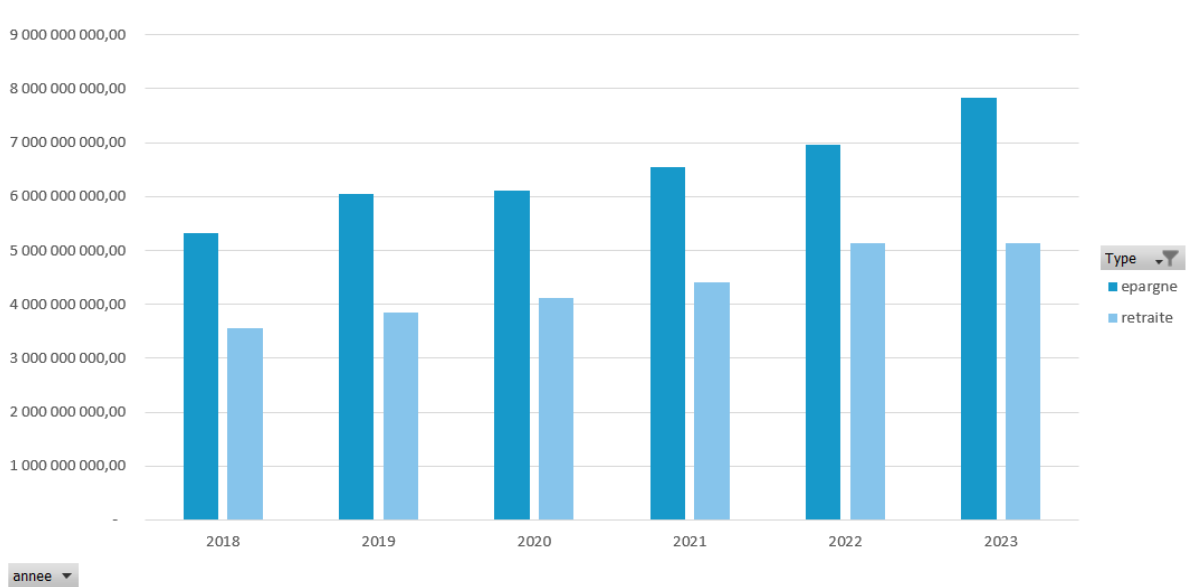
**FIGURE 5.2** – Montant de rachat par produit

On observe que sur les années représentées, les sorties pour les sinistres rachats et décès ont connu une hausse en 2021 et en 2022. D'après les deux graphiques, en 2021, les sorties ont été principalement dues aux décès et non aux rachats, en particulier pour les contrats d'épargne. Cette situation peut être expliquée par la crise sanitaire mondiale due au coronavirus en 2020, qui a entraîné un nombre élevé de décès. Par conséquent, les compagnies d'assurance ont dû verser des prestations aux bénéficiaires, entraînant des

sorties importantes des montants épargnés en 2021.

Pour l'année 2022, selon les deux graphiques, il y a eu un rachat massif des contrats de retraite en raison des anticipations des assurés concernant les mesures fiscales prévues dans la loi de finances 2023 pour les contrats individuels ou collectifs d'assurance retraite. Les assurés savaient que cette loi allait combler les lacunes du système fiscal observées précédemment. Par conséquent, ils ont décidé de racheter leurs contrats pour bénéficier des avantages fiscaux avant que ceux-ci ne soient modifiés ou réduits par la loi de finances prévue pour 2023.

Cela est confirmé par les résultats de l'année 2023, où il n'y a pas eu autant de rachats qu'en 2022, en raison de l'entrée en vigueur de la loi de finances de 2023.



**FIGURE 5.3** – Montant des PM par produit

Il est remarqué que les provisions mathématiques des contrats d'épargne sont supérieures à celles des contrats de retraite, ce qui est tout à fait normal étant donné que les montants investis par les assurés dans l'épargne sont plus élevés que ceux utilisés pour la retraite.

## 5.4 Détermination des taux de rachat :

Les taux de rachat en montant sont calculés pour chaque type de produits mentionnée ci-dessus. Le taux de rachat en montant est calculé par la formule suivante :

$$t(a, n) = \frac{MT\_Rachat(a, n)}{PM(a, n)}$$

Où :

- $t_x(a, n)$  : Le taux de rachat pour l'ancienneté  $a$  relatif à l'année  $n$ .
- $MT\_Rachat(a, n)$  : Le montant de rachat pour l'ancienneté  $a$  relatif à l'année  $n$ , obtenu en sommant les montants rachetés des contrats ayant l'ancienneté  $a$  et l'âge  $x$  à l'année  $n$ .
- $PM(a, n)$  : Le montant de la provision mathématique pour l'ancienneté  $a$  relatif à l'année  $n$  en ouverture d'exercice, obtenu en sommant les provisions mathématiques des contrats ayant l'ancienneté  $a$  à l'année  $n$ .

Après le calcul des taux de rachat par produit, on obtient les résultats suivants :

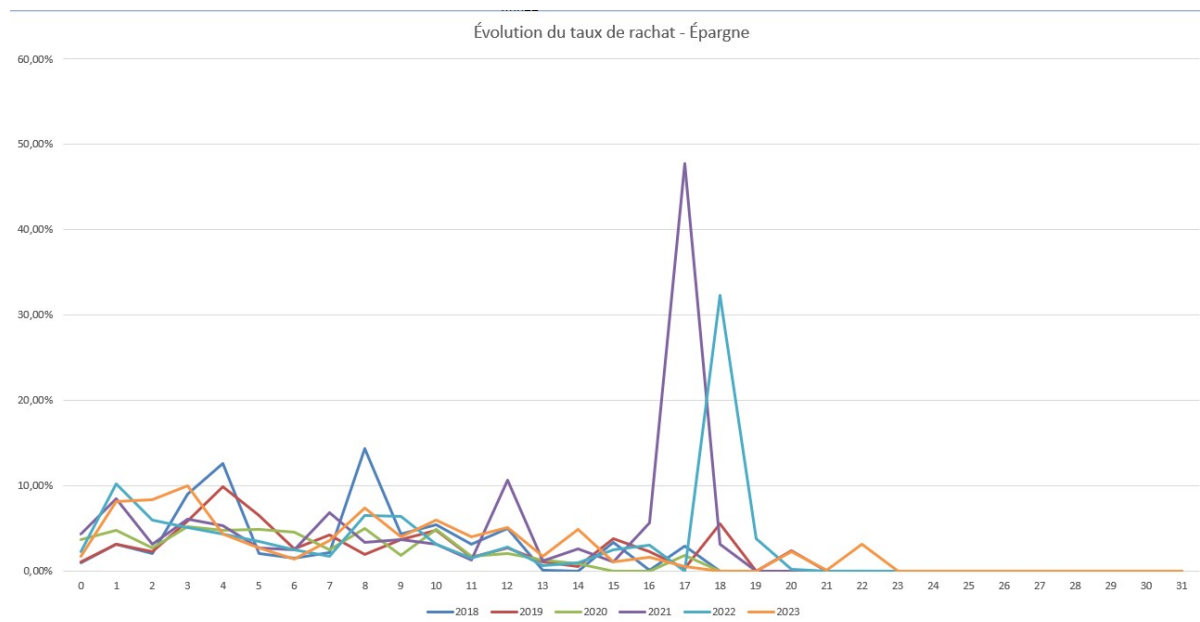
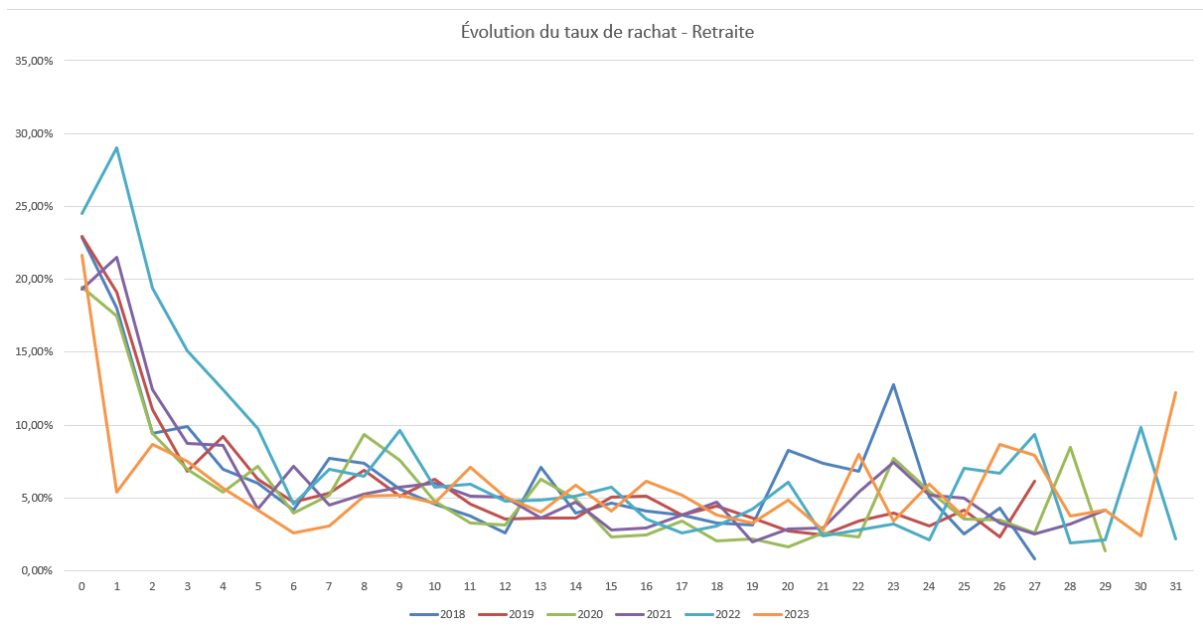


FIGURE 5.4 – Évolution du taux de rachat d'une année à l'autre - Épargne

Selon le graphique 5.4, on observe un pic en 2021 pour une ancienneté de 17 ans, ainsi qu'un autre pic en 2022 pour une ancienneté de 18 ans. Cela peut s'expliquer par le fait que certains assurés effectuent un rachat partiel une année, puis rachètent une partie ou

la totalité de leurs contrats d'épargne l'année suivante. On remarque également qu'à partir de 23 ans d'ancienneté, il n'y a plus de rachats dans notre portefeuille.



**FIGURE 5.5** – Évolution du taux de rachat d'une année à l'autre - Retraite

D'après la figure 5.5, il est remarquable que les taux les plus élevés dans la base Retraite sont présents dans les premières années. Cela peut s'expliquer par le fait que les assurés ayant une ancienneté de 0 ou 1 an sont ceux qui viennent de souscrire un contrat de retraite. Il s'agit donc de jeunes employés qui commencent à faire des provisions pour leur retraite. Il est fort probable qu'ils aient besoin de leur argent et qu'ils rachètent leur contrat de retraite, totalement ou partiellement. On remarque également à la fin du graphique que les taux remontent relativement, ce qui est dû aux rachats effectués par les retraités souhaitant résilier ou racheter leur contrat.

## 5.5 Détermination du taux moyen de rachat :

Après avoir calculé les taux de rachat pour les différentes années, nous devons déterminer un taux de rachat unique par ancienneté, représentant la moyenne de ces taux sur l'historique disponible. Pour ce faire, nous calculerons la moyenne arithmétique de ces taux bruts afin d'obtenir un taux de rachat moyen, que nous utiliserons ensuite pour la partie de la projection.

Soit les notations suivantes :

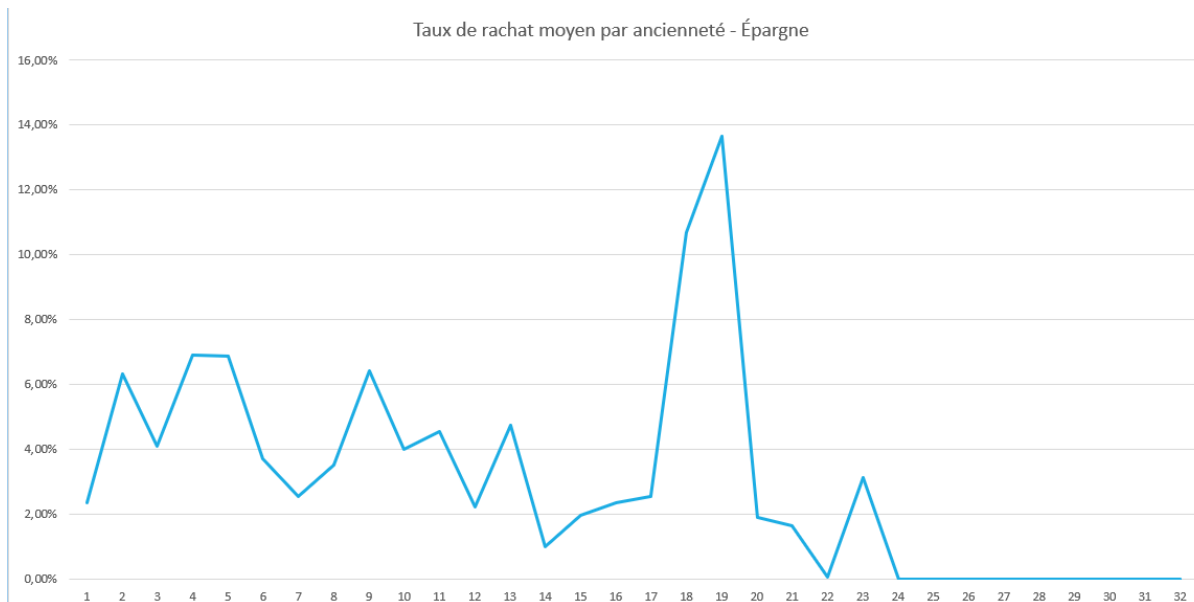
- $[c, d]$  : L'intervalle d'années que l'on prend en compte pour le calcul du taux moyen de rachat.
- $t(a, n)$  : Le taux de sortie qui correspond à l'ancienneté  $a$  et à l'année  $n$ .
- $t_m(a)$  : Le taux moyen de rachat qui correspond à l'ancienneté  $a$ .

Le taux moyen de rachat est calculé de la manière suivante :

$$t_m(a) = \frac{\sum_{k=c}^d t(a, n)}{d - c + 1}$$

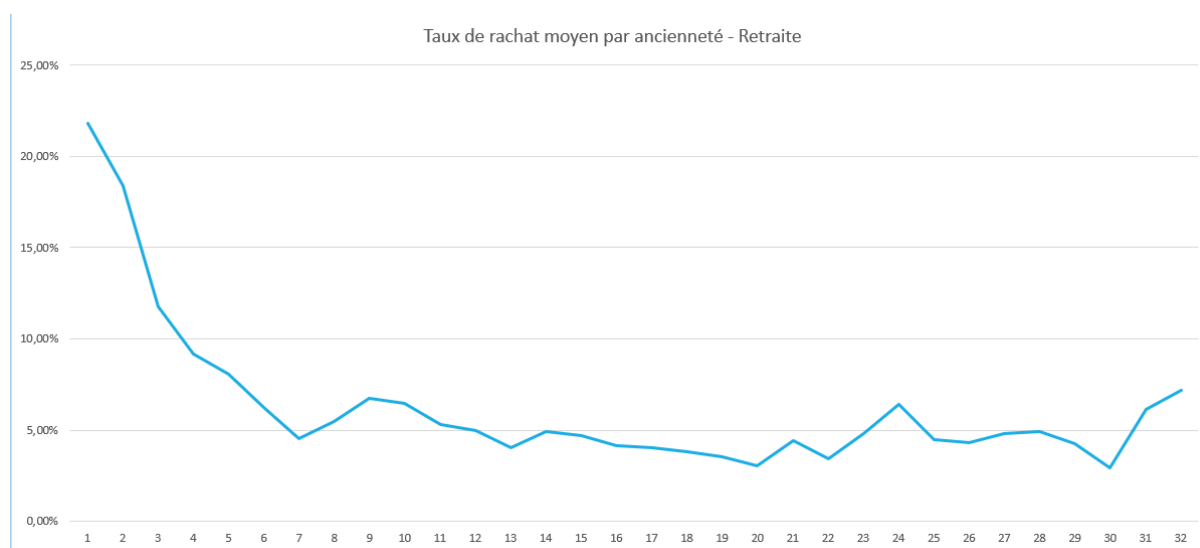
La table suivante montre les résultats des taux moyens de rachat pour chaque produit.

On a fait la moyenne sur l'intervalle d'années [2018-2023] :



**FIGURE 5.6** – Taux de rachat moyen - Épargne

On constate que le taux de rachat moyen le plus élevé est observé pour une ancienneté comprise entre 17 et 20 ans. Aucun rachat n'est effectué pour les contrats d'épargne à partir de 24 ans d'ancienneté.



**FIGURE 5.7** – Taux de rachat moyen - Retraite

Le taux de rachat moyen le plus élevé concerne les contrats de retraite ayant une ancienneté d'un an. En moyenne, les taux sont très élevés au début, mais chutent rapidement au cours des trois à quatre premières années, ce qui suggère que de nombreux contrats sont résiliés ou rachetés peu de temps après leur souscription. Cela est tout à fait normal, car un jeune employé débutant sa carrière et souhaitant provisionner pour sa retraite peut, en cas de besoin financier, penser à racheter son contrat de retraite partiellement ou totalement. Après cette baisse initiale importante, les taux de rachat se stabilisent relativement après sept ans d'ancienneté. Cette tendance suggère une plus grande persistance des contrats à mesure qu'ils vieillissent, avec moins de résiliations ou de rachats.

## 5.6 Lissage des taux de rachat :

Les taux de rachat obtenus présentent des fluctuations importantes. **Pour notre outil de projection des flux, il est nécessaire d'utiliser des taux de rachat stabilisés. Par conséquent, nous devons procéder à un lissage des taux de rachat afin de réduire ces fluctuations et obtenir des taux plus constants pour nos projections.**

Pour répondre aux besoins de notre outil de projection, nous allons utiliser un lissage des taux de rachat en appliquant le **lissage de LOESS (locally estimated scatterplot smoothing)**.

LOESS est une méthode de régression locale qui ajuste une courbe lisse à un ensemble de points de données en utilisant un polynôme quadratique. Cette méthode permet de modéliser localement des relations linéaires en ajustant des lignes courbes avec des poids.

Cette méthode de lissage fonctionne en divisant les données en sous-ensembles qui se chevauchent, appelés voisinages, basés sur la distance entre chaque point de données et un point cible. Pour chaque point cible, un modèle de régression est ajusté aux données du voisinage, en utilisant des poids qui diminuent avec la distance. La valeur ajustée du point cible est ensuite obtenue à partir du modèle de régression. Ce processus est répété pour tous les points cibles, ce qui donne une courbe lisse qui passe à travers les données.

Cette technique utilise les  $k$  plus proches voisins pour chaque point de données :

- Les  $k$  plus proches voisins ( $k$ -NN) de  $x_0$  sont identifiés.
- La distance maximale locale  $D(x_0) = \max_i |x_0 - x_i|$  est calculée parmi les  $k$ -NN.
- Des poids  $W_{0i}$  sont attribués à chaque point du voisinage  $k$ -NN en utilisant la formule :

$$W_{0i} = W\left(\frac{|x_0 - x_i|}{D(x_0)}\right)$$

Où :

- $W(u)$  est une fonction de poids.
- La fonction  $W(u)$  est définie comme :

$$W(u) = \begin{cases} (1 - u^3)^3, & \text{si } 0 \leq u < 1, \\ 0, & \text{si } u \geq 1. \end{cases}$$

- $S(x_0)$  représente la valeur ajustée ou prédite associée à  $x_0$ , obtenue à partir de l'estimateur des moindres carrés pondérés de la régression de  $y$  en fonction de  $x$  dans le voisinage  $k$ -NN de  $x_0$ .

## 5.7 Résultat du lissage de LOESS :

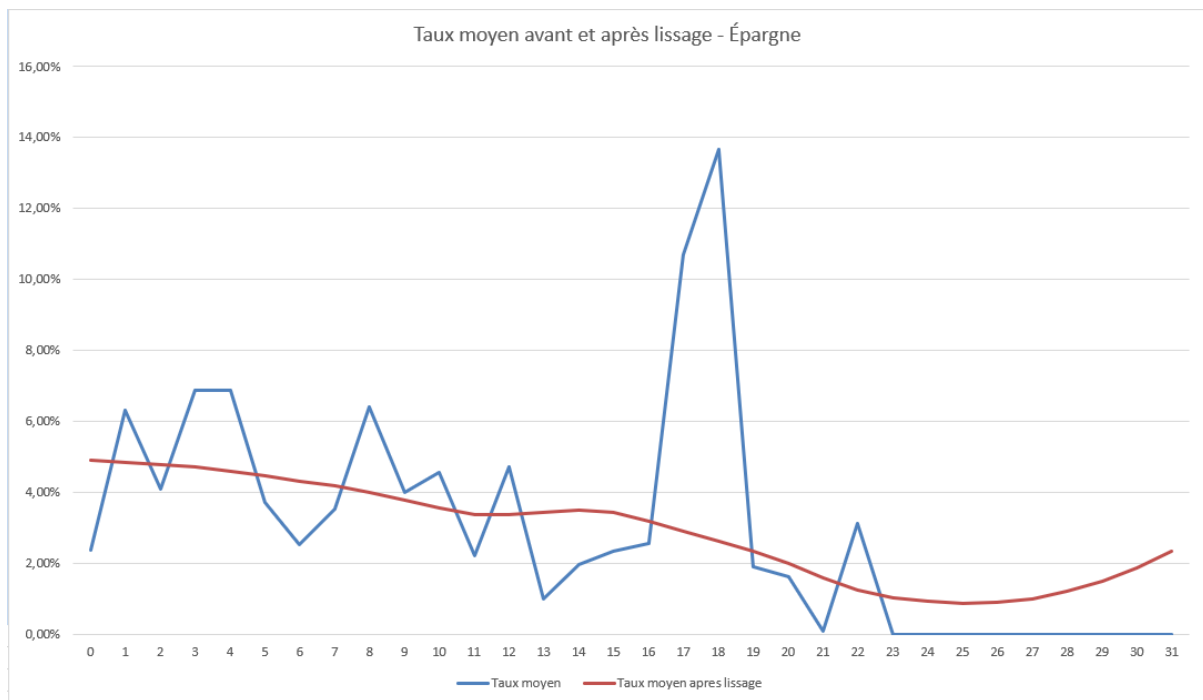


FIGURE 5.8 – Taux de rachat avant et après le lissage - Épargne

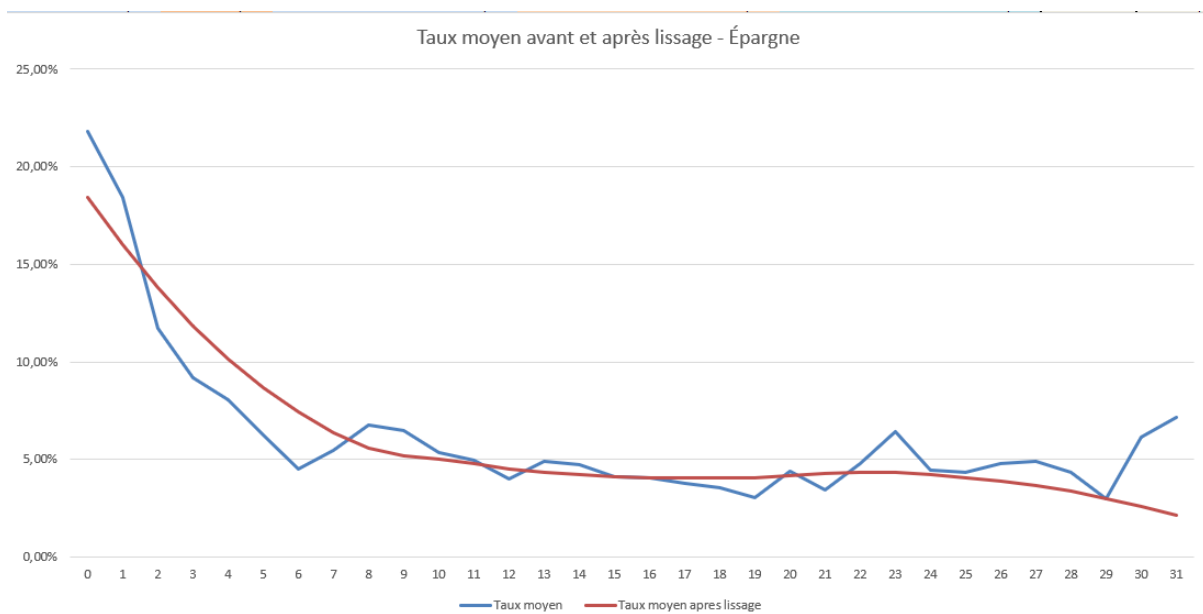
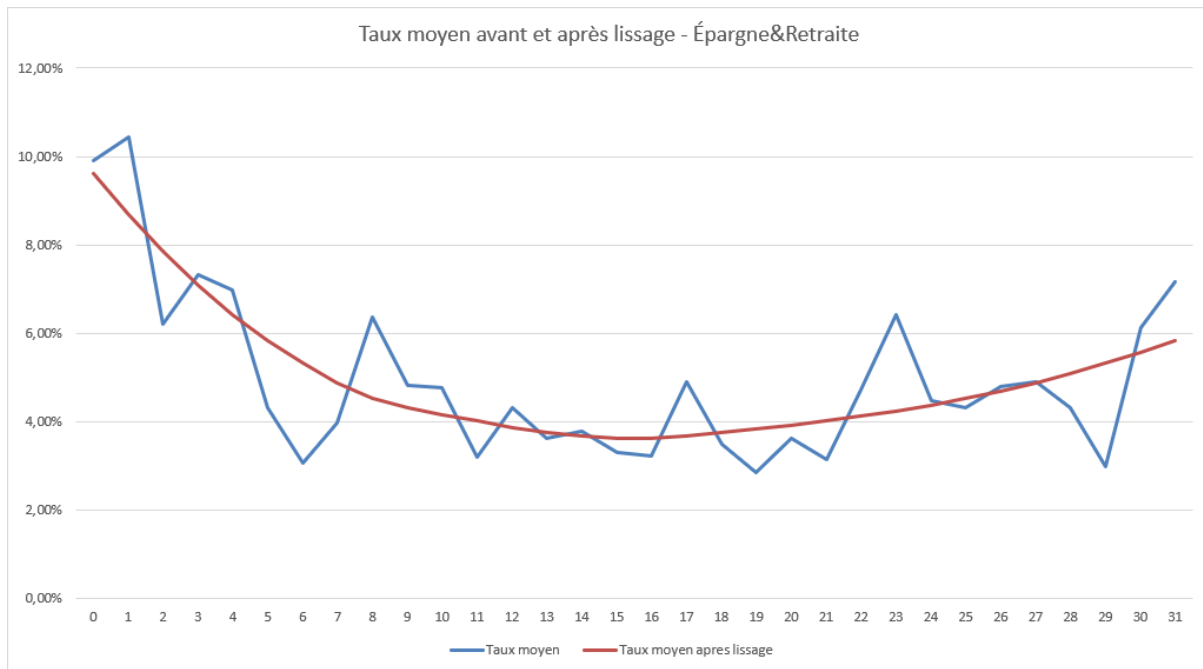


FIGURE 5.9 – Taux de rachat avant et après le lissage - Retraite



**FIGURE 5.10** – Taux de rachat avant et après le lissage - Épargne&Retraite

## 6 Partie VI : Détermination des chocs de rachat associé à l'ajustement pour risque

### 6.1 Cadre théorique : Approche par scénarios pour le calcul du RA :

Il s'agit dans cette partie de calculer le RA par l'approche scénarios. Cette méthodologie est comparable au calcul du SCR sous la réforme SBR. On établit alors une cartographie des risques non financiers ou des risques de souscription vie, comme mentionné dans les parties précédentes. Un RA marginal est calculé pour chaque risque. Ensuite, grâce à la matrice de corrélation entre risques, la diversification entre les différents risques est prise en compte afin d'obtenir finalement un ajustement du risque global.

**Nous considérons un scénario adverse associé au risque  $i$ , avec un choc à l'horizon  $T$  égal à la durée des engagements et un niveau de confiance de  $\alpha$ . Ce choc peut être interprété comme une VaR, notée  $c_{i,\alpha}^T$ .**

Soit  $i$  un risque spécifique (par exemple, une hausse de mortalité, hausse de rachat) et  $n$  le nombre de risques total. La méthode consiste d'abord à calculer le Best Estimate scénario central, qui représente la meilleure estimation des engagements futurs de l'assureur, puis un Best Estimate choqué, en appliquant le choc  $c_{i,\alpha}^T$ . Le Risk Adjustment marginal pour le risque  $i$  est obtenu par la différence entre ces deux Best Estimates :

$$RA_i = BE_i^{\text{Choc}} - BE^{\text{Central}} \quad (6.1)$$

Le RA global est alors calculé comme suit :

$$RA_{\text{global}} = \sqrt{R^T \Sigma R}$$

où :

- $R^T = (RA_1, \dots, RA_n)$  est le vecteur des RA marginaux,
- $\Sigma$  est la matrice de corrélations.

	Mortalité	Longévitité	Rachat	Frais	Cat
Mortalité	1	-0,25	0	0,25	0,25
Longévitité	-0,25	1	0,25	0,25	0
Rachat	0	0,25	1	0,50	0,25
Frais	0,25	0,25	0,5	1	0,25
Cat	0,25	0	0,25	0,25	1

FIGURE 6.1 – Matrice de corrélations sous SBR

Dans ce mémoire, nous nous concentrons sur le calcul du  $RA_{rachat}$  à l'aide de la formule 6.1 en utilisant des scénarios de chocs à la hausse et à la baisse des taux de rachat.

Nous définissons les deux scénarios de chocs par :

- Lapse Up : Hausse permanente et multiplicative des taux de rachats,
- Lapse Down : Baisse permanente et multiplicative des taux de rachats.

Nous déterminerons ces chocs selon deux approches : premièrement, en convertissant les chocs SBR en chocs IFRS 17, et deuxièmement, en utilisant l'approximation de Cornish-Fisher pour le calcul de la VaR et, par la suite, des chocs.

*Pour le calcul du BE central :*

Soit  $T \in \mathbb{N}^*$  l'horizon de projection et  $t \in \mathbb{N}$  le pas de projection tel que  $0 \leq t \leq T$ . Nous considérons la date d'arrêt au 31/12/N.

Pour un  $t$  donné, nous définissons la variable aléatoire  $R_i(t)$ , qui prend comme valeurs le vecteur d'hypothèses techniques vu en  $t$  et utilisé pour le calcul des flux de trésorerie à chaque pas de temps (année) dans l'intervalle  $[t, T]$  :

- $i$  représente le risque non-financier tel que  $i \in \{1, \dots, n\}$ , avec  $n$  le nombre de risques non-financiers,
- $d_i$  : la dimension du vecteur des hypothèses relatives au risque  $i$ .

Soient  $F_i(t)$  et  $f_i(t)$  les fonctions de distribution et de densité correspondant à  $R_i(t)$  (si elles existent), et  $\mathbf{r}_i^c(t)$  le vecteur des hypothèses centrales vu à la date  $t$  pour le risque  $i$ . Nous supposons que les hypothèses centrales pour un risque  $i$  ne changent pas d'une année à l'autre, c'est-à-dire que  $\forall t, \mathbf{r}_i^c(t) = \mathbf{r}_i^c(t-1) = \mathbf{r}_i^c$ .

Dans le cas du risque de rachat,  $R_{rachat}(t)$  représente la variable aléatoire prenant comme

valeurs le vecteur des taux de rachat par ancienneté vu à la date  $t$ , tel que  $R_{\text{rachat}}(t)$  suit une certaine distribution de probabilité. Le vecteur  $\mathbf{r}_{\text{rachat}}^c$  représente la table de rachat centrale utilisée pour la projection des prestations de rachats en scénario central.

Soit également  $R_\rho(t)$  la variable aléatoire représentant les conditions de marché vues en  $t$ .

Le calcul du BE central des engagements repose sur une valorisation risque-neutre des flux de trésorerie futurs sous **les hypothèses techniques centrales**. Cela peut être exprimé par :

$$BE_{\text{central}}(t) = \mathbb{E}_Q \left[ \sum_{k>t} D_k \cdot CF_k \mid R_1(t) = r_1^c, \dots, R_n(t) = r_n^c, R_\rho(t) \right]$$

Où :

- $D_k$  est le facteur d'actualisation à la date  $k$ .
- $CF_k$  sont les flux du passif en vision IFRS 17 à la date  $k$ .
- $r_i^c$  est le vecteur des hypothèses techniques centrales relatives au risque non-financier  $i$ .

Les flux du passif sont exprimé par :  $CF_k = \text{Sinistre}_k + \text{Frais}_k - \text{Primes}_k$

**Étant donné que notre portefeuille est en run-off et que les frais ne seront pas pris en compte pour faciliter les calculs, les flux passifs peuvent être exprimés comme suit :  $CF_k = \text{Sinistres}_k$**

**Par sinistres, nous entendons les deux phénomènes de décès et de rachat.**

**Dans notre application, nous nous limiterons à la détermination des chocs de rachat par deux approches afin de calculer éventuellement le RA marginal correspondant au risque de rachat. Les autres RA marginaux et le RA global ne seront pas calculés.**

## 6.2 Cadre théorique : Les approches adoptées pour la détermination des chocs :

### 2.i Approche 1 : Conversion des chocs et adaptations des calculs SBR

Dans cette méthodologie, l'ajustement pour le risque est évalué en fonction des pertes potentielles induites par les écarts du BE, associés aux risques non-financiers inhérents aux engagements d'assurance. Ce montant doit être déterminé en prenant en considération un niveau de confiance reflétant l'aversion au risque de l'assureur pour la totalité de la durée de ses engagements.

Par analogie, dans le cadre de SBR, le SCR est calculé sur une période d'un an avec un niveau de confiance de 99,5%. C'est à ce stade que les adaptations et ajustements interviennent pour faciliter la transition du SBR vers la norme IFRS 17, tant au niveau de l'horizon temporel des risques qu'au niveau du niveau de confiance.

En effet, alors que le SCR se concentre sur une vision annuelle spécifique au référentiel du SBR, le RA sous IFRS 17 couvre l'intégralité de la durée des engagements. Une adaptation du niveau de confiance sous-jacent est également envisagée. Alors que le SBR a opté pour un quantile de 99,5%, la norme IFRS 17 autorise l'utilisation de la fonction d'aversion au risque propre à l'entité.

#### *Formalisation des chocs :*

Pour  $i$  fixé, les  $R_i(t) \in \mathbb{R}^{d_i}$  représentent une série temporelle, où  $\forall t \leq T$ ,  $R_i(t)$  est définie sur l'espace probabilisé filtré  $(\Omega, \mathcal{F}_t, \mathbb{P})$  tel que  $\mathcal{F}_t$  est la tribu engendrée par  $R_i(j)$ ,  $\forall j \leq t$ ,  $R_i(t)$  est  $\mathcal{F}_t$ -mesurable.

Dans le cadre du calcul de l'ajustement pour risque, nous nous intéressons à la variabilité des risques non-financiers, c'est-à-dire aux variations des hypothèses techniques d'une année à l'autre. Pour cela, nous définissons la variable aléatoire  $C_i(t)$  qui représente le choc à un an équivalent à la déviation des hypothèses techniques pour le risque  $i$  entre les dates  $t$  et  $t + 1$ , ou en d'autres termes, la déviation de la variable aléatoire  $R_i(t + 1)$  par

rapport à  $R_i(t)$  :

$$(1 + C_i(t)) = \frac{R_i(t+1)}{R_i(t)}$$

D'où :

$$C_i(t) = \frac{R_i(t+1) - R_i(t)}{R_i(t)}$$

En scénario central, les hypothèses techniques ne varient pas d'une année à l'autre pour le risque  $i$ , ce qui équivaut à dire que, en scénario central, les variables chocs  $C_i(t)$  pour un  $t$  fixé sont nulles.

Le calcul du  $BE_{central}(t)$  devient alors :

$$BE_{central}(t) = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} \left[ \sum_{k>t} D_k \cdot CF_k \mid C_1(t) = 0, \dots, C_n(t) = 0, R_\rho(t) \right]$$

### ***Définition de la VaR :***

La value-at-risk à un niveau de confiance  $\alpha$  pour une variable aléatoire  $X$  définie sur un horizon  $T$  est définie comme suit :

$$VaR_\alpha(X) = \inf \{x \in \mathbb{R} \mid \mathbb{P}[X \leq x] \geq \alpha\}$$

Ainsi, chaque réalisation  $c_{i,\alpha}(t)$  de la variable aléatoire  $C_i(t)$  correspond à une VaR à 1 an pour un certain niveau de confiance  $\alpha$  :

$$c_{i,\alpha}(t) = \text{VaR}_\alpha^{(1)}(C_i(t)) = \inf \{c_i(t) \in \mathbb{R} \mid P[C_i(t) \leq c_i(t)] \geq \alpha\}$$

Par analogie, dans le cadre de SBR, le choc prescrit en formule standard pour le calcul du  $SCR_i(t)$ , vu en  $t$  et relatif au sous-module de risque  $i$ , correspond à une réalisation  $c_{i,99,5\%}(t)$  de la variable aléatoire  $C_i(t)$  pour un niveau de confiance de 99,5%.

Dans le référentiel IFRS 17, pour calculer l'ajustement pour risque en utilisant cette méthode, il est nécessaire d'avoir des chocs définis sur la durée des engagements de l'assureur, avec un niveau de confiance qui reflète son aversion au risque.

Pour définir ces chocs, nous proposons d'utiliser les chocs SBR établis sur une période d'un an et pour un niveau de confiance de 99,5%, et de les ajuster au niveau de confiance requis par les normes IFRS 17 ainsi qu'à la durée des engagements.

### ***Passage des chocs SBR aux chocs IFRS 17 :***

Nous définissons la variable aléatoire  $C_i^T(t)$  qui représente le choc équivalent à la déviation du vecteur des hypothèses techniques relatives au risque  $i$  entre les dates  $t$  et  $T$ . Nous pouvons alors la formaliser comme suit :

$$1 + C_i^T(t) = \frac{R_i(T)}{R_i(t)}$$

Pour exprimer cela en fonction de la variable aléatoire des chocs à 1 an  $C_i(k)$ , nous avons :

$$1 + C_i^T(t) = \frac{R_i(T)}{R_i(t)} = \frac{R_i(T)}{R_i(T-1)} \cdot \frac{R_i(T-1)}{R_i(T-2)} \cdot \dots \cdot \frac{R_i(t+1)}{R_i(t)} = \prod_{k=t}^{T-1} (1 + C_i(k))$$

Ainsi, le choc équivalent  $(1 + C_i^T(t))$  entre les dates  $t$  et  $T$  est égal au produit des chocs à 1 an  $(1 + C_i(k))$  pour  $k \in [t, T-1]$ . Puisque les chocs sont proches de 0, nous négligeons les produits deux à deux des  $C_i(k)$  et faisons l'approximation suivante :

$$\prod_{k=t}^T (1 + C_i(k)) \approx 1 + \sum_{k=t}^T C_i(k)$$

Sous l'hypothèse que les  $\{C_i(k), \forall i\}$  sont indépendants et identiquement distribués selon  $\{C_i(k) \sim N(0, \sigma), \forall i\}$ ,  $C_i^T(t)$  suit également une loi normale avec des paramètres  $\{C_i^T(t) \sim N(0, \sqrt{T-t} \cdot \sigma), \forall i\}$ .

De plus, pour une variable  $X \sim N(0, \sigma_X)$ , la  $VaR_\alpha(X)$  à un niveau de confiance  $\alpha$  peut s'écrire comme :

$$\begin{aligned} P(X < VaR_\alpha) &= 1 - \alpha \\ \Leftrightarrow P\left(\frac{X}{\sigma_X} < \frac{VaR_\alpha}{\sigma_X}\right) &= 1 - \alpha \\ \Leftrightarrow \phi\left(\frac{VaR_\alpha}{\sigma_X}\right) &= \alpha \tag{6.2} \\ \Leftrightarrow VaR_\alpha &= \sigma_X \cdot \phi^{-1}(\alpha) \\ \Leftrightarrow VaR_\alpha(X) &= \sigma_X \cdot q(\alpha) \end{aligned}$$

Où :

- $\phi$  la fonction de distribution inverse de la loi normale centrale réduite ;
- $q_\alpha$  est le quantile à  $(\alpha)$  de la loi normale centrale réduite.

Ainsi, nous avons :

$$VaR_\alpha(C_i^T(t)) = \sqrt{T-t} \cdot VaR_\alpha(C_i(t)) \quad \forall i \in [1, n]$$

Sous l'**hypothèse de normalité et d'indépendance**, nous pouvons exprimer la VaR à l'horizon T en fonction de la VaR à un an vue à la date d'initiation (t=0) comme suit :

$$VaR_\alpha^{(T)} = \sqrt{T} \cdot VaR_\alpha^{(1)}$$

En utilisant les chocs SBR à un an et un niveau de confiance de 99,5% vus à la date d'initiation comme référence ( $c_{i,0.05\%}(0)$ ), nous pouvons déduire les chocs IFRS 17 à l'horizon T et à un niveau de confiance de 99,5% :

$$c_{i,99.5\%}^T = \sqrt{T} \cdot c_{i,99.5\%}$$

Ensuite, nous pouvons déduire les chocs IFRS 17 à l'horizon T et un niveau de confiance  $\alpha$ , toujours sous l'**hypothèse de normalité et d'indépendance** :

$$c_{i,\alpha}^T = \frac{q_\alpha}{q_{99.5\%}} \cdot \sqrt{T} \cdot c_{i,99.5\%} \quad (6.3)$$

Où  $q_\alpha$  et  $q_{99.5\%}$  représentent respectivement les quantiles aux niveaux de confiance de  $\alpha$  et 99.5% d'une loi normale centrée réduite.

**Remarque** : Les hypothèses de normalité et d'indépendance des chocs techniques sont **fondamentales** et doivent être étayées par des analyses qualitatives des structures des risques non-financiers considérés.

## 2.ii Résultats de l'approche 1 : Conversion des chocs et adaptations des calculs SBR

Pour cette méthode, nous prenons en compte les trois risques non financiers auxquels notre portefeuille est exposé : les risques liés à la mortalité/longévité, les rachats, ainsi que les frais. Nous utilisons les notations établies dans le cadre théorique de la méthode

et nous nous situons à la date d'initiation, c'est-à-dire à  $t = 0$ .

Nous posons les hypothèses suivantes :

1. Les chocs à 1 an suivent une distribution normale centrée, notée  $C_i^{(1)} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_i)$  où  $i \in \{\text{mortalité/longévité, rachat, frais}\}$ .
2. Les chocs à l'horizon des engagements suivent une loi normale centrée tel que :  $C_i^{(T)} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_i^T)$  où  $\sigma_i^T = \sqrt{T} \cdot \sigma_i$ .
3. La durée des engagements,  $T$ , est égale à la durée des contrats, que nous définissons par la formule suivante :

$$\text{Duration} = \frac{\sum_{i=1}^N i \cdot F_i}{\sum_{i=1}^N F_i}$$

avec  $F_i$  le montant probable des prestations actualisé au taux  $r_i$  et  $N$  la durée maximale de l'engagement.

Étant donné que l'outil de projection du BE est confidentiel, nous allons directement indiquer la valeur trouvée pour la durée à l'aide de la formule précédente :

	Retraite	Épargne	Épargne&Retraite
$\sum_{i=1}^{50} i \cdot F_i$	12 181 927 852,41	81 038 068 511,80	93 219 996 364,21
$\sum_{i=1}^{50} F_i$	1 158 109 982	10 015 137 422,67	11 173 247 405,00
$\text{Duration} = \frac{\sum_{i=1}^{50} i \cdot F_i}{\sum_{i=1}^{50} F_i}$	11	8	8

FIGURE 6.2 – Durée par type de produit

On observe que la durée des contrats de retraite est supérieure à celle des contrats d'épargne, ce qui est logique. En effet, les contrats de retraite sont conçus pour aider les individus à accumuler des fonds sur une période prolongée afin de subvenir à leurs besoins financiers pendant la retraite. Ce sont des instruments d'épargne à long terme, contrairement aux contrats d'épargne qui sont souvent plus flexibles et adaptés à des objectifs financiers à moyen ou court terme. En ce qui concerne la durée du portefeuille global, il est tout à fait normal qu'elle soit égale à celle du portefeuille d'épargne, puisque les contrats d'épargne constituent la part majoritaire des contrats, contrairement aux contrats de retraite.

Pour chaque risque mentionné, nous disposons du choc SBR correspondant à la VaR à un an avec un niveau de confiance de 99,5% sont répertoriés dans la table suivante :

Scénarios	Libellé	Choc
<b>Choc mortalité/longévité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse</li> <li>• Baisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +30%</li> <li>• -30%</li> </ul>
<b>Choc rachat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse</li> <li>• Baisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +50%</li> <li>• -50%</li> </ul>
<b>Choc de frais</b>	Choc de frais	+14%

**FIGURE 6.3** – Table des chocs pour le risque souscription en vie SBR

Pour passer des chocs SBR aux chocs IFRS 17, il suffit alors d'appliquer la formule 6.3 élaborée précédemment.

Étant donné que les contrats d'épargne ont une durée de 8 ans et que les contrats de retraite ont une durée de 11 ans, nous utiliserons dans cette première approche la durée propre à chaque type de produit pour déterminer les chocs que nous allons utiliser pour calculer le  $RA_{rachat}$  de ce type de produit. Ainsi, nous utiliserons pour le passage des chocs SBR aux chocs IFRS 17 dans le cas d'un contrat de durée de 8 ans, notamment pour les contrats d'épargne, la formule suivante :

$$Choc_{IFRS17} = \frac{q_{75\%}}{q_{99.5\%}} \cdot \sqrt{8} \cdot Choc_{SBR} \quad (6.4)$$

Avec  $c_{i,75\%}^8 = Choc_{IFRS17}$  et  $c_{i,99.5\%} = Choc_{SBR}$ .

Et pour les contrats de retraite, nous utiliserons :

$$Choc_{IFRS17} = \frac{q_{75\%}}{q_{99.5\%}} \cdot \sqrt{11} \cdot Choc_{SBR} \quad (6.5)$$

Avec  $c_{i,75\%}^{11} = Choc_{IFRS17}$  et  $c_{i,99.5\%} = Choc_{SBR}$ .

Le niveau de confiance utilisé pour calculer l'ajustement pour risque est supposé refléter l'aversion au risque de l'assureur. Pour cette étude, nous avons choisi un niveau de confiance de 75% et un horizon de 8 ans pour la base épargne, un horizon de 11 ans pour la base retraite, et un horizon de 8 ans pour la base Épargne&Retraite, comme indiqué dans la figure 6.2.

Ainsi, voici la transition des chocs SBR en chocs IFRS 17 :

<b>Passage des chocs SBR en chocs IFRS 17</b>		
<b>Facteur de risque</b>	<b>Choc SBR à 1 an</b>	<b>Choc IFRS 17 à 8 ans</b>
<b>Mortalité/longévité</b>	± 30%	± 22,22%
<b>Rachat</b>	± 50%	± 37,03%
<b>Frais</b>	± 14%	± 10,37%

**FIGURE 6.4** – Conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 pour T=8 ans

Pour un horizon de temps de 8 ans, avec un niveau de confiance de 75%, nous observons que les chocs IFRS 17 sont inférieurs aux chocs SBR. En effet, la valeur des chocs diminue en raison de la réduction du niveau de confiance, passant de 99,5% en vision SBR à 75% en vision IFRS 17. Cependant, le fait de considérer un horizon temporel supérieur à un an doit augmenter la valeur des chocs car l'aléa s'étend sur une période plus longue.

Cependant, pour le même niveau de confiance et pour un horizon de 11 ans, nous avons les résultats suivants :

<b>Passage des chocs SBR en chocs IFRS 17</b>		
<b>Facteur de risque</b>	<b>Choc SBR à 1 an</b>	<b>Choc IFRS 17 à 11 ans</b>
<b>Mortalité/longévité</b>	± 30%	± 26,05%
<b>Rachat</b>	± 50%	± 43,42%
<b>Frais</b>	± 14%	± 12,16%

**FIGURE 6.5** – Conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 pour T=11 ans

Ces résultats confirment que la valeur des chocs augmente avec l'augmentation de l'horizon temporel considéré.

Il faut noter que le choc de rachat correspondant à un horizon de 8 ans sera utilisé pour calculer le  $RA_{rachat}$  de la base Épargne, alors que le choc de rachat correspondant à 11 ans sera utilisé pour calculer le  $RA_{rachat}$  de la base Retraite. Et ceci de la manière suivante : étant donné que le choc de rachat obtenu pour un horizon de 8 ans est de 37,03%, et que le choc de rachat obtenu pour un horizon de 11 ans est de 43,42%. Alors pour calculer le BE choqué dans l'outil de projection interne, nous appliquons chacun des chocs aux flux de la base correspondante. Ensuite, nous les actualisons sur

une période de 50 ans. Nous choisissons d'appliquer, pour les contrats d'épargne, un choc égal à  $\frac{t}{8} \times 37,03\%$ , avec  $t$  représentant l'année de projection variant de 1 à 8 ans. À partir de la 8ème année, nous supposons que le choc reste constant à 37,03%.

Pour les contrats de retraite, nous choisissons d'appliquer un choc correspondant à  $\frac{t}{11} \times 43,42\%$ , avec  $t$  représentant l'année de projection variant de 1 à 11 ans. À partir de la 11ème année, nous supposons que le choc reste constant à 43,42%.

Ceci a été théoriquement démontré dans la section 2.iii.

**Cette approche de conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 semble facile et simple à mettre en œuvre, puisque les chocs SBR sont déjà fournis par le régulateur marocain, l'ACAPS. La nécessité de remettre en question les chocs IFRS 17 obtenus par la première approche justifie l'utilisation d'une deuxième méthode afin de pouvoir comparer les deux résultats.**

### **2.iii Approche 2 : Méthode de Cornish-Fisher**

Pour déterminer un choc à un horizon de  $T$  années avec un niveau de confiance  $\alpha$ , il est nécessaire de calculer le quantile de la variable aléatoire  $r(T)$ . Dans cette optique, déterminer la distribution de  $r(T)$  se révèle complexe. Ainsi, on peut soit recourir à des simulations pour estimer empiriquement ce quantile, soit opter pour l'approximation de Cornish-Fisher pour le déterminer.

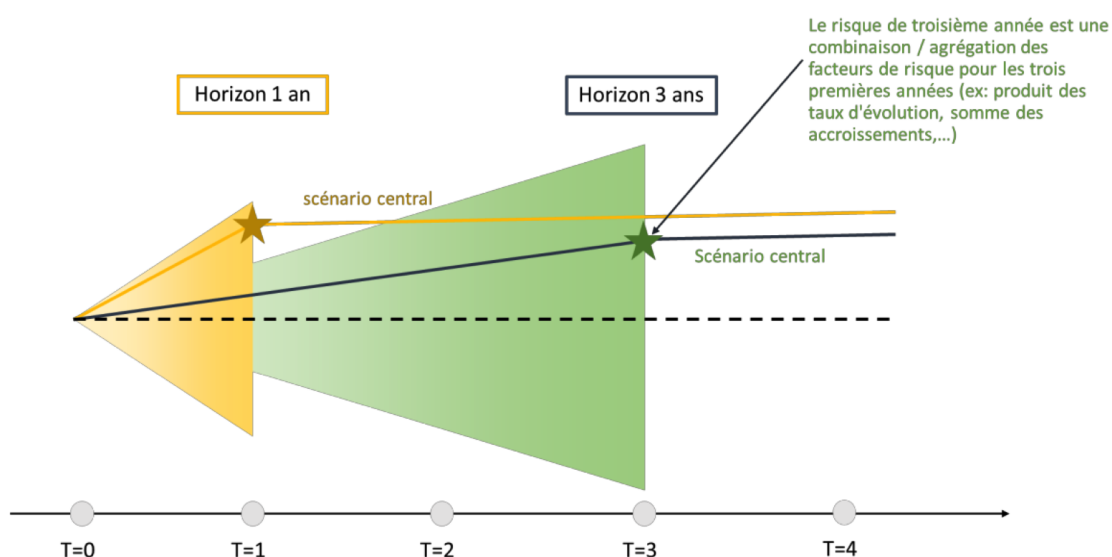
Bien que les simulations numériques offrent une mise en œuvre directe, elles peuvent entraîner une complexité opérationnelle en termes de temps de calcul et de stabilité de l'estimateur. Ainsi, il est pertinent d'explorer des alternatives. C'est dans ce sens que nous allons présenter cette deuxième approche qui consiste d'abord à calculer la VaR en utilisant l'approximation de Cornish-Fisher, puis à déterminer les chocs. **Cette méthode a été choisie afin de déterminer des chocs personnalisés pour le portefeuille étudié, contrairement à la première méthode qui s'applique à l'ensemble du marché de l'assurance vie au Maroc.**

Pour ce faire, nous supposerons que les taux d'évolution de rachat suivent respectivement les lois normale, log-normale et Gamma. Pour chacune de ces lois, nous calculerons les moments d'ordre 1, 2 et 3 afin d'utiliser le développement de Cornish-Fisher pour le

calcul de la VaR. À partir de cette dernière, nous déterminerons le choc correspondant pour les trois lois, tant en cas de hausse qu'en cas de baisse du rachat.

### ***Horizon de temps :***

L'horizon de risque approprié pour déterminer le montant du capital pour les ajustements de risque IFRS 17 est la durée de vie de l'incertitude dans les flux de trésorerie des contrats d'assurance. Contrairement au SBR, qui adopte une perspective de risque à un an pour le calcul de l'exigence de fonds propres, une vision pluriannuelle ou à l'ultime du risque pourrait être considérée comme plus adéquate pour répondre aux exigences d'IFRS 17. Ainsi, nous pouvons illustrer l'horizon de risque à travers le schéma suivant :



**FIGURE 6.6** – Illustration de l'horizon de risque

### ***Facteur de risque :***

En ce qui concerne cette partie de notre mémoire, le facteur de risque retenu est celui du taux de rachat (mesure l'incertitude sur les taux de rachat), considérons donc une source unique d'incertitude, notamment celle liée à l'évolution taux de rachat.

### ***Présentation de la dynamique du taux de rachat :***

Nous considérons par la suite le taux de rachat  $r(n)$  pour l'année, ainsi, sa dynamique peut alors être décrite par la relation suivante :

$$r(n) = r(n - 1) \times (\nu + \epsilon) \quad (6.6)$$

Avec :

- $\nu$  : moyenne de déviation du taux de rachat en passant de l'année  $(n - 1)$  à  $n$  ;
- $\epsilon$  : variable aléatoire suivant la loi normale centrée, avec variance  $\sigma^2$ .

Le passage d'une vision d'un an 6.6 à une vision de T années peut être illustré comme suit :

$$r(T) = r(0) \times \prod_{i=1}^T (\nu + \epsilon_i) \quad (6.7)$$

Soit T l'horizon de projection.

Afin de pouvoir déterminer un choc pour un intervalle de confiance  $\alpha$  et sur un horizon de temps  $T$  années, on doit donc calculer la Value at Risk (VaR) de la formule  $r(T)$  suivant l'approximation de Cornish Fisher.

### ***Expansion de Cornish Fisher :***

L'approximation de Cornish-Fisher est dérivée de la série d'expansion de Cornish-Fisher des quantiles d'une variable aléatoire via ses cumulants et les quantiles normaux standard.

La dérivation détaillée de l'expansion de Cornish-Fisher est expliquée dans Fisher & Cornish, The Percentile Points of Distributions Having Known Cumulants, 1960.

L'approximation de Cornish-Fisher pour  $r(T)$  peut se présenter donc comme suit :

$$\text{VaR}(r(T)) = \mathbb{E}(r(T)) + \sqrt{\text{Var}(r(T))} \left( z_\alpha + \frac{1}{6}(z_\alpha^2 - 1)S(R(T)) \right) \quad (6.8)$$

Avec :

- $\mathbb{E}(r(T))$  est la moyenne de la distribution
- $\sqrt{\text{Var}(r(T))}$  est l'écart type de la distribution
- $z_\alpha$  est le quantile d'ordre  $\alpha$  de la distribution normale standard associée au niveau  $\alpha$ .
- $S(\cdot)$  est la fonction d'asymétrie

On note  $R(T)$  le taux de rachat centré réduit :

$$R(T) = \frac{r(T) - \mathbb{E}(r(T))}{\sqrt{\text{Var}(r(T))}} \quad (6.9)$$

On définit la fonction d'asymétrie d'une variable aléatoire centrée réduite  $X$  par :

$$\mathbb{S}(X) = \mathbb{E}(X^3)$$

Donc pour  $R(T)$  :

$$\mathbb{S}(R(T)) = \mathbb{E}(R(T)^3)$$

Et d'après l'équation 6.9, on aura :

$$\mathbb{S}(R(T)) = \mathbb{E}\left(\left(\frac{r(T) - \mathbb{E}(r(T))}{\sqrt{\text{Var}(r(T))}}\right)^3\right)$$

La méthodologie étudiée repose sur le calcul des moments du premier au troisième ordre (espérance, variance et coefficient d'asymétrie). Ces moments sont ensuite utilisés dans la formule de Cornish-Fisher. **Cette méthode est particulièrement intéressante car elle permet de répliquer au mieux le profil de risque du portefeuille grâce à un véritable calibrage de risque.**

Nous rappelons la définition des moments, que nous utilisons par la suite :

**Pour une variable aléatoire  $X$  :**

- Ordre 1 : espérance (moment d'ordre un) :

$$M_1(X) = \mathbb{E}[X]$$

- Ordre 2 : variance (moment centré d'ordre deux) :

$$M_2(X) = \text{Var}(X) = \mathbb{E}[(X - \mathbb{E}[X])^2]$$

- Ordre 3 : coefficient d'asymétrie (moment centré d'ordre trois) :

$$M_3(X) = \mathbb{E}[(X - \mathbb{E}[X])^3]$$

Ainsi pour les moments du premier au troisième ordre du taux de rachat  $r(T)$ , on a :

- Moment d'ordre 1 (espérance) :

$$\mathbb{E}(r(T)) = \mathbb{E}(r(0) \prod_{i=1}^T (\nu + \epsilon_i))$$

$$\mathbb{E}(r(T)) = r(0) \prod_{i=1}^T \mathbb{E}(\nu + \epsilon_i)$$

$$\mathbb{E}(r(T)) = r(0) \prod_{i=1}^T \nu$$

Ainsi, on aura :

$$\mathbb{E}(r(T)) = r(0)\nu^T$$

- Moment d'ordre 2 (Variance) :

$$\mathbb{E}(r(T)^2) = \mathbb{E}\left(\left(r(0) \prod_{i=1}^T (\nu + \epsilon_i)\right)^2\right)$$

$$\mathbb{E}(r(T)^2) = r(0)^2 \prod_{i=1}^T \mathbb{E}(\nu^2 + 2\nu\epsilon_i + \epsilon_i^2)$$

$$\mathbb{E}(r(T)^2) = r(0)^2 \prod_{i=1}^T (\nu^2 + \sigma^2)$$

Ainsi, on aura :

$$\mathbb{E}(r(T)^2) = r(0)^2(\nu^2 + \sigma^2)^T$$

- Moment d'ordre 3 :

$$\mathbb{E}(r(T)^3) = \mathbb{E}\left(\left(r(0) \prod_{i=1}^T (\nu + \epsilon_i)\right)^3\right)$$

$$\mathbb{E}(r(T)^3) = r(0)^3 \prod_{i=1}^T \mathbb{E}(\nu^3 + 3\nu^2\epsilon_i + 3\nu\epsilon_i^2 + \epsilon_i^3)$$

$$\mathbb{E}(r(T)^3) = r(0)^3 \prod_{i=1}^T (\nu^3 + 3\nu\sigma^2)$$

Ainsi , on aura :

$$\mathbb{E}(r(T)^3) = r(0)^3(\nu^3 + 3\nu\sigma^2)^T$$

Plusieurs distributions de loi pour les variables indépendantes  $(\nu + \epsilon_i)$  sont envisageables.

Dans un premier temps, nous nous focaliserons sur les lois normale, log-normale et Gamma.

### - Loi normale :

Si les variables indépendantes  $(\nu + \epsilon_i)$  suivent une loi normale de moyenne  $\nu$  et de variance  $\sigma^2$ , alors :

$$\mathbb{E}(r(T)) = r(0)\nu^T$$

$$\mathbb{E}(r(T)^2) = r(0)^2(\nu^2 + \sigma^2)^T$$

$$\mathbb{E}(r(T)^3) = r(0)^3(\nu^3 + 3\nu\sigma^2)^T$$

Pour le coefficient d'asymétrie du taux de rachat  $R(T)$  centré réduit, on a :

$$\mathbb{S}(R(T)^3) = \mathbb{E} \left( \left( \frac{r(T) - \mathbb{E}(r(T))}{\sqrt{\text{Var}(E(r(T)))}} \right)^3 \right)$$

Après simplification, on obtient :

$$\mathbb{S}(R(T)) = \frac{1}{\sqrt{(\nu^2 + \sigma^2)^T - \nu^{2T^3}}} ((\nu^3 + 3\nu\sigma^2)^T - 3\nu^T(\nu^2 + \sigma^2)^T + 2\nu^{3T})$$

### - Loi log-Normal :

Si les variables indépendantes  $(\nu + \epsilon_i)$ , de moyenne  $\nu$  et de variance  $\sigma^2$ , suivent une loi log-normale  $\text{Ln}(\mu, \gamma)$ , tel que :

$$\begin{cases} \nu = e^{\mu + \frac{\gamma^2}{2}} \\ \sigma^2 = (e^{\mu^2} - 1)e^{2\mu + \gamma^2} \end{cases}$$

Alors :

$$\mathbb{E}(r(T)) = r(0)e^{(\mu + \frac{\gamma^2}{2})T}$$

$$\mathbb{E}[r(T)^2] = r(0)^2 e^{(2\mu+2\gamma^2)T}$$

$$\mathbb{E}[r(T)^3] = r(0)^3 e^{(3\mu+\frac{9}{2}\gamma^2)T}$$

Pour le coefficient d'asymétrie du taux de rachat  $R(T)$  centré réduit, on a :

$$S(R(T)) = \frac{1}{\sqrt{(e^{\gamma^2} - 1)e^{2\mu+\gamma^2} - 3}} \left( e^{(3\mu+\frac{9}{2}\gamma^2)T} - 3e^{(3\mu+\frac{5}{2}\gamma^2)T} + 2e^{(3\mu+\frac{3}{2}\gamma^2)T} \right)$$

#### - Loi Gamma :

Si les variables indépendantes  $(\nu + \epsilon_i)$ , de moyenne  $\nu$  et de variance  $\sigma^2$ , suivent une loi gamma  $\Gamma(k, \theta)$ , tel que :

$$\begin{cases} \nu = k\theta \\ \sigma^2 = k\theta^2 \end{cases}$$

Alors :

$$\mathbb{E}[r(T)] = r(0)(k\theta)^T$$

$$\mathbb{E}[r(T)^2] = r(0)^2 (\theta^2 k(k+1))^T$$

$$\mathbb{E}[r(T)^3] = r(0)^3 (\theta^3 (k+2)(k+1)k)^T$$

Pour le coefficient d'asymétrie du taux de rachat  $R(T)$  centré réduit, on a :

$$S(R(T)) = \frac{1}{\sqrt{k\theta^2}^3} \left[ (\theta^3 (k+2)(k+1)k)^T - 3(\theta^3 (k+1)k^2)^T + 2(\theta^3 k^3)^T \right]$$

#### ***Définition du choc :***

Une fois les moments du premier au troisième ordre calculés pour être utilisés dans le calcul de la Value at Risk (VaR) selon l'approximation de Cornish-Fisher précédemment exposée, nous définissons le choc correspondant à un niveau de confiance  $\alpha$  et sur un horizon de temps  $T$  comme suit :

$$\text{choc}(T) = \frac{\text{VaR}(r(T)) - \mathbb{E}(r(T))}{\mathbb{E}(r(T))}$$

**Calcul de la trajectoire du choc :**

En effet, pour  $t \in [1, T - 1]$ , et pour  $r^{\text{choqué}}(T)$  connu :

$$\text{Choc}(t) = \frac{\mathbb{E} [r(t) \mid r(T) = r^{\text{choqué}}(T)]}{\mathbb{E}[r(t)]} - 1$$

$$\text{Choc}(t) = \mathbb{E} \left[ \frac{r(t)}{\mathbb{E}[r(t)]} \mid r(T) = r^{\text{choqué}}(T) \right] - 1$$

Ainsi, on peut écrire le terme  $\frac{r(t)}{\mathbb{E}[r(t)]}$  comme suit, d'après la formule 6.7 :

$$\frac{r(t)}{\mathbb{E}[r(t)]} = \frac{r(0) \prod_{i=1}^t (\nu + \epsilon_i)}{r(0)\nu^t} = \prod_{i=1}^t \left( 1 + \frac{\epsilon_i}{\nu} \right)$$

Une approximation qui repose sur le développement de Taylor au premier ordre peut donc être faite :

$$\frac{r(t)}{\mathbb{E}[r(t)]} \approx 1 + \sum_{i=1}^t \frac{\epsilon_i}{\nu} = 1 + \frac{X_t}{\nu}$$

Avec :

$$X_t = \sum_{i=1}^t \epsilon_i$$

La trajectoire du choc peut donc se réécrire comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Choc}(t) &= \mathbb{E} \left[ \frac{r(t)}{\mathbb{E}[r(t)]} \mid r(T) = \text{VaR}_\alpha(r(T)) \right] - 1 \\ &\approx \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^t \mathbb{E} [\epsilon_i \mid r(T) = \text{VaR}_\alpha(r(T))] \end{aligned}$$

**Proposition :**

Soit  $(X_1, X_2, \dots, X_t)$  un vecteur de variables iid, et  $\alpha$  un niveau de confiance. Définissons la somme associée comme suit :

$$\tilde{X} = \sum_{i=1}^t X_i$$

Ainsi, pour tout  $i = 1, \dots, t$ , on aura :

$$\mathbb{E} \left[ X_i \mid \tilde{X} = \text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) \right] = \frac{\text{VaR}_\alpha(\tilde{X})}{t}$$

*Preuve :*

Par symétrie, les espérances conditionnelles sont identiques :

$$\mathbb{E} \left[ X_i \mid \tilde{X} = \text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) \right] = \frac{\text{VaR}_\alpha(\tilde{X})}{t} \quad \text{pour tout } i = 1, \dots, t.$$

D'où par linéarité de l'espérance conditionnelle, on a :

$$\text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) = \mathbb{E} \left[ \tilde{X} \mid \tilde{X} = \text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) \right] = \sum_{i=1}^t \mathbb{E} \left[ X_i \mid \tilde{X} = \text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) \right] = t \times \mathbb{E} \left[ X_1 \mid \tilde{X} = \text{VaR}_\alpha(\tilde{X}) \right]$$

Ceci conclut la preuve.

À partir de ce résultat, nous trouvons :

$$\mathbb{E} [\epsilon_i \mid X_T = \text{VaR}_\alpha(X_T)] = \frac{\text{VaR}_\alpha(X_T)}{T}$$

Finalement, on obtient :

$$\text{Choc}(t) \approx \frac{1}{\nu} \times t \times \frac{\text{VaR}_\alpha(X_T)}{T} \approx \text{choc}(T) \times \frac{t}{T}$$

Puisqu'en utilisant le même argument de linéarisation :

$$\text{Choc}(T) = \left( \frac{\text{VaR}_\alpha(r(T))}{\mathbb{E}[r(T)]} \right) - 1 \approx \frac{\text{VaR}_\alpha(X_T)}{\nu}$$

**Selon cette formule, la trajectoire du choc est linéaire entre 0 et l'horizon.**

**Cette formule est alors utilisée pour améliorer l'efficacité des outils de calibration en évitant de réaliser des simulations numériques pour calculer cette quantité numérique.**

## **2.iv Résultats de l'approche 2 : Méthode de Cornish-Fisher**

Nous présentons les résultats par type de produit, d'abord pour les contrats d'Épargne, puis pour les contrats de Retraite, et enfin pour l'ensemble.

Nous choisissons un niveau de confiance de 75%, ainsi qu'un horizon de temps de 8 ans, vu que c'est la durée de l'ensemble des contrats. Il est à noter que cette procédure sera

répétée pour les trois lois normale, log-normale et Gamma.

Nous présenterons maintenant les résultats des chocs IFRS 17 obtenus respectivement pour les bases Épargne, Retraite, et Épargne&Retraite, pour les trois lois : normale, log-normale et Gamma.

- Pour le lapse Up :

— Pour la base Épargne :

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	24,64%
Log-normale	24,44%
Gamma	24,07%

FIGURE 6.7 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne

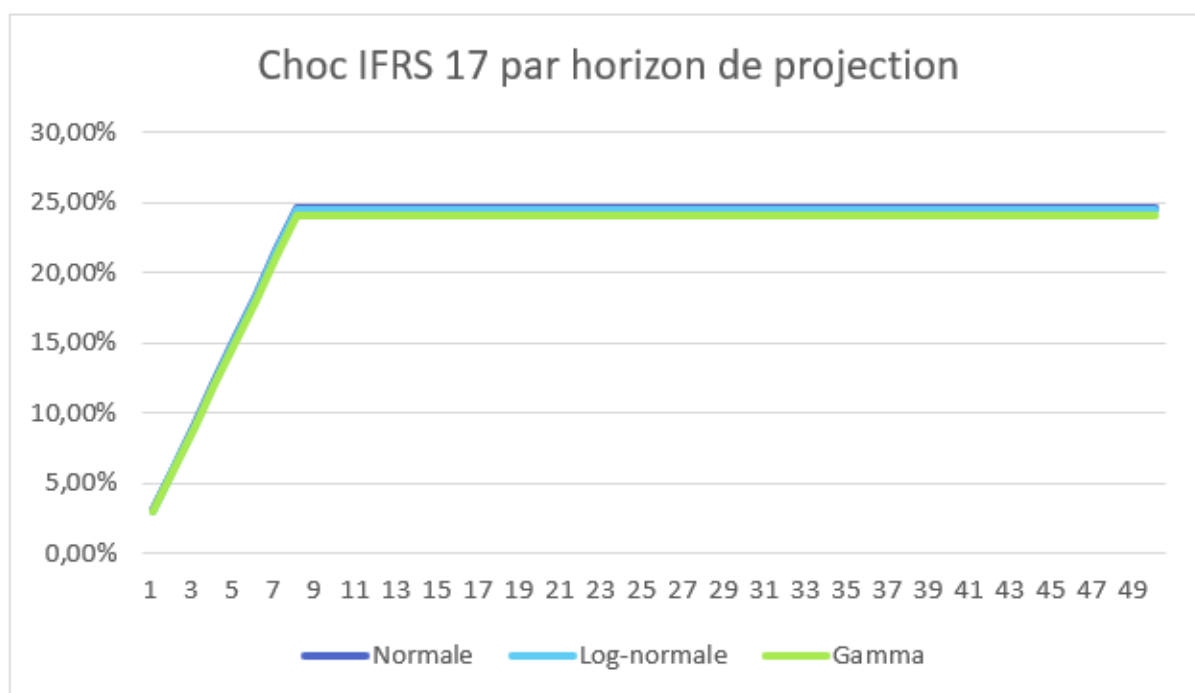


FIGURE 6.8 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne par horizon de projection

La figure 6.8 présente l'évolution des trois chocs mentionnés ci-dessus au fil du temps. Nous observons que, pour le seuil d'appétence de 75%, les chocs des trois

lois normale, log-normale et Gamma produisent des résultats à peu près identiques, caractérisés par une hausse avant la 8<sup>ème</sup> année. La figure 6.7 illustre numériquement le choc correspondant à un niveau de confiance de 75% et un horizon de 8 ans. Ce résultat est attendu car la relation démontrée à la fin de la section "Calcul de la trajectoire du choc" 2.iii est linéaire et devient constante à partir de l'année T = 8 ans. Nous remarquons également que, bien que les résultats soient très proches, les chocs sont classés par ordre décroissant de la manière suivante : choc de la loi normale, choc de la loi log-normale et enfin choc de la loi Gamma.

— *Pour la base Retraite :*

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	43,11%
Log-normale	9,73%
Gamma	32,29%

FIGURE 6.9 – Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite

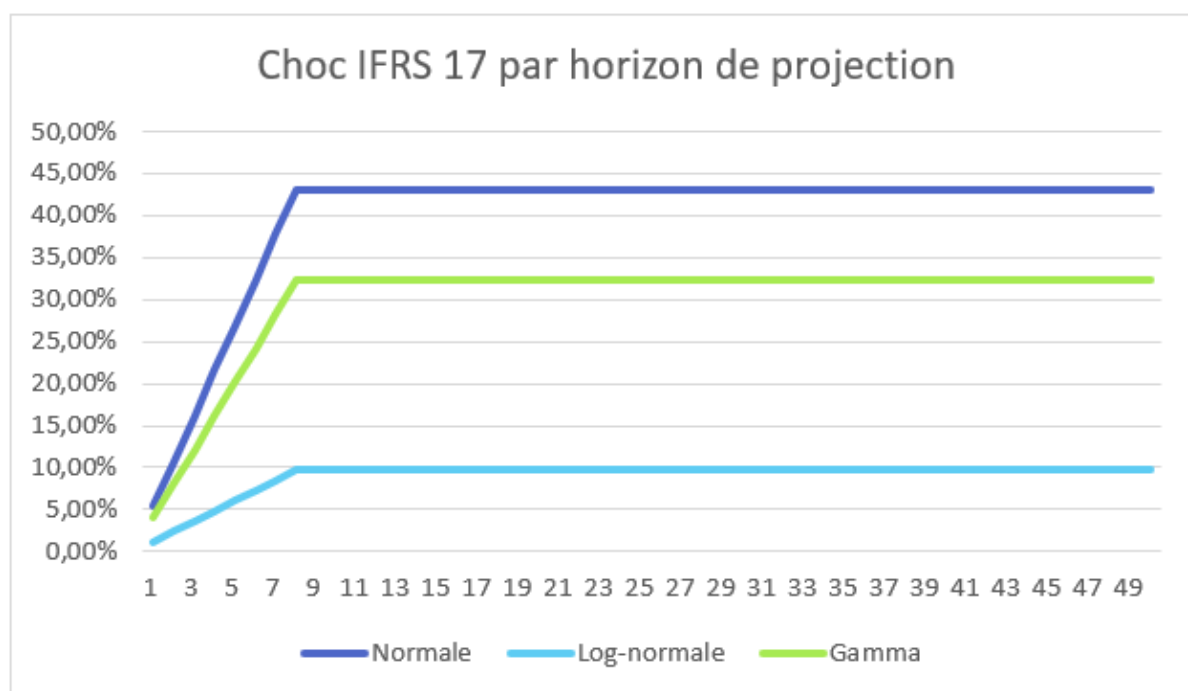


FIGURE 6.10 – Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite par horizon de projection

Contrairement à la base Épargne, la figure 6.10, qui représente l'évolution des trois

chocs dans le temps pour la base Retraite, montre que pour le seuil d'appétence de 75%, les chocs des trois lois normale, log-normale et Gamma produisent des impacts différents sur tout l'horizon temporel. La loi normale est celle qui présente les chocs les plus importants, suivie par les chocs de la loi Gamma et enfin ceux de la loi log-normale. Ceci est confirmé numériquement par la figure 6.9, qui illustre le choc correspondant à un niveau de confiance de 75% et un horizon de 8 ans. Les trois trajectoires deviennent linéaires et stables à partir de la 8ème année, ce qui est logique d'après la démonstration de la linéarité de la trajectoire des chocs dans la section 2.iii.

— Pour la base *Épargne&Retraite* :

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	31,96%
Log-normale	30,83%
Gamma	30,52%

FIGURE 6.11 – Chocs IFRS 17 propre à la base *Épargne&Retraite*

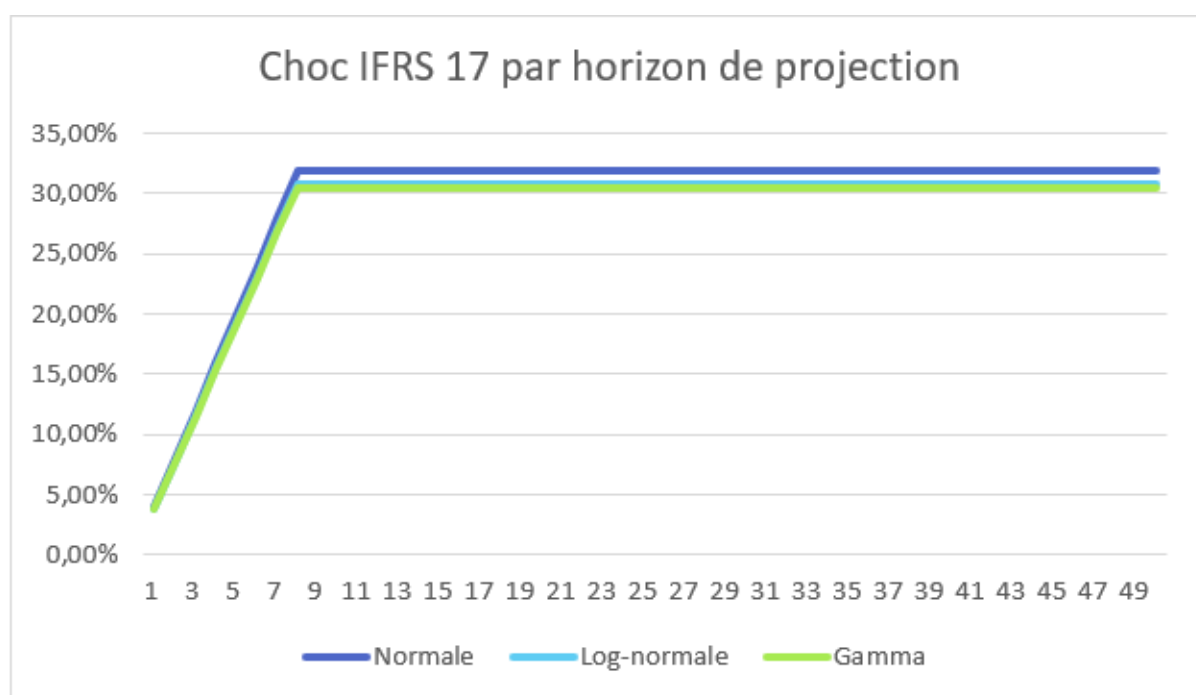


FIGURE 6.12 – Chocs IFRS 17 propre à la base *Épargne&Retraite* par horizon de projection

La base globale peut être interprétée de la même façon que la base épargne, car les contrats d'épargne dominent dans la base globale par rapport aux contrats de retraite.

- Passons maintenant au deuxième scénario, associé à la baisse ou ce que l'on appelle Lapse Down :

— Pour la base Épargne :

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	-33,77%
Log-normale	-36,19%
Gamma	-34,34%

FIGURE 6.13 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne - Down

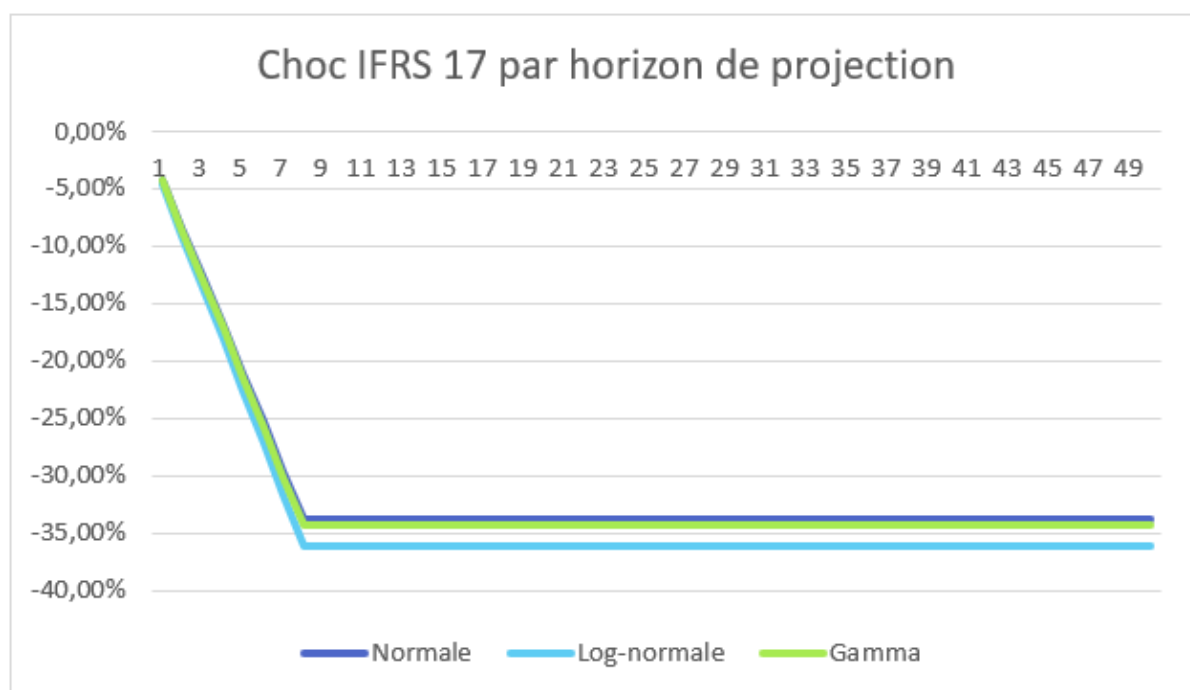


FIGURE 6.14 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne par horizon de projection - Down

La figure 6.14 présente l'évolution des trois chocs au fil du temps. On observe que pour un seuil d'appétence de 75%, les chocs des lois normale, log-normale et Gamma produisent des résultats à peu près similaires, caractérisés par une baisse avant la 8ème année. La figure 6.13 illustre quantitativement le choc correspondant

à un niveau de confiance de 75% et un horizon de 8 ans. Ce résultat est attendu car la relation démontrée à la fin de la section "Calcul de la trajectoire du choc" (voir section 2.iii) est linéaire et devient constante à partir de l'année  $T = 8$  ans. On remarque également que bien que les résultats soient très proches, les chocs sont classés par ordre décroissant comme suit : choc de la loi log-normale, choc de la loi Gamma, et enfin choc de la loi normale.

— *Pour la base Retraite :*

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	-111,96%
Log-normale	-174,42%
Gamma	-122,78%

FIGURE 6.15 – Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite - Down

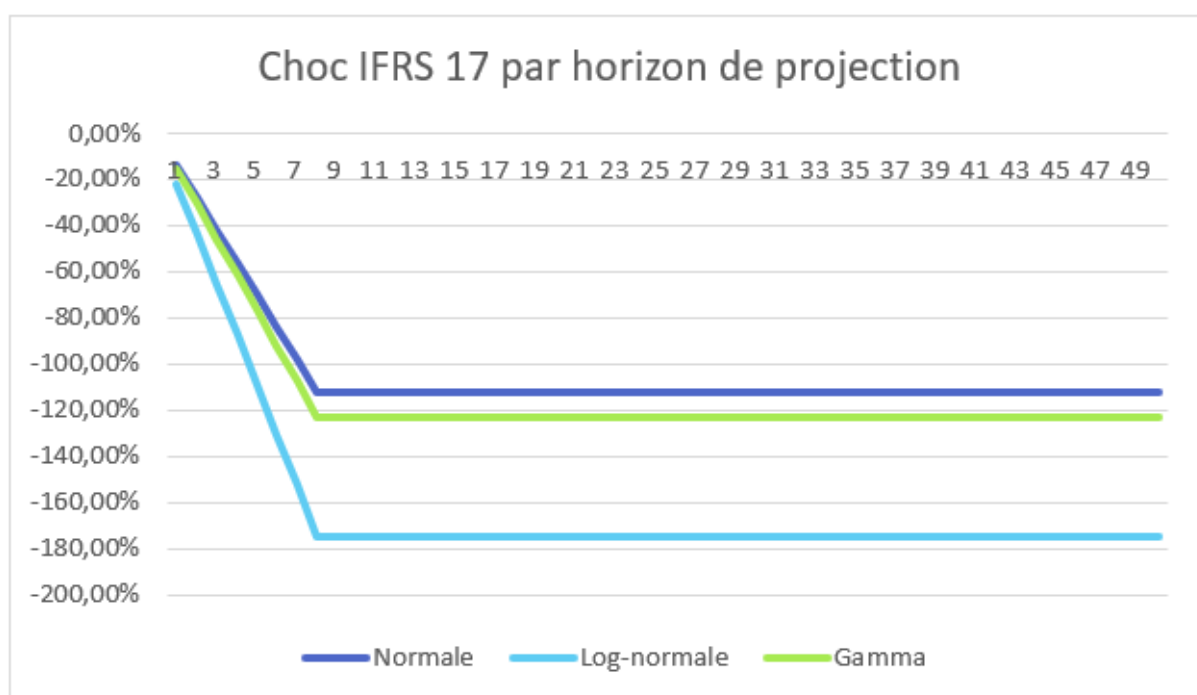


FIGURE 6.16 – Chocs IFRS 17 propre à la base Retraite par horizon de projection - Down

La figure 6.14 présente l'évolution des trois chocs mentionnés au fil du temps. On observe que pour un seuil d'appétence de 75%, les chocs des lois normale, log-normale et Gamma produisent des résultats différents, caractérisés tous par une

baisse avant la 8<sup>ème</sup> année. La figure 6.13 illustre quantitativement le choc correspondant à un niveau de confiance de 75% et un horizon de 8 ans. Les trajectoires sont linéaires et deviennent constantes à partir de l'année  $T = 8$  ans. On remarque également que les chocs sont classés par ordre décroissant comme suit : choc de la loi log-normale, choc de la loi Gamma, et enfin choc de la loi normale.

— *Pour la base Épargne&Retraite :*

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	-50,44%
Log-normale	-57,60%
Gamma	-51,88%

FIGURE 6.17 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite - Down

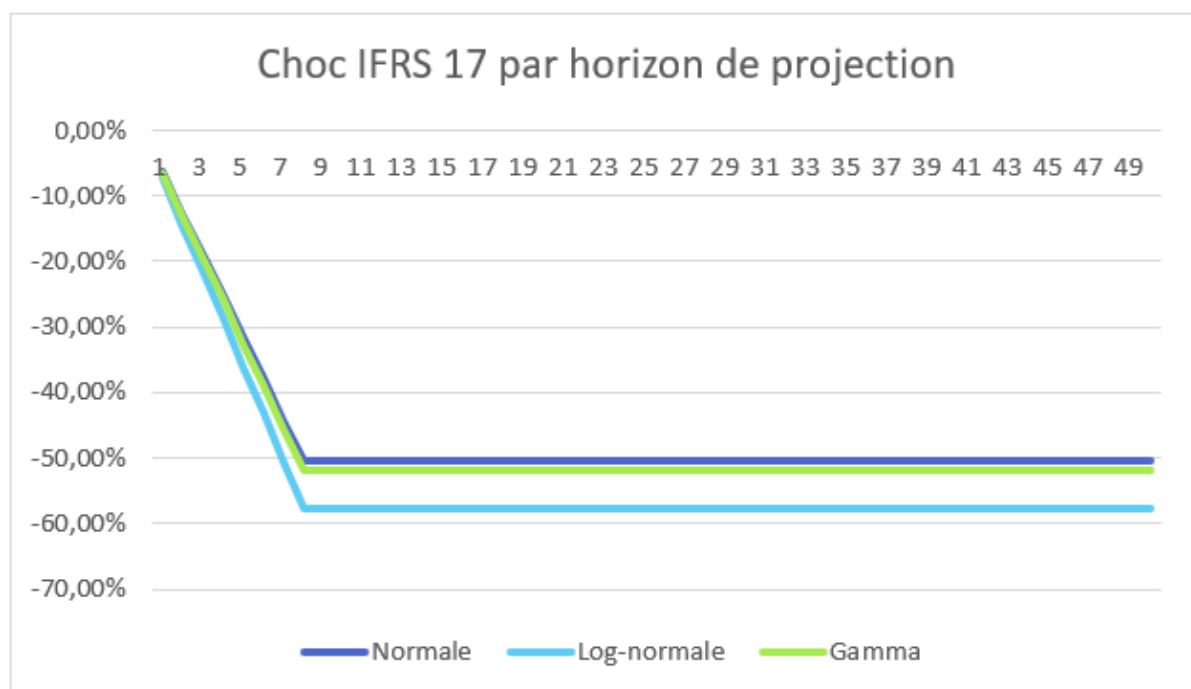


FIGURE 6.18 – Chocs IFRS 17 propre à la base Épargne&Retraite par horizon de projection - Down

La base globale peut être interprétée de la même manière que la base épargne, car les contrats d'épargne prédominent dans la base globale par rapport aux contrats de retraite.

## 6.3 Cadre pratique : Approche par scénarios pour le calcul du RA

Dans cette section, nous exposons les résultats relatifs à la détermination des chocs de rachat en utilisant les chocs des deux approches. Nous effectuons également des comparaisons avec les résultats obtenus pour le même niveau de confiance et le même horizon de temps.

Notons que le  $RA_{rachat}$  qui sera affiché est celui du lapse Up, étant donné que le Risk Adjustment est une provision destinée à couvrir les risques non financiers, ce montant doit être strictement positif. Dans le cas du scénario lapse Down, ou plus simplement en cas de baisse des taux de rachat, le RA calculé selon la formule 6.1 est négatif. Cela signifie que le BE central est supérieur à celui obtenu avec le scénario choqué, indiquant ainsi que le provisionnement déjà effectué avec les hypothèses centrales est suffisant. Par conséquent, le montant du RA est réduit à zéro.

### 3.i Résultats 1 : Détermination du RA en utilisant les chocs de l'approche 1 :

Dans cette partie, nous présenterons les résultats de l'ajustement pour risque calculés à l'aide des chocs obtenus par la deuxième approche en appliquant la formule 6.1 :

Voici les  $RA_{rachat}$  obtenus en cas de hausse des taux de rachat (**Lapse Up**) :

- **Pour la base Épargne :**

RA correspondant à la base Épargne	
Lapse	Up
Horizon	8 ans
Niveau de confiance	75%
Choc	37,03%
BE choqué	10 491 802 616,17
BE central	10 015 137 422,67
RA = BE choqué - BE central	476 665 193,51
$RA_{final} = \max(RA ; 0)$	476 665 193,51

FIGURE 6.19 – RA rachat pour la base Épargne - Lapse UP

- Pour la base Retraite :

RA correspondant à la base Retraite	
Lapse	Up
Horizon	11 ans
Niveau de confiance	75%
Choc	43,42%
BE choqué	1 199 365 038,16
BE central	1 158 109 982,33
RA = BE choqué - BE central	41 255 055,82
$RA_{final} = \max(RA ; 0)$	41 255 055,82

FIGURE 6.20 – RA rachat pour la base Retraite - Lapse UP

- Pour la base Épargne&Retraite :

RA correspondant à la base Épargne&Retraite	
Lapse	Up
Horizon	8 ans
Niveau de confiance	75%
Choc	37,03%
BE choqué	11 691 167 654,33
BE central	11 173 247 405,00
RA = BE choqué - BE central	517 920 249,33
$RA_{final} = \max(RA ; 0)$	517 920 249,33

FIGURE 6.21 – RA rachat pour la base Épargne&Retraite - Lapse UP

On remarque que les valeurs du tableau 'Épargne' sont supérieures à celles du tableau

'Retraite'. Ceci est totalement normal car les montants investis en épargne sont largement supérieurs aux montants investis en retraite.

Par conséquent, la compagnie d'assurance doit constituer des provisions en épargne plus importantes qu'en retraite, ce qui explique la différence des  $RA_{rachat}$  entre les deux bases.

De plus, il n'est pas possible de commenter les résultats plus en profondeur à ce stade. Un commentaire pourra être formulé après avoir comparé différentes approches pour le calcul du RA. C'est dans cette optique que nous procéderons dans les deux parties suivantes : d'abord, nous présenterons le RA calculé à l'aide des chocs de la deuxième approche ; ensuite, nous comparerons les résultats des deux approches.

### 3.ii Résultats 2 : Détermination du RA en utilisant les chocs de l'approche 2 :

Dans cette section, nous présenterons les résultats de l'ajustement pour risque calculés à l'aide des chocs obtenus par la deuxième méthode en appliquant la formule 6.1 :

Voici les  $RA_{rachat}$  obtenus :

- Pour le lapse Up :

	Lapse	Up			
	Horizon	8 ans			
	Niveau de confiance	75%			
		BE choqué	BE central	RA = BE choqué - BE central	$RA_{final} = \max(RA ; 0)$
Retraite	Normale	1 187 577 880,31	1 158 109 982,33	29 467 897,98	29 467 897,98
	Log normale	1 187 202 298,02	1 158 109 982,33	29 092 315,69	29 092 315,69
	Gamma	1 187 455 841,74	1 158 109 982,33	29 345 859,41	29 345 859,41
Épargne	Normale	10 344 151 905,22	10 015 137 422,67	329 014 482,55	329 014 482,55
	Log normale	10 344 024 646,08	10 015 137 422,67	328 887 223,41	328 887 223,41
	Gamma	10 343 933 001,28	10 015 137 422,67	328 795 578,61	328 795 578,61
Épargne&Retraite	Normale	11 531 729 785,53	11 173 247 405,00	358 482 380,53	358 482 380,53
	Log normale	11 531 226 944,10	11 173 247 405,00	357 979 539,10	357 979 539,10
	Gamma	11 531 388 843,02	11 173 247 405,00	358 141 438,02	358 141 438,02

FIGURE 6.22 – RA rachat pour chaque base, chaque loi, lapse UP

Comme précédemment expliqué dans les résultats du RA de la première approche, les valeurs du tableau 'Épargne' surpassent celles du tableau 'Retraite'. Cette différence est tout à fait normale étant donné que les montants investis en épargne sont supérieurs à ceux investis en retraite. Par conséquent, la compagnie d'assurance doit constituer des provisions plus importantes en épargne qu'en retraite, ce qui explique la différence des  $RA_{rachat}$  entre les deux bases.

### 3.iii Comparaison entre les $RA_{rachat}$ des deux approches :

Nous présenterons dans le tableau suivant les  $RA_{rachat}$  calculés par la même formule 6.1, mais en utilisant des chocs différents :

- Pour le lapse Up :

	RA pour lapse Up			
	Approche 1	Approche 2		
		Normale	Log-Normale	Gamma
<b>Retraite</b>	41 255 055,82	29 467 897,98	29 092 315,69	29 345 859,41
<b>Épargne</b>	476 665 193,51	329 014 482,55	328 887 223,41	328 795 578,61
<b>Retraite&amp;Épargne</b>	517 920 249,33	358 482 380,53	357 979 539,10	358 141 438,02

FIGURE 6.23 – Comparaison entre RA rachat des deux approches

Comme première remarque, les RA trouvés par la deuxième approche suivent l'évolution des chocs des trois modèles. Par exemple, pour la base Épargne, nous avons trouvé que les chocs de la loi normale sont les plus importants, suivis par les chocs de la loi log-normale et enfin par ceux de la loi Gamma. Cette relation est également observée pour les résultats RA en montant, ce qui était attendu, car le RA augmente avec le choc ; ainsi, le RA associé aux chocs de la loi normale doit être supérieur à celui associé aux chocs de la loi log-normale, et ce dernier doit être supérieur à celui associé aux chocs de la loi Gamma. Cela est conforme à ce qui est décrit sur la figure 6.23.

De même pour la base Retraite, il a été observé que les chocs suivent l'ordre décroissant suivant : normale, Gamma, log-normale. Cela est conforme au RA Retraite décrit sur la figure 6.23.

Pour comparer les deux approches, il est observé que les  $RA_{rachat}$  obtenus par l'approche de Cornish-Fisher sont inférieurs à ceux trouvés par la méthode de calibrage des chocs SBR. Cette différence était anticipée, étant donné d'une part que les chocs estimés par la deuxième approche sont inférieurs à ceux trouvés par la première méthode, et d'autre part, que la conversion des chocs SBR en chocs IFRS 17 produit des chocs généraux, alors que l'approche de Cornish-Fisher génère des chocs personnalisés pour notre portefeuille.

On peut conclure que l'approche de Cornish-Fisher est plus fiable, car elle repose sur une

estimation de chocs personnalisée au portefeuille, permettant ainsi de mieux répliquer le profil de risque réel du portefeuille.

## Conclusion générale

L'entrée en application de la norme IFRS 17 constitue un changement majeur pour les assureurs dans la comptabilisation des contrats d'assurance. Le concept d'ajustement pour risque, introduit par cette norme, pose de nombreux défis méthodologiques et opérationnels aux assureurs. La norme laisse aux assureurs la liberté de choisir leur propre méthode de calcul pour cet ajustement. La méthode la plus simple est l'approche par scénarios, où l'ajustement pour risque est obtenu en appliquant un choc des risques non-financiers sur la meilleure estimation (Best Estimate). Il est donc nécessaire de choisir les chocs à appliquer.

Ce mémoire propose deux approches pour déterminer ces chocs, en particulier pour le risque de rachat. Tout d'abord, une méthode de conversion des chocs SBR a été adoptée. Des adaptations ont été faites pour faciliter la transition du SBR vers la norme IFRS 17, tant en termes d'horizon temporel des risques que de niveau de confiance. La deuxième approche consiste à calculer la VaR (Value at Risk) en utilisant l'approximation de Cornish-Fisher afin de déterminer le choc correspondant. Cette méthode se distingue par sa précision et son efficacité opérationnelle.

La comparaison entre les deux approches montre que la deuxième approche est particulièrement efficace, car elle permet de mieux répliquer le profil de risque réel du portefeuille. En se libérant du conservatisme inhérent au calibrage de la première approche, la deuxième méthode permet aux assureurs de gérer leurs risques de manière plus précise.

Enfin, le calcul des montants d'ajustement pour risque marginaux de rachat ( $RA_{\text{rachat}}$ ) par type de produit, puis pour l'ensemble du portefeuille, a été réalisé. Les résultats montrent que les  $RA_{\text{rachat}}$  obtenus par l'approche de Cornish-Fisher sont inférieurs à ceux obtenus par la méthode de calibrage des chocs SBR. Cette différence était attendue, car les chocs estimés par la deuxième approche sont inférieurs à ceux trouvés par la première méthode.

# Bibliographie

1. ACAPS. 2017. *Solvabilité basées sur les risques*. Projet de circulaire de l'ACAPS, Document de consultation.  
[https://www.acaps.ma/sites/default/files/publication\\_documents/instruction\\_ndeg\\_p.in\\_.012020\\_du\\_14\\_07\\_2020\\_ifrs.pdf](https://www.acaps.ma/sites/default/files/publication_documents/instruction_ndeg_p.in_.012020_du_14_07_2020_ifrs.pdf)
2. Addactis. 2024. *Réconciliation multinorme : comparaison Solvabilité 2 – IFRS 17 et transition du P&L d'IFRS 4 à IFRS 17*.  
<https://content.addactis.com/hubfs/Website/addactis-fr-ifrs17-expertpaper-reconciliation-multinormes.pdf>
3. ACAPS. 2024. *Instruction N° P.IN.01/2024 relative aux conditions d'établissement et de reporting, par les entreprises d'assurances et de réassurance, de leurs états financiers consolidés conformément aux normes IFRS*.  
[https://www.acaps.ma/sites/default/files/publication\\_documents/instruction\\_ndeg\\_p.in\\_.012020\\_du\\_14\\_07\\_2020\\_ifrs.pdf](https://www.acaps.ma/sites/default/files/publication_documents/instruction_ndeg_p.in_.012020_du_14_07_2020_ifrs.pdf)
4. MEF. 2023. *Loi de Finances 2023*.  
[https://www.finances.gov.ma/Publication/db/2023/BO\\_7154-bis\\_Fr.pdf](https://www.finances.gov.ma/Publication/db/2023/BO_7154-bis_Fr.pdf). MEF : Ministère de l'Economie et des Finances.
5. Direction Générale des Impôts. *Site officiel de la Direction Générale des Impôts*.  
<https://www.tax.gov.ma/wps/portal/DGI/Accueil?classic=1>
6. Projet de circulaire de l'ACAPS. 2018. *Solvabilité basées sur les risques (SBR)*. Document de consultation.
7. Guillaume Bletio. 2018. *Impact des lois de mortalité dans des représentations Solvabilité II et IFRS 17*.  
<https://www.institutdesactuaire.com/docs/mem/c4bb01b64e5018c8f47673ccb78e9b32.pdf>

8. Optimind Winter. 2014. *De la norme IAS 39 à IFRS 9 Enjeux et perspectives d'une transition globale.*  
[https://www.optimind.com/medias/documents/285/20141113\\_OW\\_PDJ\\_IAS39vsIFRS9\\_VF.pdf](https://www.optimind.com/medias/documents/285/20141113_OW_PDJ_IAS39vsIFRS9_VF.pdf)
9. Axel Arnault. 2016. *Utilisation de techniques statistiques pour le calibrage du risque de rachat en assurance vie.*  
<https://www.institutdesactulaires.com/docs/mem/0321ddf09bc13533b135cd705b6d68f9.pdf>
10. IASB. 2015. *Addressing the consequences of different effective dates of IFRS 9 and the new insurance contracts Standard : IFRS 4 approaches.*  
<https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/meetings/2015/july/iasb/insurance-contracts-ifrs-9-ifrs-14/ap2b-addressing-consequences-diff-dates-ifrs9-new-insurance-standard-ifrs4-approaches.pdf>
11. Laurent Lanzini. 2020. *IFRS 17 Les défis d'une révolution comptable pour les entreprises d'assurances.*  
<https://blgsqr.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/03/focus-square-ifrs-17.pdf>
12. Marion Velut. 2018. *Enjeux et modélisation de l'ajustement pour risque sous la norme IFRS 17.*  
[https://www.institutdesactulaires.com/global/gene/link.php?news\\_link=mem%2F7fc5430935ac8ed1dced3b7b8d9e98f6.pdf&fg=1](https://www.institutdesactulaires.com/global/gene/link.php?news_link=mem%2F7fc5430935ac8ed1dced3b7b8d9e98f6.pdf&fg=1)
13. Tachfine El Alami. 2023. *Ajustement pour risque sous IFRS 17 Méthodologie de calcul et liens avec le cadre Solvabilité 2.*  
[https://hal.science/tel-04313848v1/file/Th%C3%A8se\\_El\\_Alami\\_Tachfine.pdf](https://hal.science/tel-04313848v1/file/Th%C3%A8se_El_Alami_Tachfine.pdf)
14. Tachfine El Alami. 2022. *Risk Adjustment under IFRS 17 : An adaptation of Solvency 2 one-year aggregation into an ultimate view framework.*  
<https://hal.science/hal-03762799/document>
15. Tachfine El Alami. 2020. *Risk Adjustment : Techniques d'évaluation et adaptation des calculs Solvabilité 2.*  
<https://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226-02.nsf/0/>

f7348a07ed83e403c125853e00581635/\$FILE/M%C3%A9moire\_Act\_Tachfine\_EL\_ALAMI.pdf

16. Anandan Lamartine. 2020. *Ajustement pour risque sous IFRS 17 : détermination du niveau de confiance associé au montant de l'ajustement pour risque.*  
[https://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226-02.nsf/9c8e3fd4d8874d60c1257052003eced6/c0a56de0ee4fd9f7c12588040029932e/\\$FILE/Memoire%20LAMARTINE%20Anandan.002.pdf/Memoire%20LAMARTINE%20Anandan.pdf](https://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226-02.nsf/9c8e3fd4d8874d60c1257052003eced6/c0a56de0ee4fd9f7c12588040029932e/$FILE/Memoire%20LAMARTINE%20Anandan.002.pdf/Memoire%20LAMARTINE%20Anandan.pdf)
17. Yahya SAADANI HASSANI. 2019. *Modélisation de l'ajustement pour risque sous IFRS 17 pour un assureur vie.*  
<https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/18e517b3cdbfa706636fcd5df220cb1d.pdf>
18. Maroua CHIKHAOUI. 2015. *Gestion de risque de portefeuille : Estimation de VaR et CVaR.*  
<https://inria.hal.science/hal-01246153/document>
19. AMAN DÉDÉ ÈVE ANIÉLA. *IMPACT DU RISQUE DE SPREAD SOUVERAIN SUR LA SOLVABILITÉ D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURANCE VIE.*  
<https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/ab77963218d0a8e1c1baace116473343.pdf>

# Annexe

## A4 Code R du lissage de LOESS

```
install.packages("readxl")

library("readxl")

epargne <- "C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/epargne avant lissage.xlsx"
retraite <- "C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/retraite avant lissage.xlsx"
global <- "C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/global avant lissage.xlsx"

# Lire la première feuille Excel
epargne <- read_excel(epargne, sheet= "Feuil1")
retraite <- read_excel(retraite, sheet= "Feuil1")
global <- read_excel(global, sheet= "Feuil1")

#appliquer le lissage |
smoothed_rachat <- loess(taux ~ anciennete, data = epargne)
smoothed_rachat <- loess(taux ~ anciennete, data = retraite)
smoothed_rachat <- loess(taux ~ anciennete, data = global)

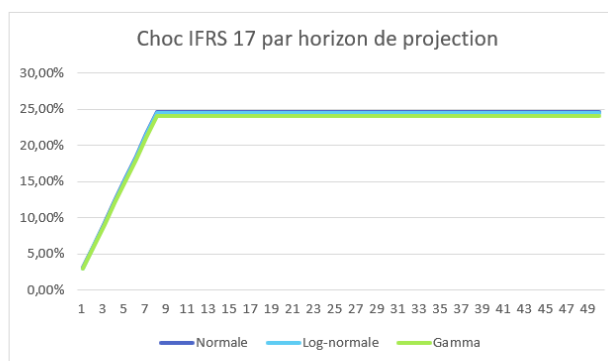
# Prédire les valeurs ajustées
predictions <- predict(smoothed_rachat, newdata = epargne)
predictions <- predict(smoothed_rachat, newdata = retraite)
predictions <- predict(smoothed_rachat, newdata = global)
epargne$taux_rachat_ajustes <- predictions
retraite$taux_rachat_ajustes <- predictions
global$taux_rachat_ajustes <- predictions
summary(epargne$taux_rachat_ajustes)
summary(retraite$taux_rachat_ajustes)
summary(global$taux_rachat_ajustes)
write.csv(epargne,"C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/epargne_apres_lissage.csv", row.names = FALSE)
write.csv(retraite,"C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/retraite_apres_lissage.csv", row.names = FALSE)
write.csv(global,"C:/Users/HP EliteBook 840 G6/Downloads/global_apres_lissage.csv", row.names = FALSE)
```

FIGURE A4.1 – Code R du lissage de LOESS

## A5 Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Épargne

Horizon (en année)	8
Niveau de confiance	75,00%
Laspe (Up/Down)	Up

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	24,64%
Log-normale	24,44%
Gamma	24,07%



Horizon	Normale	Log-normale	Gamma
1	3,08%	3,05%	3,01%
2	6,16%	6,11%	6,02%
3	9,24%	9,16%	9,02%
4	12,32%	12,22%	12,03%
5	15,40%	15,27%	15,04%
6	18,48%	18,33%	18,05%
7	21,56%	21,38%	21,06%
8	24,64%	24,44%	24,07%
9	24,64%	24,44%	24,07%
10	24,64%	24,44%	24,07%
11	24,64%	24,44%	24,07%

FIGURE A5.1 – Outil de calibration des chocs - Épargne

## A6 Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Retraite

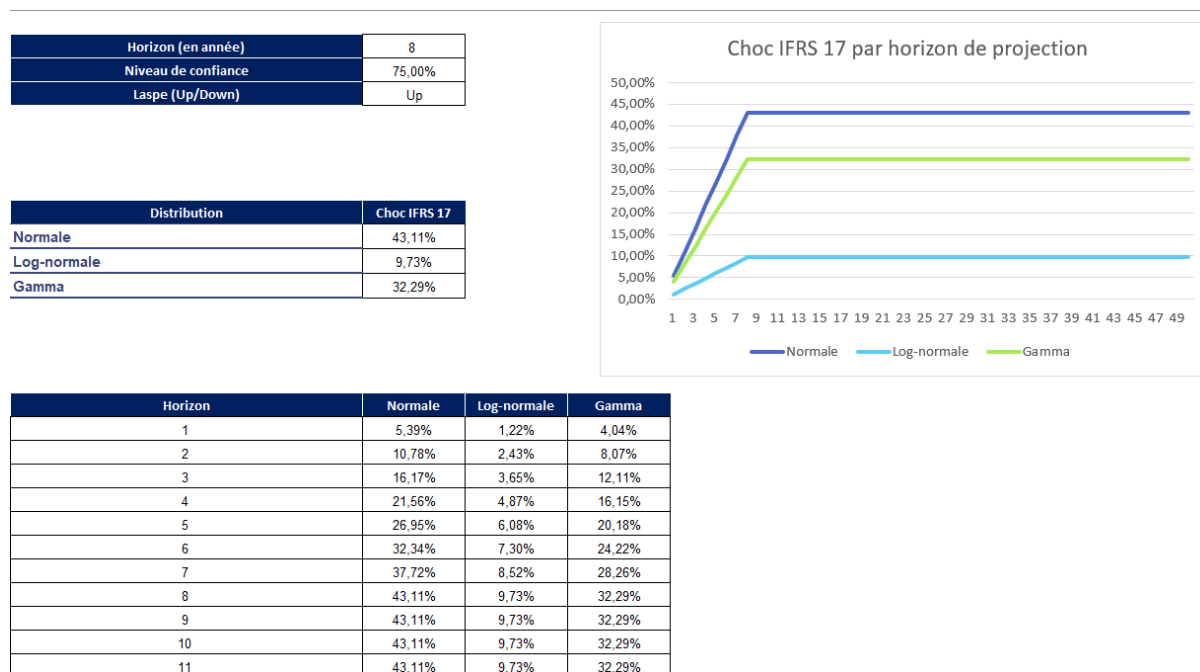
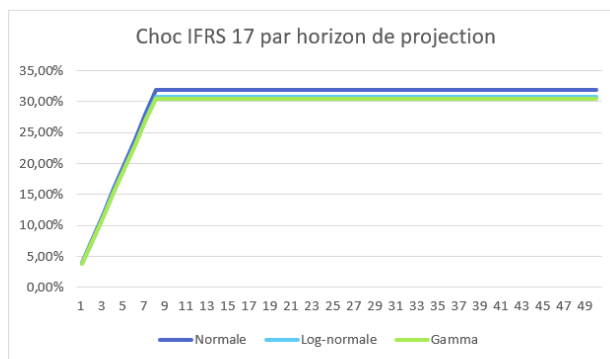


FIGURE A6.1 – Outil de calibration des chocs - Retraite

# A7 Outil de calibration des chocs - Cornish-Fisher - Épargne&Retraite

Horizon (en année)	8
Niveau de confiance	75,00%
Laspe (Up/Down)	Up

Distribution	Choc IFRS 17
Normale	31,96%
Log-normale	30,83%
Gamma	30,52%



Horizon	Normale	Log-normale	Gamma
1	3,99%	3,85%	3,82%
2	7,99%	7,71%	7,63%
3	11,98%	11,56%	11,45%
4	15,98%	15,41%	15,26%
5	19,97%	19,27%	19,08%
6	23,97%	23,12%	22,89%
7	27,96%	26,97%	26,71%
8	31,96%	30,83%	30,52%
9	31,96%	30,83%	30,52%
10	31,96%	30,83%	30,52%
11	31,96%	30,83%	30,52%

FIGURE A7.1 – Outil de calibration des chocs - Épargne&Retraite