

Mémoire présenté le :

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

Par : Halima FOURNIER

Titre Développement et application de méthodes long terme pour retraiter
l'effet Bow Wave sur un portefeuille d'épargne sous la norme IFRS17.

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

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

*Membre présents du jury de l'Institut
des Actuaires*

Membres présents du jury de l'ISFA

Entreprise :

Nom : KPMG

Signature : 

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Maxime BRARD

Signature : 

Invité :

Nom :

Signature :

**Autorisation de publication et de mise
en ligne sur un site de diffusion de
documents actuariels (après expiration
de l'éventuel délai de confidentialité)**

Signature du responsable entreprise



Signature du candidat



Table des matières

Résumé	i
Abstract	iii
Synthèse	v
Summary	xi
Remerciements	xvi
Introduction	1
1 La norme IFRS17 : Une nouvelle communication financière	2
1.1 Application de la norme IFRS17	4
1.1.1 Identification des contrats	4
1.1.2 Séparation des composantes du contrat	4
1.1.3 Segmentation des contrats	5
1.1.4 Date de comptabilisation des contrats	6
1.2 Les modèles d'évaluation des passifs	7
1.2.1 Le modèle <i>Building Block Approach</i> (BBA)	7
1.2.1.1 La marge de service contractuelle	8
1.2.1.2 L'ajustement pour risque	19
1.2.1.3 Le Best Estimate	20
1.2.2 Le modèle Variable Fee Approach (VFA)	22
1.2.3 Le modèle Premium Allocation Approach	24
2 Modélisation d'un produit d'assurance vie	26
2.1 L'essentiel de l'assurance vie : une introduction à la probabilité risque neutre et au monde réel	26
2.1.1 Introduction à l'assurance vie	26
2.1.2 La notion de Market consistent	27
2.1.3 Univers de projection risque neutre	28
2.1.4 Univers de projection monde réel	30
2.2 Modéliser l'avenir économique : une présentation des générateurs de scénarios et des modèles	32
2.2.1 Les générateurs de scénarios économiques	32
2.2.2 Le LIBOR Market Model +	34
2.2.2.1 Le LIBOR Market Model (LMM)	34
2.2.2.2 Displaced Diffusion LIBOR Market Model (DD LMM)	36
2.2.2.3 Stochastic Volatility Displaced Diffusion LIBOR Market Model	37
2.2.3 Le modèle CIR2++	38

2.2.3.1	Modèle de taux court CIR (Cox, Ingersoll et Ross 1985)	38
2.2.3.2	Modèle de taux court CIR++	39
2.2.3.3	Modèle de taux court CIR2++	39
2.3	La modélisation de scénarios économiques avec DEvent	42
3	Stratégies de pilotage et optimisation de la CSM en VFA	45
3.1	L'effet bow wave	46
3.2	Les méthodes de correction de l'effet bow Wave	47
3.2.1	Présentation des méthodes	47
3.2.1.1	Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement	48
3.2.1.2	Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période	49
3.2.1.3	Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM	49
3.2.1.4	Méthode 4 : Calcul d'une CSM miroir monde réel	50
3.2.2	Scénarios étudiés	50
3.2.2.1	Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses	51
3.2.2.2	Scénario 2 : Faible CSM initiale	51
3.2.2.3	Scénario 3 : Baisse des taux	52
3.2.2.4	Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux	52
3.2.2.5	Scénario 5 : Faible effet de mutualisation	53
3.2.2.6	Scénario 6 : Fort effet de mutualisation	54
3.2.2.7	Étude supplémentaire : Ajout de nouveaux contrats	55
3.2.2.8	Bilan des scénarios étudiés	56
3.3	Risk mitigation	57
3.3.1	Répartition des risques	57
3.3.2	Utilisation de produits dérivé	58
3.3.3	Gestion active des portefeuilles de contrats	59
4	Application des méthodes de correction de l'effet bow wave sur le portefeuille d'un assureur vie	60
4.1	Model Point	61
4.1.1	Model Point actif	62
4.1.1.1	Les obligations	62
4.1.1.2	Les actions et l'immobilier	65
4.1.2	Model Point passif	65
4.2	Modélisation	67
4.2.1	Hypothèses retenues	68
4.2.1.1	Hypothèses financières	68
4.2.1.2	Hypothèses techniques	68
4.2.2	Résultats de la modélisation DEvent	70
4.3	Implémentation des méthodes de correction de l'effet bow wave	71
4.3.1	Correction de l'effet bow wave	71
4.3.1.1	Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement	73
4.3.1.2	Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période	76
4.3.1.3	Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM	79
4.3.2	Études de Scénarios	83
4.3.2.1	Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses	83
4.3.2.2	Scénario 2 : Faible CSM initiale	84
4.3.2.3	Scénario 3 : Baisse des taux	85
4.3.2.4	Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux	87
4.3.2.5	Scénario 5 : Faible effet de mutualisation	88

4.3.2.6	Scénario 6 : Fort effet de mutualisation	89
4.3.3	Synthèse de l'étude sur les données réelles	90
4.4	Limites de l'étude	92
Conclusion		94
Bibliographie		i
Table des figures		iii
Table des tableaux		iv

Résumé

En mai 2017, la nouvelle norme comptable IFRS 17 est publiée par l'IASB (*International Accounting Standard Board*) chargé d'élaborer et de superviser les normes comptables internationales. Il s'agit d'une norme de principe, de ce fait, trouver des méthodes de calcul adéquates à chacun des principes relève de la responsabilité de chaque entité. Du fait de sa complexité, sa mise en application a été reportée de deux ans et représente un enjeu actuariel et comptable majeur.

Cette étude, ayant servi de base de travail pour un grand nombre d'assureurs, a pour objectif d'élaborer des méthodes de correction pour l'effet "*Bow wave*" induit par la mise en place d'IFRS 17 pour les contrats éligibles à l'évaluation VFA dans le cadre du pilotage du résultat IFRS de l'assureur. L'enjeu est de déterminer des unités de couverture permettant de réduire cet effet "*bow-wave*" par une reconnaissance plus économique des résultats en tenant compte de tous les services rendus qui sont la gestion des actifs et la performance.

Ce mémoire présente les généralités de la norme IFRS 17 ainsi que les mécanismes y afférents à l'aide d'illustrations basées sur des exemples simplifiés. Il s'intéresse ensuite à la modélisation ALM et aux choix de modélisation sélectionnés. Il fournit une étude des méthodes de correction de l'effet bow wave induit par la mise en place d'IFRS 17 et la détermination d'une méthode robuste basée sur la modification de l'unité de couverture.

Bien que recommandée à l'issue des expérimentations, l'étude de la méthode de modification de l'unité de couverture ainsi que les autres méthodes ont été approfondies par une application numérique d'un portefeuille qui nous permet de conclure de façon définitive sur la robustesse et la viabilité de ces dernières. Pour ce faire, les différentes méthodes ont été implémentées à partir de données réelles anonymisées provenant d'un client KPMG. La création de modèle point suivie de la modélisation ALM sur le logiciel DEvent, puis des analyses sur les limites de chaque méthode, ont confirmé la robustesse de la méthode avec modification de l'unité de couverture en conditions réelles.

Trois principales limites se dégagent de la méthode avec modification de l'unité de couverture. La première est la difficulté opérationnelle de la mise en place de cette méthode et plus particulièrement la difficulté de la modélisation en monde réel. La seconde limite mise en évidence dans notre étude est l'augmentation du rythme de relâchement de la CSM. En effet, l'utilisation de la méthode *fair value approach* par le client permet l'obtention d'une CSM constante à la transition même en effectuant un retraitement de l'effet bow wave. L'utilisation de méthodes rétrospectives à la transition impliquerait l'application rétrospective du retraitement de l'effet *bow wave*, impliquant une baisse de la CSM à la transition et limitant ainsi l'optimisation future du résultat IFRS 17. Il conviendrait d'étudier l'effet de ce retraitement avec des méthodes d'estimation différentes à la date de transition. La dernière limite identifiée et n'apparaissant pas dans notre étude est l'interaction du traitement de l'effet "*bow wave*" avec la *risk mitigation*. En effet, cette interaction apparaît comme une contrainte supplémentaire en termes de méthodologie qu'il faudrait intégrer dans de futurs travaux de recherche.

Mots clés : IFRS 17, marge de service contractuelle, ajustement pour risque, best estimate, compte de résultat IFRS 17, assurance vie, Bow Wave effect, VFA, ALM, Asset Liability Management, GSE, risk mitigation.

Abstract

In May 2017, the new accounting standard IFRS 17 was published by the IASB (International Accounting Standard Board) responsible for developing and overseeing international accounting standards. This is a principle-based standard, and as such, finding adequate calculation methods for each of the principles is the responsibility of each entity. Due to its complexity, its implementation was postponed by two years and represents a major actuarial and accounting challenge.

This study, which served as the basis for work for many insurers, aims to develop correction methods for the "Bow wave" effect induced by the implementation of IFRS 17 for contracts eligible for the VFA valuation in the context of the insurer's IFRS result management. The challenge is to determine coverage units that reduce this "bow-wave" effect through a more economic recognition of results, taking into account all rendered services, which are asset management and performance.

This thesis presents the generalities of the IFRS 17 standard as well as the related mechanisms using illustrations based on simplified examples. It then focuses on ALM modeling and selected modeling choices. It provides a study of correction methods for the bow wave effect induced by the implementation of IFRS 17 and the determination of a robust method based on the modification of the coverage unit.

Although recommended after experimentation, the study of the coverage unit modification method, as well as other methods, was further developed through a numerical application of a portfolio, which allows us to definitively conclude on the robustness and viability of these methods. To do this, the different methods were implemented using anonymized real data from a KPMG client. The creation of model points followed by ALM modeling on the DEvent software and analyses on the limits of each method confirmed the robustness of the method with modification of the coverage unit under real conditions.

Three main limitations emerge from the method with modification of the coverage unit. The first is the operational difficulty of implementing this method and more particularly the difficulty of modeling in the real world. The second limit highlighted in our study is the increase in the pace of CSM release. Indeed, the use of the fair value approach method by the client allows for the obtaining of a constant CSM at the transition, even when reprocessing the bow wave effect. The use of retrospective methods at the transition would involve the retrospective application of the bow wave effect reprocessing, resulting in a decrease in CSM at the transition and thus limiting future optimization of the IFRS17 result. It would be appropriate to study the effect of this reprocessing using different estimation methods at the transition date. The last limit identified, which does not appear in our study, is the interaction of the treatment of the bow wave effect with risk mitigation. Indeed, this interaction appears as an additional constraint in terms of methodology that should be integrated into future research work.

Key words : IFRS 17, contractual service margin, risk adjustment, best estimate, IFRS 17 income statement, life insurance, Bow Wave effect, VFA, ALM, Asset Liability Management, GSE, risk mitigation

Synthèse

Introduction

La norme IFRS 17 n'est pas facile à mettre en place en raison de sa complexité et nécessite souvent des ressources extérieures à l'entreprise. En effet, il s'agit d'une norme basée sur des principes et chaque entité est responsable de trouver des méthodes de calculs adéquates pour chacun de ces principes. Le recours à des prestataires externes est souvent nécessaire pour sa mise en place. C'est ainsi que s'inscrit le cadre de notre étude qui est : comment optimiser le rythme de reconnaissance de la Marge de Service Contractuelle (CSM) sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA) et plus précisément, comment corriger l'effet "*Bow wave*" induit par la mise en place d'IFRS 17 pour les contrats éligibles à l'évaluation VFA.

La norme IFRS17

L'entrée en vigueur d'IFRS 17 impose aux assureurs une homogénéisation internationale des normes comptables afin de favoriser la transparence des comptes et d'améliorer la comparabilité auprès des organismes d'assurance. IFRS 17 implique une production supplémentaire de passifs économiques ainsi qu'une plus grande précision que celle requise par Solvabilité 2. Le rythme de reconnaissance du résultat est également modifié en profondeur avec l'ajout de la marge de service contractuelle (CSM) au passif du bilan. Son évaluation nécessite une analyse de mouvement sur les passifs *Best Estimate* (BE) et *Risk Adjustment* (RA) et requiert l'utilisation des modèles *Asset Liability Management* (ALM) et des Générateurs de Scénarios Economique (GSE). Son compte de résultat a un impact sur le développement économique futur de l'entité.

Le modèle VFA

L'approche VFA est une adaptation du modèle général de comptabilité d'assurance (BBA) permettant d'intégrer le lien économique fort entre le passif d'assurance et les éléments sous-jacents (souvent les placements financiers). L'approche VFA s'applique aux contrats participatifs directs et permet d'apporter une cohérence dans les modalités de comptabilisation des contrats d'assurance, évitant ainsi une incohérence comptable dans le résultat.

Dans ce modèle, le calcul des charges d'intérêts de la CSM est modifié par rapport au modèle général. La CSM sous le modèle VFA, à condition de disposer d'une CSM suffisante, absorbe les variations d'estimation des flux futures issues des conditions économiques et financières en plus des variations déjà identifiées de la BBA.

Les générateurs de scénarios économiques

Les Générateurs de Scénarios Economiques (GSE) ont pour but de fournir différentes trajectoires économiques afin d'optimiser la gestion d'actifs. L'obtention de plusieurs scénarios économiques est nécessaire pour avoir une estimation précise des passifs économiques, car certains contrats possèdent des options qui ne se déclenchent que dans des scénarios particuliers. Plus précisément, il s'agit d'obtenir des projections cohérentes des valeurs d'actifs sur la base de trajectoires stochastiques.

Il existe deux catégories de GSE :

- Les modèles composites : chaque classe d'actifs est décrite de manière ad hoc, puis elles sont agrégées pour obtenir une description globale de l'actif. Le modèle composite est le plus utilisé dans la pratique.
- Les modèles intégrés : plusieurs classes d'actifs sont décrites de manière structurée à partir d'une variable explicative de référence.

Les GSE sont aujourd'hui des outils indispensables à la gestion des risques assurantiels. En effet, les normes comptables, et plus particulièrement la norme IFRS 17, imposent de mesurer les options détenues dans les produits d'assurance.

Les modèles stochastiques présentés dans ce mémoire sont implémentés dans le GSE interne de l'entreprise, qui permet la production de scénarios stochastiques pour le taux d'intérêt, l'action, l'immobilier, le crédit et l'inflation. Ces éléments sont nommés facteurs de risque.

L'effet bow wave

En VFA, la part revenant à l'assureur dans la variation de valeurs des actifs sous-jacents est reconnue en CSM, celle-ci est répartie sur la durée résiduelle du contrat. En d'autres termes, une partie de ce surplus est allouée à la CSM à chaque période d'évaluation et relâchée ultérieurement durant la durée de vie du contrat. Cet ajout d'une partie de ce surplus à la CSM induit un retard systématique de l'écoulement de celle-ci au cours du temps et implique un retard de comptabilisation des bénéfices qui se cumulent jusqu'à la fin de la période de couverture.

Cette accumulation due à la différence entre le relâchement de la CSM d'une part, et cet ajout continu d'une partie des rendements plus élevés que celui attendu d'autre part, repousse les bénéfices obtenus durant la période de couverture. En outre, cela crée, au sens figuré, une sorte de vague appelée "*Bow wave effect*".

Bien qu'étant une conséquence directe de l'application de la norme IFRS 17, l'effet *bow wave* est contradictoire avec les exigences de la norme qui demandent une reconnaissance des bénéfices en temps réel au fur et à mesure du service rendu (*cf. §B199, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*).

Cette conséquence n'est pas stipulée par la norme. Elle implique donc à chaque entité d'établir des méthodes robustes et de corriger cet effet non désiré pour être conforme à la norme IFRS 17. L'enjeu est de déterminer des unités de couverture (UC) permettant de réduire cet effet *bow wave* par une reconnaissance plus économique des résultats en tenant compte de tous les services rendus qui sont la gestion des actifs et la performance.

Application des méthodes de correction de l'effet bow wave sur un portefeuille fictif

L'étude des différents scénarios a permis de mettre en évidence certains avantages et inconvénients dans les différentes méthodes de correction de l'effet *Bow Wave*.

En effet, les méthodes 1 et 2 possèdent une mise en œuvre relativement plus simple et un calcul anticipé avant la date de clôture est réalisable. Toutefois, ces deux méthodes ont montré une volatilité plus importante que les méthodes 3 et 4 lorsque la correction est réalisée en début de période pour des taux variables.

La méthode 1, de par sa volatilité importante dans le cas d'une CSM initiale faible et la possibilité d'obtenir des taux de relâchement aberrants, n'est pas acceptable d'un point de vue normatif.

Les méthodes 3 et 4 permettent d'obtenir des résultats plus stables en cas de variations de taux par rapport aux méthodes 1 et 2. Cependant, la méthode 3 est difficile à appliquer lors de la clôture d'un point de vue opérationnel.

La méthode 4, quant à elle, nécessite de réaliser les calculs en fin d'année et demande un travail supplémentaire pour la gestion de la CSM RW. La gestion de la CSM RW de la méthode 4, bien que plus longue, n'est pas contraignante sur un exemple simple tel que le nôtre, mais elle double le nombre de calculs à réaliser, ce qui n'est pas envisageable pour les équipes d'une entité dans le cas d'un portefeuille réel en assurance vie. Enfin, la méthode 4 est exclue car elle ne répond pas aux exigences énoncées par les CAC, à ce jour, où le calcul en parallèle d'une CSM RW est proscrit.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM	Méthode 4: CSM miroir
Avantages	- Facilité de mise en œuvre - Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		Résultats stables en cas de variations de taux	
Inconvénients	- Volatilité importante en cas de CSM initiale faible - Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période - Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture	- Nécessité de gérer une CSM RW en parallèle qui induit deux fois plus de calculs - Obligation d'effectuer les calculs en fin d'année

FIGURE 1 – Avantages et inconvénients des scénarios étudiés

La méthode 2, « Modification de l'unité de couverture » vision début de période, est la méthode recommandée. Cette méthode est la plus robuste des quatre méthodes et la plus en accord avec les exigences demandées par la norme. Elle permet :

- Une stabilité satisfaisante par rapport aux autres méthodes lors des différents scénarios testés.
- Un gain de temps considérable dans les calculs comparé à la méthode 4, car elle ne nécessite aucun lancement de *run* parallèle lors de la clôture.

- La réalisation des calculs en début d’année, afin de ne pas surcharger le processus de clôture.
- Une certaine flexibilité pour ajuster les calculs de façon simple en début ou fin de période, si le besoin de réduire la volatilité est requis.
- Elle est en phase avec les principes en réflexion par les CAC à date :
 - Absence de CSM monde réel calculée en parallèle.
 - L’ajustement doit être réalisé sur une base début de période.
 - Un seul écoulement de CSM est autorisé pour des problématiques d’affichage.
 - Gouvernance claire nécessaire dans la définition du scénario monde réel.

Application des méthodes de correction de l’effet *bow wave* sur le portefeuille d’un assureur vie

L’étude des différents scénarios sur un portefeuille réel a permis de mettre en évidence certains avantages et inconvénients, parfois différents de ceux conclus dans l’étude des méthodes sur un portefeuille fictif, dans les différentes méthodes de correction de l’effet *bow wave*.

Sur un portefeuille réel, les méthodes 1 et 2 possèdent les mêmes avantages que ceux prévus dans l’étude précédente. Elles présentent une mise en œuvre relativement plus simple et la réalisation d’un calcul anticipé avant la date de clôture est possible.

Cependant, la méthode 1 a montré une volatilité importante dans les scénarios illustrant le cas d’une faible CSM initiale ainsi que dans le cas d’une variation de taux. Cette volatilité importante en cas de variation de taux n’a pas été observée sur le portefeuille fictif, mais est présente sur notre portefeuille réel. La méthode 1 étudiée sur le portefeuille réel possède également la possibilité de générer des taux de relâchement aberrants. L’ensemble de ces résultats conduit à la même conclusion que l’étude réalisée sur des données fictives, qui est que la méthode de correction de l’effet *bow wave* par la modification du taux de relâchement n’est pas acceptable.

Dans l’étude précédente, la méthode 2 basée sur la modification de l’unité de couverture possédait une volatilité plus grande que la méthode 3 en cas de variation des taux lorsque l’estimation est basée en début de période. Dans l’étude sur un portefeuille réel d’un assureur-vie, nous avons également noté une volatilité de la méthode 2 lorsque l’estimation est basée en début de période. Cependant, cette volatilité est moins importante que celle de la méthode 3.

Enfin, la méthode 3 calculant un surplus de CSM montre, tout comme l’étude sur des données fictives, une stabilité des résultats en cas de faible CSM initiale et une déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture. Toutefois, l’étude de la méthode 3 de correction de l’effet *bow wave* sur des données réelles a révélé une volatilité plus importante que les méthodes 1 et 2 en cas de variation des taux.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM
Avantages	• Facilité de mise en œuvre • Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		• Résultats stables en cas de CSM initiale faible
Inconvénients	• Volatilité importante en cas de CSM initiale faible • Volatilité importante en cas de variation de taux • Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	• Volatilité notable en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	• Volatilité plus importante que les méthodes 1 et 2 en cas de variation de taux • Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture

TABLE 1 – Avantages et inconvénients des scénarios étudiés sur un portefeuille réel

À la suite de notre première étude sur des données fictives et de notre étude sur le portefeuille d'un assureur-vie, la méthode 2 fondée sur la modification de l'unité de couverture, en début de période, est la méthode la plus robuste et la plus en accord vis-à-vis des exigences demandées par la norme.

Sa meilleure stabilité par rapport aux autres méthodes implémentées sur les différents scénarios fait de la méthode 2, modifiant l'unité de couverture, la méthode la plus robuste.

D'un point de vue normatif, c'est la méthode respectant, à ce jour, l'ensemble des exigences réfléchies par les CAC :

- Absence de CSM monde réel calculée en parallèle.
- L'ajustement doit être réalisé sur une base début de période.
- Un seul écoulement de CSM est autorisé pour des problématiques d'affichage.
- Gouvernance claire nécessaire dans la définition du scénario monde réel.

Enfin, d'un point de vue opérationnel, la méthode 2 permet la réalisation des calculs en début d'année afin de ne pas surcharger le processus de clôture, ainsi qu'une certaine flexibilité d'ajustement des calculs de façon simple en début ou fin de période, si le besoin de réduire la volatilité est requis. Nous notons aussi dans cette étude que la méthode 2 possède un temps de calcul acceptable.

Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons fait le choix d'appliquer la méthode 2 de correction sur ce portefeuille d'assurance vie.

Conclusion et limites

Bien qu'étant plus performante que les autres méthodes, trois principales limites se dégagent de la méthode avec modification de l'unité de couverture. La première est la difficulté opérationnelle de la mise en place de cette méthode et plus particulièrement la difficulté de la modélisation en monde réel. En effet, la méthode de modélisation dans cet univers reste complexe pour la plupart des acteurs. La seconde limite mise en évidence dans notre étude est l'augmentation du rythme de relâchement de la CSM. En effet, l'utilisation de la méthode *fair value approach* par le client permet l'obtention d'une CSM constante à la transition même en effectuant un retraitement de l'effet *bow*

wave. L'utilisation de méthodes rétrospectives à la transition impliquerait l'application rétrospective du retraitement de l'effet *bow wave*, impliquant une baisse de la CSM à la transition et limitant ainsi l'optimisation future du résultat IFRS17. Il conviendrait d'étudier l'effet de ce retraitement avec des méthodes d'estimation différentes à la date de transition.

La dernière limite identifiée et n'apparaissant pas dans notre étude est l'interaction du traitement de l'effet *bow wave* avec la *risk mitigation*. En effet, cette interaction apparaît comme une contrainte supplémentaire en termes de méthodologie qu'il faudrait intégrer dans de futurs travaux de recherche.

Summary

Introduction

The implementation of IFRS 17 is not straightforward due to its complexity and often requires external resources for companies. As it is a principle-based standard, finding adequate calculation methods for each principle is the responsibility of each entity. Therefore, the use of external service providers is often necessary for its implementation. This is the framework of our study, which aims to optimize the pace of CSM recognition under the variable fee approach (VFA) model, specifically how to correct the "Bow wave" effect induced by the implementation of IFRS 17 for contracts eligible for VFA evaluation.

IFRS17 standard

The implementation of IFRS 17 requires insurers to standardize their accounting practices internationally to promote transparency and improve comparability with insurance entities. IFRS 17 entails additional production of economic liabilities and greater precision than that required by Solvency 2. The pace of recognition of results is also significantly changed with the addition of the contractual service margin (CSM) to the balance sheet liability. Its evaluation requires analysis of Best Estimate (BE) and Risk Adjustment (RA) liability movements and necessitates the use of Asset Liability Management (ALM) models and economic scenario generators (ESG). Its income statement affects the future economic development of the entity.

VFA model

The Variable Fee Approach (VFA) accounting model is an adaptation of the general model (BBA) that integrates the strong economic link between the insurance liability and the underlying items (often financial investments). The VFA model applies to direct participating contracts and provides consistency in accounting for insurance contracts to avoid accounting inconsistencies in results.

In this model, the calculation of interest expenses on the CSM is modified compared to the general model. The CSM under the VFA model, provided there is sufficient CSM, absorbs the variations in estimation of future cash flows from economic and financial conditions in addition to variations already identified in the BBA.

Economic scenario generators

The purpose of economic scenario generators (ESGs) is to provide different economic trajectories to optimize asset management. Obtaining multiple economic scenarios is necessary to have an accurate estimate of economic liabilities since some contracts have options that only trigger in

particular scenarios. Specifically, it involves obtaining consistent projections of asset values based on stochastic trajectories.

There are two categories of ESGs :

- Composite models : each asset class is described ad hoc, and then they are aggregated to obtain an overall description of the asset. The composite model is the most commonly used in practice.
- Integrated models : several asset classes are structuredly described from a reference explanatory variable.

ESGs are now indispensable tools for managing insurance risks. Indeed, accounting standards and more particularly the IFRS 17 standard require measuring the options held in insurance products.

The stochastic models presented in this report are implemented in the company's internal ESG, which allows the production of stochastic scenarios for interest rates, equities, real estate, credit, and inflation. These elements are called risk factors.

Bow wave effect

In the VFA model, the share of the insurer in the underlying asset value variation is recognized in CSM, which is spread over the remaining duration of the contract. In other words, part of this surplus is allocated to CSM at each valuation period and subsequently released during the contract's lifetime. This addition of part of the surplus to CSM induces a systematic delay in its flow over time and implies a delay in recognizing profits cumulating until the end of the coverage period.

This accumulation due to the difference between the release of CSM on the one hand, and this continuous addition of part of the returns higher than expected on the other hand, delays the profits obtained during the coverage period. Moreover, this creates a metaphorical wave called the "Bow wave effect."

Although a direct consequence of the implementation of the IFRS 17 standard, the Bow wave effect contradicts the standard's requirements, which demand recognition of profits in real-time as the service is rendered (cf. §B199, IFRS 17 Contracts...)

Application of bow wave effect correction methods on a fictitious portfolio

The study of different scenarios has revealed certain advantages and disadvantages in the various methods of correcting the Bow Wave Effect.

Indeed, methods 1 and 2 have a simple implementation and anticipated calculation before the closing date is feasible. However, these two methods have shown greater volatility than methods 3 and 4 when the correction is made at the beginning of the period for variable rates.

Method 1, due to its significant volatility in the case of a low initial CSM and the possibility of

obtaining aberrant release rates, is not acceptable from a normative point of view.

Methods 3 and 4 allow for more stable results in the case of rate variations compared to methods 1 and 2. However, method 3 is difficult to decline operationally at closing.

Method 4, on the other hand, requires calculations to be made at the end of the year and additional work by managing the RW CSM. Managing the RW CSM of method 4, although longer, is not constraining on a simple example such as ours but it doubles the number of calculations to be performed, which is not feasible for the teams of an entity in the case of an actual life insurance portfolio. Finally, method 4 is excluded because it does not meet the requirements stated by the CAC at a time when parallel calculation of an RW CSM is prohibited.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM	Méthode 4: CSM miroir
Avantages	- Facilité de mise en œuvre - Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		Résultats stables en cas de variations de taux	
Inconvénients	- Volatilité importante en cas de CSM initiale faible - Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période - Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture	- Nécessité de gérer une CSM RW en parallèle qui induit deux fois plus de calculs - Obligation d'effectuer les calculs en fin d'année

FIGURE 2 – Advantages and disadvantages of the scenarios studied

Method 2 : "Coverage Unit Modification" beginning of period view is the recommended method. This method is the most robust of the four methods and most in line with the requirements of the standard. It allows :

- A better stability compared to other methods in the different tested scenarios is satisfactory.
- Considerable time savings in calculations compared to Method 4 due to not requiring any parallel run launch during closure.
- Calculation completion at the beginning of the year to avoid overloading the closure process.
- Certain flexibility in adjusting calculations in a simple way at the beginning or end of the period if there is a need to reduce volatility.
- It is in line with the principles being considered by the CAC to date :
 - No real-world CSM calculated in parallel.
 - The adjustment must be made on a beginning-of-period basis.
 - Only one flow of CSM is allowed for display issues.
 - Clear governance is necessary in defining the real-world scenario.

Application of bow wave effect correction methods on the portfolio of a life insurer

The study of different scenarios on a real portfolio has highlighted certain advantages and disadvantages, sometimes different from those concluded in the study of methods on a fictitious portfolio, in the various methods of correcting the bow wave effect.

On a real portfolio, methods 1 and 2 have the same advantages as those predicted in the previous study. They offer a simple implementation, and the completion of an anticipated calculation before the closing date is possible.

However, Method 1 has shown significant volatility in scenarios illustrating the case of a low initial CSM as well as in the case of a rate variation. This significant volatility in the case of rate variation was not observed on the fictitious portfolio but is present on our real portfolio. The Method 1 studied on the real portfolio also has the ability to generate aberrant release rates. All of these results lead to the same conclusion as the study conducted on fictitious data, which is that the method of correcting the bow wave effect by modifying the release rate is not acceptable from a normative point of view.

In the previous study, Method 2, based on the modification of the coverage unit, had greater volatility than Method 3 in the event of rate variation when the estimate is based at the beginning of the period. In the study of a real portfolio of a life insurer, we also noted volatility of Method 2 when the estimate is based at the beginning of the period. However, this volatility is less significant than that of Method 3.

Finally, Method 3, which calculates a surplus of CSM, shows, like the study on fictitious data, stability of results in the case of a low initial CSM and difficult operational declination at closure. However, the study of Method 3 for correcting the bow wave effect on real data revealed greater volatility than Methods 1 and 2 in the event of rate variation.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM
Avantages	• Facilité de mise en œuvre • Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		• Résultats stables en cas de CSM initiale faible
Inconvénients	• Volatilité importante en cas de CSM initiale faible • Volatilité importante en cas de variation de taux • Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	• Volatilité notable en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	• Volatilité plus importante que les méthodes 1 et 2 en cas de variation de taux • Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture

TABLE 2 – Advantages and disadvantages of the scenarios studied on an actual portfolio

Following our first study on simulated data and our study on the portfolio of a life insurer, the method 2 based on modifying the coverage unit at the beginning of the period is the most robust and compliant method with the requirements set by the standard.

Its greater stability compared to the other methods implemented in different scenarios makes the method 2, modifying the coverage unit, the most robust method.

From a normative point of view, it is the method that currently meets all the requirements set by the CAC :

- No real-world CSM calculated in parallel.
- The adjustment must be made on a beginning-of-period basis.
- Only one CSM flow is allowed for display purposes.
- Clear governance is necessary in defining the real-world scenario.

Finally, from an operational point of view, method 2 allows for calculations to be performed at the beginning of the year in order to not overload the closing process, as well as some flexibility in adjusting the calculations in a simple way at the beginning or end of the period if the need to reduce volatility arises. We also note in this study that method 2 has an acceptable computation time.

For all these reasons, we have chosen to apply the correction method 2 to this life insurance portfolio.

Conclusion and limitations

Although being more performant than other methods, three main limitations arise from the method with modification of the coverage unit. The first is the operational difficulty of implementing this method, and more specifically the difficulty of modeling in the real world. Indeed, the modeling method in this universe remains complex for most actors. The second limitation highlighted in our study is the increase in the pace of CSM release. Indeed, the use of the fair value approach method by the client allows for the obtaining of a constant CSM at the transition, even when reprocessing the bow wave effect. The use of retrospective methods at the transition would involve the retrospective application of the bow wave effect reprocessing, resulting in a decrease in CSM at the transition and thus limiting future optimization of the IFRS17 result. It would be appropriate to study the effect of this reprocessing using different estimation methods at the transition date.

The last identified limitation, which does not appear in our study, is the interaction of the treatment of the bow wave effect with risk mitigation. Indeed, this interaction appears as an additional constraint in terms of methodology that should be integrated into future research work.

Remerciements

Je remercie Maxime Brard, mon tuteur et manager, de m'avoir accueillie dans son équipe, pour sa pédagogie ainsi que sa bienveillance tout au long de ce mémoire.

Je souhaite particulièrement remercier Esterina Masiello, ma tutrice académique, pour ses précieux conseils qui m'ont permis d'avancer tout au long de mes travaux.

Je voudrais aussi vivement remercier Jean-Marc Bascan, directeur de l'Institut des Risques Assurantiels et Financiers, ainsi que Cédric Fontan, directeur technique, actuariat et indemnisation, pour leurs soutiens et leurs encouragements tout au long de ces deux masters. Je voudrais également les remercier pour leurs nombreux conseils sur le projet professionnel que je souhaitais mener et pour tout ce qu'ils m'ont enseigné.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble de l'équipe actuariat de KPMG pour leur générosité, leur bienveillance et leur bonne humeur qui m'ont permis de réaliser l'étude dans un cadre exceptionnel. J'adresse une attention particulière à Jules Remy Sarant et Romain Veremme pour m'avoir guidée dans mes recherches et pour leurs nombreux conseils.

Je voudrais enfin remercier ma famille et mes proches pour leur soutien sans faille ainsi que toutes les personnes ayant participé, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce mémoire.

Introduction

Les compagnies d'assurances perçoivent des primes de la part des assurés en vue de l'indemnisation des sinistres futurs. Par conséquent, toute leur activité économique et commerciale est fondée sur ce que l'on appelle l'anticipation des risques. Contrairement aux activités commerciales classiques, il est impossible, dans le domaine de l'assurance, de savoir, au moment de la vente d'un contrat d'assurance, quel sera son prix de revient. En effet, il dépend du taux de sinistralité et du montant des sinistres indemnisés. Dès lors, en assurance vie, la sinistralité correspond à l'événement décès ou survie de l'assuré.

Les compagnies d'assurance vie sont donc exposées à des risques appartenant essentiellement aux actifs, à leurs engagements présents au passif, ainsi qu'aux corrélations existant entre les deux. Les rendements financiers mis en évidence à l'actif influent directement sur l'évolution du passif. Ainsi, une gestion correcte des relations Actif-Passif permet à l'assureur d'anticiper l'impact d'une évolution du marché sur sa solvabilité.

L'entrée en vigueur d'IFRS 17 impose aux assureurs une homogénéisation internationale des normes comptables afin de favoriser la transparence des comptes et améliorer la comparabilité auprès des organismes d'assurance. IFRS 17 implique une production supplémentaire de passifs économiques ainsi qu'une plus grande précision que ce qu'imposait Solvabilité 2. Le rythme de reconnaissance du résultat est lui aussi modifié en profondeur avec l'ajout de la marge de service contractuelle (CSM) au passif du bilan. Son évaluation nécessite une analyse de mouvement sur les passifs *Best Estimate* (BE) et *Risk Adjustment* (RA) et requiert l'utilisation des modèles *Asset Liability Management* (ALM) et des générateurs de scénarios économiques (GSE). Son compte de résultat a un impact sur le développement économique futur de l'entité.

La norme IFRS 17 n'est pas évidente à mettre en place du fait de sa complexité. En effet, il s'agit d'une norme de principe. De ce fait, trouver des méthodes de calcul adéquates à chacun des principes relève de la responsabilité de chaque entité. Le recours aux prestataires extérieurs est bien souvent nécessaire pour sa mise en place. C'est ainsi que s'inscrit le cadre de notre étude qui est : comment optimiser le rythme de reconnaissance de la CSM sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA) et plus précisément, comment corriger l'effet "*Bow wave*" induit par la mise en place d'IFRS 17 pour les contrats éligibles à l'évaluation VFA.

Ce mémoire introduira tout d'abord la norme IFRS 17, puis la gestion d'Actif-Passif ainsi que la recherche de méthodes adaptées à IFRS 17 pour le traitement du "*Bow Wave effect*".

Chapitre 1

La norme IFRS17 : Une nouvelle communication financière

Sommaire

1.1	Application de la norme IFRS17	4
1.1.1	Identification des contrats	4
1.1.2	Séparation des composantes du contrat	4
1.1.3	Segmentation des contrats	5
1.1.4	Date de comptabilisation des contrats	6
1.2	Les modèles d'évaluation des passifs	7
1.2.1	Le modèle <i>Building Block Approach</i> (BBA)	7
1.2.1.1	La marge de service contractuelle	8
1.2.1.2	L'ajustement pour risque	19
1.2.1.3	Le Best Estimate	20
1.2.2	Le modèle Variable Fee Approach (VFA)	22
1.2.3	Le modèle Premium Allocation Approach	24

Ce chapitre a pour but de présenter de façon générale la norme IFRS 17 ainsi que les modèles d'évaluation des passifs.

IFRS 17 est une norme internationale qui permet l'homogénéisation des normes comptables afin d'améliorer la transparence de l'information financière et faciliter la comparaison entre les entreprises fournissant des services d'assurance. Elle permet aux investisseurs de prendre des décisions d'investissement plus éclairées. La norme IFRS 17 a été introduite par l'*International Accounting Standards Board* (IASB) qui est chargée d'élaborer et de superviser les normes comptables internationales.

Cette norme est basée sur une vision économique des passifs et porte uniquement sur les contrats d'assurance et les contrats financiers qui incluent une participation aux bénéfices discrétionnaires. Contrairement à la norme Solvabilité 2, les contrats financiers sans participation aux bénéfices discrétionnaires sont exclus sous IFRS 17. Elle ne requiert donc que les composantes relatives aux contrats d'assurance pour le bilan et le compte de résultat comme présenté ci-dessous (Figure 1.1) :

IFRS17 : Exclusion des contrats financiers sans Participation aux Bénéfices Discretionnaire (PBD)

Solvabilité 2 : Tous les contrats sont pris en compte

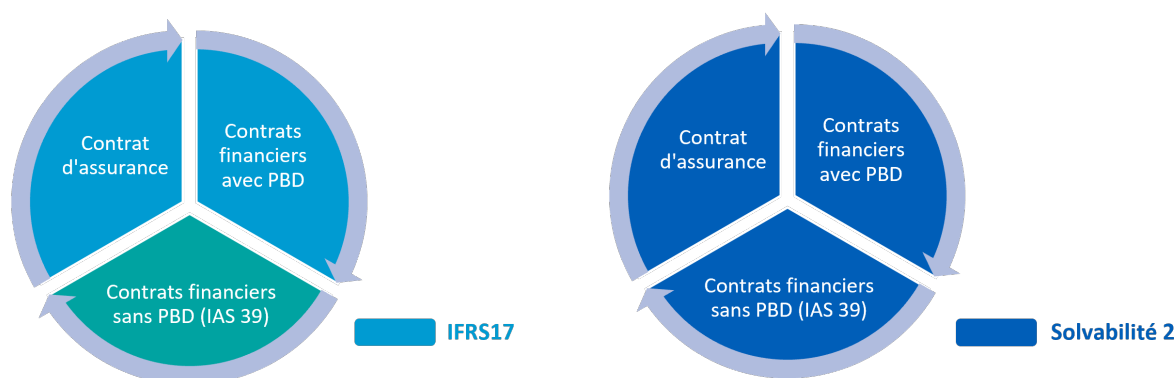


FIGURE 1.1 – Champ d'application IFRS 17

IFRS 17 présente trois objectifs majeurs :

- Uniformiser les méthodes de valorisation et comptabilisation des passifs d'assurances. En d'autres termes, il s'agit de ne plus utiliser les normes comptables locales par assureurs comme c'était le cas avec IFRS 4, mais d'établir un nouveau standard international.
- Apporter une meilleure lisibilité en distinguant le résultat d'assurance et le résultat financier. Ce qu'IFRS 4 ne permettait pas de distinguer clairement.
- Améliorer la comparabilité des organismes en rendant cohérente la représentation de la performance avec les autres activités économiques.

Il faut noter que la norme IFRS 17 permet un renforcement de la qualité de l'information à l'aide d'une granularité plus fine que la norme prudentielle Solvabilité 2. Son entrée en vigueur, initialement prévue le 1er janvier 2021, aura finalement lieu le 1er janvier 2023 du fait de son niveau de complexité et de problématiques encore non résolues.

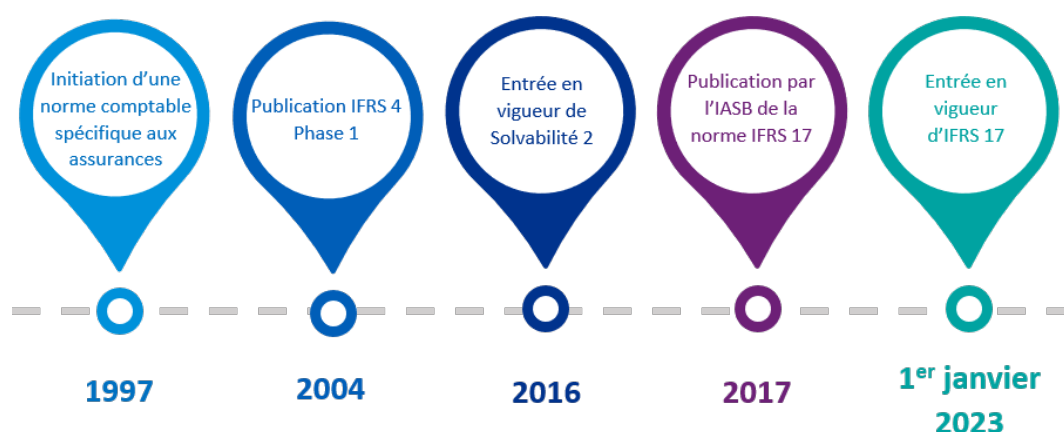


FIGURE 1.2 – Échéancier prévu - IASB

La suite de ce chapitre se décomposera en deux parties : la présentation de la norme dans un premier temps avec ses modalités d'application. Et, dans un second temps, les modèles d'évaluation des passifs ainsi que les éléments le constituant sous IFRS 17.

1.1 Application de la norme IFRS17

1.1.1 Identification des contrats

Comme nous l'avons énoncé précédemment, les organismes d'assurances doivent appliquer la nouvelle norme IFRS 17 sur les éléments du passif suivant :

- Les contrats d'assurance (traités de réassurance compris) émis. Par contrat d'assurance, nous considérons la définition suivante de l'IASB : « *un contrat selon lequel une partie (l'émetteur) prend en charge un risque, autre que le risque financier, important pour une autre partie (le titulaire) en convenant d'indemniser le titulaire si un événement futur incertain spécifié (l'événement assuré) porte préjudice au titulaire* ». En somme, il s'agit de tous les contrats contenant un risque d'assurance significatif.
- Les contrats financiers avec participation aux bénéfices discrétionnaires émis. Ces contrats ne possèdent pas de risque d'assurance significatif mais ils possèdent comme particularité de détenir une participation aux bénéfices avec des éléments de discrétion.
- Les traités de réassurance détenus.

1.1.2 Séparation des composantes du contrat

Une fois les contrats concernés par la norme IFRS 17 définis, l'étape suivante est la séparation des composantes de chaque contrat d'assurance. Cette séparation des composantes constitue une particularité d'IFRS 17. En effet, il s'agit d'isoler au sein de chaque contrat (Figure 1.3) :

- La composante assurance.
- Les biens et services distincts.
- Les dérivés incorporés.
- La composante d'épargne distincte.
- La composante d'épargne non distincte.

Nous considérerons, ici la composante d'épargne distincte lorsque celle-ci peut être évaluée séparément de la composante principale. A contrario, nous considérerons la composante d'épargne non distincte lorsque celle-ci ne peut être évaluée sans sa composante principale.

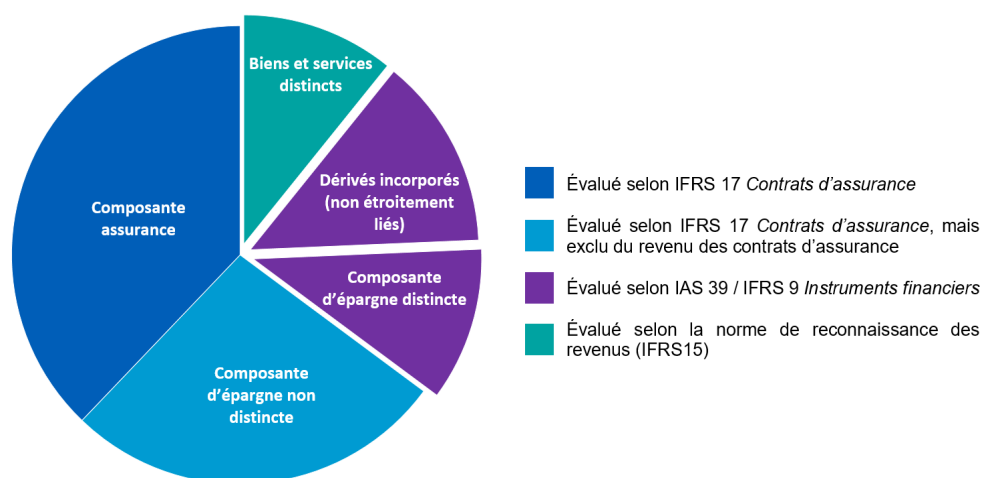


FIGURE 1.3 – Séparation des composantes du contrat

Le but de cette séparation est de retenir uniquement les composantes concernées par la norme IFRS17. En effet, les dérivés incorporés et la composante d'épargne distincte doivent être évalués selon la norme IFRS 9. Les biens et services distincts doivent être évalués selon la norme IFRS 15. Seules les composantes d'assurance et d'épargne non distincts sont évaluées selon IFRS 17.

1.1.3 Segmentation des contrats

La troisième étape consiste à segmenter les contrats sous trois niveaux : portefeuille, cohorte et enfin groupe de profitabilité, comme illustré en Figure 1.4.

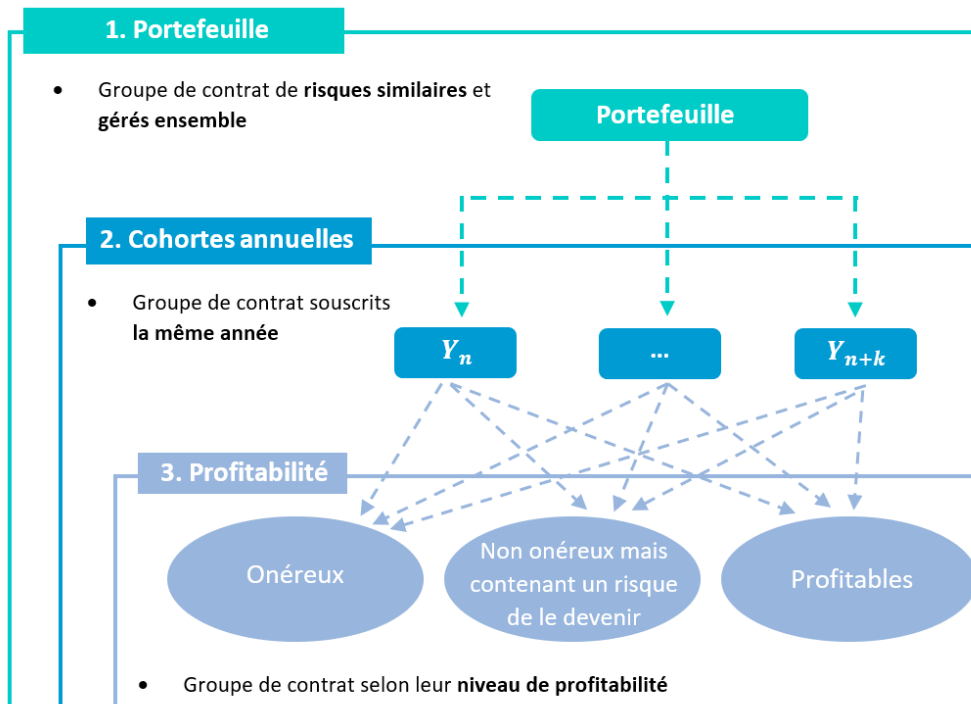


FIGURE 1.4 – Segmentation des contrats

En premier lieu, la segmentation des contrats en portefeuilles consiste à regrouper les contrats possédant des risques d'assurance similaires et gérés ensemble (*cf. §14, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*). Cela implique de regrouper ensemble les contrats issus des mêmes lignes de produits. Chaque entreprise doit donc définir ses propres portefeuilles.

Dans un second temps, les contrats sont agrégés selon leur année de souscription ce qui implique que deux contrats souscrits à plus de 12 mois d'écart ne peuvent être dans le même groupe de contrats. Ainsi, deux contrats peuvent appartenir au même portefeuille mais ne seront pas dans le même groupe. Selon les derniers amendements, la cohorte annuelle pour la VFA sera supprimée. Ce mémoire étant réalisé en 2020, cet amendement ne sera pas pris en compte dans ce dernier.

Enfin, le dernier niveau de segmentation est celui en fonction du niveau de profitabilité des contrats à leur souscription. Ce niveau de segmentation des contrats repose sur la connaissance de la marge de service contractuelle (CSM) qui représente la valeur du profit attendu et non encore réalisé du contrat. Cette notion sera définie de façon plus détaillée dans la suite du mémoire.

Trois niveaux de profitabilité sont définis pour regrouper les contrats selon les critères IFRS 17 (*cf. §16-21, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*) :

- Les contrats onéreux : possédant une CSM nulle.
- Les contrats non onéreux mais possédant une probabilité de le devenir : possédant une CSM légèrement supérieure à zéro.
- Les autres contrats du portefeuille : profitables avec un risque non significatif de devenir onéreux.

Ce regroupement nécessite le calcul de la CSM au préalable et reste fixe durant la durée de vie des contrats. Cependant, la qualification d'un groupe de contrats peut quant à elle évoluer dans le temps. Par conséquent, il n'est pas exclu qu'un groupe de contrats non onéreux, mais présentant un risque de le devenir, deviennent onéreux.

1.1.4 Date de comptabilisation des contrats

La date de comptabilisation des contrats sous IFRS 17 diffère de celle utilisée sous Solvabilité 2 comme illustré dans la Table 1.1. Sous Solvabilité 2, la date de signature du contrat ou la date de non dénonciation de la tacite reconduction est considérée comme date de première comptabilisation des contrats. Cette date est nommée date d'engagement.

Sous IFRS 17, la date de début de couverture assurantielle est utilisée comme date de première comptabilisation des contrats en règle générale, bien qu'il existe quelques cas particuliers. En effet, la comptabilisation à la date de couverture assurantielle est compromise pour les contrats onéreux, car la perte doit être immédiatement comptabilisée dans le poste composante de perte ou *Loss Component* (LC). La date de souscription sera donc retenue.

Il en est de même pour les contrats financiers où la date de couverture n'est pas connue. La date de versement de la première prime sera la date de première comptabilisation. Enfin, la date de première comptabilisation des contrats est la date d'éligibilité de la prime, si celle-ci est antérieure à la date de couverture.

	Date de signature du contrat	Date de début de la couverture	Date de versement de la première prime
Solvabilité 2	✓		
Onéreux	✓		
Profitable		✓	
Date de couverture inconnu			✓
Éligibilité de la prime antérieure à la couverture			✓

TABLE 1.1 – Date de comptabilisation des contrats

1.2 Les modèles d'évaluation des passifs

L'IASB a développé un modèle d'évaluation applicable à l'ensemble des contrats d'assurance, avec des adaptations pour tenir compte des caractéristiques de certains contrats. Il existe trois modèles d'évaluation sous IFRS 17 (Figure 1.5) :

- Le modèle *Building Block Approach* (BBA).
- Le modèle *Variable Fee Approach* (VFA).
- Le modèle *Premium Allocation Approach* (PAA).

Le modèle *Building Block Approach* (BBA) est le modèle général. Il est applicable à tous les contrats, à l'exception des contrats participatifs directs : c'est-à-dire ceux qui organisent un lien entre le contrat d'assurance et les éléments sous-jacents. Ces contrats seront évalués sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA) (Cf 1.2.2 Le modèle Variable Fee Approach). Pour tous les autres contrats c'est la méthode BBA qui est applicable par défaut.

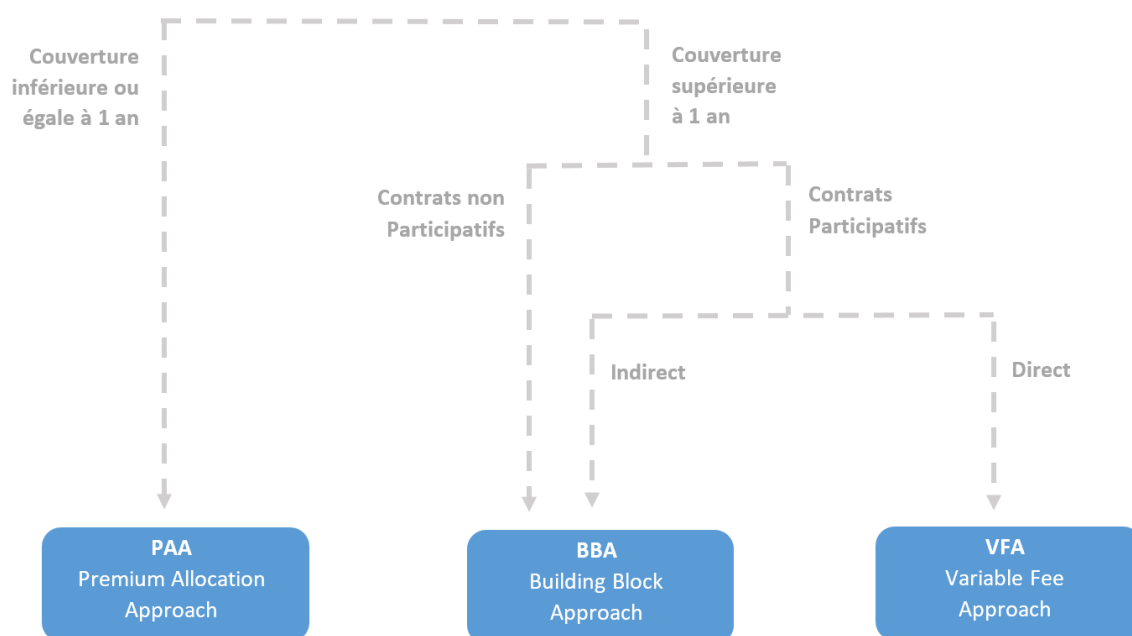


FIGURE 1.5 – Modèles d'évaluation des passifs

La méthode *Premium Allocation Approach* (PAA) est une option. C'est un modèle d'évaluation simplifié pour la période de couverture résiduelle des contrats dont la durée de couverture est inférieure ou égale à 1 an. Comme il s'agit d'une simplification, cette méthode est optionnelle contrairement à la VFA où, dès lors qu'un contrat vérifie ses critères, son application est obligatoire.

1.2.1 Le modèle *Building Block Approach* (BBA)

Le modèle BBA est le modèle d'application standard. Dans ce modèle, le service rendu aux assurés correspond uniquement à la couverture d'un risque d'assurance et donc à la prestation d'assurance. Ce service varie en fonction des clauses du contrat d'assurance et se matérialise comptablement par la CSM.

L'évaluation de l'écoulement du service rendu se fait à l'aide des unités de couvertures ou *Coverage Units* (CU) qui correspondent "au volume de services prévus aux contrats d'assurance fourni par les contrats du groupe, déterminé en considération, pour chaque contrat, du volume de prestations fourni et de la période de couverture prévue" (cf. §B119 (a), IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021).

L'objectif de ce modèle est de fournir des informations cohérentes sur la rentabilité des contrats d'assurance. En effet, dans le modèle BBA la prime d'assurance perçue par l'assureur est divisée en trois blocs :

- La marge de service contractuelle ou *Contractual Service Margin* (CSM) correspondant aux profits futurs actualisés non encore connus.
- L'ajustement pour risque ou *Risk Adjustment* (RA) modélisant l'incertitude portée, par l'assureur sur les risques non-financiers.
- La meilleure estimation des flux de trésorerie futurs ou *Best Estimate* (BE) correspondant à la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs, déterminée sur la base d'informations actuelles crédibles et d'hypothèses réalistes. Le *Best Estimate* correspond aux provisions techniques sous Solvabilité 2.

Ces blocs peuvent être représentés schématiquement de la façon suivante (Figure 1.6) :

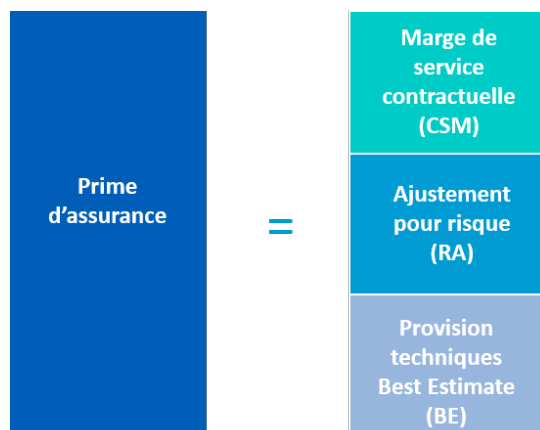


FIGURE 1.6 – Provisions sous le modèle BBA

1.2.1.1 La marge de service contractuelle

Une des obligations faites par l'IASB sous IFRS 17 est que la marge soit reconnue au résultat d'assurance au fur et à mesure que le service d'assurance est rendu. Pour cela, l'IASB a introduit la marge de service contractuelle ou CSM. Elle correspond aux profits futurs actualisés non encore reconnus.

Comptabilisation et évaluation initiale

Dans un bilan économique "classique", à la souscription d'un nouveau contrat par l'assureur, sous Solvabilité 2 par exemple, il existe deux possibilités :

- Le contrat est profitable. Dans ce cas l'assureur comptabilise un passif négatif. En réalité, il s'agit d'un actif.
- Le contrat est déficitaire. L'assureur comptabilise un passif positif.

Dans un cas comme dans l'autre, cette vision économique conduit les assureurs à capitaliser le total des profits ou des pertes attendus au moment de la vente.

Sous IFRS 17, la comptabilisation des profits ou des pertes est différente et s'écarte de cette vision économique. En effet, lorsqu'un assureur souscrit des affaires rentables, la comptabilisation immédiate des bénéfices par l'établissement d'une CSM est interdite (*cf. §38, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*). Tout profit à l'origine est ainsi neutralisé c'est le « *0 Day-one profit* ».

La CSM doit être uniquement comptabilisée dans le compte de résultat sur une base graduelle et systématique au fil du temps et au fur et à mesure que les services d'assurance sont fournis. Ainsi, dans un reporting, à toute période donnée, la CSM représente le montant attendu des bénéfices qui n'ont pas encore été acquis au titre du groupe de contrats en question.

A contrario, lorsqu'un assureur souscrit des contrats déficitaires, il doit immédiatement comptabiliser ces pertes (*cf. §47, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*). La comptabilisation des pertes dans le futur, ainsi que l'établissement d'une CSM négative est interdite. Dans ce cas, la CSM est nulle et la perte est entièrement reconnue au résultat dans la composante de perte (*Loss Component*) comme le montre le schéma ci-dessous (Figure 1.7) :

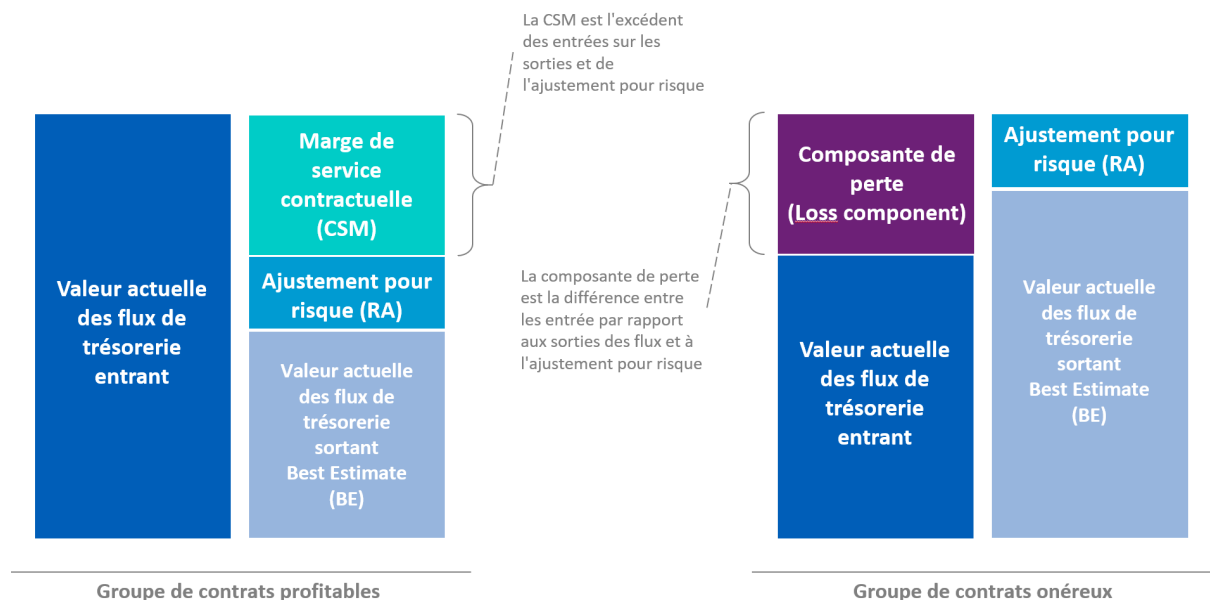


FIGURE 1.7 – Comptabilisation initiale de la CSM

Les deux exemples simplifiés suivants (Table 1.2 et 1.3) illustrent ces deux principes de la norme, avec d'une part le cas de contrats rentables et d'autre part les contrats déficitaires :

Comptabilisation initiale d'un groupe de contrats PROFITABLES souscrits		Commentaires
Valeur actuelle des flux de trésorerie entrant	-1 000	Un signe négatif représente ici les entrées
Valeur actuelle des flux de trésorerie sortant	795	Un signe négatif représente ici les sorties
Ajustement pour risque	40	
Flux de trésorerie liés à l'exécution	$-1000 + 795 + 40 = -165$	Il s'agit d'un passif négatif. Sans la CSM, les assureurs auraient pu prendre immédiatement le crédit de cet actif
CSM	165	La mise en place du CSM élimine le gain du premier jour (day one gain)

TABLE 1.2 – Comptabilisation initiale de la CSM - illustration - Contrats profitables

Dans cet exemple, 1000€ en entrée de trésorerie sont attendu et l'engagement s'élève à 835€ en prenant en compte la marge d'incertitude. Il reste ainsi 165€ qui correspondent au profit attendu du contrat. Ils sont stockés dans le poste CSM au lieu d'être directement placés dans les fonds propres.

Dans le cadre de contrats onéreux, un flux de trésorerie lié à l'exécution positif est obtenu. Or, les assureurs ne peuvent pas l'éliminer en établissant une CSM négative. La perte doit être comptabilisée immédiatement et entièrement dans le compte de résultat. La CSM est alors nulle et le montant de perte est ajouté dans le poste *Loss Component*.

Comptabilisation initiale d'un groupe de contrats ONEREUX souscrits		Commentaires
Valeur actuelle des flux de trésorerie entrant	- 800	
Valeur actuelle des flux de trésorerie sortant	795	
Ajustement du risque	40	
Flux de trésorerie liés à l'exécution	$- 800 + 795 + 40 = 35$	Il s'agit d'un passif positif. Les assureurs ne peuvent pas l'éliminer en établissant une CSM négative et doivent au contraire comptabiliser immédiatement cette perte dans le compte de résultat
CSM	0	



Loss component	35
----------------	-----------

TABLE 1.3 – Comptabilisation initiale de la CSM - illustration - Contrats onéreux

La comptabilisation de la CSM doit être graduelle et systématique. Prenons l'exemple d'un contrat où 100€ de prime sont attendus avec un profit de 10€ sur 5 ans (Table 1.4). Ces 10€ seront comptabilisés à mesure de 2€ par an jusqu'à la fin de la durée de vie du contrat. A titre de comparaison, sous Solvabilité 2, les 10€ de profit aurait été entièrement comptabilisé la première année. Il faut noter que cet exemple est simplifié en ajoutant un rythme de reconnaissance de la CSM.

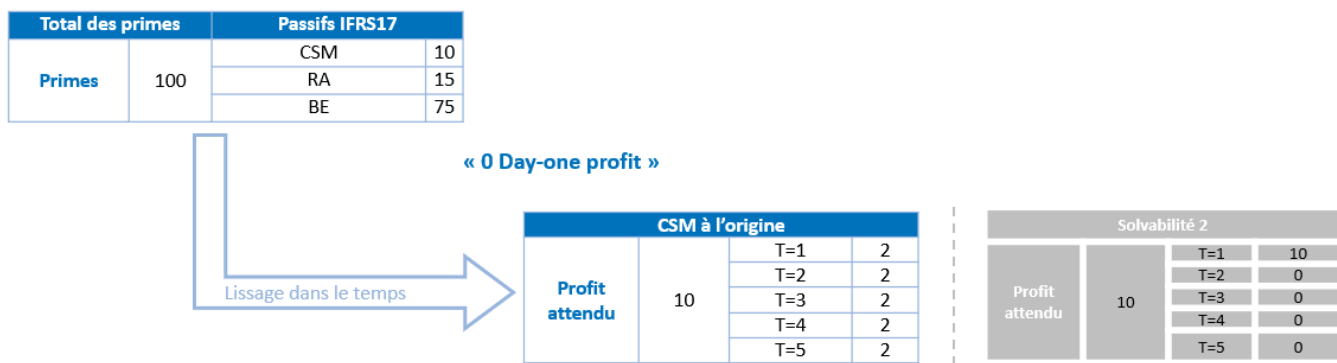


TABLE 1.4 – Comptabilisation initiale de la CSM - illustration

Pour conclure, de façon plus formelle, le calcul de la CSM à la comptabilisation initiale est réalisé de la façon suivante (Figure 1.8) :

- Ajout de la meilleure estimation de la valeur actuelle de tous les flux de trésorerie. En d'autres termes, ce sont les entrées diminuées des sorties à la fois dans le futur et à la date de la comptabilisation initiale.
- Ajustement du risque non financier.
- Décomptabilisation, à la date de la comptabilisation initiale, de tout actif au titre des flux de trésorerie d'acquisition d'assurance.
- Ajout ou retraitement de la décomptabilisation à la date de la comptabilisation initiale de tout autre actif ou passif précédemment comptabilisé pour les flux de trésorerie liés au groupe de contrats (autres que les flux de trésorerie liés à l'acquisition d'une assurance).

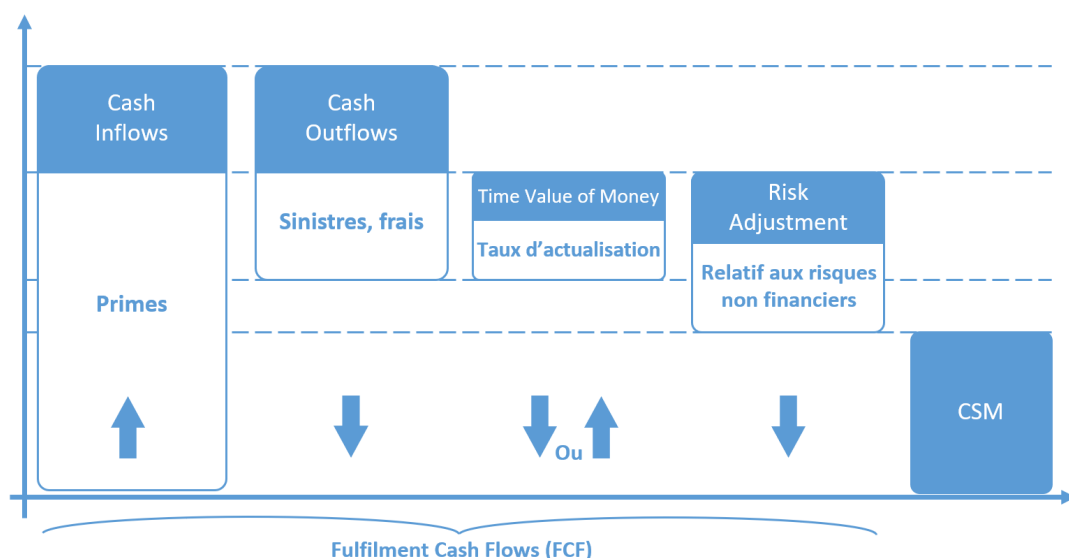


FIGURE 1.8 – Comptabilisation initiale de la CSM - Calcul

Toutefois, il faut noter les points suivants dans le calcul de la CSM initiale :

- Calcul de la valeur actuelle : ce calcul nécessite un taux d'actualisation approprié à IFRS 17. Sous Solvabilité 2, le taux d'actualisation est imposé contrairement à IFRS 17 où c'est aux organismes de déterminer leurs propres taux d'actualisation qui " reflètent [...] les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance" (cf. §36, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021).
- Flux de trésorerie attendus : ils doivent uniquement prendre en compte les flux de trésorerie entrant dans les limites du contrat selon IFRS17 (cf. §33, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021). La détermination des limites du contrat selon la norme IFRS 17 n'est pas toujours évidente et n'est pas toujours alignée sur Solvabilité 2.
- Flux de trésorerie à la date de comptabilisation initiale : ils comprennent les primes initiales ainsi que les flux de trésorerie d'acquisition directement attribuables. La date de comptabilisation initiale a un sens spécifique selon IFRS 17 (cf. §25, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021) et sa détermination engendre quelques difficultés.
- Ajustement du risque pour le risque non financier : cet ajustement indique " l'incertitude quant au montant et au calendrier des flux de trésorerie qui découle du risque non financier" (cf. §37, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021). Bien que similaire à la marge de risque de Solvabilité 2, l'ajustement pour risque d'IFRS 17 possède des différences importantes. Là encore, contrairement à Solvabilité 2, le calcul de l'ajustement pour risque n'est pas déterminé par la norme IFRS 17 et, par conséquent, c'est aux entreprises de déterminer elles-mêmes les techniques qu'elles utiliseront pour le calculer.
- Actif pour les flux de trésorerie d'acquisition d'assurance : il faut relever que cet actif est un nouveau concept d'IFRS 17 et qu'il est différent de l'actif DAC (coût d'acquisition différé) retrouvé par exemple sous IFRS 4. Sous IFRS 17 il permet l'allocation des coûts d'acquisition encourus au titre des affaires nouvelles et son évaluation est subjective (cf. §36, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021).
- "Autre actif ou passif précédemment comptabilisé pour les flux de trésorerie" : cette évaluation est également un nouveau concept de la norme IFRS 17 permettant de n'omettre aucun flux de trésorerie, existant avant la comptabilisation d'un contrat, lors de l'évaluation de la CSM (cf. §38 (b), IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021).

Évaluation ultérieure

L'évaluation ultérieure a pour objectif d'ajuster les montants initialement comptabilisés à chaque date de clôture. Pour réaliser l'évaluation comptable d'un groupe de contrat d'assurance seul les deux éléments suivants seront pris en compte :

- Le passif au titre de la période de couverture.
- Le passif au titre des sinistres survenus.

Suite à cette réévaluation, une comptabilisation des variations de la valeur comptable du passif est réalisée en produits et charges aux activités d'assurance puis en produits financiers ou charges financières d'assurance reflétant la valeur temps de l'argent ainsi que l'effet du risque financier. Ces variations seront présentées dans le compte de résultat ou en OCI (*Other Comprehensive Income*)

dans les capitaux propres. Il faut également noter que l'évaluation ultérieure est réalisée différemment selon le type de produit contrairement à la comptabilisation initiale. Des règles de calcul différentes, pouvant avoir un impact important sur les montants et la date des comptabilisation des bénéfices sont à distinguer entre les contrats participatifs indirects (modèle BBA) et ceux directs (modèle VFA). Dans cette partie nous-nous intéresserons uniquement aux contrats participatifs indirects. Les contrats participatifs directs seront traités dans la section VFA.

Cette évaluation est régie par les paragraphes de la norme (cf. §44(c) et 45(c), *IFRS 17 Contrats d'assurance*, Juillet 2021) imposant respectivement l'ajustement de la CSM pour tous les changements concernant les services futurs et l'établissement d'une composante de perte pour les contrats profitables devenus onéreux.

La variation de la valeur comptable de la marge sur services contractuels des contrats d'assurance sans participation directe est régis par le paragraphe B96 de la norme. En effet, il est écrit que (cf. §B96, *IFRS 17 Contrats d'assurance*, Juillet 2021) :

"Selon le paragraphe 44(c), la marge sur services contractuels d'un groupe de contrats d'assurance sans participation directe doit être ajustée pour tenir compte des variations des flux de trésorerie d'exécution qui sont liées aux services futurs. Ces variations comprennent :

- *(a) les ajustements liés à l'expérience issus des primes reçues au cours de la période pour des services futurs et les flux de trésorerie connexes, tels que les flux de trésorerie liés aux frais d'acquisition et les taxes sur les primes, évalués à l'aide des taux d'actualisation décrits au paragraphe B72(c) ;*
- *(b) les changements dans les estimations de la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs du passif au titre de la couverture restante, sauf ceux décrits au paragraphe B97(a), évalués à l'aide des taux d'actualisation décrits au paragraphe B72(c) ;*
- *(c) les écarts entre les composants investissements dont l'entité s'attendait à ce qu'ils deviennent dus au cours de la période et les composants investissements qui deviennent réellement dus au cours de la période, évalués à l'aide des taux d'actualisation décrits au paragraphe B72(c) ;*
- *(d) les variations de l'ajustement au titre du risque non financier liées aux services futurs. "*

Les deux exemples simplifiés, en Table 1.5 et 1.6, illustrent ces ajustements de CSM :

AJUSTEMENT de la CSM pour les changements relatifs au service futur	
CSM d'ouverture	100
Désactualisation des intérêts	5
Changement relatifs aux services futurs	40
CSM ajustée	$100 + 5 + 40 = 145$

TABLE 1.5 – Ajustement de la CSM pour les changements relatifs au service futur

Dans cet exemple, la CSM d'ouverture est de 100€, le taux d'intérêt est de 5% et les changements de taux relatifs au service futur sont pris en compte. Une CSM égale à 145€ est observée et une partie de ces bénéfices est libérée dans le P&L.

Dans le cas de changements défavorables liés à des services futurs plus importants que la CSM, même après prise en compte des intérêts, nous procédons de la même façon que lors de la comptabilisation initiale, c'est-à-dire une CSM nulle et l'établissement d'une composante de perte :

EXTENSION de la CSM pour les changements relatifs au service futur	
CSM d'ouverture	100
Désactualisation des intérêts	5
Changements relatifs aux services futurs	-150
CSM ajustée	$\text{Max}(100 + 5 - 150; 0) = 0$
Établissement d'une composante de perte	45

TABLE 1.6 – Extension de la CSM pour les changements relatifs au service futur

En reprenant l'exemple précédent (Figure 1.4) et en considérant également un profit initial de 10€ et une durée de vie du contrat égale à 5 ans, l'évaluation de la CSM sur plusieurs années est réalisée de la façon ci dessous.

Une baisse de la CSM de 4€ implique un réajustement de la CSM sur les périodes futures, c'est-à-dire une CSM égale à 2€ la première année issue de l'évaluation initiale et un réajustement à 1€ les années suivantes.

Evaluation de la CSM			
Profit attendu	6	T=1	2
		T=2	1
		T=3	1
		T=4	1
		T=5	1

TABLE 1.7 – Évaluation ultérieure de la CSM - Revue à la baisse des bénéfices attendus

Un contrat devenant déficitaire impliquera quant à lui une CSM égale à 2€ la première année, elle aussi issue de l'évaluation initiale, puis une CSM égale à zéro les années suivantes

Evaluation de la CSM			
Profit attendu	Nul ou Négatif	T=1	2
		T=2	0
		T=3	0
		T=4	0
		T=5	0

+ Pertes reconnues à l'actif

TABLE 1.8 – Évaluation ultérieure de la CSM - Contrat devenu déficitaire

Pour conclure, le calcul de la CSM à l'évaluation ultérieure est réalisé de la façon suivante (Figure 1.9) :

- Ajout de la CSM relative aux affaires nouvelles et de la désactualisation des intérêts.
- Ajout ou retraitement des changements liés aux services futurs et des effets des différences de change.
- Retraitement de la reprise de CSM en résultat grâce à l'amortissement de la CSM.

Légende

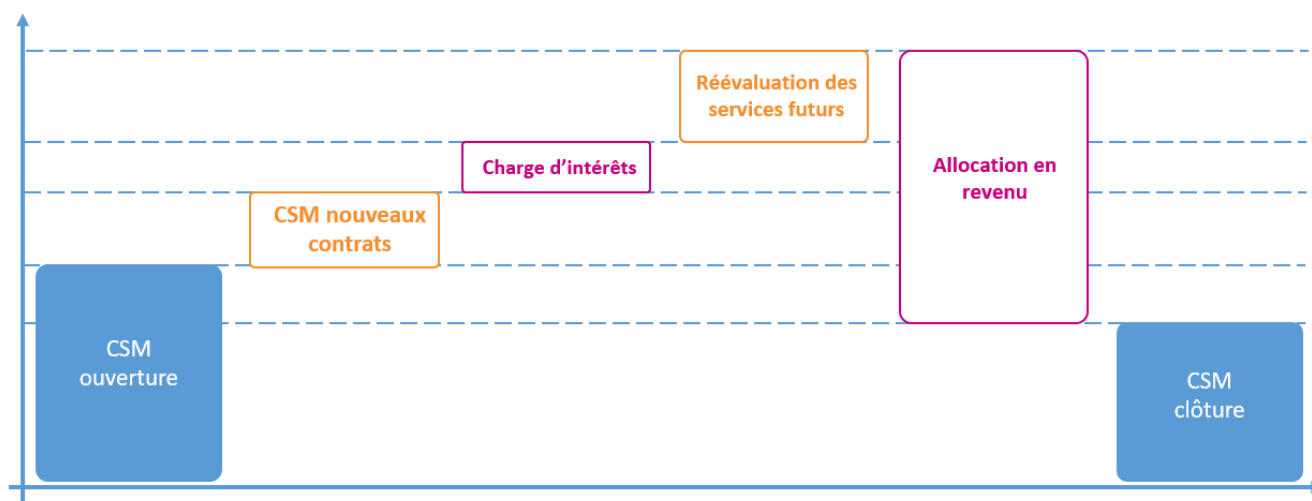


FIGURE 1.9 – Évaluation ultérieure de la CSM - Calcul

Compte de résultat

Comme évoqué précédemment, sous IFRS 17, la CSM doit être reconnue dans le compte de résultat de manière progressive et systématique dans le temps, au fur et à mesure que le service

d'assurance soit fourni. Cette mesure prise par IFRS 17 est nécessaire afin de permettre une meilleure comparabilité des organismes d'assurance. En effet, sans IFRS 17 la comptabilisation des bénéfices est propre à chaque assureurs et donc ne permet aucune comparabilité entre les entreprises. C'est ce que relève "IFRS 17 Effects Analysis" : *" Actuellement, les assureurs comptabilisent les bénéfices de manière incohérente dans le temps. Le moment de la comptabilisation des bénéfices pour les services d'assurance peut varier considérablement selon la juridiction et le produit. Certains assureurs comptabilisent les bénéfices immédiatement lorsqu'un contrat d'assurance est souscrit. D'autres ne le font que lorsque le contrat prend fin. D'autres assureurs comptabilisent le bénéfice sur la durée du contrat d'assurance sur la base du passage du temps. "*

Pour évaluer au mieux les bénéfices des organismes d'assurance en temps réel, IFRS 17 a introduit la notion d'unités de couverture (CU) (cf.§B119, IFRS 17 Insurance Contracts). Cette nouvelle notion permet de refléter le montant des services d'assurances fournis à des groupes de contrats en prenant en compte d'une part la quantité de prestations fournies et d'autre part la durée moyenne prévue des contrats.

Afin de calculer les unités de couvertures les deux métriques suivantes sont nécessaires :

- La provision mathématique.
- Le nombre de contrats.

L'allocation des unités de couvertures est réalisée en trois étapes :

- Calcul des CU sur la durée de vie moyenne du groupe de contrat.
- Répartition de la CSM pour chaque unités de couverture fournies et attendues pour la période considérée.
- Reconnaissance en résultat de la CSM proportionnelle aux unités de couverture pour la période comptable considérée.

Le relâchement de la CSM peut être exprimé par la formule suivante :

$$Relâchement\ CSM_i = CSM_i * \frac{CU_i}{\sum CU_i} \quad (1.1)$$

Avec :

- $Relâchement\ CSM_i$: Relâchement de la CSM pour la période comptable i .
- CSM_i : CSM calculée en fin de période comptable i , avant le relâchement.
- CU_i : Nombre d'unité de couverture associées à la période comptable i .
- $\sum CU_i$: Somme des unités de couverture associées à la période de couverture.

L'exemple simplifié ci-dessous (Table 1.9) illustre cette méthode dans le cadre d'un contrat d'assurance de 5 ans avec une prime assurée de 100€ :

Année de couverture	1	2	3	4	5
(1) Prime assurée prévue	100€	90€	80€	70€	60€
(2) Unités de couverture fournies dans l'année	100	90	80	70	60
(3) Total des unités de couverture	400	300	210	130	60
(4) Ratio d'amortissement de la CSM (4) = (2)/(3)	25,0%	30,0%	38,1%	53,8%	100,0%

TABLE 1.9 – Détermination du ratio d'amortissement de la CSM - Illustration

Dans cette exemple :

- La somme assurée de la ligne (1) représente la quantité de prestations c'est-à-dire les CU (ligne (2)).
- La ligne (3) est obtenue par l'agrégation du total des CU devant être fournies pour l'ensemble de la durée de vie du contrat.
- Le taux d'amortissement (ligne (4)) représente le taux des CU de l'année en cours par rapport au total des CU restant à fournir.

Le taux d'amortissement de la CSM la dernière année à 100% permet d'obtenir une CSM nulle à la clôture de la dernière période de couverture. En d'autres termes, il n'y a plus de service à fournir et ainsi plus de bénéfices non acquis à comptabiliser.

Dans la nouvelle norme, les agrégats existants, primes émises et primes acquises, sont remplacés par un nouvel agrégat "Revenu des contrats d'assurance" qui est fondamentalement différent.

Le revenu des contrats d'assurance se compose des sinistres et prestations attendus (prime pure), de la variation de la marge pour risque, de l'amortissement de la marge de service contractuelle.

Le revenu des contrats d'assurance ne comprend pas la valeur actuelle de la composante d'épargne (montants qui seront reversés à l'assuré que l'événement d'assurance survienne ou non) comme l'illustre l'exemple suivant (Table 1.10) :

Hypothèses
- Maturité du portefeuille : 3 ans - Valeur temps de l'argent non matériel - Pas de composante investissement, de coûts d'acquisition, de frais, de changements dans les hypothèses ou dans les effets d'expérience ni de perte reconnue à l'origine. - Tous les sinistres et prestations sont réglés immédiatement. - Les montants sont présentés hors actualisation / désactualisation

Flux attendus	Année 1	Année 2	Année 3	Total
Primes reçues	420	400	380	1,200
Sinistres et prestation attendues (1)	-200	-350	-500	-1,050
Flux de trésorerie net	220	50	-120	150
Variation de la marge pour risque (2)	32	30	28	90
Amortissement de la CSM (3)	23	19	18	60
Revenu des contrats d'assurance (1+2+3) = A	255	399	546	1,200

TABLE 1.10 – Revenu des contrats - Illustration

La présentation du compte de résultat sous IFRS 17 est une approche fondée sur les primes acquises comme le montre l'exemple ci-dessous (Table 1.11). Les primes acquises sont constituées des primes allouées à un exercice en proportion de la couverture fournie ainsi que des sinistres enregistrés lors de leurs survenance.

Dans le compte de résultat le revenu est construit comme la somme des variations des marges (CSM et RA (Cf 1.2.1.2)) et la charge de sinistre attendue. Il présente également une cohérence avec la présentation des produits des activités non-assurance car le revenu représente la prestation du service promis à l'assuré qui est le paiement des sinistres.

Compte de résultat - Exemple	
Revenu des contrats d'assurance (cf. slide précédente)	+ A
Sinistres et prestations survenus	- B
Frais payés	- C
Reconnaissance des frais d'acquisition	- D
Changement dans l'estimation des flux futurs de trésorerie (si non imputé à la CSM)	- E
Perte constatée lors de la comptabilisation initiale du contrat	- F
Ecart d'expérience	+/- G
Résultat de souscription (marge brute) = A - B - C - D - E - F +/- G	H
Revenus des placements et variation de juste valeur des actifs en JVR	+ I
Charge d'intérêt sur les passifs d'assurance (désactualisation basée sur le taux d'origine + effet du changement de taux sur option)	- J
Résultat net = H + I - J	K
Autres éléments du résultat global	
Effet du changement de taux d'actualisation (sur option)	+/- L
Variation de la juste valeur des actifs en FVOCI	+/- M
Résultat global = K +/- L +/- M	N

TABLE 1.11 – Compte de résultat sous IFRS 17 - Exemple

Dans la pratique, le recours aux "déflateurs" est souvent utilisé. Les déflateurs permettent d'actualiser chaque année le nombre de CU. Les formules de calcul sont les suivantes :

$$CSM_{Amortissement}(T = i) = \frac{CU(T = i)}{CU(T = i) + \frac{\sum_{j=i}^{10-i} CU(T=j) * Déflateur(T=j)}{Déflateur(T=i)}} \quad (1.2)$$

La réévaluation de la CSM est alors obtenue à l'aide du coefficient d'amortissement par la formule suivante :

$$Relâchement(T = i) = CSM_{Amortissement}(T = i - 1) * CSM(T = i - 1) \quad (1.3)$$

$$CSM(T = i) = CSM(T = i - 1) - Relâchement_{CSM}(T = i) \quad (1.4)$$

En prenant l'exemple simplifié d'un contrat d'une durée de 10 ans, une représentation équivalente à celle-ci est obtenue :

Année de couverture	Initialisation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Déflateur	100%	101%	101%	101%	100%	100%	100%	99%	98%	98%	97%
Coverage Unit	163,26	151,36	140,79	131,28	122,66	114,86	107,67	101,08	95,24	89,89	84,63
Amortissement CSM	0,13	0,13	0,14	0,16	0,17	0,20	0,23	0,28	0,36	0,52	1,00
Relâchement CSM	0,00	1,26	1,17	1,09	1,02	0,95	0,89	0,83	0,77	0,72	0,68
CSM	10,00	8,74	7,57	6,47	5,46	4,51	3,62	2,80	2,03	1,31	0,63

TABLE 1.12 – Évaluation de la CSM à l'aide des unités de couverture - Illustration

Au niveau du compte de résultat, une option permettant de ne pas afficher l'ensemble des variations du passif liée au taux d'actualisation et n'impactant pas le résultat net a été mise en place. C'est l'option *Other Comprehensive Income* (OCI). Ainsi, le choix est laissé aux assureurs de conserver les variations en résultats ou de les placer dans le poste OCI.

1.2.1.2 L'ajustement pour risque

L'ajustement pour risque ou *Risk Adjustment* (RA) se définit comme le risque à observer vis-à-vis de l'incertitude sur les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance, relatifs aux risques non financiers. Aucune méthode de calcul n'est imposée pour sa détermination par l'IASB étant donné qu'IFRS 17 est une norme de "principes". Cependant l'application de méthodes telles que l'approche par quantile, la Tail VaR ou le coût du capital sont utilisées.

IFRS 17 exige la distinction entre les risques d'assurances (Risque de mortalité par exemple) qui sont pris en compte dans le calcul du RA et les risques financiers (Risque de frais par exemple) qui sont pris en compte dans le calcul du *Best Estimate* (BE). Un inventaire des catégories de risques est fondamental en fonction des cash-flow attendus.

Il en résulte qu'une grande incertitude sur les montants implique un RA élevé et inversement.

Le RA est l'analogue de la Marge pour Risque ou *Risk Margin* (RM) sous Solvabilité 2 qui couvre les risques de réserve, de prime, de défaut des réassureurs et opérationnel. Les modalités de calcul sont définies dans le règlement délégué. Il est calculé par un coût du capital avec un capital basé

sur certains modules du SCR et un coût à 6%. Aucune exigence n'est attendue en annexe pour son calcul contrairement à IFRS 17 où est attendu son niveau de confiance (quantile) du RA déterminé.

Au bilan, le RA est représenté brut et les cessions séparés alors que la RM sera présentée nette de réassurance au passif.

1.2.1.3 Le Best Estimate

Le *Best Estimate* ou *Present Value of Futur Cash Flow* (PVFCF) correspond à la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs, déterminée sur la base d'informations actuelles crédibles et d'hypothèses réalistes. Sous Solvabilité 2, il correspond aux provisions techniques c'est-à-dire : la meilleure estimation des flux comptables. Leur différence provient du fait que les flux de trésoreries représentent les flux rendant compte de transactions financières réelles alors que les flux comptable prennent également en compte les écritures bilantielles qui ne représentent pas une réelle transaction financière.

Mathématiquement, le BE est la "meilleure estimation correspondant à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs" (cf.§2, article 77, directive 2009/138/CE). Par ce calcul, la marge de prudence est éliminée dans les provisions techniques, mais l'ensemble des scénarios possibles sont pris en compte.

L'identification des flux de trésoreries entrants et sortants pour le calcul du BE est représenté en Figure 1.10 :

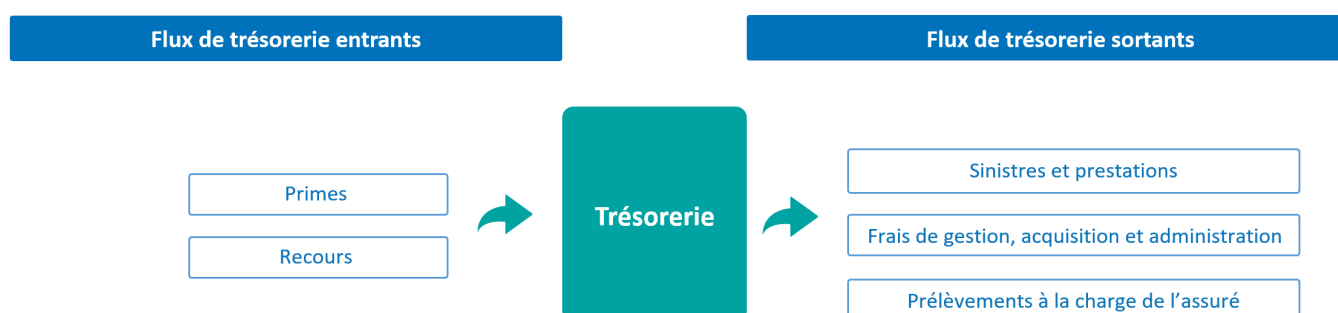


FIGURE 1.10 – Identification des flux de trésoreries entrants et sortants pour le calcul du Best Estimate

Les primes et les recours sont comptabilisés comme des flux de trésorerie entrant dans le calcul du BE. A la comptabilisation des primes, les primes futures peuvent également être prises en compte. Pour les flux de trésoreries sortants ; les sinistres et prestations sont ceux payables à l'assuré et les prélèvements sont ceux à la charge de l'assuré et payables par l'assureur.

Enfin, les frais de gestion, d'acquisition et d'administration sont directement attribuables au niveau du portefeuille de contrat. C'est-à-dire qu'ils vont être comptabilisés dans le résultat au fur et à mesure de la couverture assurantielle. Contrairement aux frais non directement attribuables au contrat qui eux, sont comptabilisés immédiatement au résultat au moment de l'engagement. Cette distinction entre directement attribuable au contrat ou non, évite la double comptabilisation des frais, la reconnaissance des frais à l'engagement puis la reconnaissance du profit au fur et à mesure du service rendu.

La mesure du flux de trésorerie à l'instant t est réalisée à l'aide d'un indicateur nommé *cash-flow* et exprimé par la formule (1.5) suivante :

$$CashFlow_t = Prime_t + Recours_t + Prestations_t + Frais_t + Prélèvement_t \quad (1.5)$$

Les *Cash-flows* annuels sont ensuite actualisés et sommés afin d'obtenir la PVFC.

Contrairement à Solvabilité 2 où l'actualisation se fait obligatoirement par une courbe de taux fournie par EIOPA, sous IFRS 17 l'actualisation des *Cash-flows* annuels est réalisée par une courbe de taux calculée par l'assureur. Elle n'est donc plus commune à tous. Cependant l'IASB encadre cette liberté par certains principes (*cf. CNCC, 2020*) :

" Les taux d'actualisation appliqués aux estimations de flux de trésorerie devront :

- Réfléter la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurances.
- 'Être cohérents avec les prix de marché observables actuels des instruments financiers ayant les mêmes caractéristiques de flux de trésorerie que ceux des contrats d'assurances.
- Exclure les effets des facteurs qui influencent ces prix de marché observables mais n'affectent pas les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurances."

Deux approches d'estimation de la courbe des taux sont préconisées par la norme IFRS 17 (Figure 1.11) :

- *Top Down* : Retranchement de la prime de risque de marché au rendement d'un actif financier risqué.
- *Bottom Up* : Ajout de la prime de liquidité au taux sans risque.

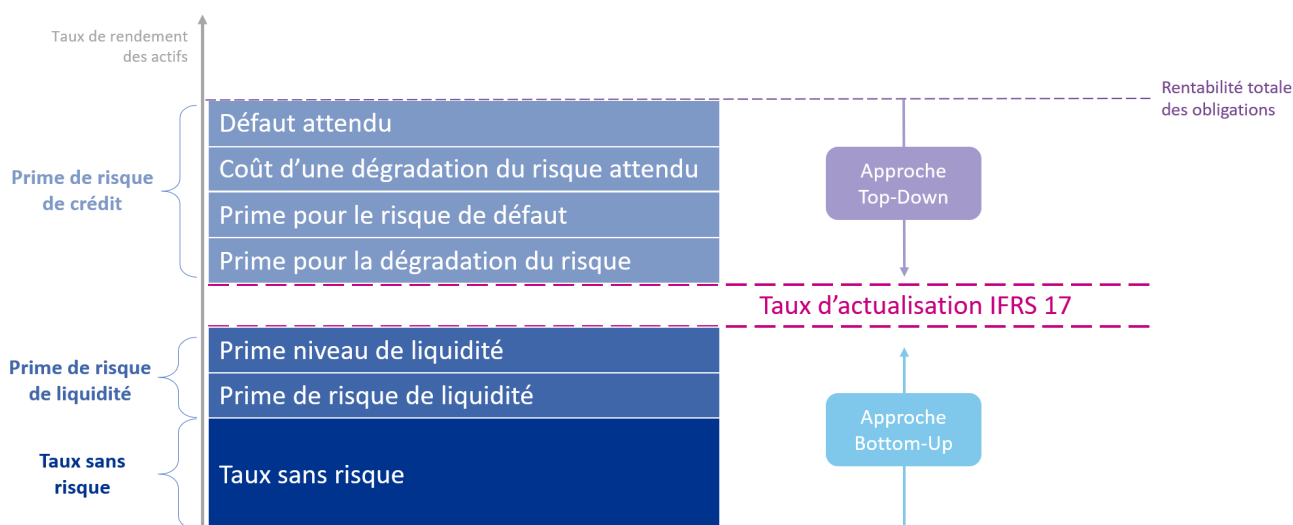


FIGURE 1.11 – Taux d'actualisation IFRS 17 - Méthodes d'estimation

Les courbes issues de ces deux approches reflètent la prime de liquidité. En effet, retirer les quatre éléments composant la prime de risque de crédit au taux de rendements des actifs ou ajouter les deux éléments composant la prime de risque de liquidité au taux sans risque permet, en théorie, d'obtenir des courbes semblables. Les approches *Top-Down* et *Bottom-Up* permettent aux assureurs d'adapter au mieux les taux d'actualisation en fonction de leur portefeuille. La courbe des taux est révisée à chaque clôture.

1.2.2 Le modèle Variable Fee Approach (VFA)

Le modèle comptable Approche de la Commission Variable ou *Variable Fee Approach* (VFA) est une adaptation du modèle général (BBA) permettant d'intégrer le lien économique fort entre le passif d'assurance et les éléments sous-jacents (souvent les placements financiers). Le modèle VFA s'applique aux contrats participatifs directs et permet d'apporter une cohérence dans les modalités de comptabilisation des contrats d'assurance et ainsi se prémunir d'une incohérence comptable dans le résultat.

Dans ce modèle, le calcul des charges d'intérêt de la CSM est modifié par rapport au modèle général. La CSM sous le modèle VFA, à condition de disposer d'une CSM suffisante, absorbe les variations d'estimation des flux futures issues des conditions économiques et financières en plus des variations déjà identifiées de la BBA. Un schéma de cette comparaison est présenté en Table 1.13.

	Modèle Building Block Approach (BBA)	Modèle Variable Fee Approach (VFA)
Variation des hypothèses		
Financières	Pas de compensation en CSM	Compensation en CSM
Non financières	Compensation en CSM	
Charge d'intérêt		
CSM	Capitalisation au taux à l'origine	Capitalisation/Désactualisation au taux courant
Provisions techniques	Désactualisation au taux courant	
Hypothèses discrétionnaires	Compensation en CSM	
Risk mitigation	Pas de compensation en CSM	Compensation en CSM

TABLE 1.13 – Comparaison des modèles BBA et VFA

L'évaluation initiale de la provision pour couverture résiduelle est inchangé par rapport au modèle général.

Sous le modèle VFA l'assureur perçoit une rémunération assimilable à une commission variable diminuée à la variation de juste valeur des éléments sous-jacents. La détention d'éléments sous-jacents par l'entité lui permet de *"comptabiliser en résultat net, [...], un montant qui élimine les non-concordances comptables avec les produits ou les charges comptabilisés en résultat net relativement aux éléments sous-jacents détenus."* (cf. §89, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021).

La commission variable de la période peut être positive ou négative et est égale à la différence entre les *Fulfilment Cash Flows* (FCF) et la juste valeur du portefeuille d'éléments sous-jacents. La commission variable permet l'ajustement de la CSM avant d'être allouée en revenu (Figure 1.12).

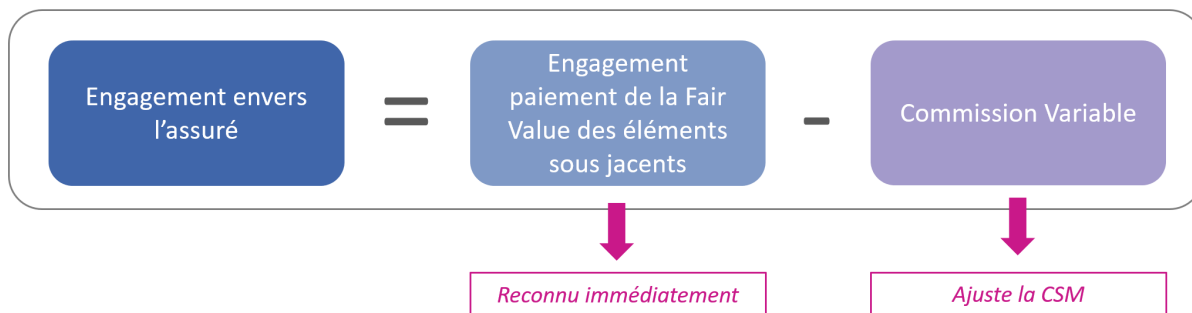


FIGURE 1.12 – Commission variable à l'évaluation ultérieure

Pour les contrats d'investissement à participation discrétionnaire, la CSM est allouée en revenu au fur et à mesure du service rendu. L'intégration des services d'investissement pour les contrats d'assurance contenant des services d'investissement est réalisée depuis un amendement de 2019 à IFRS 17.

L'évolution de la CSM au cours d'une période dans le modèle *Variable Fee Approach* peut être représentée par la Figure 1.13.

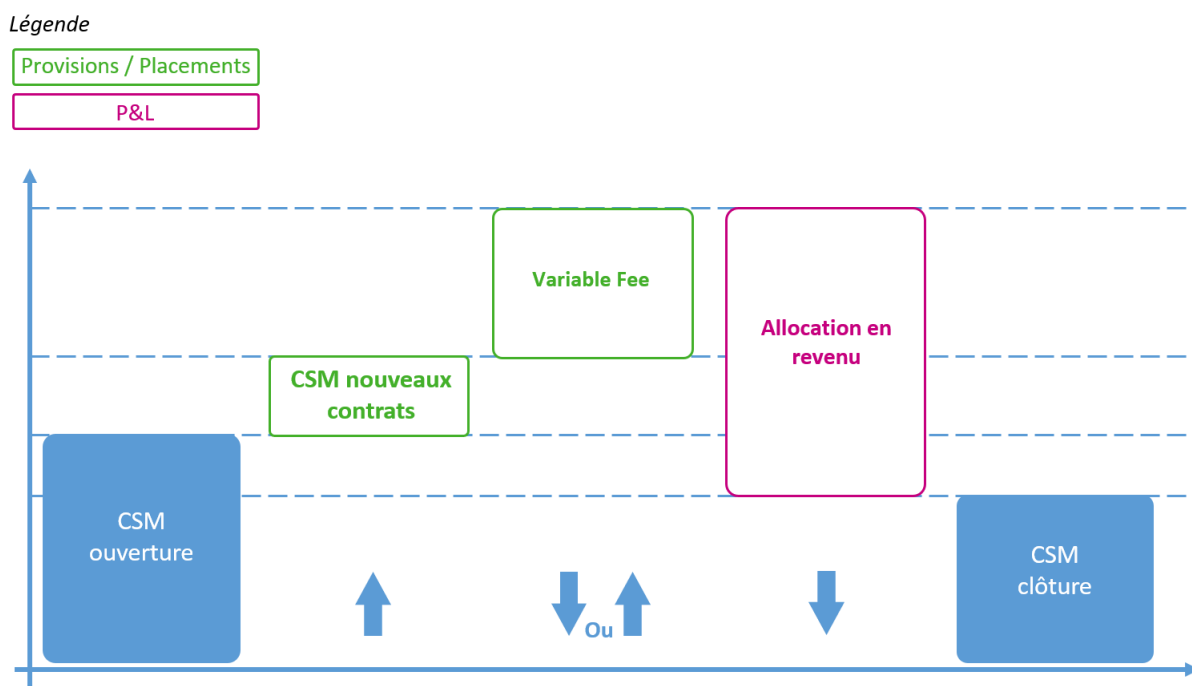


FIGURE 1.13 – Évaluation de la CSM en VFA - Calcul

Un exemple permettant d'illustrer la différence entre le modèle BBA et le modèle VFA est présenté ci-dessous. Il est considéré que dans l'évaluation BBA il s'agit d'un contrat participatif indirect avec 90% du surplus versés aux assurés et que dans l'évaluation VFA il s'agit d'un contrat participatif direct.

Dans cet exemple, 90% des bénéfices réalisés par la gestion financière des actifs sont distribués aux assurés, soit 18€ (90% de 20€). Les 2€ restant (10% de 20€) représentent le profit de l'assureur.

Dans le modèle BBA, les 2€ ne sont pas considérés comme un service rendu à l'assuré et peuvent donc être directement comptabilisés dans le résultat. Dans le cadre d'un contrat participatif sous le modèle BBA les 20€ de produits financiers apparaissent au résultat étant donné qu'ils ne sont pas reliés au contrat.

Dans le modèle VFA, les 2€ sont considérés comme un service rendu à l'assuré donc ils sont comptabilisés dans la CSM.

Comptabilisation initiale

Actifs	100	CSM	20
		FCF	80

Après une augmentation de la juste valeurs des actifs

Modèle Générale

Contrat non participatif (Pour comparaison)

Actifs	120	Réserve	20
		CSM	20
		FCF	80
		Produits financiers	+20

Modèle Générale

Contrat participatif indirect (90% part.)

Actifs	120	Réserve	2
		CSM	20
		FCF	98
		Produits financiers	+20
		Charges financières*	-18

* En P&L/OCI selon l'option

VFA

Contrat participatif direct (90% part.)

Actifs	120	CSM	22
		FCF	98
		Produits financiers	+20
		Charges financières	-20

-> Pas d'incohérence en P&L

TABLE 1.14 – Augmentation de la juste valeur des actifs sous jacents - Illustration

1.2.3 Le modèle Premium Allocation Approach

La modèle *Premium Allocation Approach* (PPA) est une simplification du modèle BBA et est applicable au contrat dont la durée de couverture est inférieure à 1 an, ou si la PAA fournit une approximation raisonnable du modèle BBA en termes de provision pour la couverture d'assurance restante à fournir.

Sa simplification porte sur la *Liabilities for Remaining Coverage* (LRC) qui n'est non plus modélisée par une CSM, un BE et un RA mais à l'aide d'un mécanisme équivalent à la Provision pour Primes Non Acquises (PPNA).

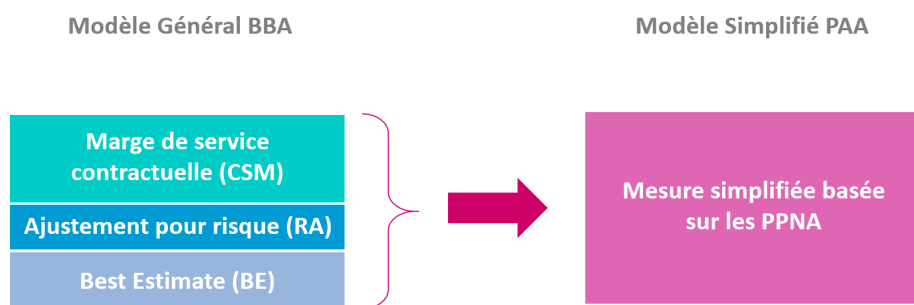


FIGURE 1.14 – Simplification de la LRC - PAA

Enfin, le calcul de la CSM sous le modèle PAA est réalisé par l'ajout des primes et des frais d'acquisition auquel sont retirés l'actualisation et l'amortissement, comme illustré en Figure 1.15.

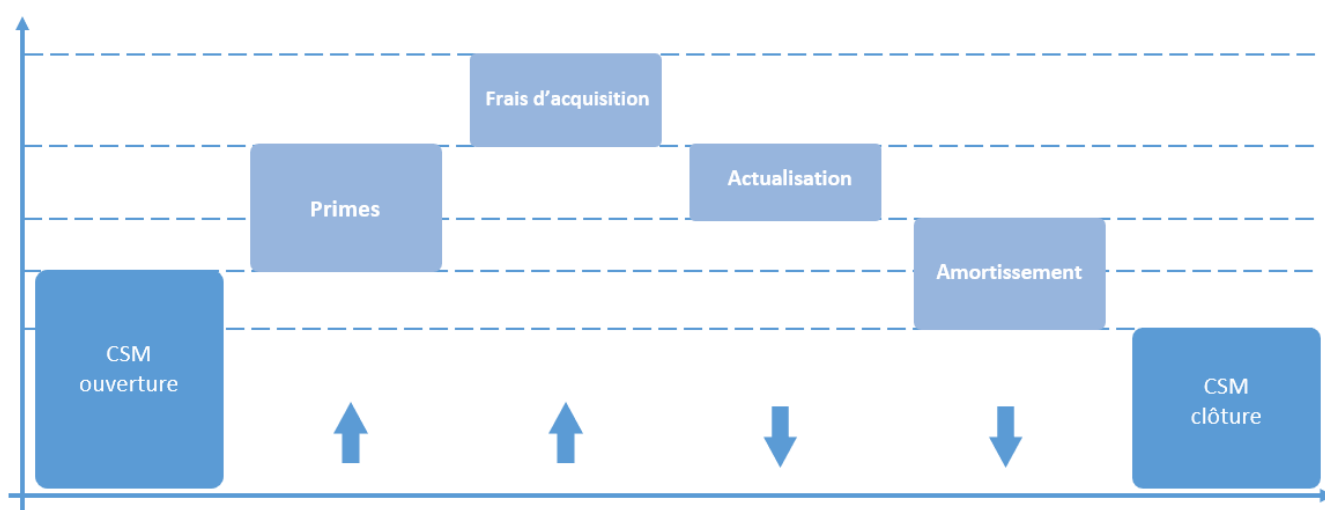


FIGURE 1.15 – Évaluation de la CSM en PAA - Calcul

Conclusion du chapitre

En conclusion, l'application de la norme IFRS 17 est une étape importante pour l'industrie de l'assurance, qui nécessite une adaptation significative des systèmes d'information, des processus et des méthodes de gestion des risques. Cependant, une fois mise en place, elle permettra une meilleure transparence et une comparabilité accrue des données financières entre les assureurs.

Quant aux modèles d'évaluation des passifs, chaque méthode a ses avantages et ses limites. Le modèle BBA est plus simple à mettre en place et à interpréter, mais peut conduire à une volatilité excessive des résultats en cas de changements significatifs des hypothèses. Le modèle VFA offre une meilleure stabilité des résultats, mais peut être plus complexe à mettre en place. Enfin, le modèle PAA est plus approprié pour les contrats d'assurance à long terme avec des flux de trésorerie variables, mais peut être plus difficile à modéliser.

Chapitre 2

Modélisation d'un produit d'assurance vie

Sommaire

2.1	L'essentiel de l'assurance vie : une introduction à la probabilité risque neutre et au monde réel	26
2.1.1	Introduction à l'assurance vie	26
2.1.2	La notion de Market consistent	27
2.1.3	Univers de projection risque neutre	28
2.1.4	Univers de projection monde réel	30
2.2	Modéliser l'avenir économique : une présentation des générateurs de scénarios et des modèles	32
2.2.1	Les générateurs de scénarios économiques	32
2.2.2	Le LIBOR Market Model +	34
2.2.2.1	Le LIBOR Market Model (LMM)	34
2.2.2.2	Displaced Diffusion LIBOR Market Model (DD LMM)	36
2.2.2.3	Stochastic Volatility Displaced Diffusion LIBOR Market Model	37
2.2.3	Le modèle CIR2++	38
2.2.3.1	Modèle de taux court CIR (Cox, Ingersoll et Ross 1985)	38
2.2.3.2	Modèle de taux court CIR++	39
2.2.3.3	Modèle de taux court CIR2++	39
2.3	La modélisation de scénarios économiques avec DEvent	42

2.1 L'essentiel de l'assurance vie : une introduction à la probabilité risque neutre et au monde réel

2.1.1 Introduction à l'assurance vie

L'assurance vie est un contrat d'assurance qui garantit le versement d'un capital ou d'une rente à un bénéficiaire désigné en cas de décès de l'assuré ou après un certain nombre d'années. Elle peut également servir de support d'épargne ou de placement, offrant ainsi des avantages fiscaux aux assurés.

Il existe différents types d'assurance vie, notamment l'assurance temporaire, qui garantit le versement d'un capital ou d'une rente en cas de décès de l'assuré durant la période de couverture du contrat, et l'assurance permanente, qui garantit le versement d'un capital ou d'une rente en cas de décès de l'assuré à n'importe quel moment.

L'histoire de l'assurance vie en France remonte au XVII^e siècle, lorsque des compagnies d'assurance ont commencé à offrir des contrats d'assurance contre les risques de décès. Les premières compagnies d'assurance vie étaient principalement des compagnies d'assurance maritime qui ont étendu leur activité à l'assurance contre les risques de décès. Au cours du XIX^e siècle, de nombreuses compagnies d'assurance se sont spécialisées dans l'assurance vie, offrant des contrats de type temporaire et permanent.

Au fil des années, l'assurance vie est devenue un produit d'épargne populaire en France, offrant des avantages fiscaux tels que l'exonération d'impôt sur les primes versées et l'exonération d'impôt sur les gains réalisés après 8 ans de détention du contrat. Les contrats d'assurance vie ont également évolué pour inclure des options de placement diversifiées, comme les actions, les obligations et les fonds communs de placement.

En résumé, l'assurance vie est un contrat d'assurance qui garantit le versement d'un capital ou d'une rente en cas de décès de l'assuré, elle peut également servir de support d'épargne et de placement, offrant ainsi des avantages fiscaux aux assurés. Elle est un produit d'assurance qui a une longue histoire en France, ayant évolué au fil du temps pour inclure des options de placement diversifiées et des avantages fiscaux importants.

2.1.2 La notion de Market consistent

La *market consistency* est un concept clé pour les générateurs de scénarios économiques, car elle garantit que les projections produites sont réalistes et fiables. Les générateurs de scénarios *market consistent* utilisent des modèles qui tiennent compte des relations de marché existantes entre les différents actifs et les facteurs macroéconomiques. Cela permet de mieux comprendre les risques et les incertitudes liés à leurs engagements financiers à long terme.

Pour garantir la *market consistency*, les générateurs de scénarios économiques utilisent des données historiques de marché pour construire des modèles de projection. Ces modèles prennent en compte les relations historiques entre les taux d'intérêt, les taux de change ou les taux de croissance, etc. et utilisent ces relations pour produire des projections pour l'avenir. Les modèles peuvent également utiliser des données de marché en temps réel pour ajuster les projections en fonction des événements économiques récents.

En utilisant des modèles *market consistent*, les générateurs de scénarios économiques permettent d'évaluer les risques liés aux engagements financiers à long terme, tels que les pensions et les contrats d'assurance vie, de manière plus précise et plus fiable. Cela permet également de prendre des décisions plus éclairées sur les stratégies d'investissement.

La *market consistency* est un concept dynamique qui évolue au fil du temps. Les modèles utilisés pour générer les scénarios économiques doivent être régulièrement mis à jour pour refléter les changements dans les relations de marché et les tendances économiques. Cela garantit que les projections produites restent fiables et réalistes.

En résumé, la *market consistency* est un concept clé pour les générateurs de scénarios économiques, car elle garantit que les projections produites sont réalistes et fiables. Les générateurs de scénarios *market consistent* utilisent des modèles qui tiennent compte des relations de marché existantes entre les différents actifs et les facteurs macroéconomiques, permettant ainsi une meilleure évaluation des risques financiers et une meilleure prise de décision. Cela permet également d'évaluer les risques liés aux engagements financiers à long terme tels que les pensions et les contrats

d'assurance vie. Il est important de noter que la *market consistency* est un concept dynamique, qui doit être régulièrement mis à jour pour refléter les changements dans les relations de marché et les tendances économiques afin de garantir la fiabilité des projections produites.

2.1.3 Univers de projection risque neutre

Un univers de projection est un ensemble de scénarios économiques utilisés pour évaluer les risques financiers liés à des engagements à long terme tels que les pensions et les contrats d'assurance vie. Ces scénarios peuvent inclure des projections de taux d'intérêt, de croissance économique, de taux de chômage, de taux de change, entre autres. Il existe différents univers de projection tels que l'univers de projection risque neutre et l'univers de projection monde réel. Ces deux univers permettent à l'entreprise d'élaborer des stratégies d'investissement.

L'univers de projection risque neutre est basé sur les cours actuels des actifs sur les marchés financiers, tandis que l'univers de projection monde réel est basé sur les données historiques de marché.

Soit un portefeuille composé d'actif non risqué ou prévisible noté B_n et d'actif risqué noté S_n .

On note F_n l'information disponible à l'instant n . Alors notre portefeuille est composé de la façon suivante :

- Actif non risqué ($B_n, n \in \mathbb{N}$), B_n est $\mathcal{F}_{n-1}$ mesurable,
- Actif risqué ($S_n, n \in \mathbb{N}$), S_n est $\mathcal{F}_n$ mesurable mais non $\mathcal{F}_{n-1}$ mesurable.

Soient $(r_n, n \in \mathbb{N}, r_0 = 0)$ le taux d'intérêt (prévisible) de l'actif B , et $(\rho_n, n \in \mathbb{N}, \rho_0 = 0)$ le rendement (risqué) de l'actif S . L'évolution des actifs est :

- $\Delta B_n \equiv B_n - B_{n-1} = r_n B_{n-1}$,
- $\Delta S_n \equiv S_n - S_{n-1} = \rho_n S_{n-1}$,

où (r_n) est $\mathcal{F}_{n-1}$ - mesurable et (ρ_n) est $\mathcal{F}_n$ mesurable.

Le portefeuille $\Pi = (\beta_n, \gamma_n)_{n \leq T \in \mathbb{N}}$ est un couple prévisible $\mathcal{F}_{n-1}$ - mesurable. Sa valeur au temps n est :

$$X_n^\pi \equiv \beta_n B_n + \gamma_n S_n, (X_0^\pi \geq 0 \text{ fixé}). \quad (2.1)$$

L'ajustement du portefeuille π au temps $n + 1$ est réalisé à l'aide du couple $(\beta_{n+1}, \gamma_{n+1})$ et est égale à $\beta_{n+1} B_n + \gamma_{n+1} S_n$. On suppose alors que la valeur du portefeuille est constante au réajustement. C'est la notion d'autofinancement du portefeuille suivante :

Un portefeuille est dit autofinancé si pour tout n ,

$$\beta_n B_n + \gamma_n S_n = \beta_{n+1} B_n + \gamma_{n+1} S_n \quad (2.2)$$

La définition de probabilité risque neutre est la suivante : On dit que $\mathbb{P}^*$ est une probabilité

risque neutre associée à $\mathbb{P}$ si

1. $\mathbb{P}^*$ est équivalente à la probabilité $\mathbb{P}$, (i.e. $\mathbb{P}^*(A) = 0 \iff \mathbb{P}(A) = 0$),
2. $(S_n/\epsilon_n)_{n \leq T}$ est une martingale sous $\mathbb{P}^*$, où $\epsilon_n \equiv (1 + r_n)(1 + r_{n-1}) \dots (1 + r_1)$, $\epsilon_0 = 1$.

Il en découle la proposition de la probabilité risque neutre suivante : *Supposons qu'il existe une probabilité risque neutre $\mathbb{P}^*$. Alors, si Π est un portefeuille autofinancé, sa valeur actualisée X_n^Π/ϵ_n est une martingale sous $\mathbb{P}^*$.*

A présent, si on s'intéresse à l'évolution du marché jusqu'à une date T fixée le théorème suivant fait le lien entre la probabilité risque neutre et la notion d'opportunité d'arbitrage : *Il n'existe pas d'opportunité d'arbitrage $\iff$ Il existe au moins une probabilité risque neutre.*

La notion d'opportunité d'arbitrage est relative à la notion économique qui est l'opportunité d'obtenir un gain d'argent avec une prise de risque nulle. On dit qu'il y a opportunité d'arbitrage s'il existe un portefeuille autofinancé Π tel que :

$$X_0^\Pi = 0, X_n^\Pi \geq 0, \forall n \leq T, \text{ et } \mathbb{P}(X_T^\Pi > 0) > 0. \quad (2.3)$$

Une autre notion nécessaire à la compréhension de l'univers risque neutre est la notion de complétude. Elle correspond à un marché idéal où un portefeuille autofinancé peut parfaitement couvrir toute option européenne. De façon plus général : *Un marché est dit complet si, pour toute variable aléatoire $f : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^+$, il existe un portefeuille autofinancé Π qui reproduit f à l'échéance T , i.e. $X_T^\Pi(\omega) = f(\omega), \forall \omega \in \Omega$.*

Le lien entre la notion de complétude et celle de probabilité risque neutre est donnée par le théorème suivant : *Considérons un marché sans opportunité d'arbitrage. Le marché est complet $\iff$ Il existe une unique probabilité risque neutre $\mathbb{P}^*$.*

L'existence d'une probabilité risque neutre "artificielle" a été supposé tout au long de ces définitions. Seulement, sa détermination est difficile dans le cadre d'un marché complet. C'est ainsi qu'intervient le Lemme de Girsanov afin de la déterminer :

Soit $(M_n, n \leq T)$ une suite de variables aléatoires adaptées et considérons une variable aléatoire Z_T $\mathcal{F}_T$ -mesurable vérifiant $\mathbb{E}(Z_T) = 1$ et $Z_T(\omega) > 0, \forall \omega \in \Omega$. On définit $\mathbb{P}'$ en posant pour tout événement A $\mathbb{P}'(A) := \mathbb{E}(Z_T 1_A)$, où $\mathbb{E}$ représente l'espérance sous $\mathbb{P}$. Alors le processus $(M_n^)_{n \leq T}$ défini par*

$$M_n^* = M_n - \sum_{k=1}^n \mathbb{E} \left(\frac{Z_k}{Z_{k-1}} \Delta M_k | \mathcal{F}_{k-1} \right), \text{ où } Z_n = \mathbb{E}(Z_T | \mathcal{F}_n), \quad (2.4)$$

est une martingale sous $\mathbb{P}'$.

En somme, l'univers risque neutre peut se définir comme un cadre théorique de référence supposant que le marché soit complet (un même actif peut posséder plusieurs prix différents). Il permet de ne pas avoir recours à des hypothèses sur les primes de risque associées pour valoriser des instruments contingents à des risques financiers. Ce cadre, permet d'obtenir des prix et de mesurer l'effet

de la volatilité dans un monde où l'aversion au risque n'existe pas.

2.1.4 Univers de projection monde réel

L'univers monde réel est un univers de probabilité dans lequel l'évolution future d'un actif est construite à partir des cours de son historique.

On s'intéresse dans un premier temps à la probabilité historique (réelle) p et plus particulièrement à son rendement en discret. Sous la probabilité p , on dit qu'il y a excès de rendement lorsque la rentabilité espérée de l'action est supérieure au taux sans risque r . Cette différence est nommée prime de risque et est proportionnelle au risque. Elle se définit par :

$$m_s - r = \lambda * \sigma_s \quad (2.5)$$

où m_s est l'espérance du taux de croissance du prix de l'action, σ_s est l'écart-type mesurant le risque affectant S et λ le prix de marché d'une unité de risque.

En continu, les probabilités risque-neutre correspondent à des probabilité "artificielles", où l'ensemble des agents sont neutres face au risque et où les espérances de rentabilité de tous les titres valent le taux sans risque $r(t)$.

Soit $\hat{W}_t$ le brownien dans l'univers risque neutre. Le rendement du titre sous les probabilités risque neutre est :

$$\frac{dX}{X} = r(t)dt + \sigma(t)d\hat{W}_t \quad (2.6)$$

La probabilité Q risque neutre est différente de la probabilité réelle. Le processus de rendement d'un actif sous les probabilités monde réelle est :

$$\frac{dX}{X} = \mu(t)dt + \sigma(t)dW_t \quad (2.7)$$

Comme cité précédemment, les espérances de rentabilité sont égales au taux sans risque majoré d'une prime de risque, égale au produit du prix de marché du risque et de l'intensité du risque (soit $\mu(t)dt = [r(t) + \sigma(t)\lambda(t)]dt$).

Le passage des probabilités réelles aux probabilités risque neutre nécessite un l'utilisation du théorème de Girsanov puis l'utilisation de la dérivée de Randon-Nikodym afin de déterminer la valeur d'un flux aléatoire futur.

Considérons W le brownien standard sous la probabilité P . Soit $\gamma(t)$ un processus adapté vérifiant $\int_0^T \gamma(t)^2 ds < \infty$ et tel que le processus suivant soit une martingale :

$$\xi(t) = \exp \left[-\frac{1}{2} \int_0^t \lambda(s)^2 ds - \int_0^t \gamma(s) dW \right] \quad (2.8)$$

Avec le théorème de Girsanov :

$$\hat{W}(t) = W(t) + \int_0^t \gamma(s)ds \quad (2.9)$$

est un processus brownien standard sous la probabilité P^ξ , avec $dP^\xi/dP = \xi(t)$, avec $\xi(t)$ satisfaisant aux conditions requises d'une dérivée de Randon-Nikodym.

Les caractéristiques d'une dérivée de Randon-Nikodym permettent donc d'obtenir une relation d'évaluation impliquant la probabilité historique P .

En effet, pour tout prix de marché du risque $\lambda(t)$, une probabilité Q risque-neutre peut être définie à partir de la probabilité historique P par la dérivée de Randon-Nikodym :

$$\frac{dQ}{dP} = \exp \left[-\frac{1}{2} \int_0^t \lambda(s)^2 ds - \int_0^t \gamma(s) dW \right] \quad (2.10)$$

En date 0, la valeur d'un titre constitué d'un droit aléatoire unique X_T disponible en T est de :

$$X(0) = E^Q \left\{ X_T e^{-\int_0^T r(u)du} \right\} = E^P \left\{ X_T e^{-\int_0^T (r(t) + \frac{1}{2}\lambda(t)^2)dt - \int_0^T \lambda(t)dW} \right\} \quad (2.11)$$

Où le déflateur est donné par le terme :

$$e^{-\int_0^T (r(t) + \frac{1}{2}\lambda(t)^2)dt - \int_0^T \lambda(t)dW} \quad (2.12)$$

On remarque ainsi, d'après le théorème de Girsanov, que le processus suivant est un brownien sous la probabilité Q :

$$d\hat{W}(t) = dW(t) + \lambda(t)dt \quad (2.13)$$

En procédant au remplacement de $dW(t)$ par $dW(t) = d\hat{W}(t) - \lambda(t)$ dans $\frac{dX}{X} = \mu(t)dt + \sigma(t)dW(t)$, on obtient :

$$\frac{dX}{X} = \mu(t)dt + \sigma(t) \left[d\hat{W}(t) - \lambda(t)dt \right] \quad (2.14)$$

Enfin, en notant $\mu(t)dt = [r(t) + \sigma(t)\lambda(t)]dt$ on obtient :

$$\frac{dX}{X} = r(t)dt + \sigma(t)d\hat{W}_t \quad (2.15)$$

Ainsi, l'univers monde réel est un univers de probabilité dans lequel l'évolution future d'un actif est construite à partir des cours de son historique. Les projections construites évoluent donc en fonction des modalités (fenêtre de temps choisie pour l'historique) et les hypothèses de prévisions

macroéconomiques (estimation des primes de risque). Une prime de risque est donc implicitement intégrée dans le rendement futur des actifs.

En résumé, un univers de projection est un outil de simulation, de ce fait, il ne peut pas prévoir l'avenir avec certitude. Les scénarios économiques inclus dans un univers de projection sont basés sur des hypothèses et des modèles statistiques et il est important de prendre en compte les incertitudes et les risques liés à ces projections.

De plus, les univers de projection ne sont pas figés, ils doivent être régulièrement mis à jour pour refléter les changements dans les relations de marché et les tendances économiques. Cela permet de garantir la fiabilité des projections produites et de s'adapter aux changements dans les conditions économiques. Il permet de déterminer les prix des actifs et les risques liés aux engagements financiers à long terme, et d'élaborer des stratégies d'investissement.

2.2 Modéliser l'avenir économique : une présentation des générateurs de scénarios et des modèles

2.2.1 Les générateurs de scénarios économiques

L'objectif des Générateurs de Scénarios Economiques (GSE) est de fournir différentes trajectoires économiques afin d'optimiser la gestion d'actif. L'obtention de plusieurs scénarios économiques est nécessaire pour avoir une estimation précise des passifs économiques, car certains contrats possèdent des options qui se déclenchent seulement dans des scénarios particuliers. Plus précisément, il s'agit d'obtenir des projections cohérentes des valeurs d'actifs sur la base de trajectoires stochastiques.

Il existe deux catégories de GSE :

- Les modèles composites : chaque classe d'actifs est décrite de façon ad'hoc, puis elles sont agrégées afin d'obtenir une description globale de l'actif. Le modèle composite est le plus utilisé dans la pratique.
- Les modèles intégrés : plusieurs classes d'actifs sont décrites de façon structurée à partir d'une variable explicative de référence.

Les GSE sont aujourd'hui des outils indispensables à la gestion des risques assurantiels. En effet, les normes comptables et plus particulièrement la norme IFRS 17 impose de mesurer les options détenues dans les produits d'assurance.

Les modèles stochastiques présentés dans ce mémoire sont implémentés dans le GSE interne à l'entreprise qui permet la production des scénarios stochastiques pour le taux d'intérêt, l'action, l'immobilier, le crédit et l'inflation. Ces éléments sont nommés facteurs de risque. Trois étapes sont nécessaires à la génération des scénarios stochastiques dans le GSE interne de KPMG comme illustré en Figure 2.1 :



FIGURE 2.1 – Fonctionnement du GSE KPMG

La première étape consiste en la création des inputs nécessaires au fonctionnement du GSE tel que la calibration des volatilité des actions, de l'immobilier ou la matrice de corrélation. La seconde étape est la sélection des options disponibles dans le GSE de l'entreprise comme le modèle de taux, le modèle action ou l'univers de réalisation. La dernière étape est la récupération des outputs du GSE contenant les fonds de solvabilité et les passifs.

Le choix des modèles est réalisé en fonction de la nature des risques à modéliser. Dans le cadre de ce mémoire, nous chercherons à modéliser le risque de taux, le risque de crédit et le risque action. Pour modéliser ces différents risques, les modèles suivants seront utilisés :

- Le modèle *LIBOR Market Model* (LMM+) pour le risque de taux : c'est une approche de modélisation sur taux *forward* décrivant la dynamique de taux *forward* sous la probabilité « risque neutre ». Le modèle LMM+ est une extension du modèle LMM permettant de générer des taux négatifs. La particularité du modèle LMM+ réside dans le fait que les taux ne sont pas plafonnés car ils sont Gaussiens, reproduisant de façon parfaite la courbe des taux initiale, intégrant les taux négatifs et l'existence de formules fermées pour l'espérance, la variance, le quantile et la probabilité des taux négatifs.
- Le modèle de taux court Cox, Ingersoll et Ross 1985 (CIR2++) pour le risque de crédit : le modèle CIR fait partie des modèles d'équilibre. C'est un modèle adapté à des projections de long terme incluant des effets de « retour à la moyenne ». Ils utilisent un processus d'Ornstein-Uhlenbeck pour modéliser l'évolution future du taux court instantané. La particularité du modèle CIR2++ réside dans le fait qu'il reproduit de façon parfaite la courbe des taux initiale, qu'il intègre les taux négatifs ainsi que le taux plafonné si la condition de Feller est respectée contrairement aux autres modèles CIR.
- Le modèle de Black and Sholes pour le risque action : il s'agit du modèle de référence pour la modélisation des indices Equity. Cependant, dans ce modèle, la volatilité est supposée indépendante du strike ce qui indique que le modèle ne capte pas la réalité du marché. Il faudrait donc calibrer autant de modèles que de strikes, ce qui est difficilement réalisable en pratique. Nous-nous tournerons donc vers un modèle plus sophistiqué qui sera présenté par la suite dans le mémoire.

Les définitions des modèles suivants et leurs notations sont issues du document d'orientation de DUBOIS, D. GIBOT, C. JOST, V. (2018) : Les générateurs de scénarios économiques, Document de travail, Institut des actuaires.

2.2.2 Le LIBOR Market Model +

2.2.2.1 Le LIBOR Market Model (LMM)

Le *LIBOR Market Model* (LMM) est utilisé principalement pour valoriser les produits dérivés liés au taux d'intérêt, tels que les *swaps* de taux d'intérêt, les options sur taux d'intérêt et les bonds à taux variable. Il est également utilisé pour évaluer les risques associés à ces produits dérivés. Le LMM décrit la dynamique des taux *forward* sous la probabilité "risque neutre". Il utilise un modèle stochastique pour simuler les mouvements futurs des taux d'intérêt, en prenant en compte les incertitudes et les risques associés à ces taux. Le LMM simule uniquement des taux positifs.

Le modèle LMM+ est le modèle qui sera choisi pour le calibrage du GSE. En effet, le contexte des taux bas nécessite l'utilisation d'un modèle tel que le modèle LMM+ qui est une extension du modèle LMM permettant de générer des taux négatifs.

A partir de la courbe des taux fournie par EIOPA la diffusion de la courbe des taux sans risque est réalisée par le modèle LMM+. Son calibrage est réalisé à base de caplets ou de *swaptions* qui est une option financière permettant de pénétrer dans un *swap* pour son détenteur. Un *swap* est un échange de taux entre deux entités. L'utilisation de ces dernières et plus précisément des *At the Money* (ATM) sera réalisée pour la calibration du modèle. Le caplet est une option financière permettant de percevoir la valeur du *strike* pour son détenteur en fonction de la valeur de marché du sous-jacent.

Le *LIBOR Market Model* (LMM) décrit la dynamique d'un ensemble de taux *forward* sous la probabilité « risque neutre » et ne simule que des taux positifs.

Soient :

- $P(t, T)$ le prix zéro-coupon de maturité $T - t$, en date t .
- $T_0 = 0 < T_1 < \dots < T_K$ une série de $K + 1$ dates successives et $\tau_k = T_k - T_{k-1}$ les pas de temps entre deux dates successives.
- Pour tout $1 \leq k \leq K$, $F_k(t)$, le taux forward entre les dates T_{k-1} et T_k vu en date $t \leq T_{k-1}$, s'écrit :

$$F_k(t) = \frac{1}{\tau_k} \left(\frac{P(t, T_{k-1})}{P(t, T_k)} - 1 \right) \quad (2.16)$$

Le modèle LMM suppose que, sous la « probabilité k -Forward neutre $\mathcal{Q}^k$ », les taux forwards sont lognormaux, une fonction du temps $\sigma_k(t)$ existe ainsi qu'un Brownien vectoriel M -dimensionnel $\mathcal{Z}^k(t)$ tel que :

$$dF_k(t) = F_k(t)\sigma_k(t)d\mathcal{Z}^k(t) \quad (2.17)$$

On note $\beta(t)$ la plus grande valeur de $1 \leq j \leq K$, $F_k(t)$ tel que $t \leq T_{j-1}$ (avec $\beta_0 = 1$). Sous la mesure spot LIBOR $\mathcal{Q}^\beta$ numéraire

$$B_d(t) = \frac{P(t, T_{\beta(t)-1})}{\prod_{j=0}^{\beta(t)-1} P(T_{j-1}, T_j)} \quad (2.18)$$

En changeant de mesure, l'association de la diffusion suivante au *forward* est admissible :

$$dF_k(t) = \sigma_k(t)F_k(t) \sum_{j=\beta(t)}^k \frac{\tau_j \rho_{j,k} \sigma_j(t) F_j(t)}{1 + \tau_j F_j(t)} dt + \sigma_k(t)F_k(t) dZ_k^d(t) \quad (2.19)$$

Avec $\rho_{j,k} dt = d\langle Z_j, Z_k \rangle_t = dZ_j(t) \cdot dZ_k(t)$ et Z_k^d un Brownien vectoriel M-dimensionnel sous $\mathcal{Q}^d$.

La mesure « risque neutre » du modèle LMM est hypothétiquement la mesure spot LIBOR. Ainsi, cette diffusion est celle utilisée pour la simulation des taux *forwards* en « risque neutre ».

Il en résulte les problématiques suivantes :

- Quelle est la forme des fonctions variances $(\sigma_k(t))_k$?
- Quel est le bon calibrage pour la structure des corrélations $(\rho_{j,k})_{j,k}$ à diffusion précédente ?

Deux formes des fonctions variances $(\sigma_k(t))_k$ sont proposées dans l'oeuvre de Brigo et Mercurio (2001) :

$$\sigma_k(t) = (a(T_{k-1} - t) + d)e^{-b(T_{k-1}-t)} + c \quad (2.20)$$

Où les 4 paramètres (a, b, c, d) doivent être calibrés. Et,

$$\sigma_k(t) = \phi_k \left((a(T_{k-1} - t) + d)e^{-b(T_{k-1}-t)} + c \right), \quad (2.21)$$

forme intégrant un nombre élevé de paramètres supplémentaires, les constantes $(\phi_k)_k$.

L'interprétation du paramétrage des volatilités est, dans l'ensemble, complexe quelque soit le cas.

En pratique, c'est un modèle à 2 aléas qui est utilisé en considérant M=2. De plus, l'expression de la dynamique des *forwards* est simplifiable sans perdre de généralité pour l'apparition d'un nouveau mouvement Brownien vectoriel Z^d et $s(t)$ une fonction de volatilité commune à tous les taux *forwards*.

$$dF_k(t) = F_k(t) \left(s(t)^2 \sum_{j=\beta(t)}^k \frac{\gamma_k(t) \gamma_j(t) \tau_j F_j(t)}{1 + \tau_j F_j(t)} dt + s(t) \gamma_k(t) dZ^d(t) \right) \quad (2.22)$$

Les fonctions de volatilités $\sigma_k(t)$ intégrées par les fonctions $\lambda_k(t)$ donnent l'occasion de prendre en compte les différentes corrélations entre les mouvements Browniens scalaires.

Des formules semi-fermées pour le *pricing* des actifs de calibrage tels que les *caps* et les *swaptions* peuvent exister en utilisant des paramétrages appropriés pour les fonctions de volatilité.

Le modèle LMM a connu une forte popularité à une époque où les taux d'intérêt étaient élevés, mais il montre maintenant ses limites en raison de la baisse des taux et de la présence de valeurs négatives dans certaines économies. Cependant, malgré ses limites, le LMM est encore largement utilisé.

Le modèle est capable d'estimer les volatilités implicites, c'est-à-dire les volatilités des taux *swap*, en utilisant des formules fermées. En général, il est calibré sur des *swaptions*, des *caplets* ou une combinaison des deux.

2.2.2.2 Displaced Diffusion LIBOR Market Model (DD LMM)

Le modèle DD LMM est une variante du modèle LMM couramment employé pour valoriser des dérivés exotiques de taux d'intérêts.

En utilisant les mêmes notation que précédemment pour le LMM, la diffusion du modèle (avec deux sources d'aléas en choisissant $M=2$) peut être obtenue de manière simple en incluant un facteur de décalage (ou shift) δ dans la diffusion des taux forwards :

$$dF_k(t) = (F_k(t) + \delta) \left(s(t)^2 \sum_{j=\beta(t)}^k \frac{\gamma_k(t)\gamma_j(t)\tau_j(F_j(t) + \delta)}{1 + \tau_j F_j(t)} dt + s(t)\gamma_k(t)dZ^d(t) \right) \quad (2.23)$$

Ainsi, dans ce cadre, ce ne sont pas les taux *forwards* qui sont positifs, mais plutôt les quantités $F_k(t) + \delta$. En conséquence, les taux (forwards et zéro-coupons nominaux) sont plafonnés à $-\delta$. La signification du paramètre de shift est facilement compréhensible.

En présence de bons paramètres des fonctions de volatilité, des formules semi-fermées de *pricing* existent pour évaluer des actifs de calibrage tels que des *caplets* et des *swaptions*.

Le paramètre δ est souvent ajusté indépendamment des autres paramètres du modèle, et devient alors un "méta-paramètre" qui permet un ajustement du modèle d'une complexité équivalente à celle du LMM.

Le modèle DD LMM devient de plus en plus populaire à mesure que des taux d'intérêt swaps négatifs sont observés. Cependant, il nécessite un modèle de gestion actif-passif approprié pour prendre en compte les taux négatifs, ce qui n'est pas le cas pour tous les acteurs du marché.

Dans le cadre du paradigme DD LMM, des formules fermées peuvent être obtenues pour les volatilités des taux d'intérêt *swaps shiftés* et pour les prix des *swaptions*. Par conséquent, le modèle est généralement calibré sur ces instruments.

2.2.2.3 Stochastic Volatility Displaced Diffusion LIBOR Market Model

Le LMM+ est une version étendue du modèle LMM développé par Joshi et Rebonato (2003).

Cette adaptation inclut à la fois un facteur de déplacement et une variance stochastique, ajoutés au modèle de base DD LMM. La fonction de volatilité $s(t)$ utilisée dans la diffusion des taux forwards dans le DD LMM est échangée dans le LMM+ par un processus stochastique de retour à la moyenne de type Cox-Ingersoll-Ross (CIR).

$$d(F_k(t) + \delta) = (F_k(t) + \delta)V(t) \sum_{j=\beta(t)}^k \frac{\gamma_k(t)\gamma_j(t)\tau_j(F_j(t) + \delta)}{1 + \tau_j F_j(t)} dt + \sqrt{V(t)}\gamma_k(t)(F_k(t) + \delta)dZ^d(t) \quad (2.24)$$

$$dV(t) = \kappa(\theta - V(t))dt + \epsilon\sqrt{V(t)}dW(t) \text{ et } d\langle W, Z^d \rangle_t = \rho dt \quad (2.25)$$

Les paramètres du modèle CIR (variance) $(\kappa, \theta, \epsilon, V(0))$ sont strictement positifs et vérifient la condition « de Feller » suivante :

$$\epsilon^2 < 2\kappa\theta \quad (2.26)$$

Ce modèle permet de calibrer le smile de volatilité et de générer des taux négatifs en considérant trois sources d'incertitude : deux pour les taux et une pour la volatilité.

Le paramètre δ peut être ajusté indépendamment des autres paramètres du modèle, ce qui le transforme en un « métaparamètre » permettant une calibration plus simple du modèle. Les paramètres de la variance du modèle CIR sont facilement interprétables :

- La valeur de κ détermine la vitesse à laquelle la variance stochastique revient à sa moyenne asymptotique θ . Un κ élevé entraîne une stabilisation plus rapide de la variance autour de cette moyenne.
- Le paramètre ϵ reflète la fluctuation de la variance stochastique par rapport à sa tendance, qui la fait progressivement converger vers sa moyenne asymptotique.

Les autres paramètres du modèle sont complexes à interpréter, à l'exception du "*shift*" qui est le complément inverse du plancher ou du "*floor*" des taux simulés. Cependant, il est possible d'obtenir des formules semi-fermées pour évaluer les actifs de calibrage, tels que les *caps* et les *swaptions*.

Le LMM+ est de plus en plus populaire à mesure que les taux *swaps* négatifs se généralisent, car sa volatilité stochastique permet une prise en compte plus complète et efficace de la "*market-consistency*". Cependant, son calibrage reste complexe.

Pour estimer les prix des *swaptions* dans le cadre du LMM+, une approche numérique peut être utilisée pour estimer la fonction caractéristique de la distribution des taux *swaps*, puis pour estimer les prix par des intégrations numériques.

2.2.3 Le modèle CIR2++

Ces modèles sont conçus pour prédire des tendances à long terme tout en prenant en compte les phénomènes de "retour à la moyenne". Pour anticiper l'évolution future du taux court instantané, ces modèles font appel à une méthode de modélisation nommée processus d'Ornstein-Uhlenbeck.

La dynamique du taux court r_t sous l'univers « risque neutre » s'écrit : $dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma r_t^\beta dW_t$ où :

- a : vitesse de retour à la moyenne long terme (*speed mean-reversion*) ;
- b : moyenne à long terme du taux court (*mean-reversion*) ;
- σ : volatilité du taux court ;
- W_t : mouvement brownien standard.

On peut obtenir les modèles monofactoriels de Vasicek [1977] et Cox, Ross et Ingersoll (CIR) [1985] en fixant la valeur à $\beta = 0$ et $\beta = \frac{1}{2}$.

2.2.3.1 Modèle de taux court CIR (Cox, Ingersoll et Ross 1985)

Le modèle de Vasicek permet au taux court d'être négatif en raison de la non-dépendance de l'écart-type instantané par rapport au niveau atteint par r_t . En revanche, le modèle CIR utilise une dynamique qui inclut la racine carrée du taux courant dans le terme de diffusion ($\beta = \frac{1}{2}$), assurant que r_t reste toujours positif selon l'équation $dr_t = \lambda(\theta - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t$.

Le point de départ r_0 est toujours le début du scénario moyen du taux court. Il est aussi un paramètre du modèle et converge vers θ à long terme. La vitesse de cette convergence entre r_0 et θ est négativement exponentielle, sauf dans certains cas particuliers où elle peut se réduire à une vitesse linéaire.

- Si $\lambda \rightarrow 0$, alors : $\mathbb{E}_0^Q[r_t] \approx (\theta - r_0) * \lambda t + r_0$
- Si $\lambda \rightarrow +\infty$, alors : $\mathbb{E}_0^Q[r_t] \approx \theta$ ce qui conduit à un saut instantané après la date de génération des scénarios entre r_0 et θ .

En règle générale, le comportement habituel du taux court instantané suit une décroissance exponentielle comprise entre r_0 et θ . La demi-vie correspondant à la date à laquelle le taux moyen atteint la moitié de sa valeur peut être calculée aisément en fonction des paramètres des modèles :

$$r_0 * p_{t_{1/2}} + \theta * (1 - p_{t_{1/2}}) = \frac{r_0 + \theta}{2} \Leftrightarrow t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \quad (2.27)$$

La dynamique CIR est composé de deux sources de volatilité :

- Une volatilité induite par le mouvement brownien ;
- une autre source moins évidente est le relâchement de l'effet de retour à la moyenne. En effet, si l'effet de retour à la moyenne est très marqué, cela peut contenir la volatilité du taux court. En revanche, si l'effet de retour à la moyenne est faible, le taux court sera libéré de la

force de rappel au taux court de long terme θ et cela générera davantage de volatilité.

En plus de ne pas permettre la production de taux négatifs, l'introduction de la racine carrée dans l'équation de diffusion entraîne plusieurs conséquences :

- La distribution des taux d'intérêt change d'une loi normale symétrique à une loi asymétrique χ^2 non centrée. Cette distribution des taux d'intérêt est particulièrement intéressante pour les économies développées telles que la zone Euro ou les États-Unis.
- La volatilité $\sigma\sqrt{r_t}\Delta W_t$ de la variation du taux court Δr_t dépend désormais du niveau du taux court r_t , ce qui n'était pas le cas dans le modèle de Vasicek. La volatilité de la variation du taux court est donc modulée en fonction du niveau de taux, ce qui reflète mieux la réalité.
- Le modèle CIR est un modèle affine, ce qui signifie que le prix d'une obligation zéro-coupon achetée à l'instant t délivrant une unité monétaire à une date ultérieure T est une fonction affine de r_t .

2.2.3.2 Modèle de taux court CIR++

Le modèle de taux CIR ne prend pas en compte complètement la courbe des taux initiale observée sur les marchés financiers. Pour corriger cela, Brigo et Mercurio (2001) ont suggéré un modèle appelé "étendu" CIR++ en ajoutant une translation déterministe fonction du temps ϕ_t à la définition du taux court : $R^{CIR++}(0, T) = R^{Marche}(0, T)$. Avec le modèle CIR++, le taux court instantané est écrit comme : $r_t^{CIR++} = r_t^{CIR} + \phi_t$.

La fonction ϕ_t impliquée dans l'extension du modèle CIR++ nécessite des valeurs de taux zéro-coupon de marché pour toutes les maturités avec des intervalles très courts, ce qui exige des techniques d'interpolation et d'extrapolation pour la courbe initiale de marché. Cependant, la détermination des taux zéro-coupon est assez facile. En effet, pour obtenir le taux zéro-coupon futur $R^{CIR++}(t, T)$, seuls les paramètres du modèle CIR et les prix zéro-coupon de marché $P^{Marche}(0, t)$ et $P^{Marche}(0, T)$ sont nécessaires : $R^{CIR++}(t, T) = R^{CIR}(t, T) + \Phi'(t, T) = \alpha(t, T) + \beta(t, T) * r_t + \Phi'(t, T)$.

$\Phi'(t, T)$ dépend des paramètres tout comme $\alpha(t, T)$ et $\beta(t, T)$ et des prix zéro-coupon de marché $P^{Marche}(0, t)$ et $P^{Marche}(0, T)$.

Une conséquence significative de l'ajout d'une translation déterministe dans le modèle CIR est la possibilité d'atteindre des taux d'intérêt négatifs. L'utilisation du modèle CIR++ nécessite une adaptation de la stratégie de gestion actif-passif pour en prendre compte, mais cela n'est pas encore répandu parmi les acteurs du marché. Les modèles de taux CIR et CIR++ ont des formules fermées permettant de valoriser des produits dérivés de taux courants (*caplets*, *floorlets* et *swaptions*) en utilisant un calibrage « market-consistent ».

2.2.3.3 Modèle de taux court CIR2++

Les modèles CIR et CIR++ reposent sur l'utilisation d'un unique facteur aléatoire, le taux court instantané, pour décrire les déformations de la courbe des taux zéro-coupon. Cependant, cette approche implique une corrélation parfaite entre les rendements de tous les actifs, ce qui ne reflète pas nécessairement la réalité. En effet, un choc sur la partie courte de la courbe des taux ne se

traduit pas systématiquement par une déformation similaire sur la partie longue. Pour remédier à cette situation, il est possible d'intégrer plusieurs facteurs aléatoires pour décrire le taux court et ainsi briser la corrélation linéaire parfaite.

À l'aide d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur un historique journalier de la période 2000-2013 (Figure 2.2), on peut déterminer que la dynamique de la structure par termes des taux d'intérêts est principalement expliquée (à plus de 99%) par trois vecteurs propres : la translation, la pentification et la convexité. Les différentes études menées sur la décomposition de la dynamique des courbes des taux par ACP concluent à une stabilité temporelle et géographique de cette analyse, comme le soulignent Le Bellac et Viricel (2012).

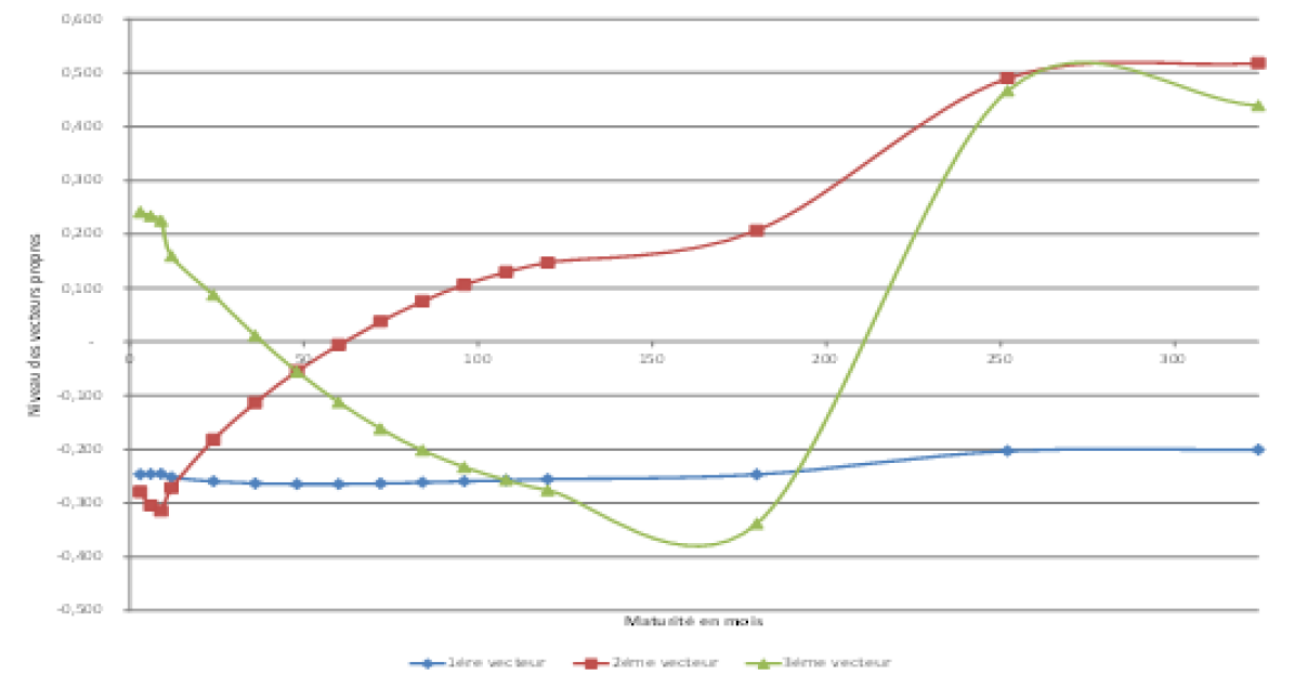


FIGURE 2.2 – Décomposition de la dynamique des courbes des taux par ACP, *Source : Document d'orientation de DUBOIS, D. GIBOT, C. JOST, V. (2018), les générateurs de scenarios économiques, Document de travail, Institut des actuaires.*

Il a été constaté que les taux zéro coupon à court terme et à long terme ne sont pas parfaitement corrélés historiquement, avec des niveaux de corrélation allant de 60 à 70%. Par conséquent, pour modéliser la dynamique des taux de manière réaliste, il est plus approprié de considérer une volatilité différente pour chaque facteur plutôt qu'une volatilité unique. Cette approche est appelée modèle multifactoriel et est particulièrement utile pour reproduire la structure par terme des taux d'intérêt.

En utilisant un modèle multifactoriel en univers "risque neutre", on peut chercher à reproduire des phénomènes endogènes au marché à une date fixe. Par exemple, la meilleure réplique du *smile* et du *skew* de volatilité des options (c'est-à-dire l'aspect non linéaire et asymétrique de la volatilité implicite des options en fonction du strike). Cette approche permet d'obtenir une meilleure adéquation aux données de marché.

Dans le modèle CIR2++, le taux court est défini comme la somme de deux facteurs CIR x_t et y_t , qui suivent des lois du χ^2 non centrées, et d'un terme déterministe ϕ_t pour calibrer parfaitement

la courbe initiale de taux de marché :

$$r_t = x_t + y_t + \phi_t \quad (2.28)$$

$$dx_t = \lambda_x(\theta_x - x_t)dt + \sigma_x\sqrt{x_t}dW_t^x \quad (2.29)$$

$$dy_t = \lambda_y(\theta_y - y_t)dt + \sigma_y\sqrt{y_t}dW_t^y \quad (2.30)$$

Où $(W_t^x)_t$ et $(W_t^y)_t$ sont des mouvements browniens indépendants dans l'univers « risque neutre » considéré.

L'expression du taux zéro-coupon à la date t de maturité $T - t$ devient :

$$R^{CIR2++}(t, T) = \underbrace{\Phi'(t, T)}_{\text{Calage des taux de marché}} + \underbrace{[\alpha^x(t, T) + \beta^x(t, T)x_t]}_{R^{CIR,x}(t, T)} + \underbrace{[\alpha^y(t, T) + \beta^y(t, T)y_t]}_{R^{CIR,y}(t, T)} \quad (2.31)$$

Dans cette situation, la corrélation linéaire entre les différents points de taux sur la courbe des taux aux dates futures de génération n'est pas parfaite. Cette caractéristique permet de créer des scénarios de courbes de taux inversées, car seules des formules semi-fermées, nécessitant une discrétisation d'intégrale double, sont disponibles pour le modèle à deux facteurs CIR2++.

Si la discrétisation de l'intégrale double nécessite des ressources informatiques importantes pour obtenir une cohérence avec le marché, il peut être préférable de revenir à une approche de type Monte-Carlo.

Nous présentons ci-dessous, en Figure 2.3, des taux synthétiques (Euribor 3M et taux swap 10Y en zone Euro) qui reflètent l'information sur un ensemble de 500 scénarios générés à l'aide du modèle de taux CIR2++. Dans les deux cas, plusieurs observations peuvent être faites :

- Le modèle génère des taux négatifs réalistes, mais la notion de réalisme dépend des conditions économiques du moment. Les taux ne sont pas substantiellement négatifs (moins de 5%). Cela nécessite une adaptation du modèle de gestion actif-passif pour les gérer, ce qui n'est pas encore généralisé chez tous les acteurs du marché ;
- Le modèle ne génère pas de taux explosifs, c'est-à-dire des taux annuels dépassant les 50% dans une économie développée ;
- Le scénario moyen des taux est toujours légèrement supérieur au scénario médian des taux, principalement en raison de la forme de la distribution des taux qui est une χ^2 non centrée présentant une asymétrie positive (du côté de la queue de distribution à droite) ;
- Le scénario moyen des taux est légèrement supérieur au scénario déterministe suggéré par les taux *forwards*. Ce rapport est dû à un biais théorique de convexité, prédit par la théorie qui ne prend en compte que les prix. En effet, la relation entre les prix zéro-coupon et les taux zéro-coupon présente une convexité, ce qui crée un biais lors de la conversion de l'information sur les prix en information sur les taux. L'ampleur de ce biais dépend du modèle choisi et de ses paramètres.

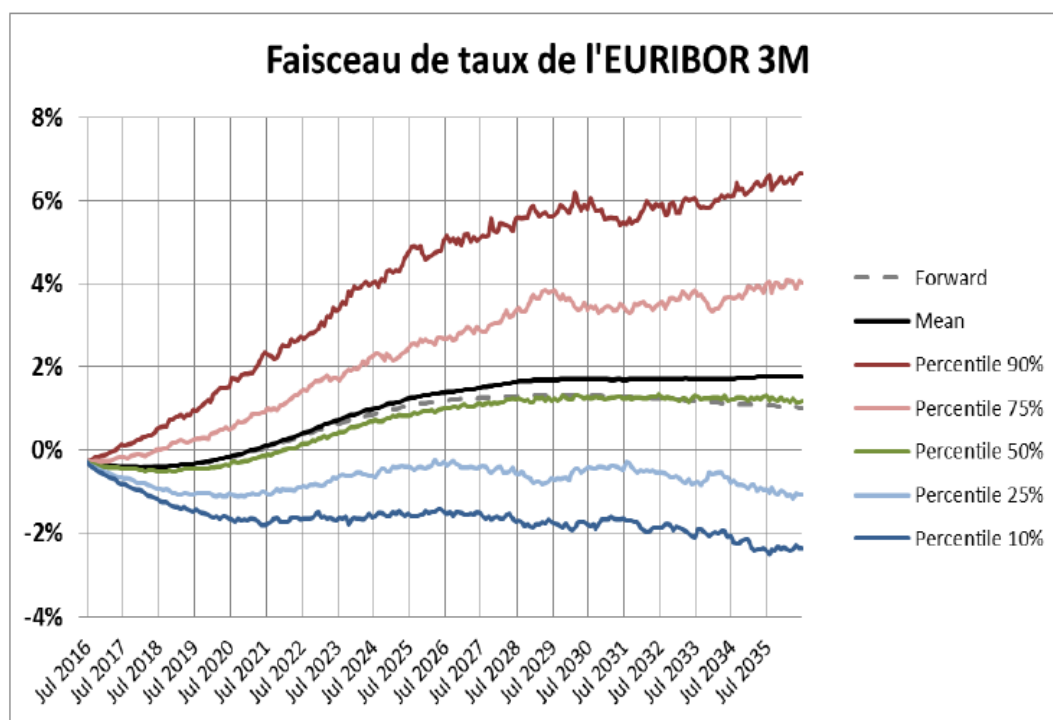


FIGURE 2.3 – Faisceau de taux de l'EURIBOR 3M, *Source : Document d'orientation de DUBOIS, D. GIBOT, C. JOST, V. (2018), les générateurs de scénarios économiques, Document de travail, Institut des actuaires.*

2.3 La modélisation de scénarios économiques avec DEvent

L'outil actuariel DEvent utilisé dans ce mémoire est un outil de modélisation de l'actif et du passif. Il permet la projection des flux de trésorerie jusqu'à 60 ans permettant d'évaluer les engagements de l'assureur, les bénéfices et les taxes dans le futur. Cet outil nécessite l'utilisation de GSE pour évaluer les options asymétriques telles que les garanties TMG.

L'outil DEvent dont l'architecture est illustrée en Figure 2.4, s'applique à différents types de contrats, notamment :

- Les contrats d'assurance vie.
- Les contrats multi support.
- Les contrats de prévoyance santé et collective.
- Les produits de retraite en phase de constitution ou en phase de vente.

Dans le cadre de ce mémoire, on se limite uniquement à la projection de contrats épargnes investis dans des fonds euros.

L'architecture de DEvent peut être schématisée comme suit.

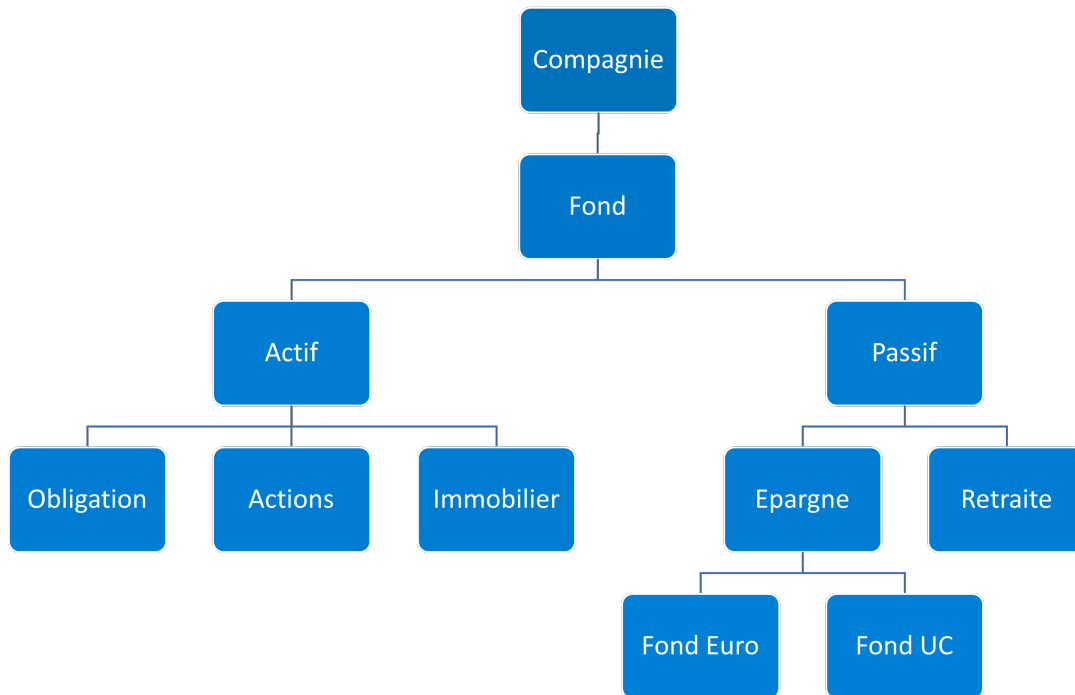


FIGURE 2.4 – Architecture de l'outil actuariel DEvent

Les modèles de projection sous DEvent sont construits à partir des quatre éléments ci-dessous :

- Les Data.
- Les Event.
- Les Service.
- Les Output.

La Data correspond aux données métiers et définit l'état initial du modèle. Elle peut être initialisée avec des données d'*input* (*Model Points*). Par exemple, les contrats d'épargne (PM) et les actions (VNC).

Les Event correspondent aux événements métier. Ils représentent les événements pouvant s'appliquer au modèle et utilisent des hypothèses ou des scénarios économiques. L'Event principal est nommé *Event Sequencer* et définit l'ordre d'activation des actions durant la projection actuarielle. Ce sont dans les Events que les *BEL cash-flows*, la participation aux bénéfices, les mises à jour de la réserve de capitalisation et les valeurs de marché des actifs sont calculés. Il en est de même pour l'implémentation des sensibilités des variables techniques et financières.

Les services sont les fonctions standard utilisables depuis tous les composants d'un modèle. Ils peuvent être réutilisés entre les modèles.

Les *outputs* sont générés automatiquement en fonction de la maille de sortie. Ils récupèrent les variables souhaitées pour l'exportation suite à une projection.

L'exécution d'un modèle DEvent est réalisée à partir des datas en état initial 0. Elles sont ensuite traitées par les *events sequencer* sur une période donnée qui vont modifier l'état du modèle.

On obtient ainsi les datas dans un nouvel état 1. L'exécution d'un modèle par le pro-logiciel DEvent peut être schématisée de la façon suivante :

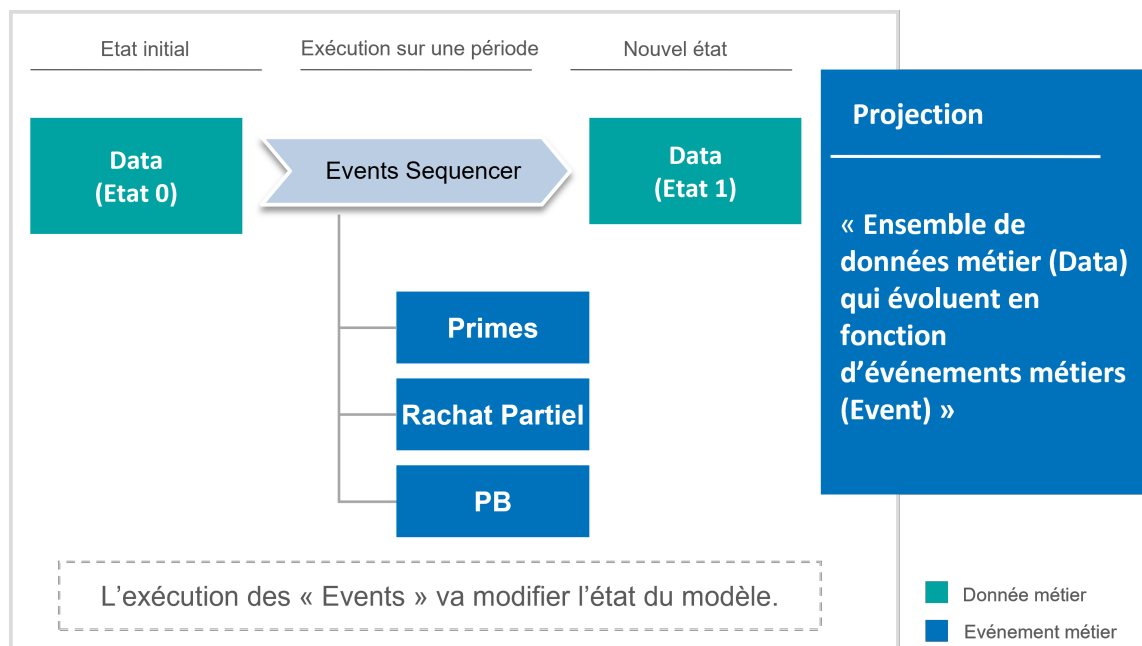


FIGURE 2.5 – DEvent – Exécution d'un modèle

Pour conclure, le logiciel DEvent est l'outil de modélisation actif-passif (ALM) qui sera utilisé dans cette étude afin de nous aider à se conformer aux exigences de la norme comptable internationale IFRS 17. Parmi les avantages qu'offre ce pro logiciel dans notre étude nous pouvons citer :

- L'intégration de la gestion du risque : DEvent permet d'intégrer la gestion du risque dans le processus de modélisation ALM, ce qui permet de mieux comprendre les impacts des risques sur leur bilan et leur compte de résultat.
- La modélisation est flexible : DEvent offre une grande flexibilité dans la modélisation des produits d'assurance et des flux de trésorerie associés, ce qui permet de modéliser différents scénarios et d'analyser les impacts financiers sur leur entreprise.
- La gestion des données : DEvent permet de gérer facilement les données de marché et les données internes de l'entreprise étudiée, ce qui facilite l'analyse et la modélisation des produits d'assurance.
- L'automatisation des processus : DEvent peut automatiser une grande partie des processus de modélisation ALM, ce qui permet de gagner du temps et de réduire les erreurs.
- La production de rapports et d'analyses : DEvent fournit des rapports et des analyses avancées qui permettent de mieux comprendre les impacts des changements dans les conditions de marché et les politiques de l'entreprise étudiée.

En résumé, l'utilisation de DEvent dans le cadre d'une modélisation ALM sous IFRS 17 permet de mieux comprendre les impacts financiers de leurs produits d'assurance et de mieux gérer les risques, ce qui aide à assurer une conformité complète aux exigences de la norme comptable internationale IFRS17.

Chapitre 3

Stratégies de pilotage et optimisation de la CSM en VFA

Sommaire

3.1	L'effet bow wave	46
3.2	Les méthodes de correction de l'effet bow Wave	47
3.2.1	Présentation des méthodes	47
3.2.1.1	Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement	48
3.2.1.2	Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période	49
3.2.1.3	Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM	49
3.2.1.4	Méthode 4 : Calcul d'une CSM miroir monde réel	50
3.2.2	Scénarios étudiés	50
3.2.2.1	Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses	51
3.2.2.2	Scénario 2 : Faible CSM initiale	51
3.2.2.3	Scénario 3 : Baisse des taux	52
3.2.2.4	Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux	52
3.2.2.5	Scénario 5 : Faible effet de mutualisation	53
3.2.2.6	Scénario 6 : Fort effet de mutualisation	54
3.2.2.7	Étude supplémentaire : Ajout de nouveaux contrats	55
3.2.2.8	Bilan des scénarios étudiés	56
3.3	Risk mitigation	57
3.3.1	Répartition des risques	57
3.3.2	Utilisation de produits dérivé	58
3.3.3	Gestion active des portefeuilles de contrats	59

Sous la VFA, les variations d'actifs ajustent la CSM et sont reconnues dans le P&L durant toute la durée de vie du contrat. Cela signifie que tout profit issu de l'investissement dans des actifs autres que sans risque sont différés et reconnus sur la durée de vie restante du contrat.

Ce phénomène crée un écart significatif avec les normes comptables françaises actuelles sur lesquelles reposent le calcul de la participation aux bénéfices (PB) et les publications IFRS 4. Cette partie consiste à présenter cette problématique ainsi que les solutions étudiées à date par le marché européen pour le corriger.

3.1 L'effet bow wave

En assurance vie, la modélisation des flux de trésorerie se veut "market consistent". C'est-à-dire que *"le calcul des provisions techniques utilise, en étant cohérent avec elles, les informations fournies par les marchés financiers et les données généralement disponibles sur les risques de souscription."*¹.

Les options et les garanties contractuelles impliquent l'utilisation d'une approche stochastique pour la modélisation des flux de trésorerie. L'approche stochastique, se réalisant en absence d'opportunité d'arbitrage (AOA), crée un décalage entre les intérêts, plus élevés, réellement perçus par les assureurs et ceux issus de la modélisation risque neutre. Ce surplus est nommé "prime de risque" ou encore "spread attendu" et l'assureur en fait bénéficier l'assuré par la PB.

En VFA, la part revenant à l'assureur dans la variation de valeurs des actifs sous-jacents est reconnue en CSM, celle-ci est répartie sur la durée résiduelle du contrat. En d'autres termes, une partie de ce surplus est allouée à la CSM à chaque période d'évaluation et relâchée ultérieurement durant la durée de vie du contrat. Cet ajout d'une partie de ce surplus à la CSM induit un retard systématique de l'écoulement de celle-ci au cours du temps et implique un retard de comptabilisation des bénéfices se cumulant jusqu'à la fin de la période de couverture.

Cette accumulation due à la différence entre le relâchement de la CSM d'une part, et cet ajout continu d'une partie des rendements plus élevés que celui attendu d'autre part, repousse les bénéfices obtenus durant la période de couverture. En outre, cela crée, au sens figuré, une sorte de vague appelée "Bow wave effect".

Bien qu'étant une conséquence directe de l'application de la norme IFRS 17, le bow Wave effect est contradictoire avec les exigences de la norme qui demandent une reconnaissance des bénéfices en temps réel au fur et à mesure du service rendu (*cf. §B199, IFRS 17 Contrats d'assurance, Juillet 2021*).

Cette conséquence n'est pas stipulée par la norme. Elle implique donc à chaque entité d'établir des méthodes robustes et de corriger cet effet non désiré pour être conforme à la norme IFRS 17. L'enjeu est de déterminer des unités de couverture (UC) permettant de réduire cet effet bow wave par une reconnaissance plus économique des résultats en tenant compte de tous les services rendus qui sont la gestion des actifs et la performance.

L'exemple créé ci-dessous permet l'illustration du bow wave effect. Il a été réalisé en prenant les hypothèses simplifiées suivantes :

Hypothèses	
Prime initiale	1 000
Taux de PB	85%
Taux RN	1%
Taux RW attendu	3%
Taux réel	3,5%

TABLE 3.1 – Hypothèse illustration des marges French GAAP et IFRS 17

1. Cf. Art 76 (3), Directive Solvabilité 2

Graphiquement, sur la Figure 3.1, la courbe grise représente la marge IFRS 17 avant correction, soit l'effet bow wave. Le report de la reconnaissance des profits financiers vers la fin du contrat ne correspondant pas au rythme des services rendus est visible sur la courbe grise. Selon la norme IFRS 17 et avec les hypothèses utilisées, elle devrait être linéaire pour un contrat avec prime unique et un rachat total à la fin de la période de couverture. A titre de comparaison, la courbe rouge représente la marge issue du référentiel comptable français ou "French GAAP". Pour rappel, les normes comptables françaises sont élaborées par l'Autorité des Normes Comptables. On voit sur ce graphique que la marge issue de la french GAAP ne présente pas l'effet bow wave, elle est relativement constante au fil des années bien qu'une légère hausse est notable contrairement à la marge provenant d'IFRS 17 où la marge augmente de façon progressive puis exponentielle.

L'effet bow wave est dû à l'application d'IFRS 17 en VFA. La section suivante présente les leviers développés dans le cadre de notre étude afin de contrer cet effet et ainsi de rendre conforme l'écoulement de la CSM aux exigences IFRS 17.

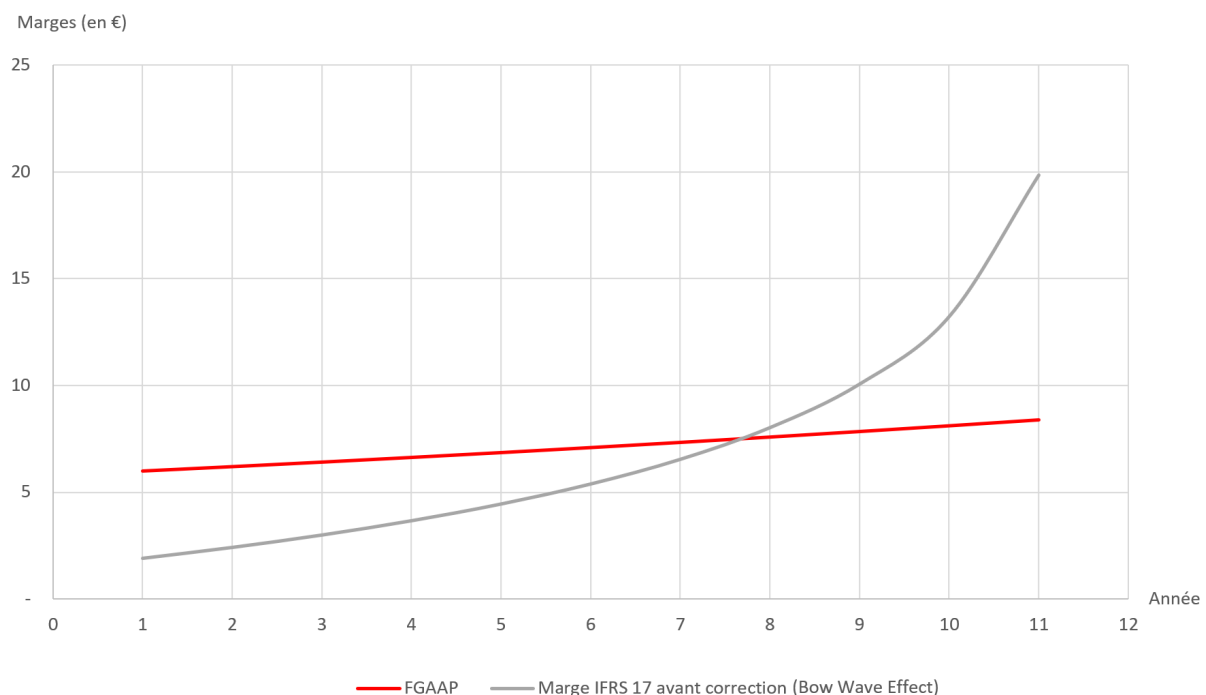


FIGURE 3.1 – Comparaison des marges French GAAP et IFRS 17

3.2 Les méthodes de correction de l'effet bow Wave

3.2.1 Présentation des méthodes

Les méthodes présentées dans cette étude proposent des modes de calculs alternatifs du Coverage-Unit (CU). Elles permettent de corriger le bow-wave effect engendré par l'écart entre le niveau des taux en environnement risque neutre et le niveau anticipé des taux monde réel en fin de période, ces derniers n'étant pas les taux réellement observés en fin de période.

L'étude est réalisée en deux temps. En premier lieu, les méthodes envisagées sont implémentées dans une maquette en utilisant les mêmes hypothèses. Puis, dans un second temps, les méthodes sont challengées entre elles à l'aide de différents scénarios possibles afin de déterminer leur robustesse en condition réelle et les avantages de chacune.

Afin de réaliser l'implémentation des méthodes, un groupe de contrats d'épargne simple est projeté sur 20 ans avec une prime unique de 1000€ versés la première année et capitalisée avec un taux servi égal à 93% du taux réel. Des rachats partiels, tout au long de la projection et un rachat total des contrats à la fin de la période de couverture sont également projetés.

On suppose que l'actif est revalorisé selon un taux variable et on distingue trois types de taux :

- Le taux Risque Neutre (RN) sur toute la durée de projection. Il correspond au taux de rendement projeté des actifs dans le modèle actuariel utilisé pour valoriser le *Best Estimate Liability* (BEL).
- Le taux monde réel attendu (RW attendu) sur l'historique puis risque neutre sur la durée de projection restante. Il correspond au taux de rendement projeté des actifs, anticipé en début de période.
- Le taux réel observé (RW observé) sur l'historique puis risque neutre sur la durée de projection restante. Il correspond au taux de rendement des actifs constaté à chaque fin de période. Il est utilisé pour revaloriser la provision mathématique et calculer la marge FGAAP.
- Monde réel observé (RW observé) sur l'historique puis monde réel attendu sur la durée de projection restante.

Les deux premiers taux sont utilisés à des fins de tests sur les différentes méthodes tandis que les deux derniers correspondent aux runs issu des modèles ALM lancés à chaque clôture et nécessaire aux calculs exigés par la norme IFRS 17.

Les étapes de calculs des méthodes expérimentées sont définies ci-après. Les trois premières méthodes offrent l'avantage de pouvoir être réalisées à tout moment, c'est-à-dire :

- En cours d'année en se basant sur les projections monde réel attendu.
- En fin d'année en intégrant le taux monde réel observé de l'année.
- Lors de la clôture anticipée, sur une vision au 30 novembre.

La dernière méthode, quant à elle, n'est réalisable qu'en fin de période d'évaluation des contrats.

3.2.1.1 Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement

La première méthode mise en place s'appuie sur une modification du ratio de relâchement de la CSM. Pour ce faire, quatre étapes distinctes sont nécessaires à sa mise en place :

- Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM entre les VIF² risque neutre et monde réel tel que :

$$Surplus = VIF(IFRS\ 17)RW - VIF(IFRS\ 17)RN. \quad (3.1)$$

2. Value In Force (VIF) : Valeur intrinsèque du portefeuille représentant la part restante à l'assureur comme rémunération.

- Étape 2 : Calcul de la CSM RW tel que :

$$CSM\ RW\ ouverture = CSM\ RN\ ouverture + Surplus. \quad (3.2)$$

- Étape 3 : Calcul du taux de relâchement ajusté comme :

$$Taux\ de\ relâchement\ ajusté = Taux\ de\ relâchement\ (RN) * \frac{CSM\ RW\ ouverture}{CSM\ RN\ ouverture} \quad (3.3)$$

- Étape 4 : Calcul du relâchement de CSM sur l'année avec :

$$Relâchement\ de\ CSM = Taux\ de\ relâchement\ ajusté * CSM\ RN\ avant\ relâchement \quad (3.4)$$

3.2.1.2 Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période

La seconde méthode mise en place est similaire à la méthode précédente, mais ici seule l'unité de couverture de l'année en cours est multipliée par un facteur RW / RN. Pour la réaliser, cinq étapes sont nécessaires :

- Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM entre le risque neutre et le monde réel tel que :

$$Surplus = VIF\ RW - VIF\ RN \quad (3.5)$$

- Étape 2 : Calcul de la CSM RW tel que :

$$CSM\ RW\ ouverture = CSM\ RN\ ouverture + Surplus \quad (3.6)$$

- Étape 3 : Calcul de l'unité de couverture de l'année ajustée tel que :

$$UC\ année\ ajustée = UC\ de\ l'année * \frac{CSM\ RW\ ouverture}{CSM\ RN\ ouverture} \quad (3.7)$$

- Étape 4 : Calcul du taux de relâchement ajusté comme :

$$Taux\ relâch\ ajusté = Taux\ de\ relâchement\ (RN) * \frac{UC\ année\ ajustée}{UC\ année\ ajusté + Somme\ des\ UC\ futures\ actualisées\ avec\ taux\ RN} \quad (3.8)$$

- Étape 5 : Calcul du relâchement de CSM sur l'année tel que :

$$Relâchement\ de\ CSM = Taux\ de\ relâch\ ajusté * CSM\ RN\ avant\ relâchement \quad (3.9)$$

3.2.1.3 Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM

La troisième méthode mise en place s'appuie sur un calcul de surplus à relâcher chaque année. Elle est réalisée par les quatre étapes suivantes :

- Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM tel que :

$$Surplus = VIF\ RW - VIF\ RN \quad (3.10)$$

— Étape 2 : Calcul des taux de relâchement RN et RW tel que :

$$\text{Taux de relâchement RN} = \frac{UC \text{ de l'année}}{\text{Somme des UC futures actualisées avec les taux RN}} \quad (3.11)$$

$$\text{Taux de relâchement RW} = \frac{UC \text{ de l'année}}{\text{Somme des UC futures actualisées avec les taux RW}} \quad (3.12)$$

— Étape 3 : Calcul du relâchement de Surplus de CSM tel que :

$$\text{Relâchement de surplus} = \text{Surplus} * \text{Taux de relâchement RW} \quad (3.13)$$

— Étape 4 :

$$\text{Relâchement de CSM total} = \text{Relâchement de CSM de service} + \text{Relâchement de surplus} \quad (3.14)$$

3.2.1.4 Méthode 4 : Calcul d'une CSM miroir monde réel

La quatrième et dernière méthode mise en place s'appuie sur un double calcul de CSM en parallèle. Un calcul de la CSM en RN et un autre en RW.

Le relâchement de CSM risque neutre est ainsi remplacé chaque année par le relâchement de CSM monde réel.

3.2.2 Scénarios étudiés

Une fois les méthodes de calculs définies, six scénarios différents reflétant les possibles évolutions d'hypothèses durant la durée de vie des contrats sont étudiés. Sous certaines hypothèses, l'effet *bow wave* peut engendrer des comportements aberrants. Il s'agit ici, par ces scénarios, de mettre en évidence les comportements aberrants des méthodes de corrections sous des hypothèses extrêmes pour l'étude de l'effet *bow wave*. Les scénarios étudiés sont les suivants :

- Aucune évolution des hypothèses
- Faible CSM initiale
- Baisse des taux
- Cas de contrats profitable devenu onéreux
- Faible effet de mutualisation
- Fort effet de mutualisation

Les hypothèses initiales pour l'étude des méthodes sont énoncées dans le Tableau 3.2 ci dessous :

Hypothèses	
Prime initiale	1 000
Taux de PB	93%
Rachats (Eop)	/
Mutualisation	0

FIGURE 3.2 – Hypothèses utilisées

3.2.2.1 Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses

Pour le premier scénario aucune évolution des hypothèses dans le Tableau 3.2 ne sera réalisée durant la période de couverture et les résultats obtenus sont représentés sur la Figure 3.3 ci dessous :

Comme l'illustre le graphique, l'effet bow wave est amoindri pour chacune des méthodes si on se réfère à la méthode zéro représentant le cas où aucune correction n'est réalisée. Cependant, sans évolution des hypothèses, il n'existe pas de différences significatives entre les quatre méthodes implémentées. Elles sont équivalentes en termes de reconnaissance des profits en VFA sans changement d'hypothèse durant la période de couverture.

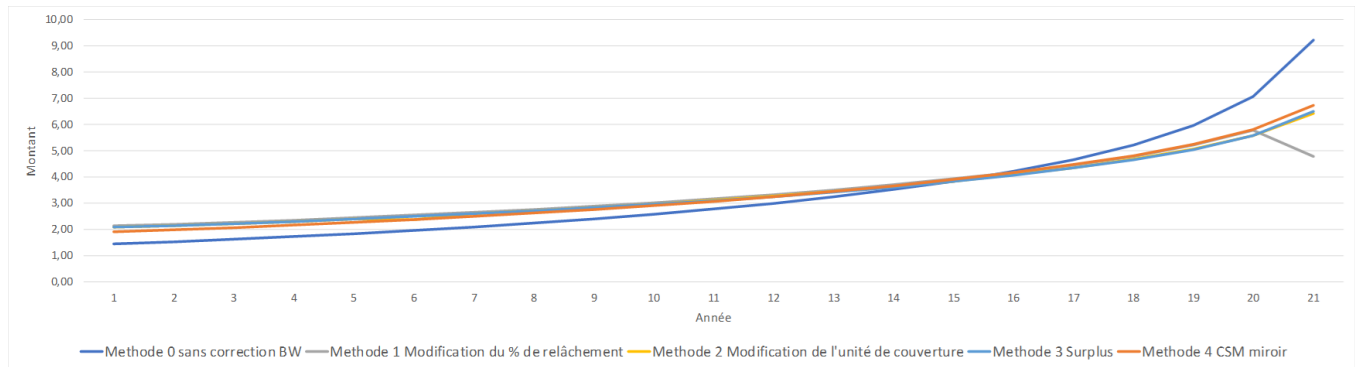


FIGURE 3.3 – Résultat - Scénario 1

3.2.2.2 Scénario 2 : Faible CSM initiale

Le second scénario se place dans le cas où la CSM initiale est faible. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses précédentes 3.2 sont conservées et les taux RN sont choisis relativement bas.

Comme l'illustre la Figure 3.4, des différences entre les méthodes apparaissent dans ce scénario. Les méthodes 2 à 4 fournissent des résultats similaires contrairement à la méthode 1 qui se détache. Les taux RN faible implique une CSM initiale également faible et crée un écart considérable entre le RN et le RW. Pour la méthode 1, cet écart important conduit à un amortissement égal à 100% certaines années représentées par une évolution en dents de scie sur le graphique. Ce scénario fournit donc une limite de la méthode 1 qui, d'un point de vue normatif, n'est pas acceptable.

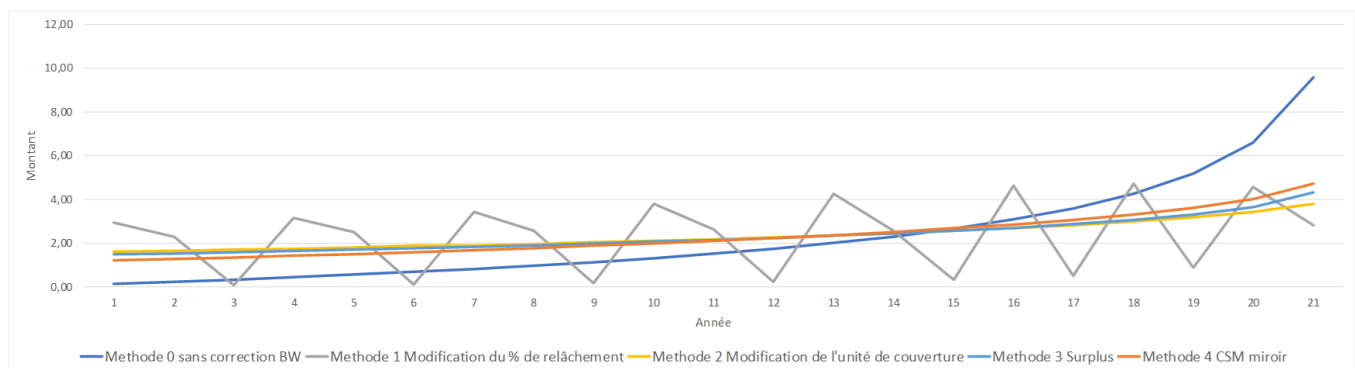


FIGURE 3.4 – Résultat - Scénario 2

3.2.2.3 Scénario 3 : Baisse des taux

Le troisième scénario se place dans le cas où une baisse des taux est constatée durant la période de couverture. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses précédentes 3.2 sont conservées et une baisse des taux est réalisée en année 7.

Comme l'illustre la Figure 3.5, les différentes méthodes offrent des résultats similaires. Pour les méthodes 1 et 2 une volatilité plus importante que pour les autres méthodes est observée en année 7. Ceci est une conséquence de la date choisie pour réaliser les calculs. En effet, pour les méthodes 1 et 2 les calculs sont réalisés en début de période tandis que pour les méthodes 3 et 4, ils sont réalisés en fin de période. Cette volatilité plus importante pour les deux premières méthodes peut être corrigée via un calibrage en fin de période. Un arbitrage sur le timing de calibration de ces deux méthodes est à considérer.

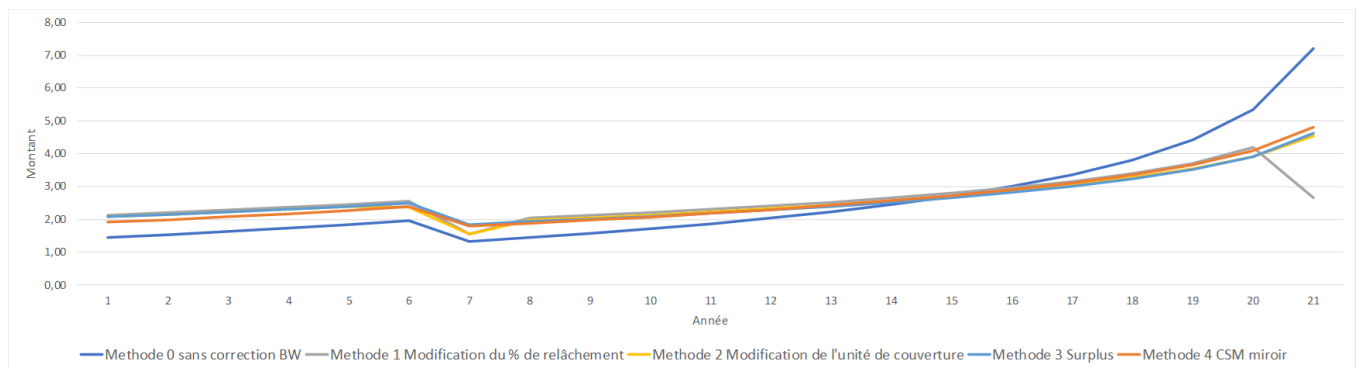


FIGURE 3.5 – Résultat - Scénario 3

3.2.2.4 Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux

Le quatrième scénario se place dans le cas où les contrats profitables deviennent onéreux durant la période de couverture. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses précédentes 3.2 sont conservées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considérée comme négative. De plus, une baisse des taux importante (-1,5%) est réalisée en année 11.

Le graphique ci-dessous 3.6 illustre le passage du groupe de contrat profitable à onéreux, induit par le retraitement Bow Wave effect. Des résultats similaires sont observés pour les méthodes 2 à 4 avec une volatilité plus importante pour la méthode 2 en année 11 provenant de la forte baisse des taux. L'évolution en dents de scie est également présente ici pour la méthode 1. Enfin, les CSM corrigées de l'effet bow wave gardent un comportement similaire.

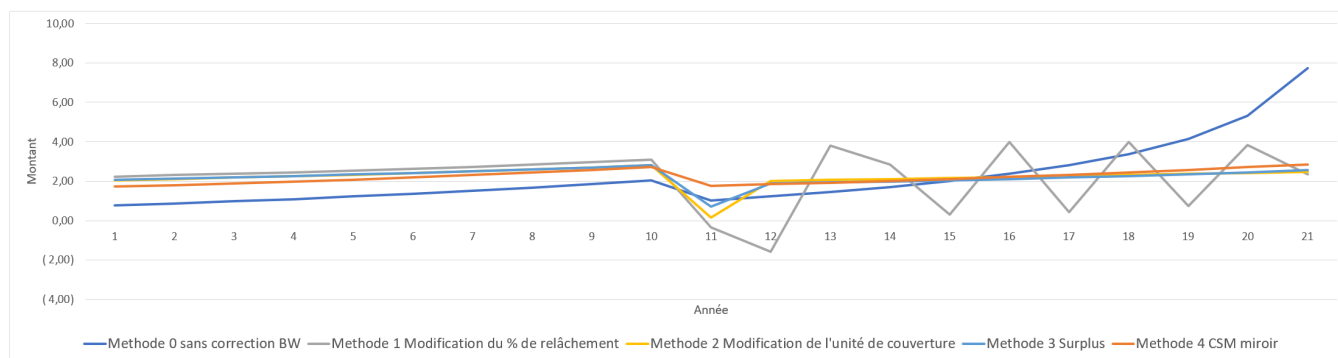


FIGURE 3.6 – Résultat - Scénario 4

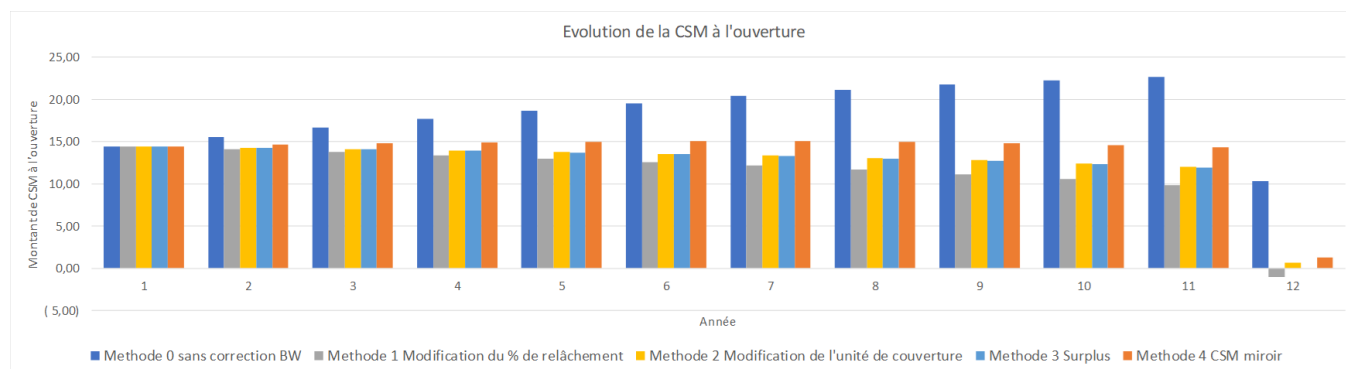


FIGURE 3.7 – Résultat - Scénario 4 - Evolution de la CSM à l'ouverture

3.2.2.5 Scénario 5 : Faible effet de mutualisation

Le cinquième scénario se place dans le cas où un faible effet de mutualisation est introduit. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses précédentes 3.2 sont conservées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considérée égale à 100.

Dans le cas où l'on ajoute un effet de mutualisation, le retraitement du Bow Wave effect se fait moins ressentir sur l'écoulement de la CSM comme le montre le graphique 3.8 ci dessous.

A première vue, les différentes méthodes donnent des résultats similaires avec l'effet de mutualisation. Toutefois, dans cet exemple, la méthode 1,2,3 et 4 permettent de relâcher respectivement 51%, 48%, 40% et 32% de CSM supplémentaire par rapport à la méthode sans correction du Bow wave effect la première année.

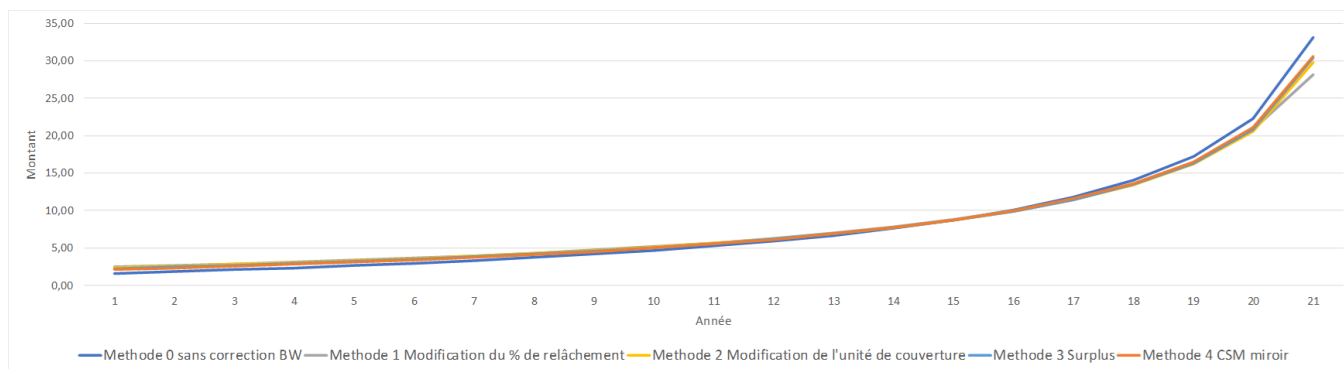


FIGURE 3.8 – Résultat - Scénario 5

3.2.2.6 Scénario 6 : Fort effet de mutualisation

Le sixième scénario se place dans le cas où un fort effet de mutualisation est introduit. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses précédentes 3.2 sont conservées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considéré égale à 400.

Dans le cas où l'on ajoute un effet de mutualisation important, le retraitement du Bow Wave effect se fait moins ressentir sur l'écoulement de la CSM que lors du scénario 5 comme le montre le graphique 3.9 ci dessous.

Les différentes méthodes donnent des résultats similaire avec l'effet de mutualisation élevée et, à titre de comparaison, la méthode 2 permet de relâcher 5% de CSM supplémentaire par rapport à la méthode sans correction du Bow wave effect la première année et il en est de même pour les autres méthodes.

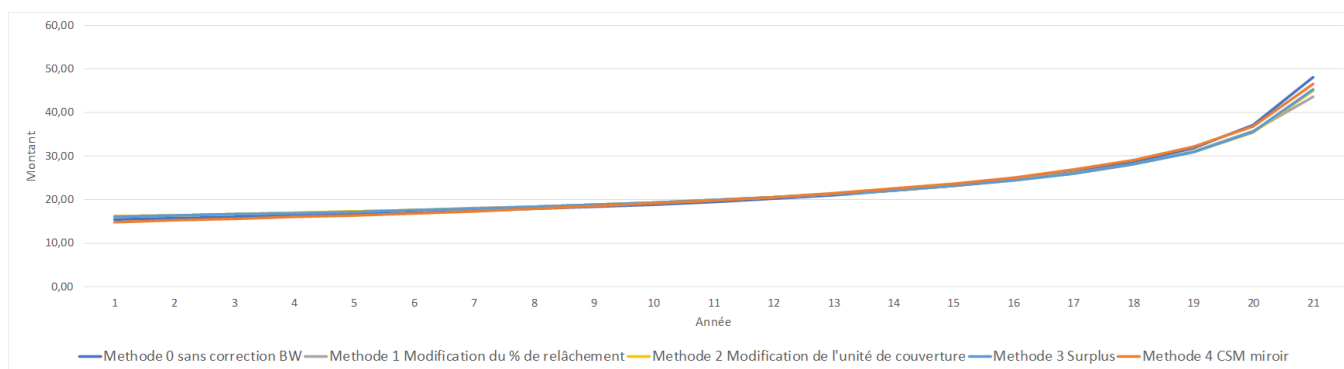


FIGURE 3.9 – Résultat - Scénario 6

Comme le montre le tableau 3.2 il y a donc une diminution du taux de relâchement de la CSM avec une mutualisation plus importante comparée à une mutualisation plus faible, le taux de relâchement de la méthode 0 étant de 4,6%. L'effet de mutualisation étant constant entre les estimations RN et RW, l'impact du retraitement diminue. En conclusion, plus l'effet de mutualisation est important, moins l'impact du retraitement du Bow Wave effect est important, et ce pour toutes les méthodologies.

Etape	Description	Effet de mutualisation 100	Effet de mutualisation 400
1	Calcul du surplus de CSM	Surplus = 15,8	Surplus = 15,8
2	Calcul de la CSM RW	CSM RW = 30,9 + 15,8 = 46,6	CSM RW = 330,9 + 15,8 = 346,6
3	Calcul de l'UC ajustée	$UC\ ajustée = 1000 * \frac{46,6}{30,9} = 1512$	$UC\ ajustée = 1000 * \frac{346,6}{330,9} = 1048$
4	Taux de relâchement ajusté	6,8%	4,8%

TABLE 3.2 – Résultat - Scénario 6 - Détails

3.2.2.7 Étude supplémentaire : Ajout de nouveaux contrats

Pour faire suite aux différents scénarios étudiés, l'étude de correction du Bow Wave Effect suivante permet d'établir la période la plus sensible à cet effet durant la période de couverture des contrats. Pour déterminer cette période, un nombre de contrat constants est ajouté et observé chaque année pendant 40 ans à notre portefeuille.

De cette étude, il en résulte que l'effet de correction du Bow Wave effect ne se ressent que lors de la phase de construction et de clôture du portefeuille. Lorsque le portefeuille est en "rythme de croisière", c'est-à-dire dix groupes de contrats qui se régénèrent en permanence ici, l'effet du retraitement devient négligeable comme le montre le graphique 3.10 ci dessous.

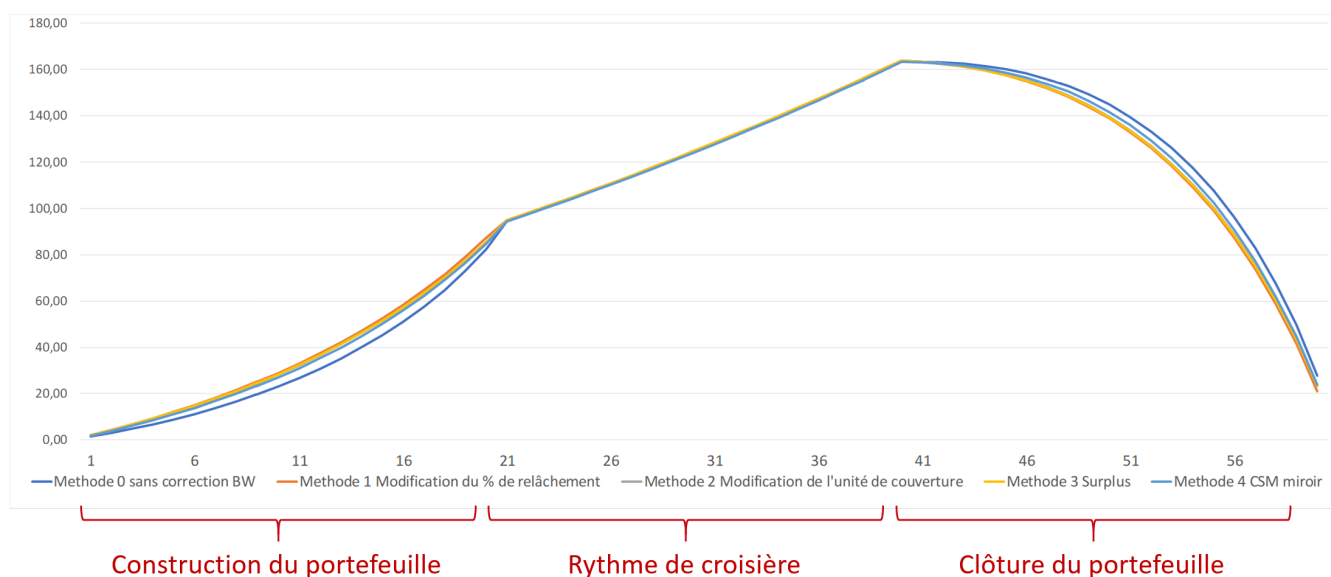


FIGURE 3.10 – Résultat - Ajout de nouveaux contrats

3.2.2.8 Bilan des scénarios étudiés

L'étude des différents scénarios a permis la mise en évidence de certains avantages et inconvénients dans les différentes méthodes de correction du Bow Wave Effect.

En effet, les méthodes 1 et 2 possèdent une mise en oeuvre simple et un calcul anticipé avant la date de clôture est réalisable. Toutefois, ces deux méthodes ont montré une volatilité plus importante que les méthodes 3 et 4 lorsque la correction est réalisée en début de période pour des taux variables.

La méthode 1, de part sa volatilité importante dans le cas d'une CSM initiale faible et la possibilité d'obtenir des taux de relâchement aberrants n'est pas acceptable d'un point de vue normatif.

Les méthodes 3 et 4 permettent d'obtenir des résultats plus stables en cas de variations de taux par rapport aux méthodes 1 et 2. Cependant, la méthode 3 est difficile à décliner lors de la clôture d'un point de vue opérationnel. La méthode 4, quant à elle, nécessite de réaliser les calculs en fin d'année et demande un travail supplémentaire par la gestion de la CSM RW. La gestion de la CSM RW de la méthode 4, bien que plus longue, n'est pas contraignante sur un exemple simple tel que le notre mais elle double le nombre de calcul à réaliser ce qui n'est pas envisageable pour les équipes d'une entité dans le cas d'un portefeuille réelle en assurance vie.

Enfin, la méthode 4 est exclue car elle ne répond pas aux exigences énoncés par les CAC à date où le calcul en parallèle d'une CSM RW est proscrit.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM	Méthode 4: CSM miroir
Avantages	- Facilité de mise en œuvre - Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		Résultats stables en cas de variations de taux	
Inconvénients	- Volatilité importante en cas de CSM initiale faible - Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période - Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	Volatilité plus grande que les méthodes 3 et 4 en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture	- Nécessité de gérer une CSM RW en parallèle qui induit deux fois plus de calculs - Obligation d'effectuer les calculs en fin d'année

TABLE 3.3 – Avantages et inconvénients des scénarios étudiés

La méthode 2 : «Modification de l'unité de couverture» vision début de période est la méthode recommandée. Cette méthode est la plus robuste des quatre méthodes et la plus en accords vis à vis des exigences demandées par la norme. Elle permet :

- Une meilleure stabilité satisfaisante par rapport aux autres méthodes lors des différents scénarios testés.
- Un gain de temps considérable dans les calculs comparé à la méthode 4 par le fait qu'elle ne nécessite aucun lancement de run parallèle lors de la clôture.
- La réalisation des calculs en début d'année afin de ne pas surcharger le process de clôture.

- Une certaine flexibilité d’ajustement des calculs de façon simple en début ou fin de période si le besoin de réduire la volatilité est requis.
- Elle est en phase avec les principes en réflexion par les CAC à date :
 - Pas de CSM monde réel calculée en parallèle.
 - L’ajustement doit être réalisé sur une base début de période.
 - Un seul écoulement de CSM est autorisé pour des problématiques d’affichage.
 - Gouvernance claire nécessaire dans la définition du scénario monde réel.

Concernant les autres méthodes de calculs :

- Méthode 1 « Modification du taux de relâchement » : Les limites identifiées sur des cas simples nous permettent d’écarter cette méthodologie.
- La méthode 3 « Surplus de CSM » : Cette méthode peut continuer à être étudiée si nécessaire, néanmoins il semble nécessaire de trouver un process simplifiant son utilisation notamment afin d’éviter des doubles lancements dans les logiciels de projection en clôture.
- Méthode 4 "CSM miroir monde réel" : Du fait de sa lourdeur opérationnelle et la réticence des CAC, il semble préférable d’écarter cette méthode.

3.3 Risk mitigation

L’effet *bow wave* est un phénomène qui se produit lorsque les charges liées aux contrats d’assurance augmentent de manière significative à la fin de la durée de ces contrats. Cet effet peut être accentué lorsque ces contrats sont comptabilisés sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA). Pour corriger cet effet, il existe également plusieurs méthodes de *risk mitigation* pouvant être utilisées que nous présentons ci-dessous.

La *risk mitigation* ou option d’atténuation des risques est introduite par le paragraphe B115 de la norme IFRS 17. C’est la méthode utilisée pour réduire les risques liés aux contrats d’assurance. Cela peut inclure des techniques telles que la répartition des risques entre les assureurs, l’utilisation de produits dérivés pour couvrir les risques, ou encore la gestion active des portefeuilles de contrats d’assurance. L’objectif de la *risk mitigation* est de réduire les incertitudes liées aux contrats d’assurance et de minimiser les fluctuations des résultats financiers de l’entreprise.

3.3.1 Répartition des risques

La répartition des risques par la réassurance est l’une des méthodes les plus courantes utilisées pour atténuer l’effet *bow wave*. Elle consiste à transférer une partie des risques liés aux contrats d’assurance à un tiers, généralement un réassureur. Il existe plusieurs types de contrats de réassurance, chacun ayant des caractéristiques et des objectifs différents.

- La réassurance facultative est utilisée pour transférer les risques non couverts par les limites de couverture de l’assureur. Cela permet à l’assureur de limiter ses propres risques et de réduire les fluctuations de ses résultats financiers. Il peut également utiliser ces contrats pour

couvrir les risques liés à des contrats d'assurance spécifiques ou pour diversifier son portefeuille de risques.

- La réassurance obligatoire est utilisée pour transférer les risques couverts par les limites de couverture de l'assureur. Cela permet à l'assureur de respecter les exigences de capital réglementaires et de limiter ses propres risques.
- La réassurance proportionnelle est un contrat où l'assureur et le réassureur partagent les risques et les réserves liés aux contrats d'assurance. Cela permet à l'assureur de réduire les risques liés à ses contrats d'assurance tout en conservant une certaine prise en charge des risques.
- La réassurance non proportionnelle est un contrat où le réassureur prend en charge une partie des risques liés aux contrats d'assurance de l'assureur, mais sans partager les réserves. Cela permet à l'assureur de transférer les risques les plus importants à un tiers tout en conservant la gestion des risques moins importants.

En utilisant ces différents types de contrats de réassurance, l'entreprise peut réduire les risques liés à ses contrats d'assurance et atténuer les fluctuations de ses résultats financiers causées par l'effet *bow wave*. Dans cette méthode, le choix des contrats de réassurance en fonction de la situation de l'entreprise est majeur.

3.3.2 Utilisation de produits dérivé

L'utilisation de produits dérivés, tels que les options, les contrats à terme et les *swaps*, peut également être utilisée pour atténuer l'effet bow wave. Ces instruments financiers permettent de fixer les prix et les risques liés aux contrats d'assurance à l'avance, ce qui peut aider à réduire les fluctuations de résultats financiers de l'entreprise.

- Les options sont des contrats qui donnent à l'acheteur le droit, mais pas l'obligation, d'acheter ou de vendre un actif sous-jacent à un prix fixé à l'avance. Les options peuvent être utilisées pour couvrir les risques liés aux contrats d'assurance en permettant à l'entreprise de fixer un prix plafond ou plancher pour ces contrats.
- Les contrats à terme sont des contrats qui fixent le prix d'un actif sous-jacent à un prix fixé à l'avance. Les contrats à terme peuvent être utilisés pour couvrir les risques liés aux contrats d'assurance en permettant à l'entreprise de fixer un prix pour ces contrats.
- Les *swaps* sont des contrats qui permettent à deux parties de se mettre d'accord sur l'échange d'actifs financiers à des dates futures. Les *swaps* peuvent être utilisés pour couvrir les risques liés aux contrats d'assurance en permettant à l'entreprise de fixer un prix pour ces contrats.

Il est important d'évaluer la pertinence de ces instruments pour atténuer l'effet bow wave et de s'assurer que les risques liés à ces instruments sont correctement gérés. Il est également important de surveiller régulièrement l'exposition aux risques liés aux produits dérivés pour s'assurer qu'ils remplissent leurs objectifs.

3.3.3 Gestion active des portefeuilles de contrats

La gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance est une autre méthode couramment utilisée pour atténuer l'effet *bow wave*. Elle consiste à utiliser des techniques telles que la sélection des risques, la diversification des risques et la gestion des engagements contractuels pour minimiser les risques liés aux contrats d'assurance et atténuer les fluctuations des résultats financiers de l'entreprise.

- La sélection des risques consiste à choisir les contrats d'assurance qui présentent le meilleur rapport risque/rendement pour l'entreprise. Cela peut inclure des contrats d'assurance avec des limites de couverture élevées ou des modalités de paiement favorables. En choisissant les contrats les plus appropriés, l'entreprise peut réduire les risques liés à ses contrats d'assurance.
- La diversification des risques consiste à répartir les risques liés aux contrats d'assurance entre différents types de contrats et différents domaines d'activité. Cela permet de réduire les risques liés à une seule catégorie de contrats ou à une seule zone géographique. En diversifiant ses risques, l'entreprise peut atténuer les fluctuations de ses résultats financiers.
- La gestion des engagements contractuels consiste à surveiller les engagements de l'entreprise liés aux contrats d'assurance et à les gérer efficacement. Cela peut inclure la gestion des réserves, la gestion des paiements et la gestion des sinistres. En gérant efficacement ses engagements contractuels, l'entreprise peut minimiser les risques liés à ses contrats d'assurance et atténuer les fluctuations de ses résultats financiers.

La gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance nécessite une analyse détaillée des risques liés aux contrats d'assurance. De même que les deux méthodes citées précédemment, l'évaluation de la pertinence et la gestion de ces techniques pour diminuer l'effet *bow wave* est primordiale.

En conclusion, la *risk mitigation* est une méthode clé pour atténuer l'effet *bow wave* sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA). Il existe plusieurs techniques de *risk mitigation* pouvant être utilisées, telles que la répartition des risques par la réassurance, l'utilisation de produits dérivés et la gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance. Chacune de ces techniques a ses propres avantages et inconvénients et il est important de choisir les techniques les plus adaptées à la situation de l'entreprise.

La répartition des risques par la réassurance permet à l'entreprise de transférer une partie des risques liés aux contrats d'assurance à un tiers, ce qui permet de réduire les fluctuations de ses résultats financiers. L'utilisation de produits dérivés permet de fixer les prix et les risques liés aux contrats d'assurance à l'avance, ce qui peut aider à réduire les fluctuations de ses résultats financiers. Enfin, la gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance consiste à utiliser des techniques telles que la sélection des risques, la diversification des risques et la gestion des engagements contractuels pour minimiser les risques liés aux contrats d'assurance et atténuer les fluctuations des résultats financiers de l'entreprise.

La correction de l'effet *bow wave* sous le VFA est un processus continu qui doit être régulièrement surveillé et adapté en fonction des changements dans les conditions économiques et les risques liés aux contrats d'assurance. Il est décisif d'évaluer la situation de l'entreprise et identifier les meilleures solutions de *risk mitigation* adaptées à cette situation.

Chapitre 4

Application des méthodes de correction de l'effet bow wave sur le portefeuille d'un assureur vie

Sommaire

4.1	Model Point	61
4.1.1	Model Point actif	62
4.1.1.1	Les obligations	62
4.1.1.2	Les actions et l'immobilier	65
4.1.2	Model Point passif	65
4.2	Modélisation	67
4.2.1	Hypothèses retenues	68
4.2.1.1	Hypothèses financières	68
4.2.1.2	Hypothèses techniques	68
4.2.2	Résultats de la modélisation DEvent	70
4.3	Implémentation des méthodes de correction de l'effet bow wave	71
4.3.1	Correction de l'effet bow wave	71
4.3.1.1	Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement	73
4.3.1.2	Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période .	76
4.3.1.3	Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM	79
4.3.2	Études de Scénarios	83
4.3.2.1	Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses	83
4.3.2.2	Scénario 2 : Faible CSM initiale	84
4.3.2.3	Scénario 3 : Baisse des taux	85
4.3.2.4	Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux	87
4.3.2.5	Scénario 5 : Faible effet de mutualisation	88
4.3.2.6	Scénario 6 : Fort effet de mutualisation	89
4.3.3	Synthèse de l'étude sur les données réelles	90
4.4	Limites de l'étude	92

Les modèles ALM permettent la projection des *cash-flows* dans des environnements économiques et techniques paramétrables. Ceci permet une analyse du portefeuille sous différentes configurations.

Le paramétrage de l'environnement économique et technique est réalisé à l'aide des *models points*, des hypothèses techniques et financières et des scénarios économiques. Notre étude est réalisée sous le modèle ALM DEvent.

Les données utilisées lors de cette étude ont été anonymisées afin de garantir la confidentialité de notre client.

Dans ce chapitre, la composition du portefeuille étudié est présentée ainsi que la réalisation de la modélisation sous l'outil DEvent dans un premier temps. Dans un second temps, les méthodes de correction de l'effet *bow wave* sont implémentées sur les données réelles et challengées sur la base de plusieurs scénarios. In fine, les résultats sont étudiés et leurs limites exposées.

4.1 Model Point

Les *Models Points* (MP) sont des regroupements de contrats selon des caractéristiques communes aux assurés tels que l'âge de l'assuré, le sexe, son ancienneté dans le contrat et le TMG. Il est considéré que les individus issus d'un même *model point* ont un comportement similaire et un même niveau de risque pour l'assureur. Le but des *models points* est de diminuer le temps de calcul de la modélisation ALM et de rendre les projections moins complexes.

Les *models points* utilisés dans ce mémoire sont fournis par un assureur vie, ils ont subi l'ensemble des modifications nécessaires afin de les anonymiser et ont été normalisés sur 100 *models points*. Les *models points* d'actifs sont issus d'obligations, d'actions et d'immobilier. Les *models points* de passifs qualifient les contrats d'épargne investis sur le fonds euros et représentent 848 millions d'euros. Ils sont répartis de la façon suivante dans le portefeuille entre l'actif et le passif au temps $T=0$:

Actif	Norme comptable (en M€)	Valeur de marché (en M€)	Plus ou moins values latentes (en M€)	Passif (en M€)	
Actions / Immobilier	162	202	40	Réserve Mathématique	788
Obligations	686	822	136	Réserve de capitalisation	30
				PPB	30
Total	848	1 024	176	Total	848

TABLE 4.1 – Bilan Modèle Point en $T=0$

Les actifs, au sein d'un bilan en normes comptables, sont comptabilisés au coût d'acquisition réduit des amortissements comptables annuels. Tandis que les actifs au sein d'un bilan en valeur de marché sont comptabilisés au prix de vente relativement au marché. Ils sont respectivement de 848 millions d'euros en norme comptable et de 1 024 millions d'euros en valeur de marché.

Les plus ou moins values latentes sont définies par la différence entre la valeur de marché et la valeur comptable et représentent 176 millions d'euros dans notre portefeuille. Les plus values totales, quant à elles constituent 20% de la valeur comptable et sont composées d'obligations risquées à 68% comme le montre le tableau ci dessous :

Paramètres (en M€)	Valeur de marché	Valeur comptable	Coupon (% remboursement)	Valeur de remboursement	Plus value
Obligations sans risque	226	212	1,1%	218	15
Obligations risqués	596	476	3,1%	468	120
Actions	87	80			7
Immobilier	115	81			34

TABLE 4.2 – Portefeuille d’actif

Les éléments constituant les passifs du bilan sont définissables, d’après l’Association Française d’Epargne et de Retraite, de la façon suivante :

- *La réserve mathématique : ensemble des primes nettes de frais encaissées par l’assureur et majorées des intérêts.*
- *La réserve de capitalisation : provision alimentée par les plus-values et les moins-values réalisées sur les obligations.* La réserve de capitalisation peut être augmentée par le gain issu de la vente en plus-value latente de l’obligation. A contrario, elle peut être diminuée de la différence entre le coût d’acquisition et le montant de vente si l’obligation est vendue en moins-value latente.
- *La Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB) : proportion au moins égale à 85 % des bénéfices financiers issue de la gestion des primes épargnées générant des produits (bénéfices techniques et financiers).*

Dans cette étude, l’hypothèse suivante est retenue :

- Aucun loyer ou dividende n’est généré par les actions et l’immobilier. Les revenus financiers sont exclusivement générés par la vente de ces actifs en plus-values latentes.

4.1.1 Model Point actif

4.1.1.1 Les obligations

Une obligation est une créance émise pour un temps et une devise déterminés. Elle possède un prix d’émission, une valeur nominale ou capital de départ, un cours ou prix d’échange de l’obligation, une maturité ou durée de vie de l’obligation, un coupon ou taux d’intérêt et d’un prix de remboursement ou remboursement de l’obligation à son échéance.

La valeur du coupon est définie par le montant du nominal multiplié par le taux du coupon tel que :

$$Coupon = Nominal * Taux_{Coupon} \quad (4.1)$$

L’emprunteur d’une obligation est l’émetteur. Le souscripteur ou porteur de l’obligation est le créancier qui peut être une entreprise, une collectivité territoriale ou un Etat. En échange d’une obligation, il perçoit de l’émetteur un coupon (rémunération périodique) selon un taux d’intérêt fixe

ou variable.

Comme tout emprunt, il existe un risque que l'emprunteur ne rembourse pas son prêt, c'est le risque de défaut. Ce risque est plus ou moins fort en fonction du type d'obligation. Les obligations gouvernementales possèdent un risque de défaut qualifié de "faible" contrairement aux obligations d'entreprises qui est qualifié d' "élevé". Cette évaluation provient du fait que les gouvernements ont une probabilité plus élevée d'être en capacité de rembourser leur dette contrairement aux entreprises qui sont souvent plus dépendantes de l'environnement économique. Le prix d'une obligation sans risque est telle que :

$$Prix_t = \sum_{i=t}^{maturité} \frac{Coupon}{(1 + \tau_i)^{i-t}} + \frac{Nominal}{(1 + \tau_i)^{maturité-t}} \quad (4.2)$$

Et le prix d'une obligation risquée avec des *cash-flows* actualisés par le taux d'intérêt qui est la somme du taux d'intérêt sans risque et de la prime de risque ou *spread* est défini par :

$$Prix_t = \sum_{i=t}^{maturité} \frac{Coupon}{(1 + \tau_i + \sigma_i)^{i-t}} + \frac{Nominal}{(1 + \tau_i + \sigma_i)^{maturité-t}} \quad (4.3)$$

Avec τ_i le taux sans risque au temps i et σ_i le spread au temps i .

Les obligations risquées possèdent un *spread* offrant une revalorisation supplémentaire que les obligations sans risque. Ce *spread* augmente en fonction du risque de l'obligation. Plus elle est risquée, plus le *spread* est élevé et donc le prix de l'obligation diminue.

Dans cette étude, l'environnement économique n'intervient pas pour déterminer la valeur des coupons. Ainsi les coupons sont à taux fixe. C'est-à-dire, qu'ils possèdent un montant et une périodicité du versement des intérêts déterminés à l'émission de l'obligation. La rémunération est donc invariante jusqu'à l'échéance de l'obligation contrairement à des taux variables. Pour rappel, les coupons à taux variables possèdent un montant dépendant de l'évolution d'un taux du marché en complément d'un taux fixe.

L'ensemble des obligations sont notées en fonction de leur probabilité de défaut par les agences de notation financières. Les obligations notées AAA possèdent la probabilité de défaut la moins élevée. Les obligations notées CCC ont la probabilité de défaut la plus élevée. De plus, l'environnement économique peut engendrer la migration d'une classe à une autre. La matrice de transition présente les probabilités de migration entre les classes à horizon d'un an.

Les probabilités de défaut ainsi que la matrice de transition par classe ci-dessous sont issues de Standard & Poor's Global Fixed Income Research and Standard & Poor's CreditPro sur l'historique de 1981 à 2020.

Note	Probabilité de défaut (en %)
AAA	0,0
AA	0,0
A	0,0
BBB	0,3
BB	1,2
B	5,3
CCC	19,7

TABLE 4.3 – Probabilités de défaut par classe en pourcentage

Note	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
AAA	90,9	8,2	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0
AA	0,6	90,7	7,8	0,6	0,1	0,1	0,0
A	0,1	2,2	91,2	5,5	0,8	0,2	1,0
BBB	0,0	0,4	6,1	86,8	5,3	1,1	0,1
BB	0,0	0,1	0,8	7,6	80,2	8,9	1,0
B	0,0	0,1	0,1	0,1	6,5	83,4	4,2
CCC	0,2	0,0	0,1	1,2	2,4	5,0	65,0

TABLE 4.4 – Matrice de transition par classe en pourcentage

D'après la matrice de transition par classe en pourcentage la probabilité de migrer d'une note à une autre est inversement proportionnel à la notation. A titre d'exemple, une obligation notée A a une probabilité plus élevée de migrer vers une notation B qu'une notation AAA.

Le portefeuille utilisé dans cette étude est composé d'obligations sans risque et d'obligations risquées réparties de la façon suivante en fonction de leur classe :

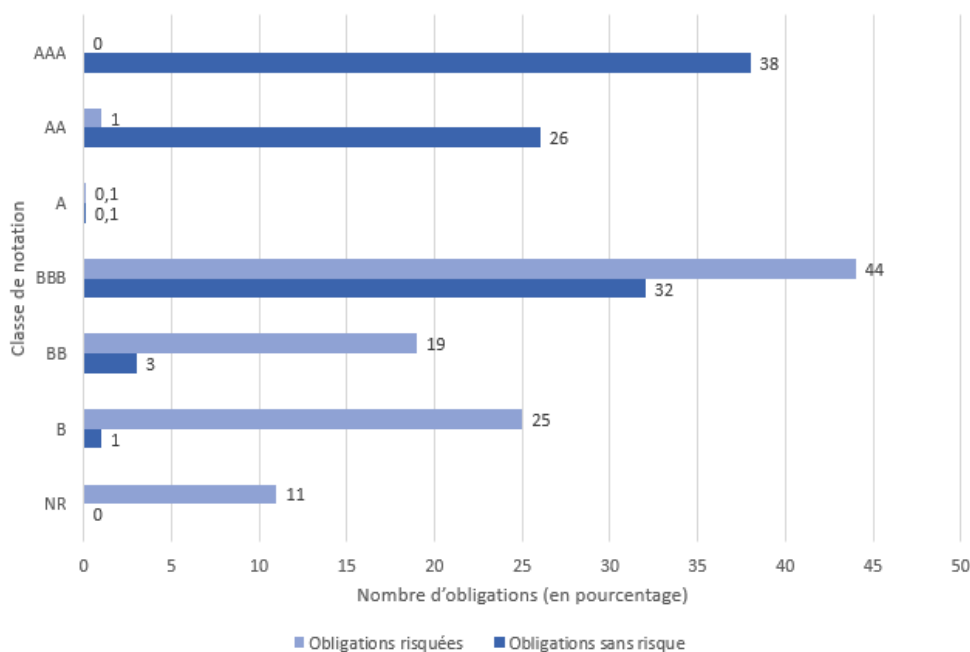


FIGURE 4.1 – Répartition des obligations risquées et sans risque en fonction de leur classe

Les obligations risquées possédant une note de niveau B représentent 88% du portefeuille. Il y a donc un risque de défaut à considérer. De plus, elles sont de maturités variables allant de 2020 à 2047 ainsi qu'une durée de vie de 8 ans en moyenne jusqu'à la maturité. La proportion des obligations sans risque du portefeuille générant un coupon par an est de 50%. Celle des coupons courus ou fraction de coupon acquise à partir du dernier versement de coupon est de 0%. Les obligations restantes génèrent deux coupons par an.

Les obligations sans risque possédant une note supérieure ou égale à A représentent 65% du portefeuille. Il y a donc un risque de défaut moindre que les obligations risquées. Les obligations sans risque sont également de maturités variables allant de 2021 à 2041 ainsi qu'une durée de vie moyenne de 10 ans jusqu'à la maturité. La proportion des obligations sans risque du portefeuille générant un coupon par an est de 98%. Celle des coupons courus ou fraction de coupon acquise à partir du dernier versement de coupon est de 0%.

4.1.1.2 Les actions et l'immobilier

Une action est une part du capital d'une entreprise. En d'autres termes, détenir une action correspond à être propriétaire d'une partie de la société. Cette détention d'action permet de recevoir des dividendes, si l'entreprise en distribue, et d'influencer la politique générale de l'entreprise. La possession d'actions implique également la perte de l'ensemble ou d'une partie de l'investissement en cas de faillite de l'entreprise ou de baisse du cours de l'action. Dans le portefeuille d'étude, les actions ont augmenté de 8% en moyenne.

L'immobilier est défini par la détention de propriétés immobilières permettant la perception de loyers. Dans cette étude, la valeur immobilière a augmenté de 50% en moyenne. Elle a donc un impact significatif sur les cash-flows.

4.1.2 Model Point passif

Comme défini dans le Chapitre 2 de ce mémoire, la réserve mathématique du *model point* est l'ensemble des primes nettes de frais encaissés par l'assureur majorées des intérêts, nous la considérons égale à la somme des réserves mathématiques des individus le constituant. Sa revalorisation est réalisée chaque année par un taux dépendant de la participation aux bénéfices et du taux minimum garanti (TMG). Pour les variables quantitatives de ce mémoire, nous retenons la somme, la moyenne ou la médiane selon les cas des individus constituant le *model point*. Pour un *model point*, les comportements de rachats et le risque de mortalité sont similaires pour un groupe d'assurés.

Le portefeuille utilisé pour cette étude possède 100 *models points* à la maille groupe. Les réserves mathématiques sont agrégées par les primes des assurés. Les variables à disposition sont : le type de produit, le nombre de polices, le sexe de l'assuré, la date de naissance (année et mois), la mortalité, la date de souscription du contrat (année et mois), le montant de la réserve mathématique ainsi que le montant du taux minimum garanti (TMG).

Les contrats épargne en fonds euros au passif de notre portefeuille possèdent une garantie TMG, une participation aux bénéfices réglementaires et discrétionnaires, une durée viagère, un rachat possible sans pénalité à tout instant, aucune pénalité n'est appliquée lors de la transmission du capital entre le souscripteur et les bénéficiaires et un taux technique nul.

En termes de statistique descriptive du portefeuille l'âge moyen des assurés est de 55 ans réparti de la façon suivante :

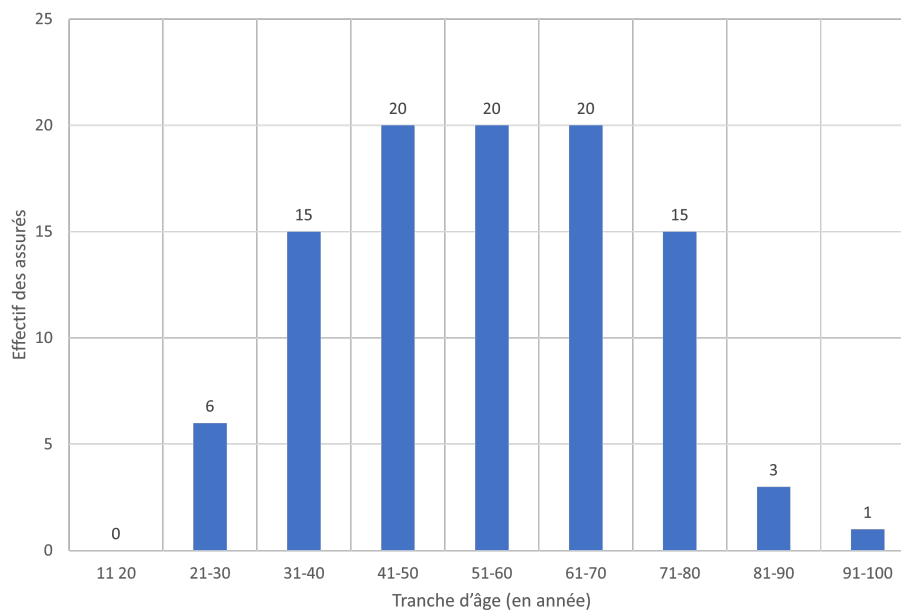


FIGURE 4.2 – Répartition des assurés en fonction de leur classe d'âge

Il y a une répartition équitable des assurés pour les classes d'âge entre 41 et 80 ans qui représente la majorité du portefeuille. A l'inverse les tranches d'âge inférieures à 30 ans et supérieures à 80 ans sont sous représentées. Ces statistiques sont en adéquation avec les caractéristiques des contrats d'épargne en fonds euros.

Les *models points* possédant un TMG à 0% constituent 93% du portefeuille. Ceci est en accord avec le contexte de taux négatifs actuel. On observe 3% du portefeuille ayant un TMG à 1% et 4% ayant un TMG à 1,5%. Ces 7% restants correspondent à d'anciens contrats souscrits avant le contexte des taux négatifs ou à des contrats où une mise à 0% du TMG engendrerait la mise en péril de la réputation de la compagnie par une incapacité d'honorer ses engagements. Ci-dessous une représentation graphique des TMG pondérée par la réserve mathématique pour le portefeuille étudié :

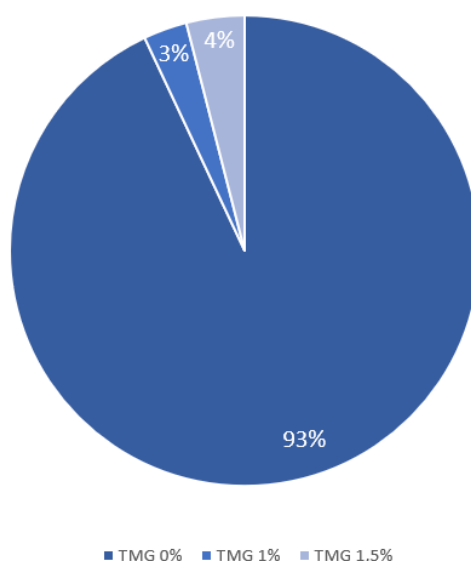


FIGURE 4.3 – Répartition des TMG pondérée par la réserve mathématique

Les hommes constituent la majorité du portefeuille en termes de montant de la réserve mathématique. Ils représentent 63% du portefeuille contre 37% pour les femmes. La réserve mathématique moyenne des *models points* est de 7,8 M€ sa médiane de 5,6 M€. Ceci traduit la possession d'une importante réserve mathématique par un petit groupe d'assurés.

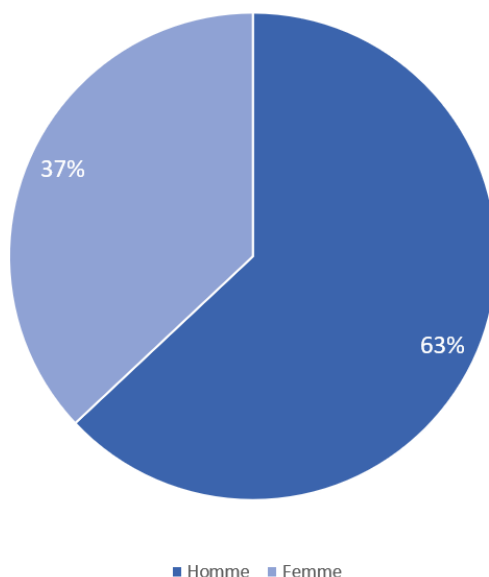


FIGURE 4.4 – Répartition des sexes pondérée par la réserve mathématique

La clause de PB est nulle au sein des *models points* bien que les assurés perçoivent la participation aux bénéfices réglementaires et discrétionnaires.

4.2 Modélisation

La durée de projection utilisée dans notre étude pour les scénarios économiques est fixée à 40 ans. Des simulations sont réalisées afin de déterminer les prix des obligations pour chaque note et des indices d'évolution sont simulés pour les actions et l'immobilier.

Le portefeuille étudié est considéré en *run-off*. C'est-à-dire qu'aucune intervention des primes et des recours n'aura lieu pendant la durée de vie du portefeuille. L'ensemble des contrats d'épargne sont viagers et donc la maturité des contrats n'est pas retenue dans notre étude.

Le produit étudié étant un produit d'assurance épargne, il a été décidé d'utiliser la provision mathématique (PM) en début de période comme unité de couverture (CU). Ce choix est conforme avec les orientations du marché français à date.

Par ailleurs, le risk adjustment (RA) a été considéré comme négligeable dans le cadre de cette étude. En effet, le risk adjustment reste limité à 0,5% du best estimate chez notre client.

Enfin, il faut noter que la CSM de ce portefeuille à la date de transition a été estimée à l'aide d'une approche à la juste valeur définie par le client. Ainsi la valeur de la CSM est invariante à la date de transition. Les données utilisées lors de cette étude ont été anonymisées afin de garantir la confidentialité de notre client.

4.2.1 Hypothèses retenues

4.2.1.1 Hypothèses financières

Afin d'optimiser les rendements des actifs attendus par rapport aux risques qu'ils représentent, la stratégie d'allocation d'actifs suivante est retenue pour toute la durée de projection :

Actifs	Allocation (en %)
Obligation risquée	55%
Obligation sans risque	26%
Action	11%
Immobilier	8%
Cash	0%

TABLE 4.5 – Stratégie d'allocation d'actifs

L'achat et la vente d'actif est possible sur la durée de projection afin de conserver la stratégie d'allocation retenue pour ce portefeuille en cas de modification de la valeur de marché d'un ou plusieurs actifs. Enfin, à chaque fin de période, l'ensemble des actifs sont vendus et des nouveaux actifs sont achetés.

4.2.1.2 Hypothèses techniques

Les hypothèses techniques modifiables lors de la modélisation sont les suivantes :

- Les tables de mortalité.
- Les tables de rachats structurel et dynamique.
- Les taux de frais d'administration.
- Les sensibilités des variables.

Tables de mortalité

La table de mortalité retenue dans le cadre de cette étude est la TF_002. Les femmes ayant une espérance de vie supérieure à celle des hommes, il est plus prudent d'utiliser cette table de mortalité.

Tables de rachat structurel

Lors d'une modélisation, les rachats structurels peuvent être de deux types :

- Les rachats partiels : permettent de retirer partiellement l'épargne constituée en laissant le solde fructifier selon les avantages fiscaux du contrat acquis depuis la date d'origine.
- Les rachats totaux : correspondent au retrait de l'ensemble des capitaux et conduit à la fermeture du contrat de façon définitive.

Pour cette étude, le rachat partiel n'est pas pris en compte. De plus, le nombre de rachat total évolue suivant l'ancienneté du contrat. En effet, la fiscalité à la sortie diffère en fonction de la durée de vie du contrat et la date des versements. Entre 7 et 8 ans d'ancienneté du contrat, la fiscalité

diminue ce qui induit une augmentation significative du nombre de rachat sur cette ancienneté. La modélisation de ces rachats pour notre étude est réalisée par une fonction constante de 5% entre 0 et 7 ans et entre 10 et 15 ans d'ancienneté. Pour les années d'ancienneté de 8 et 9 ans, une augmentation des rachats est prise en compte, passant ainsi de 5% à 7% pour les années 8 et 9. La table de rachat structurelle est représentée ci dessous :

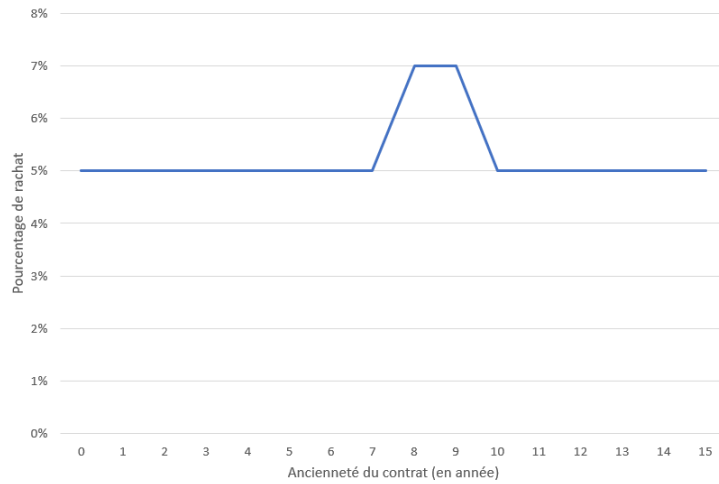


FIGURE 4.5 – Table de rachats structurelle

Table de rachat dynamique

Les rachats sont définis comme "dynamiques" dès lors qu'ils sont induits par un environnement économique dégradé. Pour les modéliser c'est la fonction QIS 5 qui est utilisée. Cette fonction linéaire par morceau est basée sur 4 paramètres établis par l'Organisation Nationale Complémentaire (ou ONC) qui sont les suivants :

$$\begin{cases} \text{Rachat}_{Dyn} = 30\% & si \ \sigma < \alpha \\ \text{Rachat}_{Dyn} = 30\% * \frac{\sigma - \beta}{\alpha - \beta} & si \ \alpha < \sigma < \beta \\ \text{Rachat}_{Dyn} = (-5\%) * \frac{\sigma - \gamma}{\delta - \beta} & si \ \beta < \sigma < \gamma \\ \text{Rachat}_{Dyn} = (-5\%) & si \ \delta < \sigma \end{cases} \quad (4.4)$$

Avec, dans cette étude, $\alpha = -0,05$, $\beta = -0,01$, $\gamma = 0,005$, $\delta = 0,03$ et σ le spread de crédit.

La fonction de rachat dynamique est représenté sur le graphique suivant :

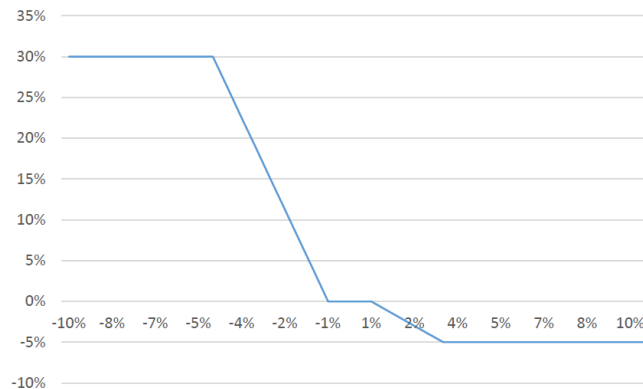


FIGURE 4.6 – Fonction du taux de rachat dynamique

Le taux de rachat dynamique est calculé à partir du taux servi et du taux concurrent. Il peut être inférieur à zéro si les marchés ont été superformés par l'assureur car le taux servi est alors supérieur aux taux concurrent.

Provision pour participation aux bénéfices (PPB)

Il existe deux types de participation aux bénéfices :

- La participation aux bénéfices réglementaire : versée automatiquement aux assurés.
- La participation aux bénéfices discrétionnaire : versée aux assurés sous un délai de 8 ans provenant de la PPB.

Le versement de la PB et de la PPB est réalisé en fonction des taux compétiteurs et des taux servis. Les taux compétiteurs sont les taux servis par les assureurs concurrents. Il est calculé annuellement par la direction des investissements et comparé aux taux de rendement financier de l'assureur. A l'issue de cette comparaison, deux cas peuvent se produire :

- Les taux compétiteurs sont supérieur aux taux servis. Dans ce cas, l'assurance verse à ses assurés la PB réglementaire ainsi qu'une partie de la PPB afin de diminuer son écart avec la concurrence.
- Les taux compétiteurs sont inférieurs aux taux servis. Ici, l'assureur verse à ses assurés le taux concurrent et la différence en PPB est dotée.

4.2.2 Résultats de la modélisation DEvent

Après une projection ALM, DEvent produit automatiquement plusieurs résultats qui permettent à l'utilisateur de calculer des variables en fonction de l'étude effectuée. Ces résultats incluent les *Best Estimate*, les *Cash Flows* et la CSM.

Pour estimer le *Best Estimate* dans un modèle à N scénarios, la méthode de Monte-Carlo suivante peut être utilisée en choisissant une valeur suffisamment grande pour T , de sorte que les engagements de l'assureur en fin de projection soient négligeables, et une valeur suffisamment élevée pour N , afin de minimiser l'erreur d'approximation du BEL.

$$BEL = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T Flux_{i,j} * Defl_{i,j} \quad (4.5)$$

$$Avec \begin{cases} N & = \text{le nombre de scénarios économiques,} \\ T & = \text{l'horizon de projection,} \\ Flux_{i,j} & = \text{le flux de trésorerie de l'année } j \text{ du scénario } i, \\ Defl_{i,j} & = \text{le déflateur relatif à l'année } j \text{ du scénario } i. \end{cases} \quad (4.6)$$

Nous rappelons que dans cette étude la période de projection est de 40 ans, le portefeuille est en

run-off, ce qui signifie qu'aucune nouvelle souscription n'est effectuée, et que les flux après 21 ans peuvent être considérés comme négligeables (98,23€). En outre, 1000 scénarios économiques ont été réalisés pour parvenir à un équilibre entre la précision des estimations et le temps de calcul.

4.3 Implémentation des méthodes de correction de l'effet bow wave

4.3.1 Correction de l'effet bow wave

Comme explicité dans le Chapitre 3, les méthodes présentées dans cette étude proposent des modes de calculs alternatifs du *Coverage-Unit* (CU). Elles permettent de corriger le *bow-wave effect* engendré par l'écart entre le niveau des taux en environnement risque neutre et le niveau anticipé des taux monde réel en fin de période, ces derniers n'étant pas les taux réellement observés en fin de période.

Tout comme l'étude réalisée précédemment, l'étude sur des données réelles est réalisée en deux temps. Dans un premier temps, les méthodes étudiées précédemment sont implémentées dans une maquette. Puis, dans un second temps, les méthodes sont challengées entre elles à l'aide de différents scénarios possibles afin de déterminer leur robustesse en condition réelle et les avantages de chacune.

Afin de réaliser l'implémentation des méthodes, les sorties de l'outil DEvent sont utilisées. Ces sorties ont été obtenues à partir des hypothèses de modélisation détaillées dans le chapitre deux et quatre de ce mémoire. Une première modélisation en univers risque neutre a été réalisée suivie d'une seconde modélisation en univers monde réel.

On suppose que l'actif est revalorisé selon un taux variable et on distingue deux types de taux :

- Le taux Risque Neutre (RN) sur toute la durée de projection. Il correspond au taux de rendement projeté des actifs dans le modèle actuariel utilisé pour valoriser le *Best Estimate Liability* (BEL).
- Le taux monde réel attendu (RW attendu) sur l'historique. Il correspond au taux de rendement projeté des actifs, anticipé en début de période.

On suppose également qu'aucune évolution des hypothèses n'est réalisée durant la période de couverture pour cette première étude des résultats.

Après application de la norme IFRS17, le montant de la CSM à l'ouverture sur notre portefeuille présente un effet *bow wave* comme le montre le graphique suivant.

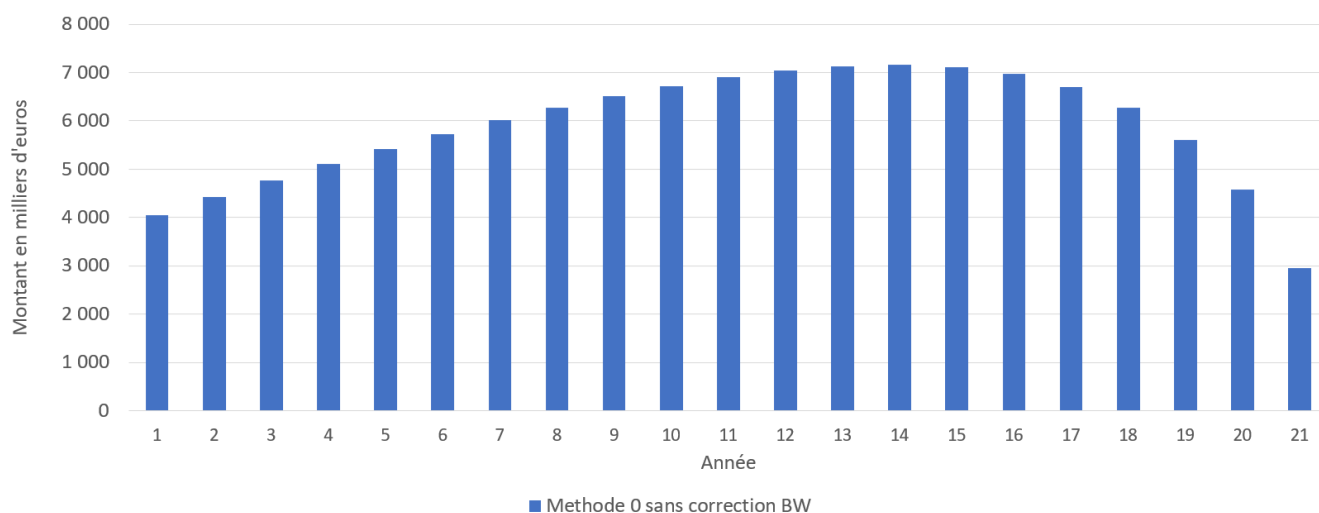


FIGURE 4.7 – Montant de la CSM à l’ouverture sur le portefeuille réel sans correction du bow wave effect

Sur la Figure 4.7 on observe une CSM à l’ouverture d’une valeur de 4 052 709€ la première année qui augmente jusqu’à 7 157 933€ la 14ème année pour ensuite diminuer jusqu’à 2 960 596€ la 21ème année. Cette évolution du montant de la CSM en forme de vague au cours des années illustre l’effet *bow wave*.

Une autre représentation de l’effet bow wave est visible sur la Figure 4.8 représentant cette fois-ci le montant de l’amortissement de la CSM.

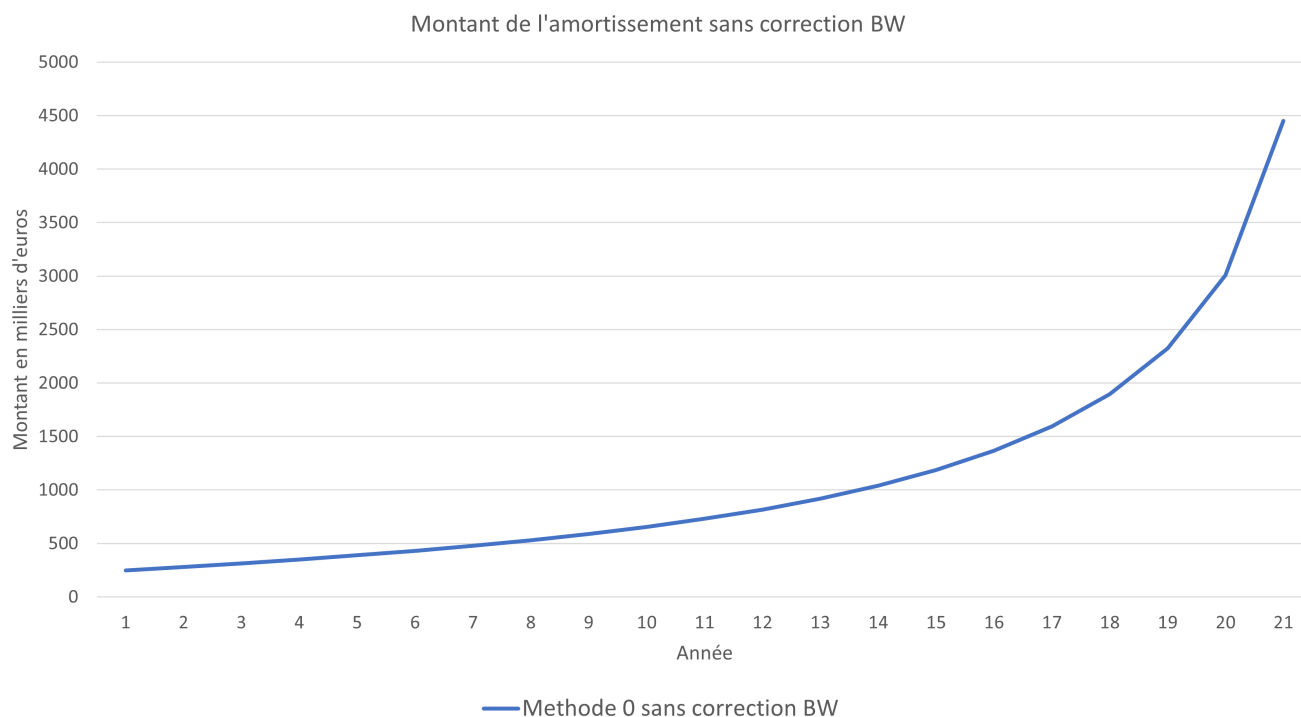


FIGURE 4.8 – Montant de l’amortissement sur le portefeuille réel sans correction du bow wave effect

On observe un amortissement passant de 247 751€ au temps $t = 1$ à un amortissement de 4 450 779€ au temps $t = 21$. Le montant de l'amortissement augmente de façon constante entre la première année et la seizième année puis augmente de façon exponentielle à partir de la dix-septième année.

Afin de rendre comparable à la réalité l'implémentation des méthodes de correction du *bow wave effect* nous choisissons d'implémenter uniquement les trois premières méthodes :

- Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement
- Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période
- Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM

En effet, ces trois méthodes offrent l'avantage de pouvoir être réalisées à tout moment en entreprise, c'est-à-dire :

- En cours d'année en se basant sur les projections monde réel attendu.
- En fin d'année en intégrant le taux monde réel observé de l'année.
- Lors de la clôture anticipée, sur une vision au 30 novembre.

Dans cette étude sur le portefeuille d'un assureur vie, nous avons choisi d'exclure la méthode 4 consistant à un calcul d'une CSM miroir monde réel. L'observation et l'étude de cette méthode n'a pas eu des résultats satisfaisant dans l'étude préliminaire. De plus, cette méthode n'est réalisable qu'en fin de période d'évaluation des contrats, elle présente une certaine lourdeur opérationnelle et engendre la réticence des CAC. Il semblait donc préférable d'écarter cette méthode de notre étude sur un portefeuille réel.

4.3.1.1 Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement

La méthode 1 de modification du ratio de relâchement mise en place sur le portefeuille étudié s'appuie sur une modification du ratio de relâchement de la CSM. Pour sa mise en place, nous calculons en premier lieu le surplus de CSM existant entre le risque neutre et le monde réel. En d'autre termes, le surplus est égal à la VIF³ monde réel diminué de la VIF risque neutre selon la formule suivante :

Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM entre le risque neutre et le monde réel :

$$Surplus = VIF(IFRS 17)RW - VIF(IFRS 17)RN. \quad (4.7)$$

La deuxième étape implique le calcul de la CSM d'ouverture monde réel. Cette CSM d'ouverture monde réel est obtenue par l'ajout du surplus calculé dans l'étape 1 à la CSM d'ouverture risque neutre tel que :

3. *Value In Force* (VIF) : Valeur intrinsèque du portefeuille représentant la part restante à l'assureur comme rémunération.

Étape 2 : Calcul de la CSM RW :

$$\text{CSM RW ouverture} = \text{CSM RN ouverture} + \textit{Surplus}. \quad (4.8)$$

A la suite de ces deux premières étapes, nous calculons le taux de relâchement ajusté. Ce dernier est obtenu par le taux de relâchement risque neutre du portefeuille appliqué au ratio de notre nouvelle CSM d'ouverture monde réel sur la CSM d'ouverture risque neutre du portefeuille. Le calcul de l'étape 3 est :

Étape 3 : Calcul du taux de relâchement ajusté :

$$\text{Taux de relâchement ajusté} = \text{Taux de relâchement (RN)} * \frac{\text{CSM RW ouverture}}{\text{CSM RN ouverture}} \quad (4.9)$$

La dernière étape de correction de l'effet *bow wave* par la méthode 1 consiste au calcul du relâchement de la CSM sur l'année. Pour cette dernière étape, nous relâchons de façon classique la CSM par application du taux de relâchement à la CSM risque neutre avant relâchement. Ici, le taux de relâchement utilisé dans cette étape est le taux de relâchement ajusté obtenu à l'aide des étapes précédentes. De façon mathématique, le relâchement de la CSM est :

Étape 4 : Calcul du relâchement de CSM sur l'année :

$$\text{Relâchement de CSM} = \text{Taux de relâchement ajusté} * \text{CSM RN avant relâchement} \quad (4.10)$$

Avec l'application de la méthode 1, modification du pourcentage de relâchement de la CSM, sur le portefeuille réel nous observons une diminution de l'effet *bow wave*. Graphiquement nous observons cette diminution par la Figure 4.9 et par la Figure 4.10. Nous passons d'un montant de relâchement de la CSM de 247 751€ à 279 668€ en année une à un relâchement de la CSM de 4 450 779€ à 4 114 788€ en dernière année. De plus, on observe une augmentation moyenne de 6,71% du montant de relâchement de la CSM entre l'année une à dix-sept et une diminution moyenne de 2,81% de celle ci en fin de période d'observation comparativement au montant de relâchement de la CSM sans méthode de correction du *bow wave effect*.

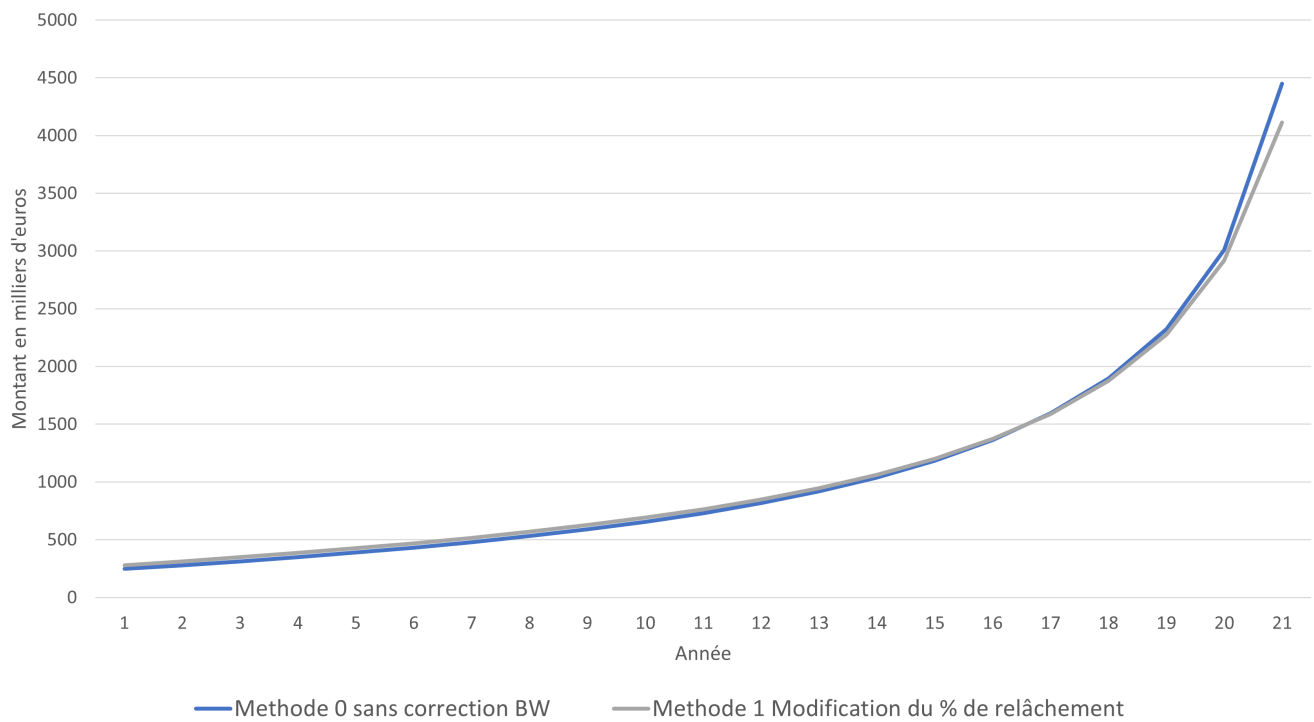


FIGURE 4.9 – Montant de l’amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement



FIGURE 4.10 – Montant de l’amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement sur les 10 premières années

Au niveau de l’évolution de la CSM à l’ouverture, représenté par la Figure 4.11 on observe que la méthode 1 de correction permet une diminution du montant de la CSM d’ouverture pour chaque année projetée comparativement au montant de CSM d’ouverture sans méthode de correction. On observe également, par cette diminution des montants, une atténuation de l’effet *bow wave*. En effet, on remarque, qu’en 2ème année la méthode 1 de correction permet de diminuer la CSM d’ouverture de 109 000€ alors que la 16ème année elle permet de la diminuer de 1 082 000€ par rapport à

la méthode sans correction. La représentation de "vague" visible pour la CSM d'ouverture sans méthode de correction semble s'aplanir avec la méthode 1 de correction.

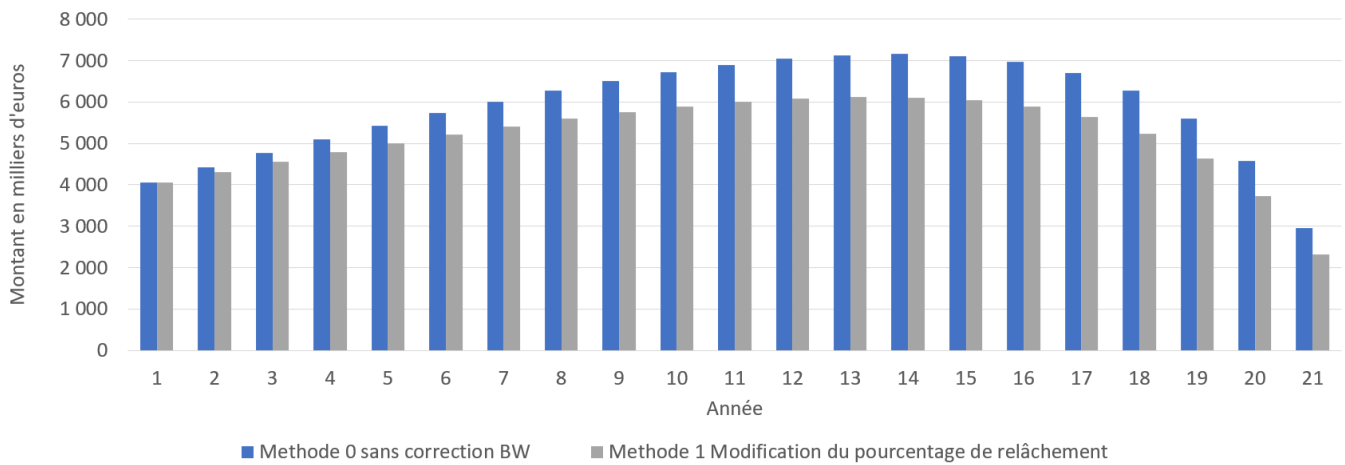


FIGURE 4.11 – Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement

4.3.1.2 Méthode 2 : Modification de l'unité de couverture de la période

La seconde méthode mise en place est similaire à la méthode précédente sur les deux premières étapes. Elle diffère de la méthode 1 de correction de l'effet *bow wave* par le fait que seule l'unité de couverture de l'année en cours est multipliée par un facteur RW / RN . La mise en place de cette méthode de correction de l'effet *bow wave* requiert cinq étapes de calcul.

L'étape 1 et l'étape 2 restent inchangées à la méthode 1 du chapitre 3 et 4 et sont obtenues par :

Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM entre le risque neutre et le monde réel :

$$\text{Surplus} = \text{VIF RW} - \text{VIF RN} \quad (4.11)$$

Étape 2 : Calcul de la CSM RW tel que :

$$\text{CSM RW ouverture} = \text{CSM RN ouverture} + \text{Surplus} \quad (4.12)$$

L'étape 3 de la méthode 2 diffère de la méthode 1 par l'ajout d'une étape supplémentaire pour le calcul du taux de relâchement ajusté nécessitant le calcul de l'unité de couverture ajustée. Dans cette étape, c'est l'unité de couverture de l'année en cours risque neutre qui est multipliée par le ratio de notre nouvelle CSM d'ouverture monde réel sur la CSM d'ouverture risque neutre du portefeuille comme suit :

Étape 3 : Calcul de l'unité de couverture de l'année ajustée :

$$\text{UC année ajustée} = \text{UC de l'année} * \frac{\text{CSM RW ouverture}}{\text{CSM RN ouverture}} \quad (4.13)$$

Une fois le calcul de l'unité de couverture de l'année ajustée réalisé nous calculons le taux de relâchement ajusté. Il est obtenu à partir du taux de relâchement risque neutre classique appliqué au ratio utilisant le nouveau montant d'unité de couverture de l'année calculé dans l'étape 3 divisé par la somme de ce même montant et de la somme des unités de couverture futures actualisées par le taux risque neutre. Le nouveau montant d'unité de couverture de l'année de cette formule correspond au montant d'unité de couverture de l'année ajustée. Notre taux de relâchement ajusté est donc défini par :

Étape 4 : Calcul du taux de relâchement ajusté :

$$\text{Taux relâchement ajusté} = \text{Taux de relâchement (RN)} * \text{Ratio UC ajustée} \quad (4.14)$$

Avec

$$\text{Ratio UC ajustée} = \frac{\text{UC année ajustée}}{\text{UC année ajusté} + \text{Somme des UC futures actualisées avec taux RN}} \quad (4.15)$$

La dernière étape de la méthode 2 est la même que l'étape 4 de la méthode 1 et définit le relâchement de la CSM sur l'année. Pour cette dernière étape, nous relâchons de façon classique la CSM par application du taux de relâchement à la CSM risque neutre avant relâchement. Ici encore, le taux de relâchement utilisé dans cette étape est le taux de relâchement ajusté obtenu à l'aide des étapes précédentes. De façon mathématique, le relâchement de la CSM est :

Étape 5 : Calcul du relâchement de CSM sur l'année :

$$\text{Relâchement de CSM} = \text{Taux de relâchement ajusté} * \text{CSM RN avant relâchement} \quad (4.16)$$

En appliquant la méthode 2 de correction, modification de l'unité de couverture de la période, nous observons également une diminution de l'effet *bow wave*. Ce résultat est visible sur la Figure 4.12 et sur la Figure 4.13. Nous passons d'un montant de relâchement de la CSM de 247 751€ à 278 777€ en année une à un relâchement de la CSM de 4 450 779€ à 4 216 142€ en dernière année. De plus, on observe une augmentation moyenne de 6,25% du montant de relâchement de la CSM entre l'année une à dix-sept et une diminution moyenne de 2,82% de celle ci en fin de période d'observation comparativement au montant de relâchement de la CSM sans méthode de correction du *bow wave effect*.

Ces premiers résultats nous montrent une plus grande correction de l'effet bow wave par la méthode 1 que par la méthode 2. En effet, entre la première et la dix-septième année nous avons une correction de +6,25% avec la méthode 2 alors que nous avons +6,71% avec la méthode 1. Nous avons également une diminution supérieure de 0,01 point de pourcentage, 2,82% avec la méthode 2 et 2,81% avec la méthode 1, entre l'année dix-sept et la fin de la période étudiée.

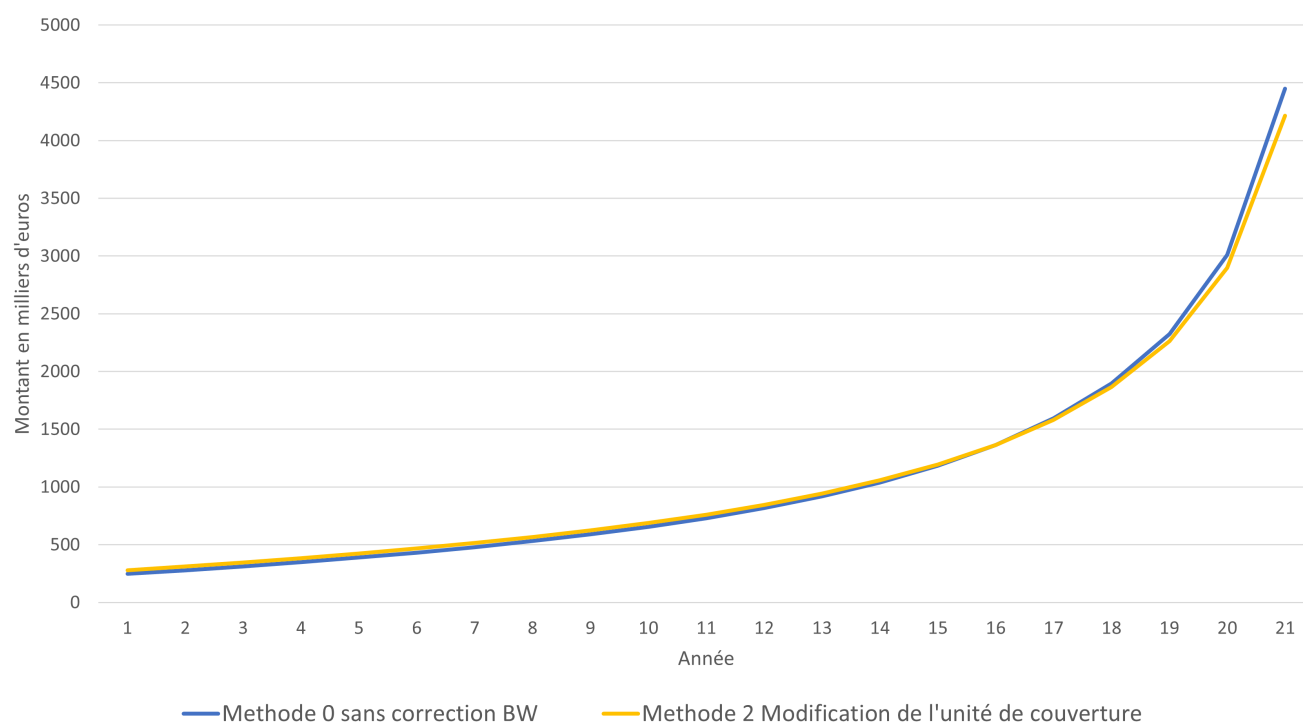


FIGURE 4.12 – Montant de l’amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l’unité de couverture de la période

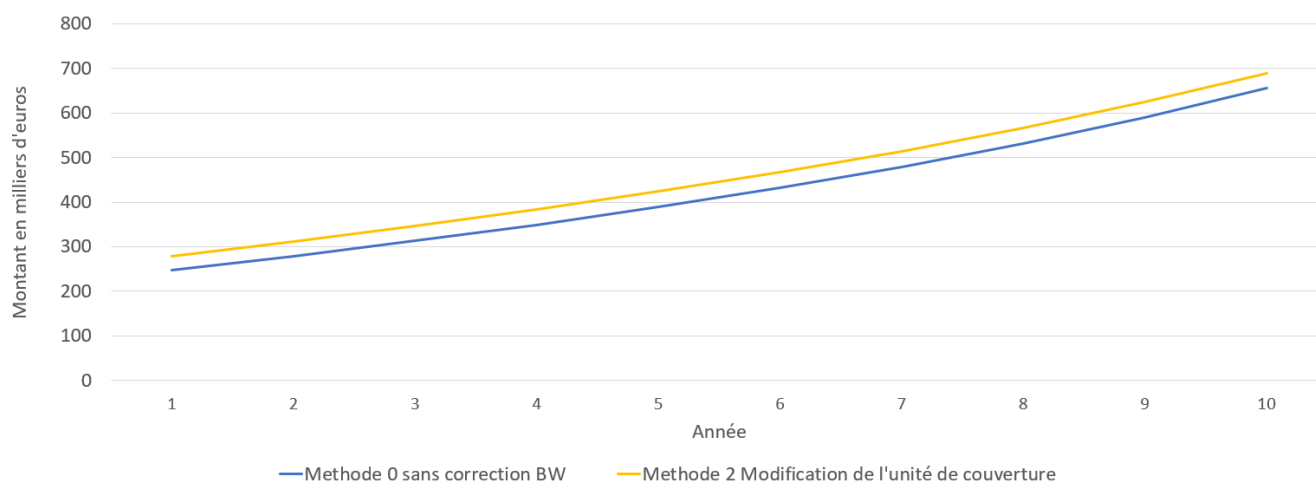


FIGURE 4.13 – Montant de l’amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l’unité de couverture de la période sur 10 ans

De la même façon que pour la méthode 1, l’évolution de la CSM d’ouverture sans méthode de correction et avec la méthode 2 de correction de l’effet *bow wave* est représentée par la Figure 4.14.

Sur ce graphique nous observons que la méthode 2, modification du pourcentage de relâchement de la CSM, permet une diminution du montant de la CSM d’ouverture pour chaque année projetée par rapport au montant sans méthode de correction. La plus faible diminution est relevé en 2ème

année et représente 102 000€ et la plus forte diminution est en 15ème année où nous notons une diminution de 961 000€ par rapport à la méthode sans correction. Ces résultats nous montrent une plus grande correction de l'effet bow wave par la méthode 1 que par la méthode 2.

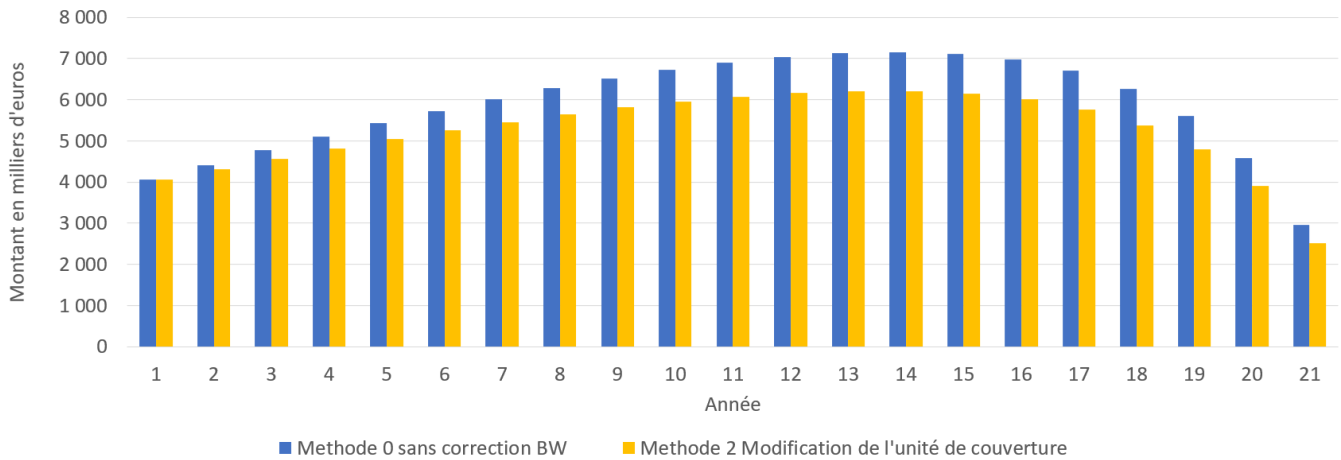


FIGURE 4.14 – Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l'unité de couverture de la période

4.3.1.3 Méthode 3 : Calcul d'un surplus de CSM

La dernière et troisième méthode de correction de l'effet *bow wave* mise en place sur le portefeuille réel étudié s'appuie sur un calcul de surplus où le relâchement est réalisé chaque année. Elle est réalisée par l'application de quatre étapes.

L'étape 1 est la même que dans les méthode 1 et 2 de correction de l'effet *bow wave*. Dans cette étape un surplus est calculé par la différence entre la VIF monde réel et la VIF risque neutre. Le calcul inchangé par rapport aux deux méthodes précédentes est la suivante :

Étape 1 : Calcul du Surplus de CSM :

$$\text{Surplus} = \text{VIF RW} - \text{VIF RN} \quad (4.17)$$

Dans la deuxième étape du calcul de la méthode 3, nous calculons deux taux de relâchement : un taux de relâchement risque neutre et un taux de relâchement monde réel. Ces taux de relâchement sont calculés de façon classique par la division de l'unité de couverture de l'année par la somme des unités de couvertures futures actualisées par les taux risque neutre pour le taux de relâchement risque neutre et par la somme des unités de couvertures futures actualisées par les taux monde réel pour le taux de relâchement monde réel. Nous avons ainsi les formules suivantes :

Étape 2 : Calcul des taux de relâchement risque neutre et monde réel :

$$\text{Taux de relâchement RN} = \frac{\text{UC de l'année}}{\text{Somme des UC futures actualisées avec les taux RN}} \quad (4.18)$$

$$\text{Taux de relâchement RW} = \frac{\text{UC de l'année}}{\text{Somme des UC futures actualisées avec les taux RW}} \quad (4.19)$$

L'étape 3 de la mise en place de la méthode 3 de correction de l'effet *bow wave* est le calcul du relâchement de surplus. Pour cela, le surplus calculé dans la première étape est appliqué au taux de

relâchement monde réel calculé en étape deux. De façon mathématique on a :

Étape 3 : Calcul du relâchement de Surplus de CSM :

$$\text{Relâchement de surplus} = \text{Surplus} * \text{Taux de relâchement RW} \quad (4.20)$$

Pour finir, la quatrième étape de cette méthode est le calcul du relâchement de CSM total. Nous additionnons pour cela le relâchement de surplus de l'étape 3 au relâchement de CSM de service. Nous avons ainsi :

Étape 4 : Calcul du relâchement de CSM total :

$$\text{Relâchement de CSM total} = \text{Relâchement de CSM de service} + \text{Relâchement de surplus} \quad (4.21)$$

La mise en place de la méthode 3 de correction de l'effet *bow wave* par le calcul d'un surplus de CSM permet d'observer, tout comme les 2 méthodes précédentes, une diminution de l'effet *bow wave*. Graphiquement, ce résultat est visible sur la Figure 4.15 et sur la Figure 4.16.

Cependant, ces premiers résultats montrent une correction moins importante de l'effet *bow wave* par rapport aux méthodes 1 et 2 appliquées précédemment.

Avec cette troisième méthode de correction, nous passons d'un montant de relâchement de la CSM de 247 751€ à 265 300€ en année une à un relâchement de la CSM de 4 450 779€ à 4 275 765€ en dernière année. L'augmentation moyenne de relâchement de la CSM entre l'année une à dix-sept est de 4,32% et la diminution moyenne est de 2,02% en fin de période d'observation comparativement au montant de relâchement de la CSM sans méthode de correction du *bow wave effect*.

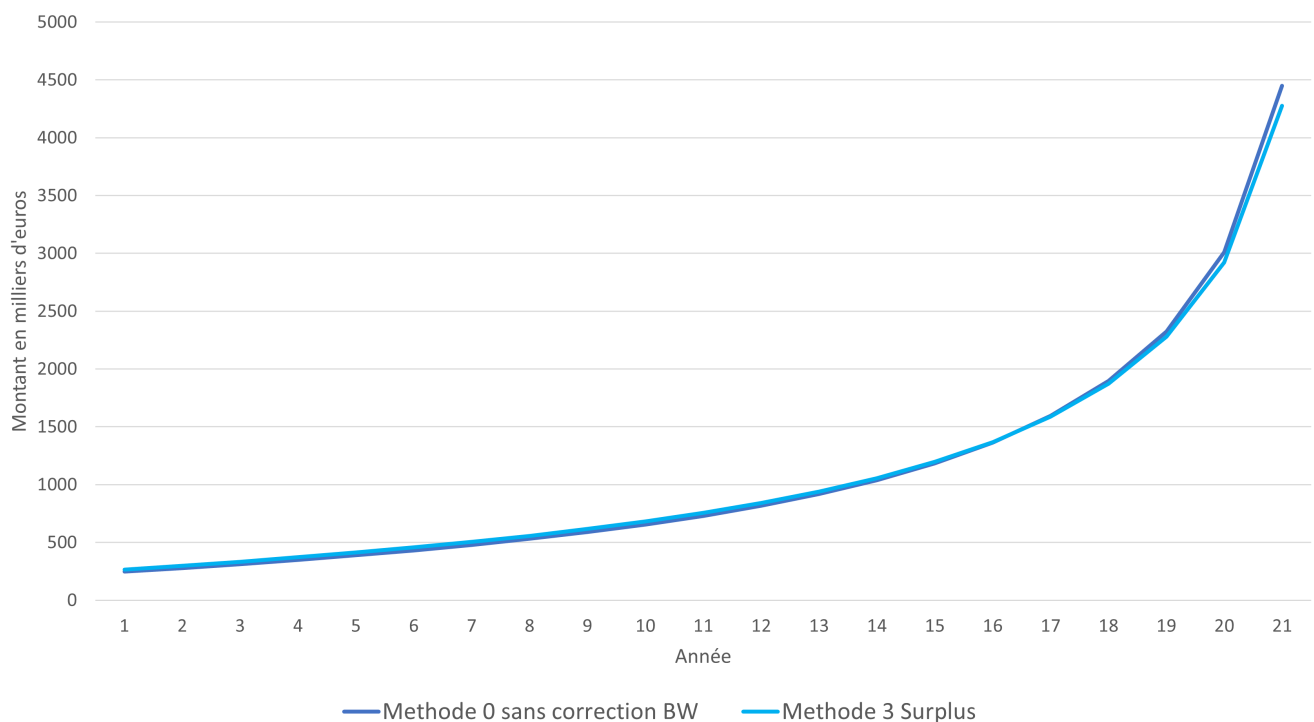


FIGURE 4.15 – Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d'un surplus de CSM

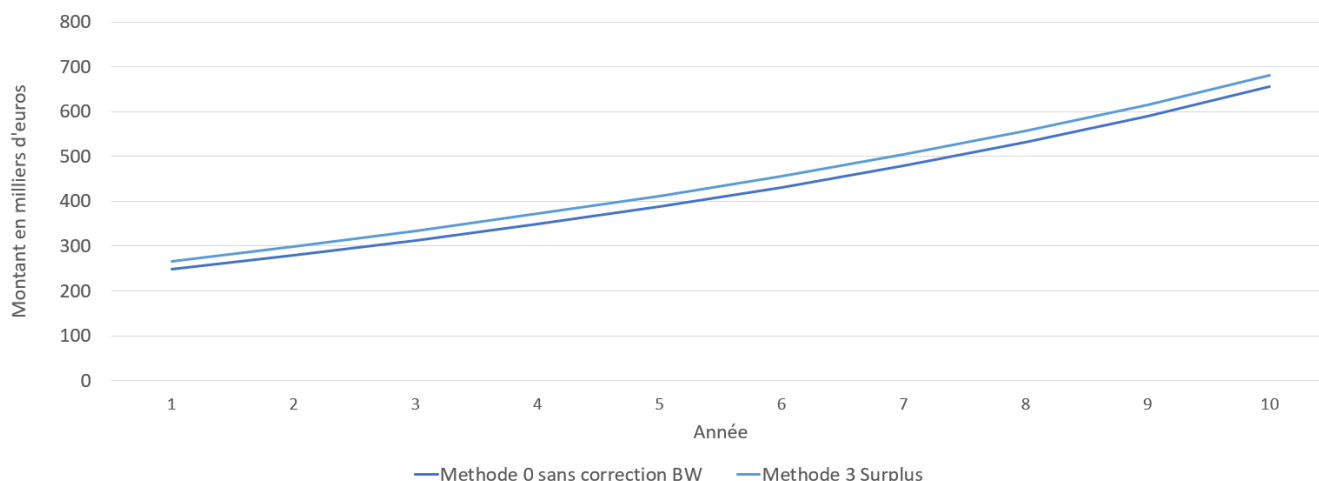


FIGURE 4.16 – Montant de l’amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d’un surplus de CSM sur 10 ans

Enfin, si on observe l’évolution de la CSM d’ouverture de la Figure 4.17, nous relevons une diminution du montant de la CSM d’ouverture pour chaque année projetée par rapport au montant sans méthode de correction. Avec cette méthode de correction, la plus faible diminution est relevé en 2ème année et représente 84 000€ et la plus forte diminution est en 15ème année où nous notons une diminution de 812 000€ par rapport à la méthode sans correction. Nous observons que la méthode 3 de correction de l’effet *bow wave* permet une correction moyenne moins importante de l’effet *bow wave* que les méthodes 1 et 2.

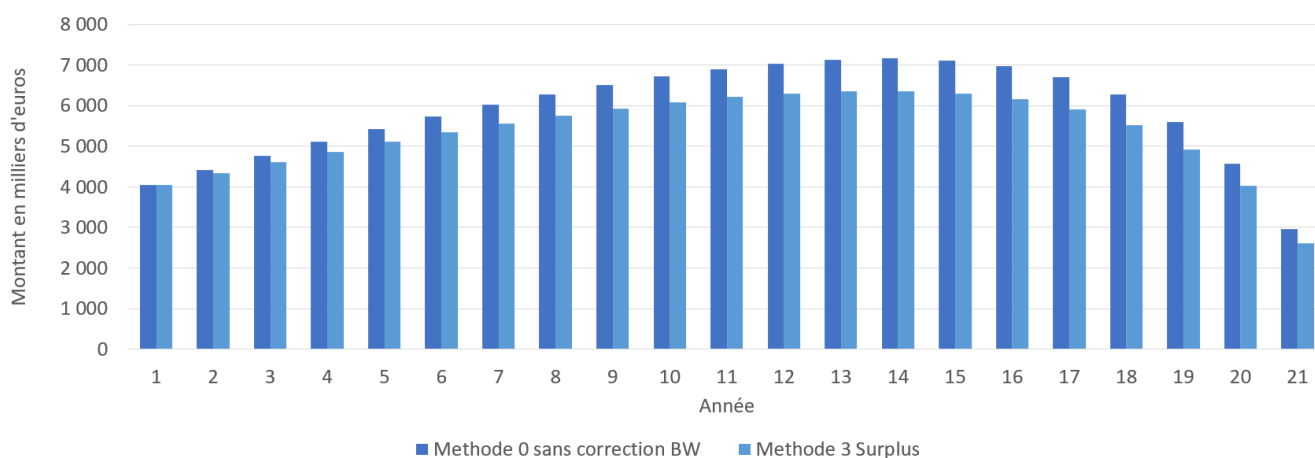


FIGURE 4.17 – Montant de la CSM d’ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d’un surplus de CSM

Après une première étude des résultats par l’application des méthodes de correction de l’effet *bow wave* à notre portefeuille, il apparaît une correction moyenne plus importante de l’effet *bow wave* par la méthode 1 comparée aux méthodes 2 et 3 comme l’illustre la Table 4.6 et les Figures 4.18, 4.19 et 4.20. En effet, si nous comparons la correction moyenne de l’effet *bow wave* par les 3 méthodes, la méthode 1 offre une correction moyenne plus élevée représentant +6,71% sur les dix-sept première année. A partir de la dix-septième année jusqu’à la fin de la période d’observation,

c'est la méthode 2 qui offre la correction moyenne de l'effet *bow wave* la plus élevée représentant -2,82%. Cependant, nous notons pour la deuxième période une correction supérieure de 0,001 point de pourcentage par la méthode 2 que par la méthode 1. Ces résultats, quelque peu équivalents sont donc à challenger dans différents scénarios afin de déterminer quelle méthode est la plus robuste.

Méthodes de correction de l'effet bow wave	Taux de correction moyen de l'effet bow wave	
	Entre l'année 1 à 17	A partir de l'année 17 jusqu'à la fin de la période d'observation
Méthode 1 : Modification du ratio de relâchement	+ 6,71 %	- 2,81 %
Méthode 2: Modification de l'unité de couverture de la période	+ 6,25 %	- 2, 82 %
Méthode 3: Calcul d'un surplus de CSM	+ 4,32 %	- 2,02 %

TABLE 4.6 – Taux de correction moyen de l'effet bow wave entre l'année 1 à 17 et 17 jusqu'à la fin de la période d'observation pour les 3 méthodes de correction étudiés

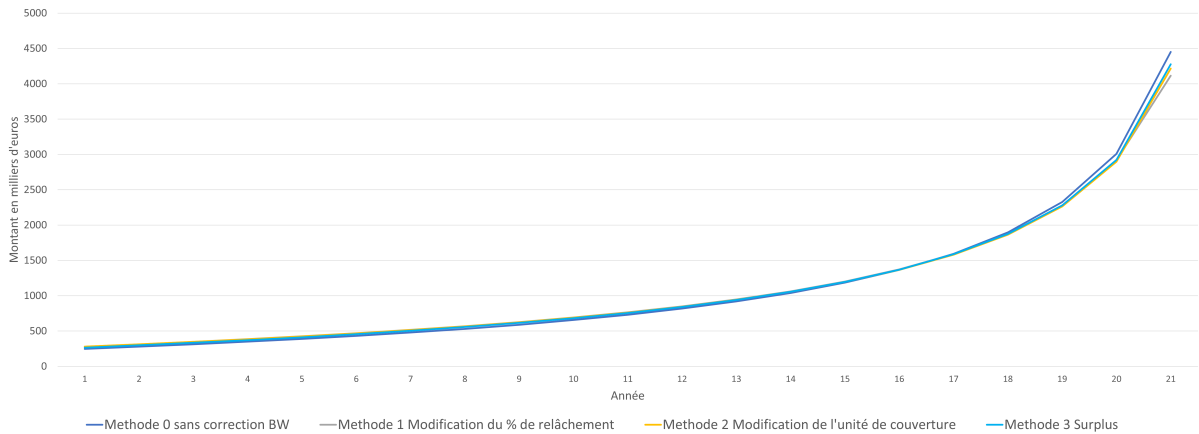


FIGURE 4.18 – Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave

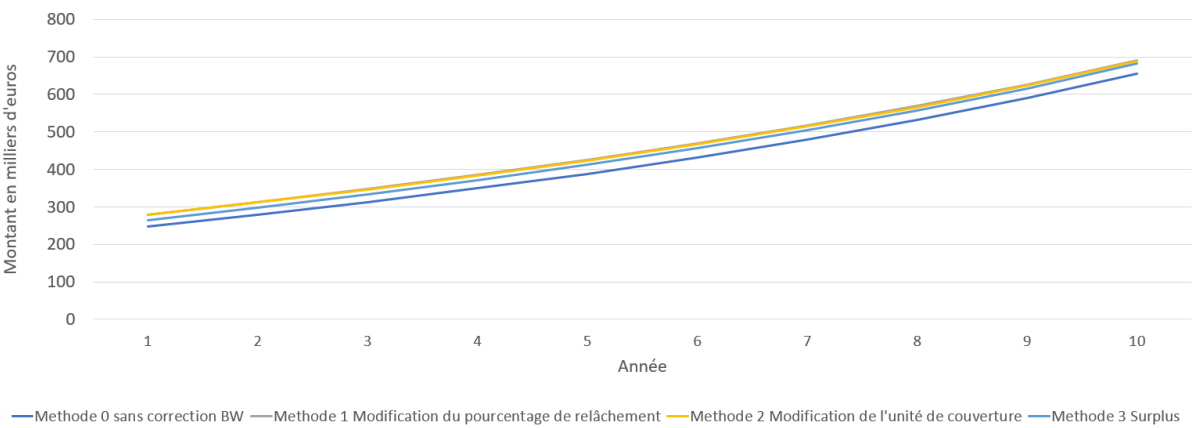


FIGURE 4.19 – Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave sur 10 ans

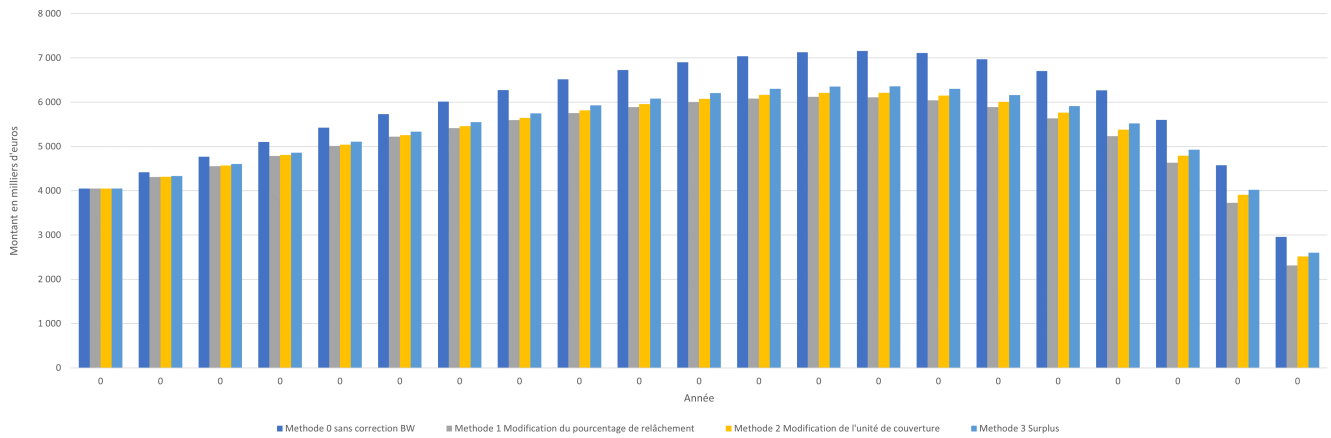


FIGURE 4.20 – Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave

4.3.2 Études de Scénarios

Dans cette partie nous challengeons les méthodes de correction de l'effet *bow wave* selon les six scénarios différents étudiés dans le Chapitre 3. Ces scénarios reflètent les possibles évolutions d'hypothèses durant la durée de vie des contrats. Sous certaines hypothèses, l'effet *bow wave* peut engendrer des comportements aberrants. Il s'agit ici, par ces scénarios, de mettre en évidence les comportements aberrants des méthodes de corrections sous des hypothèses extrêmes pour l'étude de l'effet *bow wave*. Les scénarios étudiés sur le portefeuille réel sont les suivants :

- Aucune évolution des hypothèses
- Faible CSM initiale
- Baisse des taux
- Cas de contrats profitable devenu onéreux
- Faible effet de mutualisation
- Fort effet de mutualisation

4.3.2.1 Scénario 1 : Aucune évolution des hypothèses

Pour le premier scénario aucune évolution des hypothèses n'est réalisée durant la période de couverture et les résultats obtenus sont représentés sur les Figures 4.21 et 4.22.

Comme nous l'avons constaté lors de la mise en place des méthodes de correction de l'effet *bow wave* sur le portefeuille réel, l'effet *bow wave* est amoindri pour chacune des méthodes si on se réfère à la méthode zéro représentant le cas où aucune correction n'est réalisée. Cependant, même si nous avons noté une correction plus importante de l'effet *bow wave* par la méthode 1 de façon général, sans évolution des hypothèses, il n'existe pas de différences significatives entre les trois méthodes implémentées. Elles sont équivalentes en termes de reconnaissance des profits en VFA sans changement d'hypothèse durant la période de couverture.

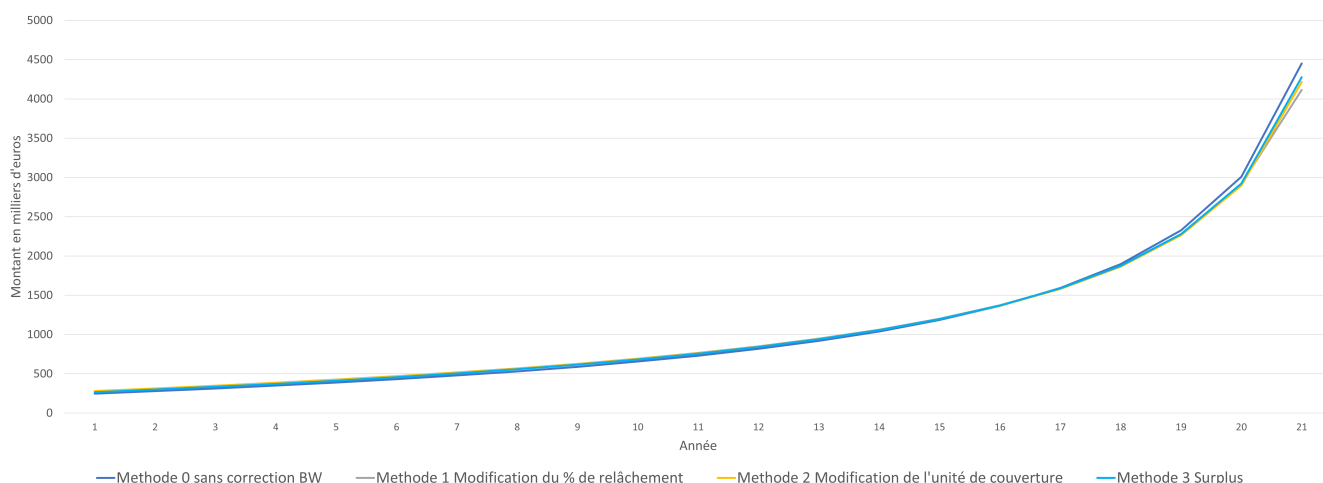


FIGURE 4.21 – Résultats du Scénario 1 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

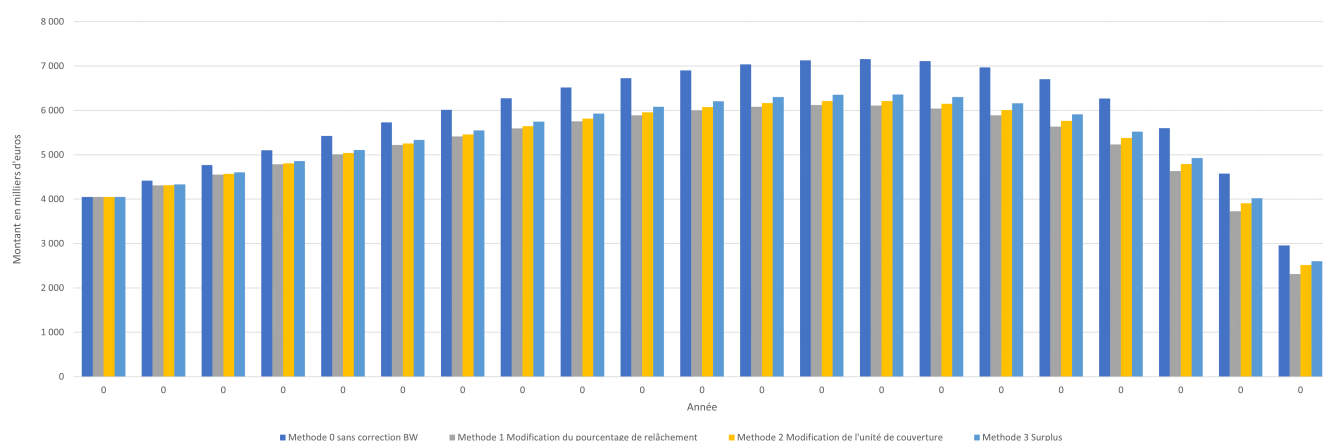


FIGURE 4.22 – Résultats du Scénario 1 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture

4.3.2.2 Scénario 2 : Faible CSM initiale

Pour le second scénario on se place dans le cas où la CSM initiale est faible. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses utilisées précédemment sont conservées et les taux RN sont choisis relativement bas.

Comme l'illustre les Figures 4.23 et 4.24, des différences entre les méthodes apparaissent dans ce scénario. De façon générale, les méthodes 2 et 3 fournissent des résultats similaires bien que nous pouvons noter une correction plus importante de l'effet *bow wave* par la méthode 2 que par la méthode 3 dans ce scénario. Nous observons une correction moyenne de l'effet *bow wave* de -445,6% entre l'année 2 et 14 pour la méthode 2 alors que la méthode 3 permet de corriger l'effet *bow wave* à hauteur de -380,6% sur la même période. Soit une correction moyenne de près de 65 points de pourcentage supérieur pour la méthode 2 que la méthode 3.

Sur la deuxième période, de l'année 15 à la fin de la période étudiée, nous observons une correction moyenne de l'effet *bow wave* de -33% pour la méthode 2 et de -30,8% pour la méthode 3. Soit

une correction moyenne de 2,2 point de pourcentage supérieur pour la méthode 2 que la méthode 3.

Contrairement aux méthodes 2 et 3, la méthode 1 se détache. Ici, les taux RN faible implique une CSM initiale également faible entraînant un écart considérable entre le RN et le RW. Pour la méthode 1, cet écart important conduit à un amortissement proche ou égal à 100% certaines années. Ce phénomène est représenté par une évolution en dents de scie sur la Figure 4.23.

Ces résultats issus du scénario 2 reproduisant le cas d'une faible CSM initiale fournit donc une limite de la méthode 1 qui, d'un point de vue normatif, n'est pas acceptable.

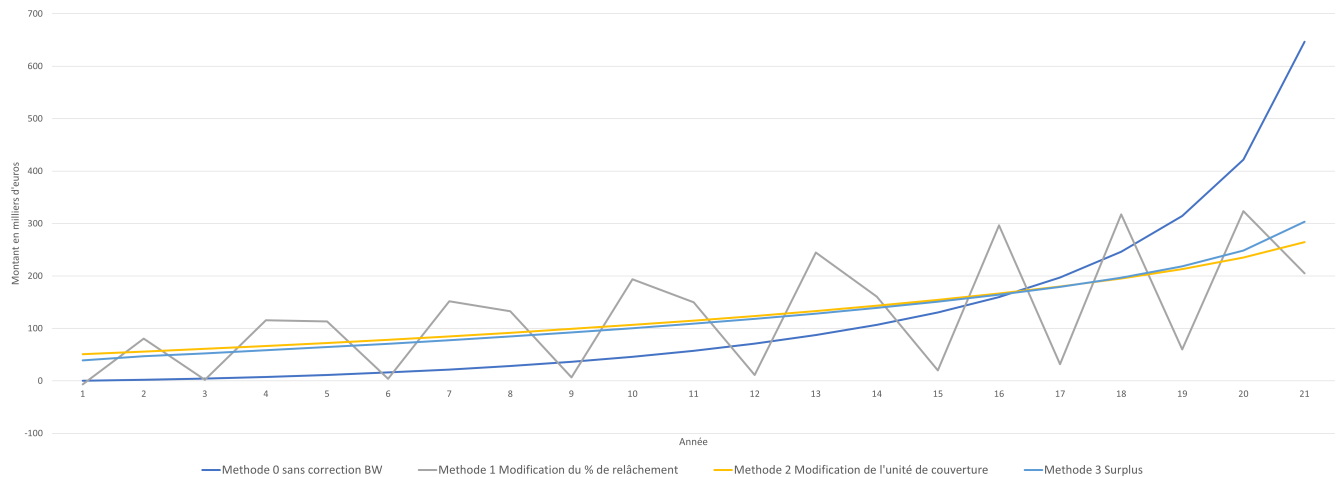


FIGURE 4.23 – Résultats du Scénario 2 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

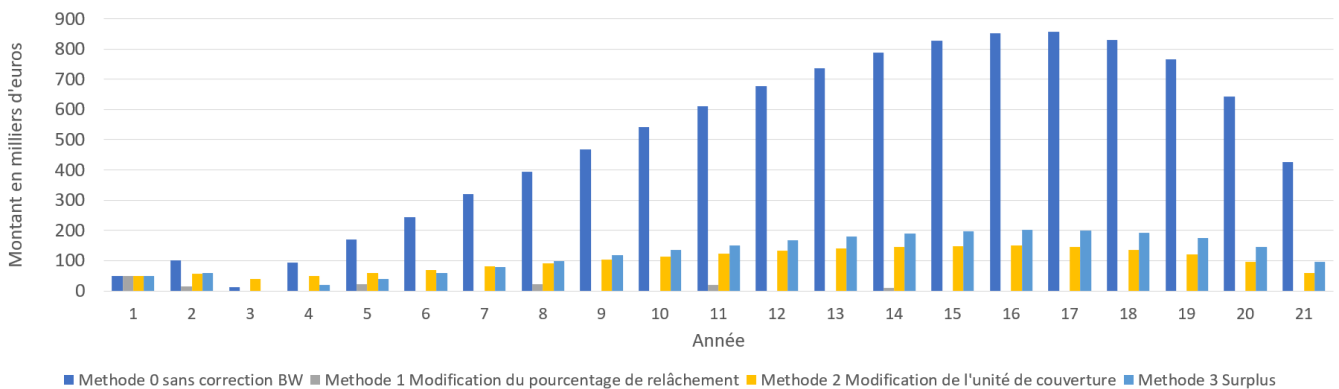


FIGURE 4.24 – Résultats du Scénario 2 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture

4.3.2.3 Scénario 3 : Baisse des taux

Le troisième scénario se place dans le cas où une baisse des taux est constatée durant la période de couverture. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses initiales sont conservées et une baisse des taux est réalisée en année 7.

Comme l'illustre les Figures 4.25 et 4.26, les différentes méthodes offrent des résultats différents. Pour la méthode 3 une volatilité plus importante que celle des méthodes 2 et 3 est observée. Pour les méthodes 1 et 2 une volatilité équivalente est observable par rapport à la méthode 3 en année 7. Ceci est une conséquence de la date choisie pour réaliser les calculs. En effet, pour les méthodes 1 et 2 les calculs sont réalisés en début de période tandis que pour la méthode 3 ils sont réalisés en fin de période. Cette volatilité plus faible pour les deux premières méthodes peut être corrigée via un calibrage en fin de période. Un arbitrage sur le timing de calibration de ces deux méthodes est à considérer.

Nous observons cependant pour la méthode 1 une correction de 0,8% de l'effet *bow wave* entre l'année 1 et 16 suivie d'une évolution en dents de scie sur le graphique à partir de la seizième année due à un amortissement important certaines années.

Cette correction est plus faible que celle de la méthode 2 et 3 qui permettent, respectivement, une correction moyenne de l'effet *bow wave* de 8,7% et 27,7% entre l'année 1 à 15 et de 6,5% et 7,7% à partir de l'année 16.

D'après ce scénario, nous observons à nouveau une limite de la méthode 1 qui, d'un point de vue normatif, n'est pas acceptable. La baisse des taux induit également une correction moindre de l'effet *bow wave* par la méthode 1 sur les 15 premières années comparé à celle réalisée par les méthodes 2 et 3. Nous pouvons conclure qu'en cas de baisse des taux la méthode 2 est la méthode permettant une moindre volatilité et est acceptable d'un point de vue normatif.

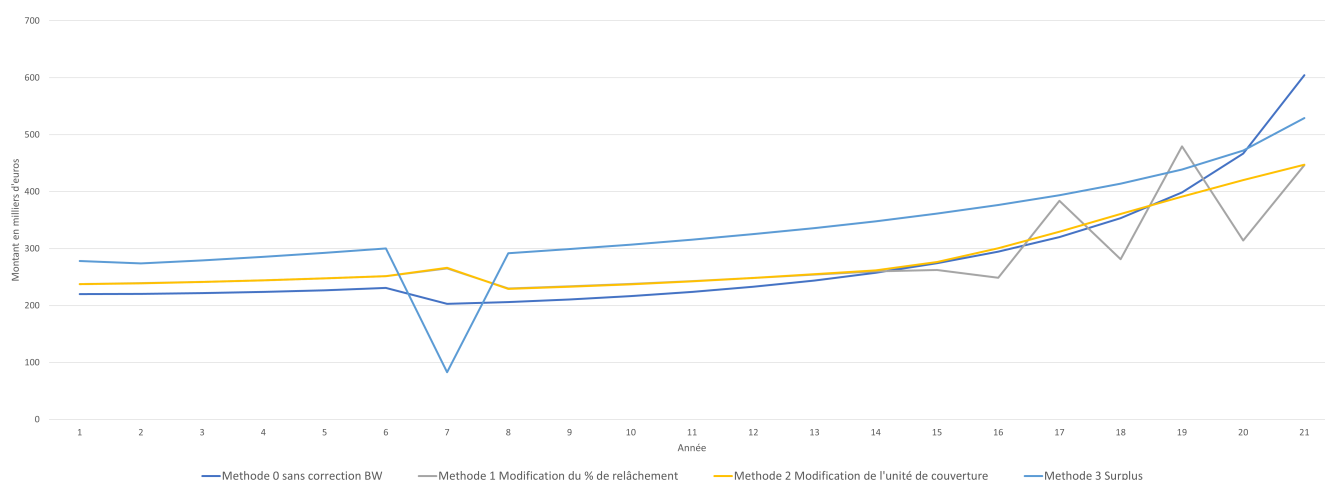


FIGURE 4.25 – Résultats du Scénario 3 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

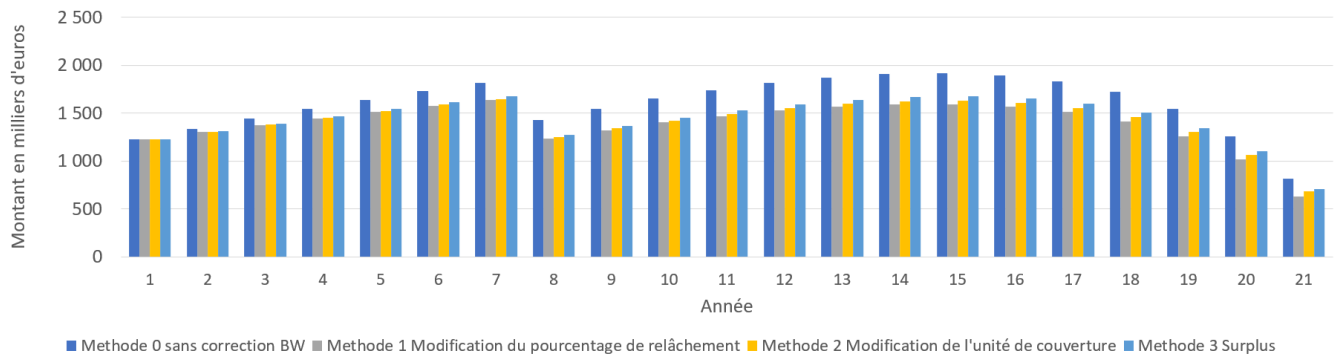


FIGURE 4.26 – Résultats du Scénario 3 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture

4.3.2.4 Scénario 4 : Contrats profitables devenus onéreux

Le quatrième scénario se place dans le cas où les contrats profitables deviennent onéreux durant la période de couverture. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses initiales sont conservées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considérée comme négative. De plus, une baisse des taux importante (-1,5%) est réalisée en année 11.

Les graphiques ci-dessous 4.27 et 4.28 illustrent le passage du groupe de contrat profitable à onéreux, induit par le retraîtement du *bow wave effect*. Des résultats similaires sont observés pour les méthodes 2 et 3 avec une volatilité plus importante pour la méthode 2 en année 11 provenant de la forte baisse des taux. L'évolution en dents de scie est également présente ici pour la méthode 1. Enfin, les CSM corrigées de l'effet *bow wave* gardent un comportement similaire.

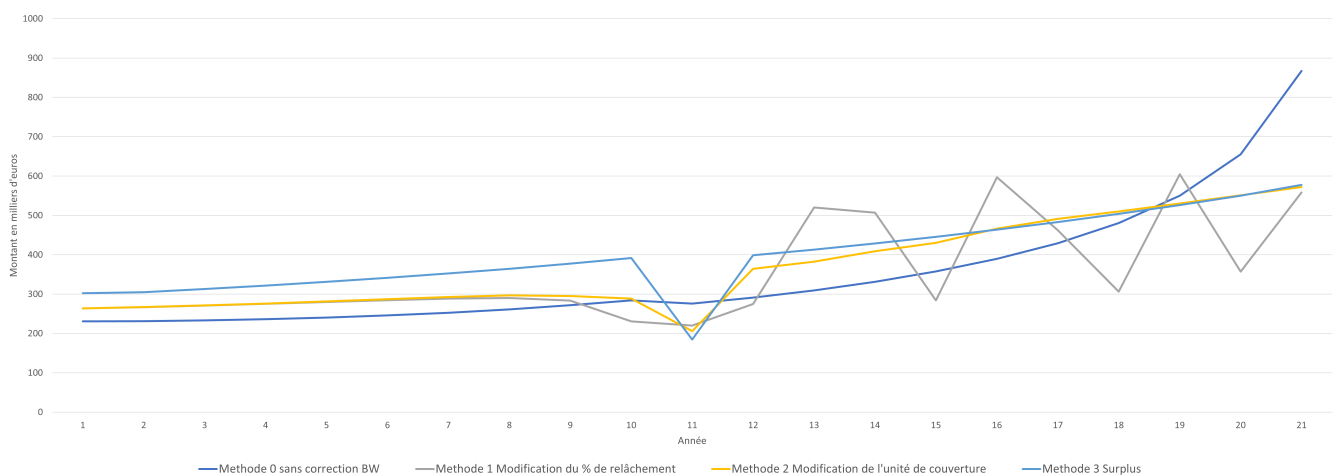


FIGURE 4.27 – Résultats du Scénario 4 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

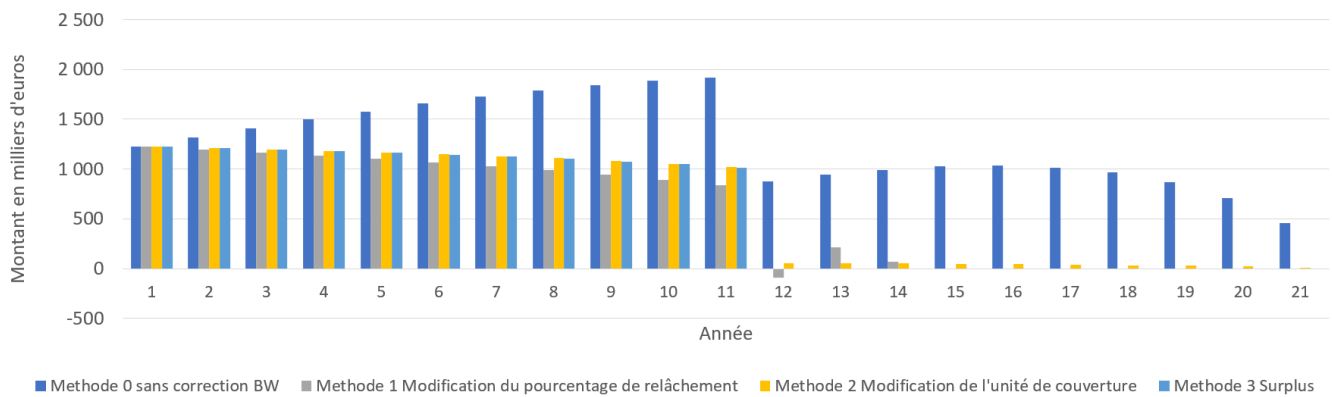


FIGURE 4.28 – Résultats du Scénario 4 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture

4.3.2.5 Scénario 5 : Faible effet de mutualisation

Dans ce cinquième scénario, on se place dans le cas où un faible effet de mutualisation est introduit. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses initiales restent inchangées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considérée égale à 100.

Dans le cas d'un ajout d'un effet de mutualisation, le retraitement du bow wave effect se fait moins ressentir sur l'écoulement de la CSM comme le montre les graphiques 4.29 et 4.30 ci-dessous.

Graphiquement, les différentes méthodes donnent des résultats similaires avec l'effet de mutualisation. Toutefois, la méthode 1, 2 et 3 permettent de relâcher respectivement 4,5%, 4% et 2,8% de CSM supplémentaire en moyenne par rapport à la méthode sans correction du bow wave effect la première année.

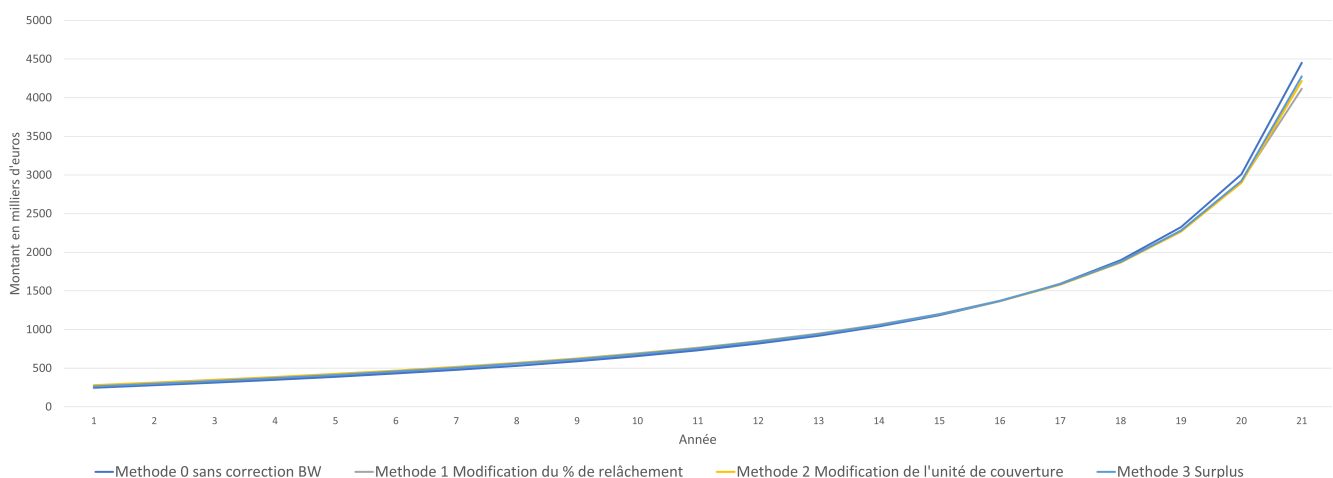


FIGURE 4.29 – Résultats du Scénario 5 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

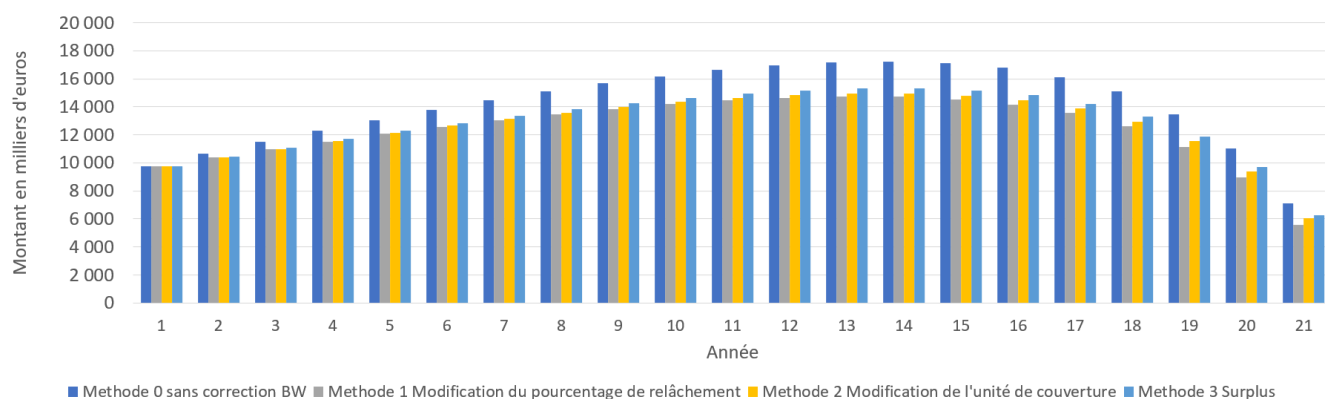


FIGURE 4.30 – Résultats du Scénario 5 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture

4.3.2.6 Scénario 6 : Fort effet de mutualisation

Le sixième scénario se place dans le cas où un faible effet de mutualisation introduit est élevé. Pour réaliser ce scénario, les hypothèses initiales sont conservées à l'exception de la mutualisation des contrats qui est considérée égale à 400.

Dans le cas où l'on ajoute un effet de mutualisation important, le retraitement du *bow wave* effect se fait moins ressentir sur l'écoulement de la CSM que lors du scénario 5 comme le montre les graphiques 4.31 et 4.32 ci dessous.

Les différentes méthodes donnent des résultats similaires avec l'effet de mutualisation élevée et, à titre de comparaison, la méthode 2 permet de relâcher 4,7% de CSM supplémentaire par rapport à la méthode sans correction du *bow wave effect* la première année et il en est de même pour les autres méthodes.

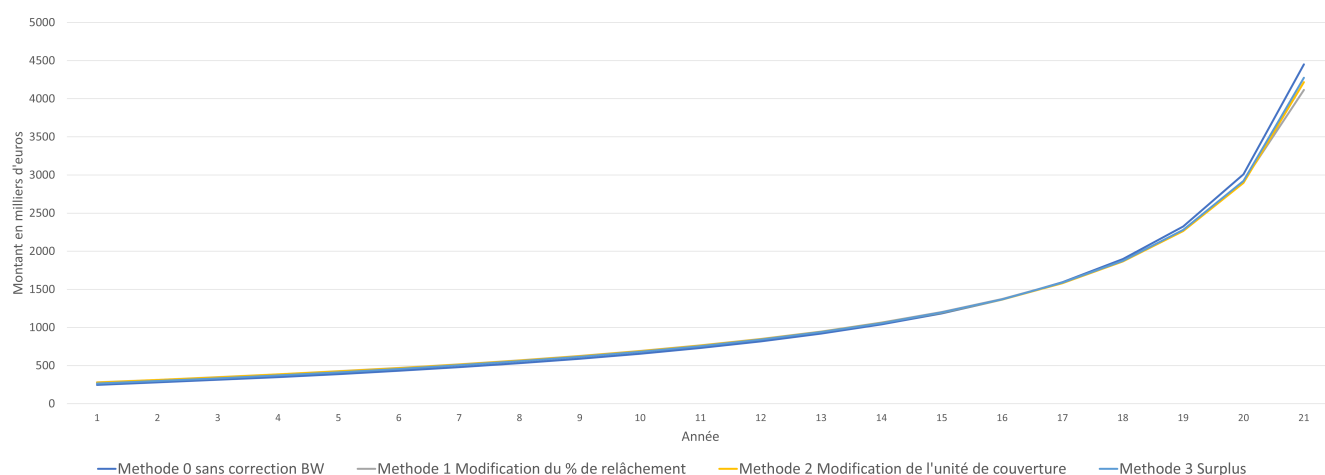


FIGURE 4.31 – Résultats du Scénario 6 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM

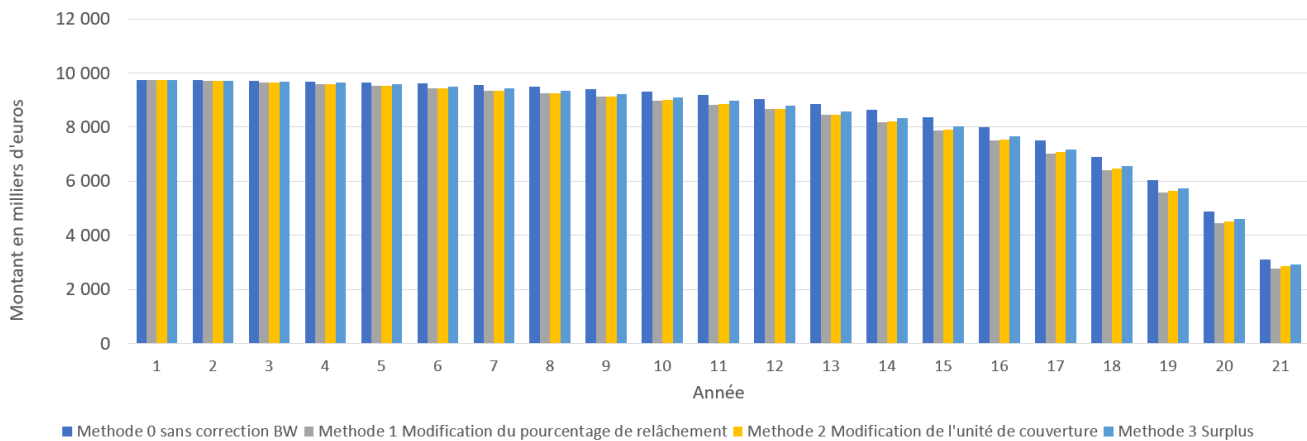


FIGURE 4.32 – Résultats du Scénario 6 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d’ouverture

Nous observons une diminution du taux de relâchement de la CSM avec une mutualisation plus importante comparée à une mutualisation plus faible. L’effet de mutualisation étant constant entre les estimations RN et RW, l’impact du retraitement diminue. En conclusion, plus l’effet de mutualisation est important, moins l’impact du retraitement du *bow wave effect* est important, et ce pour toutes les méthodologies.

4.3.3 Synthèse de l’étude sur les données réelles

L’étude des différents scénarios sur un portefeuille réel a permis de mettre en évidence certains avantages et inconvénients (Table 4.7), parfois différents de ceux conclus dans l’étude des méthodes sur un portefeuille fictif, dans les différentes méthodes de correction du *bow wave effect*.

Sur un portefeuille réel, les méthodes 1 et 2 possèdent les mêmes avantages que ceux prévus dans l’étude précédente. Elles présentent une mise en oeuvre relativement plus simple et la réalisation d’un calcul anticipé avant la date de clôture est possible.

Cependant, la méthode 1 a montré une volatilité importante dans les scénarios illustrant le cas d’une faible CSM initiale ainsi que dans le cas d’une variation de taux. Cette volatilité importante en cas de variation de taux n’a pas été observé sur le portefeuille fictif mais est présente sur notre portefeuille réel. La méthode 1 étudiée sur le portefeuille réel possède également la possibilité de générer des taux de relâchement aberrants. L’ensemble de ces résultats conduisent à la même conclusion que l’étude réalisée sur des données fictives qui est que la méthode de correction de l’effet *bow wave* par la modification du taux de relâchement n’est pas acceptable.

Dans l’étude précédente, la méthode 2 basée sur la modification de l’unité de couverture possédait une volatilité plus grande que la méthode 3 en cas de variation des taux lorsque l’estimation est basée en début de période. Dans l’étude sur un portefeuille réel d’un assureur vie nous avons également noté une volatilité de la méthode 2 lorsque l’estimation est basée en début de période. Cependant cette volatilité est moins importante que celle de la méthode 3.

Enfin, la méthode 3 calculant un surplus de CSM montre, tout comme l’étude sur des données fictives, une stabilité des résultats en cas de faible CSM initiale et une déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture. Toutefois, l’étude de la méthode 3 de correction de l’effet *bow wave* sur

des données réelles a révélé une volatilité plus importante que les Méthode 1 et 2 en cas de variation des taux.

	Méthode 1: Modification du taux de relâchement	Méthode 2: Modification de l'unité de couverture	Méthode 3: Surplus de CSM
Avantages	- Facilité de mise en œuvre - Possibilité d'anticiper les calculs avant la date de clôture		Résultats stables en cas de CSM initiale faible
Inconvénients	- Volatilité importante en cas de CSM initiale faible - Volatilité importante en cas de variation de taux - Possibilité d'avoir un taux de relâchement aberrant	Volatilité notable en cas de variation de taux, lorsque l'estimation est basée en début de période	- Volatilité plus importante que les méthodes 1 et 2 en cas de variation de taux - Déclinaison opérationnelle difficile lors de la clôture

TABLE 4.7 – Avantages et inconvénients des scénarios étudiés sur un portefeuille réel

A la suite de notre première étude sur des données fictives et de notre étude sur le portefeuille d’un assureur vie, la méthode 2 fondée sur la modification de l’unité de couverture vision début de période est la méthode la plus robuste et la plus en accords vis à vis des exigences demandées par la norme.

Sa meilleure stabilité par rapport aux autres méthodes implémentées sur les différents scénarios font de la méthode 2, modifiant l’unité de couverture, la méthode la plus robuste.

D’un point de vue normatif, c’est la méthode respectant, à date, l’ensemble des exigences en réflexion par les CAC :

- Absence de CSM monde réel calculée en parallèle.
- L’ajustement doit être réalisé sur une base début de période.
- Un seul écoulement de CSM est autorisé pour des problématiques d’affichage.
- Gouvernance claire nécessaire dans la définition du scénario monde réel.

Enfin, d’un point de vue opérationnel, la méthode 2 permet la réalisation des calculs en début d’année afin de ne pas surcharger le process de clôture ainsi qu’une certaine flexibilité d’ajustement les calculs de façon simple en début ou fin de période si le besoin de réduire la volatilité est requis. Nous notons aussi dans cette étude que la méthode 2 possède un temps de calcul acceptable.

Pour l’ensemble de ces raisons nous avons fait le choix d’appliquer la méthode 2 de correction sur ce portefeuille d’assurance vie.

4.4 Limites de l'étude

Diversification du portefeuille

L'étude a été réalisée exclusivement sur un ensemble de contrats d'épargne en euros. Les résultats et les conclusions obtenus sont donc spécifiques à ce type de produit. L'inclusion d'autres produits tels que des contrats de retraite, des contrats multi-supports ou des rentes pourrait conduire à des conclusions différentes et servir à compléter cette étude.

Hypothèses du monde réel et des rendements futurs

L'implémentation des différentes méthodes de correction de l'effet *bow wave* a nécessité la prise d'hypothèses simplificatrices. L'étude sur le portefeuille d'un assureur-vie a été menée en supposant que les rendements futurs seraient exactement conformes aux anticipations initiales, dans un environnement "risque neutre" et dans l'environnement "monde réel". Or, il est rare que les prévisions de rendement financier soient exactes, et la réalité peut parfois en diverger considérablement. En ce sens, la calibration des hypothèses en "monde réel" est la principale limite des méthodes de correction de l'effet *bow wave*. Il serait intéressant d'examiner des scénarios dans lesquels les rendements observés diffèrent des projections basées sur le monde réel.

Méthodes de correction de l'effet bow wave

Toutes les méthodes présentées dans cette étude sont des méthodes de correction à long terme. Il est important de noter que les méthodes de correction de l'effet *bow wave* sont nombreuses et certaines d'entre elles sont des méthodes à court terme. Étant donné la diversité des méthodes de correction de l'effet *bow wave*, une étude préliminaire sur le portefeuille de l'assureur a été réalisée pour garantir l'utilisation de la méthode de correction la plus robuste possible pour ce portefeuille. Les résultats issus des méthodes de correction de l'effet *bow wave* dans cette étude sont donc propres à cette dernière. Une étude complète des méthodes de correction est à prévoir dans le cadre de la correction de l'effet *bow wave* sur un autre portefeuille.

Diversification des scénarios

Une autre limite de notre étude est le nombre de scénarios étudiés. Dans notre étude, nous avons choisi de présenter un nombre limité de scénarios représentant les scénarios les plus récurrents observés en assurance-vie durant notre période d'étude. Les résultats observés et la méthode de correction sélectionnée dépendent de façon non négligeable du choix des scénarios étudiés. Une étude comprenant un nombre plus important de scénarios, ainsi que des scénarios spécifiques à l'entreprise étudiée, serait pertinente.

Implémentation des méthodes de la risk mitigation

Au-delà des méthodes étudiées dans cette étude, plusieurs méthodes de *risk mitigation* peuvent être utilisées pour corriger l'effet *bow wave*.

La *risk mitigation*, ou l'option d'atténuation des risques, est introduite par le paragraphe B115 de la norme IFRS 17 (cf. §B115, *IFRS 17 Contrats d'assurance*, Juillet 2021). L'objectif de la *risk mitigation* est de réduire les incertitudes liées aux contrats d'assurance et de minimiser les fluctuations des résultats financiers de l'entreprise. Cela peut inclure des techniques telles que la répartition

des risques entre les assureurs, l'utilisation de produits dérivés pour couvrir les risques, ou encore la gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance.

La répartition des risques par la réassurance permet à l'entreprise de transférer une partie des risques liés aux contrats d'assurance à un tiers, ce qui réduit les fluctuations de ses résultats financiers. L'utilisation de produits dérivés permet de fixer les prix et les risques liés aux contrats d'assurance à l'avance, ce qui peut aider à réduire les fluctuations de ses résultats financiers. Enfin, la gestion active des portefeuilles de contrats d'assurance consiste à utiliser des techniques telles que la sélection des risques, la diversification des risques et la gestion des engagements contractuels pour minimiser les risques liés aux contrats d'assurance et atténuer les fluctuations des résultats financiers de l'entreprise.

La *risk mitigation* est une méthode clé pour atténuer l'effet *bow wave* sous le modèle *Variable Fee Approach* (VFA). Il serait judicieux de mettre en place les différentes techniques issues de la mitigation des risques et de comparer les résultats obtenus à ceux issus des méthodes de correction que nous avons développées dans ce mémoire.

Conclusion

Le compte de résultat issu de la nouvelle norme comptable IFRS 17 vise à fournir une vision réaliste et une transparence accrue du résultat à une date donnée. Il est un vecteur de communication important pour les assureurs car il agit sur le développement économique futur de l'entité et son application internationale lui confère le statut de référence auprès des autres acteurs d'assurance, mais également de toutes les entreprises soumises aux normes IFRS.

Dans le cadre de la mise en place de la nouvelle norme comptable par l'IASB, notre étude avait pour objectif de présenter des solutions adaptées et robustes afin d'optimiser le rythme de reconnaissance de la CSM en VFA.

Après avoir présenté les notions fondamentales de la norme IFRS 17 et la modélisation d'un produit d'assurance vie, ce mémoire relève la particularité de l'effet *bow wave* lors de l'évaluation sous le modèle VFA et les conséquences sur le rythme de reconnaissance du résultat. L'implémentation de méthodes alternatives de reconnaissance du résultat IFRS 17 au travers d'une maquette suivie de la simulation de différents scénarios possibles a permis d'affirmer ou d'infirmer certaines hypothèses et d'exclure de l'étude certaines méthodes.

Parmi elles, la modification du taux de relâchement ainsi que le calcul de la CSM miroir pour la correction de l'effet *bow wave* sont à écarter. Les résultats de ces premières méthodes ont démontré une volatilité non acceptable et des taux de relâchement de la CSM pouvant être aberrants.

La troisième méthodologie relative au calcul d'un surplus de CSM fournit des résultats satisfaisants lors des scénarios étudiés. Néanmoins, son processus apparaît lourd au regard de la nécessité d'effectuer un double lancement des outils de projections de *cash-flow* en clôture. Il semble nécessaire de trouver un processus simplifié.

Au final, la méthode recommandée pour la correction de l'effet *bow wave* est la modification de l'unité de couverture qui, à l'issue des différents scénarios testés, montre la meilleure stabilité, permet un gain de temps considérable dans la réalisation des calculs, offre la possibilité d'anticiper les calculs et est en phase avec les principes des commissaires aux comptes à ce jour.

Bien que recommandées à l'issue des expérimentations, l'étude de la méthode de modification de l'unité de couverture ainsi que les autres méthodes ont été approfondies par une application numérique sur un portefeuille afin de conclure de façon définitive sur la robustesse et la viabilité de ces dernières. Pour ce faire, les différentes méthodes ont été implémentées à partir de données réelles anonymisées provenant d'un client KPMG. La création des *models points* suivit de la modélisation ALM sur le logiciel DEvent puis des analyses sur les limites de chaque méthode ont confirmé la robustesse de la méthode avec modification de l'unité de couverture en conditions réelles.

Bien qu'étant plus performante que les autres méthodes, trois principales limites se dégagent de la méthode avec modification de l'unité de couverture. La première reste avant tout la difficulté

opérationnelle de la mise en place de cette méthode et plus particulièrement la difficulté de la modélisation en monde réel. En effet, la méthode de modélisation dans cet univers reste complexe pour la plupart des acteurs. La seconde limite mise en évidence dans notre étude est l'augmentation du rythme de relâchement de la CSM. En effet, l'utilisation de la méthode *fair value approach* par le client permet l'obtention d'une CSM constante à la transition même en effectuant un retraitement de l'effet *bow wave*. L'utilisation de méthodes rétrospectives à la transition impliquerait l'application rétrospective du retraitement de l'effet *bow wave*, impliquant une baisse de la CSM à la transition et limitant ainsi l'optimisation future du résultat IFRS 17. Il conviendrait d'étudier l'effet de ce retraitement avec des méthodes d'estimation différentes à la date de transition.

La dernière limite identifiée et n'apparaissant pas dans notre étude est l'interaction du traitement de l'effet *bow wave* avec l'option *risk mitigation* d'IFRS 17. En effet, cette interaction apparaît comme une contrainte supplémentaire en termes de méthodologie qu'il faudrait intégrer dans de futurs travaux de recherche.

Bibliographie

- [1] Institut canadien des ACTUAIRES. *Application de la norme IFRS 17, Contrats d'assurance, Note pédagogique*. 2019.
- [2] Institut des ACTUAIRES. *Groupe de travail « Best Estimate Liabilities Non-vie », Document de travail*. 2016.
- [3] ACTUARIS. *Introduction à la norme IFRS17, Support technique*. 2017.
- [4] Kamal ARMEL. *Générateur de scénarios économiques pour valoriser les passifs de l'épargne en €, LSAF, Document de travail*. 2021.
- [5] Planchet F. ARMEL K. *Comment construire un générateur de scénarios économiques risque neutre destiné à l'évaluation économique des contrats d'épargne ?, Assurances et gestion des risques*. 2018.
- [6] Planchet F. ARMEL K. *Comment construire un générateur de scénarios économiques risque neutre, Assurances et gestion des risques, Vol. 85 (1-2)*. 2018.
- [7] Planchet F. ARMEL K. *Générateurs de scénarios économiques (GSE) en assurance, Support pédagogique*. 2012.
- [8] Planchet F. ARMEL K. *Utilisation de modèles de taux de type CIR pour évaluer la valeur économique des contrats d'épargne en €, Bankers Markets Investors, n°157*. 2020.
- [9] Viricel BELLAC. *Mathématiques des marchés financiers : Modélisation du risque et de l'incertitude, EDP SCIENCES*. 2012.
- [10] Mercurio BRIGO. *Interest Rate Models – Theory and Practice, 2nd Edition*. Springer. 2001.
- [11] Samy COLLIER. *Gestion d'actif-passif, Mémoire d'Actuariat, Ressources actuarielles*. 2021.
- [12] Ross COX Ingersoll. *A Theory of the Term Structure of Interest Rates, Econometrica, 53, pp. 385–407*. 1985.
- [13] DAV. *IFRS 17 for German life insurance, Report on findings of the Accounting and Regulation Committee*. 2020.
- [14] Valéry JOST DAVID DUBOIS Christian GIBOT. *Les Générateurs de scénarios économiques, document de travail*. 2018.
- [15] EURIA. *Portefeuille - Probabilité risque neutre, Support pédagogique*. 2020.
- [16] IASB. *IFRS 17 Contrats d'assurance, Norme IFRS17*. Juillet 2021.
- [17] IFRS.ORG. *IFRS Standards Fact Sheet, Effects Analysis on IFRS 17, Revue*. 2020.
- [18] Rebonato JOSHI. *Quantitative Finance, vol. 3, issue 6, 458-469*. 2003.
- [19] KPMG. *Documents internes*. 2021.
- [20] Argus de L'ASSURANCE. *Les adaptations du modèle général, N°7520*. 2017.
- [21] Loïc MICHEL. *IFRS 17 : une nouvelle comptabilisation des contrats d'assurance, Article*. 2020.

- [22] OPTIMIND. *Transition : une appropriation des différents enjeux pour une meilleure maîtrise de la communication financière*, Note technique Déc. 2019.
- [23] PWC. *The latest on IFRS 17 implementation*, In transition INT No. 2020-02. 2020.
- [24] Aizac ROBIN. *Les composantes de la formation du résultat sous IFRS 17*, *Mémoire d'Actuariat*, ressources actuarielles. 2021.
- [25] Pierre THÉRON. *Market consistency : fondements et limites*, *Support pédagogique*. 2013.
- [26] Pierre-E. THÉRON. *IFRS 17 : le niveau d'agrégation dans la représentation comptable de l'assurance*, *Document de travail*. 2020.
- [27] Pierre-E. THÉRON. *Le niveau d'agrégation dans la représentation comptable de l'assurance*, *document de travail*. 2018.

Table des figures

1	Avantages et inconvénients des scénarios étudiés	vii
2	Advantages and disadvantages of the scenarios studied	xiii
1.1	Champ d'application IFRS 17	3
1.2	Échéancier prévu - IASB	3
1.3	Séparation des composantes du contrat	4
1.4	Segmentation des contrats	5
1.5	Modèles d'évaluation des passifs	7
1.6	Provisions sous le modèle BBA	8
1.7	Comptabilisation initiale de la CSM	9
1.8	Comptabilisation initiale de la CSM - Calcul	11
1.9	Évaluation ultérieure de la CSM - Calcul	15
1.10	Identification des flux de trésoreries entrants et sortants pour le calcul du Best Estimate	20
1.11	Taux d'actualisation IFRS 17 - Méthodes d'estimation	21
1.12	Commission variable à l'évaluation ultérieure	23
1.13	Évaluation de la CSM en VFA - Calcul	23
1.14	Simplification de la LRC - PAA	25
1.15	Évaluation de la CSM en PAA - Calcul	25
2.1	Fonctionnement du GSE KPMG	33
2.2	Décomposition de la dynamique des courbes des taux par ACP, <i>Source : Document d'orientation de DUBOIS, D. GIBOT, C. JOST, V. (2018), les générateurs de scénarios économiques, Document de travail, Institut des actuaires.</i>	40
2.3	Faisceau de taux de l'EURIBOR 3M, <i>Source : Document d'orientation de DUBOIS, D. GIBOT, C. JOST, V. (2018), les générateurs de scénarios économiques, Document de travail, Institut des actuaires.</i>	42
2.4	Architecture de l'outil actuariel DEvent	43
2.5	DEvent – Exécution d'un modèle	44
3.1	Comparaison des marges French GAAP et IFRS 17	47
3.2	Hypothèses utilisées	50
3.3	Résultat - Scénario 1	51
3.4	Résultat - Scénario 2	51
3.5	Résultat - Scénario 3	52
3.6	Résultat - Scénario 4	53
3.7	Résultat - Scénario 4 - Evolution de la CSM à l'ouverture	53
3.8	Résultat - Scénario 5	54
3.9	Résultat - Scénario 6	54
3.10	Résultat - Ajout de nouveaux contrats	55
4.1	Répartition des obligations risquées et sans risque en fonction de leur classe	64
4.2	Répartition des assurés en fonction de leur classe d'âge	66

4.3	Répartition des TMG pondérée par la réserve mathématique	66
4.4	Répartition des sexes pondérée par la réserve mathématique	67
4.5	Table de rachats structurelle	69
4.6	Fonction du taux de rachat dynamique	69
4.7	Montant de la CSM à l'ouverture sur le portefeuille réel sans correction du bow wave effect	72
4.8	Montant de l'amortissement sur le portefeuille réel sans correction du bow wave effect	72
4.9	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement	75
4.10	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement sur les 10 premières années	75
4.11	Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification du ratio de relâchement	76
4.12	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l'unité de couverture de la période . .	78
4.13	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l'unité de couverture de la période sur 10 ans	78
4.14	Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec correction avec modification de l'unité de couverture de la période . .	79
4.15	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d'un surplus de CSM	80
4.16	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d'un surplus de CSM sur 10 ans	81
4.17	Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec calcul d'un surplus de CSM	81
4.18	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave	82
4.19	Montant de l'amortissement sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave sur 10 ans	82
4.20	Montant de la CSM d'ouverture sur un portefeuille réel sans correction du bow wave effect et avec les méthodes de correction de l'effet bow wave	83
4.21	Résultats du Scénario 1 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	84
4.22	Résultats du Scénario 1 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	84
4.23	Résultats du Scénario 2 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	85
4.24	Résultats du Scénario 2 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	85
4.25	Résultats du Scénario 3 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	86
4.26	Résultats du Scénario 3 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	87
4.27	Résultats du Scénario 4 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	87
4.28	Résultats du Scénario 4 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	88
4.29	Résultats du Scénario 5 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	88
4.30	Résultats du Scénario 5 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	89
4.31	Résultats du Scénario 6 sur le portefeuille réel - Amortissement de la CSM	89
4.32	Résultats du Scénario 6 sur le portefeuille réel - Évolution du montant de la CSM d'ouverture	90

Liste des tableaux

1	Avantages et inconvénients des scénarios étudiés sur un portefeuille réel	ix
2	Advantages and disadvantages of the scenarios studied on an actual portfolio	xiv
1.1	Date de comptabilisation des contrats	6
1.2	Comptabilisation initiale de la CSM - illustration - Contrats profitables	10
1.3	Comptabilisation initiale de la CSM - illustration - Contrats onéreux	10
1.4	Comptabilisation initiale de la CSM - illustration	11
1.5	Ajustement de la CSM pour les changements relatifs au service futur	13
1.6	Extension de la CSM pour les changements relatifs au service futur	14
1.7	Évaluation ultérieure de la CSM - Revue à la baisse des bénéfices attendus	14
1.8	Évaluation ultérieure de la CSM - Contrat devenu déficitaire	15
1.9	Détermination du ratio d'amortissement de la CSM - Illustration	17
1.10	Revenu des contrats - Illustration	18
1.11	Compte de résultat sous IFRS 17 - Exemple	18
1.12	Évaluation de la CSM à l'aide des unités de couverture - Illustration	19
1.13	Comparaison des modèles BBA et VFA	22
1.14	Augmentation de la juste valeur des actifs sous jacents - Illustration	24
3.1	Hypothèse illustration des marges French GAAP et IFRS 17	46
3.2	Résultat - Scénario 6 - Détails	55
3.3	Avantages et inconvénients des scénarios étudiés	56
4.1	Bilan Modèle Point en T=0	61
4.2	Portefeuille d'actif	62
4.3	Probabilités de défaut par classe en pourcentage	64
4.4	Matrice de transition par classe en pourcentage	64
4.5	Stratégie d'allocation d'actifs	68
4.6	Taux de correction moyen de l'effet bow wave entre l'année 1 à 17 et 17 jusqu'à la fin de la période d'observation pour les 3 méthodes de correction étudiés	82
4.7	Avantages et inconvénients des scénarios étudiés sur un portefeuille réel	91

