

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

Diplôme d'Ingénieur d'Etat
Filière : ACTUARIAT-FINANCE

Organisme : Wafa ASSURANCE

Projet de Fin d'Etudes, Sujet :

BILAN ET COMPTE DE RÉSULTAT
DE L'ACTIVITÉ CAPITALISATION :
IMPLEMENTATION DE LA NORME IFRS17

Réalisé par : AZZOUZI AYOUB (AF)
Encadré par : Mr. ABOULOFA Marouane (Externe)
Mr. MARRI Fouad (Interne)
Examiné par : Mr. EL ABDI Fouad
Mr. MARRI Fouad

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu, qui m'a tout donné et qui a toujours guidé mes pas.

Je souhaite exprimer ma gratitude la plus profonde à mes parents, **Asmae El Bakkali** et **Abderrahim Azzouzi**, pour leurs sacrifices incommensurables et leur soutien infaillible tout au long de mon parcours.

Je remercie également Monsieur **Marri Fouad** pour la qualité de son enseignement durant mes années d'étude à l'INSEA, et pour avoir accepté de m'encadrer dans mes travaux.

Je suis particulièrement honoré de remercier Monsieur **Fouad Elabdi** pour avoir accepté de faire partie de mes jurys. C'est un immense honneur de l'avoir parmi mes jurés en cette dernière année de son service à l'institut. Je lui suis profondément reconnaissant pour tout ce qu'il a apporté à l'institut au cours de sa carrière.

Un grand merci à **Siham Khalil** et **Youssef Samiri** pour leur bienveillance et leur assistance précieuse au sein de l'équipe Actuariat chez Wafa Assurance.

Je suis profondément reconnaissant envers Monsieur **Marouane Aboulouafa** pour son encadrement, son temps, ses remarques pertinentes, ses conseils avisés, et les ressources qu'il m'a fournies. Sans son aide, ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

RESUME

Ce rapport présente une étude approfondie de l'implémentation de la norme IFRS 17 chez Wafa Assurance, axée sur un portefeuille de capitalisation. La norme IFRS 17, visant à améliorer la transparence et la comparabilité des états financiers des compagnies d'assurance, introduit des exigences rigoureuses pour le calcul de la Best Estimate (BE), du Risk Adjustment (RA) et de la Contractual Service Margin (CSM).

La construction de la courbe des taux d'actualisation, spécifiquement adaptée au marché marocain, a été réalisée en utilisant des techniques avancées telles que la méthode Smith-Wilson. Cette courbe est essentielle pour actualiser les flux de trésorerie futurs et intégrer les ajustements nécessaires pour refléter les risques et les primes d'illiquidité.

En parallèle, la modélisation du portefeuille de capitalisation a permis d'identifier et de relever les défis liés à la gestion des risques et à l'optimisation des rendements. L'adoption des principes de gestion d'actif passif (ALM) et l'utilisation de générateurs de scénarios économiques (GSE) ont été des outils clés pour projeter de manière réaliste les flux de trésorerie futurs, améliorant ainsi la précision des estimations de passifs.

Les résultats de cette étude démontrent que l'application de la norme IFRS 17 chez Wafa Assurance renforce considérablement la transparence et la fiabilité des états financiers. La mise en œuvre de cette norme permet non seulement de mieux évaluer les obligations futures mais aussi d'améliorer la prise de décision stratégique au sein de l'entreprise.

En conclusion, ce projet a établi une base solide pour l'adoption complète de la norme IFRS 17, offrant des avantages tangibles pour la gestion des portefeuilles d'assurance et la transparence financière. Les recommandations formulées dans ce rapport visent à faciliter cette transition et à maximiser les bénéfices de la norme IFRS 17 pour Wafa Assurance.

ABSTRACT

This report presents an in-depth study of the implementation of IFRS 17 at Wafa Assurance, focused on a capitalization portfolio. IFRS 17 aims to improve the transparency and comparability of insurance companies' financial statements, introducing stringent requirements for the calculation of Best Estimate (BE), Risk Adjustment (RA), and Contractual Service Margin (CSM).

The construction of the discount rate curve, specifically adapted to the Moroccan market, was achieved using advanced techniques such as the Smith-Wilson method. This curve is essential for discounting future cash flows and incorporating necessary adjustments to reflect risks and illiquidity premiums.

In parallel, the modeling of the capitalization portfolio has helped identify and address challenges related to risk management and optimizing returns. The adoption of asset-liability management (ALM) principles and the use of economic scenario generators (ESG) were key tools for realistically projecting future cash flows, thereby enhancing the robustness of liability estimates.

The results of this study demonstrate that the application of IFRS 17 at Wafa Assurance significantly enhances the transparency and reliability of financial statements. Implementing this standard not only improves the evaluation of future obligations but also enhances strategic decision-making within the company.

In conclusion, this project has established a solid foundation for the full adoption of IFRS 17, providing tangible benefits for insurance portfolio management and financial transparency. The recommendations made in this report aim to facilitate this transition and maximize the benefits of IFRS 17 for Wafa Assurance.

Keywords – BE, RA, CSM, VFA, ALM, GSE, IFRS17.

DÉDICACE

À ma mère, véritable pilier éducatif pour ses enfants, ta sagesse a éclairé notre chemin et ta bienveillance a toujours été notre boussole.

À mon père, qui a consacré sa vie entière à nous offrir un avenir meilleur, tes sacrifices sont la fondation sur laquelle nous bâtissons nos rêves.

À ma sœur, complice de cœur bien au-delà du simple lien de fraternité, ton soutien inconditionnel a été notre force commune.

À ma précieuse compagne de vie, qui a partagé chaque victoire, chaque défi, et a illuminé les moments sombres de sa lumière douce et réconfortante.

Et à nos frères et sœurs en Palestine, qui, malgré les épreuves de l'occupation, continuent de faire preuve d'une résilience inspirante, votre courage est un phare d'espoir dans l'obscurité. Puissent ces mots témoigner de notre reconnaissance profonde envers ceux qui ont sculpté nos vies de leur amour, leur dévouement et leur exemple indomptable.

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	13
1	contexte :	14
2	Objectif du Rapport	14
3	Mise en œuvre de la norme IFRS 17 au Maroc	15
4	Norme IFRS 17 en Assurance	16
4.1	Comparabilité des Normes IFRS 4 et IFRS 17	18
4.2	Bilans sous IFRS 4 et IFRS 17	19
4.3	P&L simplifié sous IFRS 4 et IFRS 17	20
2	Cadre théorique	22
1	Activité de capitalisation	23
2	Le Portefeuille de Capitalisation	23
2.1	Contrat Retraite	23
2.2	Contrat Éducation	23
2.3	Contrat d'Épargne	23
3	Capital Plus	25
3.1	Conditions Générales	25
3.2	Conditions Techniques	25
4	Plan Âge d'Or	26
4.1	Conditions Générales	26
4.2	Conditions Techniques	26
5	Plan Éducation	27
5.1	Conditions Générales	27
5.2	Conditions Techniques	27
6	Approches de valorisation	29
6.1	Modèle général – Building Block Approach (BBA)	29
6.2	Modèle simplifié – Premium Allocation Approach (PAA)	30
6.3	Modèle pour les contrats participatifs directs – Variable Fee Approach (VFA)	33
6.4	Résumé des modèles comptables IFRS 17	33
7	Le regroupement de contrats	34
7.1	Critères de regroupement	34
7.2	Model Points et regroupement IFRS 17	35
8	Comptabilisation initiale	36

8.1	Estimation des flux de trésorerie futurs	37
8.2	Ajustement au titre du risque non financier	37
8.3	La marge pour service contractuel (CSM)	38
9	Comptabilisation ultérieure dans le modèle VFA	40
9.1	Définition des contrats avec participation directe	40
9.2	L'Approche de la <i>Variable Fee</i>	40
9.3	Variations des Flux de Trésorerie d'Exécution	41
9.4	Mise à jour du CSM	42
3	Construction de la courbe des taux-IFRS17	48
1	Introduction	49
1.1	Contexte	49
1.2	Objectif du Chapitre	49
2	Rappels Normatifs	50
2.1	Principes Généraux	50
2.2	Adaptation au Marché	50
2.3	Exclusion des Facteurs Non Pertinents	50
3	Approche de Construction	52
3.1	Deux Approches Principales	52
3.2	Choix de méthodologie	53
4	Construction de la Courbe des Taux Sans Risque	54
4.1	Constitution de la Base des Données des Taux Moyens Pondérés	54
4.2	Détermination du Dernier Point Liquide (DPL)	54
4.3	Calcul et Interpolation Linéaire des Taux actuariels	55
4.4	Bootstrap Construction de la Courbe des Taux Zéro Coupon	55
5	Calcul de la Prime d'Illiquidité	57
5.1	Calcul de la prime d'illiquidité pour les actifs obligataires	57
5.2	Calcul de la prime d'illiquidité pour les actifs diversifiés	58
5.3	Résultats :	59
5.4	Prise en compte de l'illiquidité des passifs	59
5.5	Résultats :	60
5.6	Prise en compte de la différence des caractéristiques de liquidité entre les actifs financiers et les contrats d'assurance	61
5.7	Résultats :	61
5.8	Consolidation de la prime d'illiquidité IFRS 17	62
6	Extrapolation de la courbe des taux IFRS 17 au-delà du dernier point liquide (à travers Smith-Wilson)	63
6.1	Calibrage du taux forward ultime <i>TFU</i>	65
6.2	Résultats :	66
6.3	Calibrage de la vitesse de convergence α	66
6.4	Resultats :	66

4	Modélisation du portefeuille capitalisation sous IFRS 17	67
1	Gestion d'actif passif(ALM)	68
2	A.Partie-Actif	69
2.1	Hypothèses d'actifs	69
2.2	Générateur de Scénarios Économiques (GSE)	69
2.3	Univers risque neutre et univers historique	69
3	<i>Modélisation du taux d'intérêt</i>	71
3.1	Le Modèle de Vasicek	71
3.2	Discrétisation du Modèle	71
3.3	Le Modèle Cox-Ingersoll-Ross (CIR)	72
3.4	Le Modèle de Hull-White	72
3.5	Application	73
3.6	Étude de Stationnarité	73
3.7	Calibrage et simulation du Modèle de Vasicek	75
3.8	Le Modèle Cox-Ingersoll-Ross (CIR)	77
3.9	Calibrage et simulation du modele CIR	79
3.10	Le Modèle de Hull-White	80
3.11	Calibrage et simulation du Modèle de Hull-White	81
3.12	Comparaison des Modèles	83
4	<i>Modélisation des actions</i>	84
4.1	Présentation du modèle de Black & Scholes	84
4.2	Présentation du modèle de diffusion par saut(Jump Diffusion)	85
4.3	Application du modèle de Black & Scholes	86
4.4	Vérification de la Stationnarité	87
4.5	Tests de Normalité et Présence de Sauts	88
4.6	Simulation du modèle de diffusion par saut	90
5	B.Partie-passif	91
5.1	Hypothèses du passif	91
5.2	Taux Minimum Garanti et Participation aux Bénéfices	92
5.3	Projection et calcul de la Provision Mathématique	93
5.4	Projection Démographique	94
5.5	Projection de la Provision Mathématique	95
6	C-Interactions Actif - Passif	96
5	Comptabilisation Initiale	99
1	La Best Estimate-déterministe	100
2	La Best Estimate-stochastique	101
3	La Valeur Temps des Options et Garanties (TVOG)	103
4	Le Risque Adjustment(RA)	104
4.1	Rappels normatifs	104
4.2	Le concept du Risk Adjustment et les approches différentes	104
4.3	Approche de calcul	107
4.4	Calcul de la Duration	109
4.5	Résultat Final du Risk Adjustment	112

5	La Marge de Service Contractuel (CSM)	113
5.1	Approches autorisées par la norme	113
6	Description de l'approche MRA	115
6.1	Calcul du point de départ	115
6.2	resultats :	115
6.3	les unités de couverture	116
6.4	Rétropédalage des données historiques et relâchement du Risk Adjustment	116
6.5	Amortissement de la CSM entre la date d'origine et la date de transition	117
6.6	Annulation des composantes de perte en date de transition pour les groupes de contrats avec participation directe	118
6.7	Détermination de la courbe d'actualisation	118
6	Construction des États Financiers	120
1	Comptabilisation Ulterieur :	122
1.1	mise à jour de la Best Estimate	122
1.2	mise à jour du Risque Adjustment	123
2	Structure du P&L-IFRS-17 :	125
3	Conclusion	127
	Bibliographie	129
7	ANNEXES	129
1	Annexe 1 : Tests de stationnarité	130
1.1	Le test de Dickey-Fuller augmenté (ADF)	130
1.2	4. Test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)	130
2	Annexe 2 :Tests de normalité	132
2.1	1. Test de Shapiro-Wilk	132
2.2	2. Test de Jarque-Bera	132
2.3	3. Test de Kolmogorov-Smirnov	133
3	Annexe 3 : La méthode de Monte Carlo	134

TABLE DES FIGURES

3.1	Circulaire de l'ACAPS du 7 mars 2024	16
4.1	Bilans sous IFRS 4 et IFRS 17	19
2.1	La représentation graphique indique que les contrats liés à l'épargne représentent la plus grande somme de la Provision mathématique, suivis de près par les contrats de retraite. Les contrats d'éducation, bien qu'importants pour notre portefeuille, montrent une somme de réserves finale plus modeste en comparaison.	24
6.1	Building Block Approach (BBA) Evaluations du passif	29
6.2	Premium Allocation Approach (PAA)	31
6.3	Premium Allocation Approach (PAA)–Comptabilisation initiale	31
6.4	Premium Allocation Approach (PAA)–Comptabilisation ultérieure	32
6.5	Approches de comptabilisation	33
7.1	Regroupement de contrats	34
8.1	Comptabilisation initiale	36
9.1	Processus de mise à jour du bilan ultérieur dans le cadre de la VFA	41
9.2	Détermination de la valeur comptable du CSM à la date du reporting	42
9.3	Illustration de l'effet de la variation des FCF sur le CSM et le passif du groupe	43
9.4	Illustration des variations du CSM pour un groupe restant profitable entre $t - 1$ et t	43
9.5	Transition d'un groupe de contrats de profitable à déficitaire, illustrant l'impact sur le CSM et le passif	44
9.6	Illustration du passage d'un état déficitaire à un état profitable pour un groupe de contrats	46
9.7	Illustration des effets de la variation des FCF sur un groupe de contrats restant déficitaire	47
3.1	Approche Bottom-Up	52
3.2	Approche Top-Down	53
4.1	Taux de référence des bons du Trésor a la date :29/12/2023	54
4.2	Taux actuariel en fonction de la maturité	55
4.3	Comparaison des taux actuariel et zéro-coupon en fonction de la Maturité	56
5.1	Résultats	59
5.2	Source : EIOPA - Background document on the 2020 review of solvency II	59

5.3	Résultats	60
5.4	Résultats	62
5.5	Courbe des Taux Zéro-Coupon après Ajustement pour la Prime d'Illiquidité	63
6.1	Calibrage du taux forward ultime	66
6.2	Courbe des Taux Zéro-Coupon Ajustée et Extrapolée avec la Méthode Smith-Wilson	66
3.1	Evolution du Taux Moyen Pondéré	73
3.2	Correlogramme pour les autocorrélations simples	74
3.3	Correlogramme pour les autocorrélations partielles	74
3.4	Taux d'intérêt simulés selon le modèle Vasicek	76
3.5	Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle Vasicek)	77
3.6	Taux d'intérêt simulés selon le modèle CIR	79
3.7	Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle CIR)	80
3.8	Taux d'intérêt simulés selon le modèle Hull-White	82
3.9	Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle Hull-White)	82
4.1	Évolution du cours journalier du MASI de 2020 à 2023	86
4.2	Distribution des rendements logarithmiques comparée à une distribution normale	88
4.3	QQ-plot des rendements logarithmiques	89
4.4	Simulation du modèle de diffusion par saut (Jump Diffusion) sur 100 ans	90
5.1	Indicateurs de épargne	92
5.2	Indicateurs de éducation	92
5.3	Indicateurs de retraite	93
5.4	Exemple de projection de la PM pour les contrats débutant à partir de 2018 sur 7 ans	96
6.1	Schéma de modélisation ALM	96
6.2	projection des Rendements des Actifs, Taux de PB et Taux Servi par Année	98
1.1	Évolution de la PM de clôture sur 100 ans.	101
6.1	Approche rétrospective modifiée pour les contrats comptabilisés en VFA et en BBA	115
6.2	les unités de couverture	116

LISTE DES TABLEAUX

4.1	Comparaison des Normes IFRS 4 et IFRS 17	18
4.2	Compte de résultat sous IFRS 4	20
4.3	Compte de résultat sous IFRS 17	20
5.1	Tableau des données financières pour le Maroc	58
5.2	prime d'illiquidité IFRS 17	62
3.1	Résultats de l'analyse des statistiques	73
4.1	Résultats des tests de stationnarité	87
4.2	Résultats des tests de normalité	89
5.1	Projection Démographique	94
5.2	Projection de la Provision Mathématique	95
1.1	Best Estimate de Clôture Totale	101
2.1	Best stochastique de Clôture Totale	102
3.1	TVOG Totale	103
4.1	Durations calculées pour différents secteurs	109
4.2	Résumé des BEL pour les catégories d'épargne, de retraite et d'éducation sous divers chocs	110
4.3	Deltas des BEL pour divers chocs en fonction de la catégorie d'assurance	110
4.4	Matrice des Best Estimates Choqués(\mathbf{R})	111
4.5	Matrice de corrélation des risques	111
4.6	Résultats finaux des $(R^T \sigma \cdot R)^{1/2}$ chaque catégorie	112
4.7	Résultats finaux ajustés du RA pour chaque catégorie	112
4.8	Risk Adjustment Total Ajusté	112
6.1	Calcul de la $CSM_{\text{transition}}$	116
1.1	Mise à jour de la Best Estimate (BE)	122
1.2	Mise à jour de l'Ajustement pour Risques Non Financiers (RA)	123
1.3	Mise à jour de la Contractual Service Margin (CSM)	124
2.1	Compte de Résultat IFRS 17 pour le Modèle VFA	125

ACRONYMES

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1 CONTEXTE :

Les normes IFRS (International Financial Reporting Standards) ont été élaborées par le Conseil des Normes Comptables Internationales (IASB) pour harmoniser et améliorer la transparence et la comparabilité des états financiers à l'échelle mondiale. Leur adoption est devenue particulièrement cruciale à la suite des nombreux scandales financiers. Les scandales comme ceux d'Enron et de WorldCom ont révélé de graves lacunes dans les pratiques comptables et la supervision financière, mettant en lumière la nécessité d'un cadre réglementaire plus strict et transparent. De plus, la crise financière de 2008 a souligné les risques systémiques posés par des pratiques comptables inadéquates, provoquant des pertes massives et une méfiance généralisée envers les institutions financières. Ces événements ont renforcé l'urgence de mettre en place des normes comptables robustes et uniformes pour restaurer la confiance des investisseurs et assurer la stabilité des marchés financiers mondiaux.

2 OBJECTIF DU RAPPORT

L'objectif principal de ce rapport est d'implémenter la norme IFRS 17 sur un portefeuille de capitalisation chez Wafa Assurance. Cette implémentation vise à établir une méthode rigoureuse pour le calcul de trois éléments clés de la norme IFRS 17 : la Best Estimate (BE), le Risk Adjustment (RA), et la Contractual Service Margin (CSM). Plus précisément, les objectifs sont les suivants :

1. Calcul de la Best Estimate (BE) :

- Déterminer les flux de trésorerie futurs liés aux contrats de capitalisation.
- Actualiser ces flux de trésorerie pour refléter la valeur temps de l'argent, conformément aux exigences de la norme IFRS 17.
- Fournir une estimation précise des engagements futurs de Wafa Assurance.

2. Calcul du Risk Adjustment (RA) :

- Évaluer l'incertitude liée aux flux de trésorerie futurs, en tenant compte des risques non financiers.
- Définir une méthode pour quantifier cette incertitude et calculer le RA de manière à ce qu'il reflète adéquatement le risque supporté par Wafa Assurance.
- Assurer que le RA soit conforme aux principes et aux exigences de la norme IFRS 17.

3. Calcul de la Contractual Service Margin (CSM) :

- Établir le CSM initial, qui représente le profit futur non réalisé au moment de la reconnaissance initiale du groupe de contrats.
- Mettre en place un mécanisme de mise à jour du CSM pour refléter les services rendus au fil du temps et les variations des estimations de flux de trésorerie.

- S'assurer que la CSM est calculée et amortie de manière à lisser les fluctuations des résultats financiers au cours de la durée des contrats.

En atteignant ces objectifs, ce rapport vise à fournir une base solide pour la mise en œuvre complète de la norme IFRS 17 chez Wafa Assurance, en garantissant une comptabilisation transparente, précise et conforme aux standards internationaux pour les contrats de capitalisation.

3 MISE EN ŒUVRE DE LA NORME IFRS 17 AU MAROC

En date du 7 mars 2024, l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS) a publié une instruction, référencée **P.IN.01/2024**, relative aux conditions d'établissement et de reporting des états financiers consolidés des entreprises d'assurances et de réassurance conformément aux normes IFRS.

Cette instruction marque la mise en place officielle de la norme **IFRS 17** au Maroc, remplaçant ainsi la précédente instruction **P.IN.01/2020** du 14 juillet 2020. Désormais, toutes les entreprises d'assurances et de réassurance opérant au Maroc doivent établir leurs états financiers selon les exigences de la norme IFRS 17, assurant ainsi une harmonisation avec les pratiques internationales et une transparence accrue des informations financières.

**MESSIEURS LES PRESIDENTS
DES ENTREPRISES D'ASSURANCES ET DE REASSURANCE**

OBJET : Instruction N° P.IN.01/2024 relative aux conditions d'établissement et de reporting, par les entreprises d'assurances et de réassurance, de leurs états financiers consolidés conformément aux normes IFRS.

Messieurs les Présidents,

Nous avons l'honneur de vous faire parvenir, ci-joint, l'instruction du Président de l'Autorité N° P.IN.01/2024 relative aux conditions d'établissement et de reporting, par les entreprises d'assurances et de réassurance, de leurs états financiers consolidés conformément aux normes IFRS. Cette instruction annule et remplace l'instruction N° P.IN.01/2020 du 14 juillet 2020.

Nous vous prions d'agréer, Messieurs les Présidents, l'expression de notre considération distinguée. ✓

FIGURE 3.1 – Circulaire de l'ACAPS du 7 mars 2024

4 NORME IFRS 17 EN ASSURANCE

La norme **IFRS 17** (International Financial Reporting Standard 17) a été publiée par l'International Accounting Standards Board (IASB) et remplace la norme précédente **IFRS 4** sur les contrats d'assurance. Cette nouvelle norme, entrée en vigueur le 1er janvier 2023, vise à standardiser la présentation des états financiers des contrats d'assurance à l'échelle internationale, permettant ainsi une meilleure comparabilité et transparence des informations financières communiquées par les compagnies d'assurance. L'objectif principal d'IFRS 17 est de fournir une comptabilisation plus cohérente et précise des obligations d'assurance, en mesurant les passifs d'assurance à leur valeur actuelle et en prenant en compte les ajustements pour risque ainsi que les marges de service contractuel. Contrairement à IFRS 4, qui permettait une grande variété de pratiques comptables, IFRS 17 impose un référentiel homogène, réduisant ainsi les divergences entre les différentes juridictions.

Les principaux avantages d'IFRS 17 incluent :

- Une meilleure comparabilité entre les entités grâce à des méthodes de mesure standardisées.
- Une évaluation plus transparente des obligations d'assurance, reflétant les conditions de marché actuelles.
- Une amélioration de la qualité de l'information financière, facilitant la prise de

décision pour les investisseurs et les autres parties prenantes.

La mise en œuvre d'IFRS 17 représente un défi significatif pour les compagnies d'assurance, nécessitant des changements substantiels dans les systèmes comptables, les processus et les contrôles internes. Cependant, elle offre également l'opportunité d'améliorer la gestion des risques et de renforcer la confiance des investisseurs grâce à une communication financière plus claire et plus fiable.

4.1 Comparabilité des Normes IFRS 4 et IFRS 17

Critères	IFRS 4	IFRS 17
Comparabilité à travers les pays	<ul style="list-style-type: none"> — Comptabilisation des contrats d'assurance selon les normes locales — Des divergences au niveau de la comptabilité apparaissent 	<ul style="list-style-type: none"> — Développement d'un référentiel international et homogène — Harmonisation des règles comptables et meilleure comparabilité
Comparabilité entre les contrats d'assurance	<ul style="list-style-type: none"> — Consolidation des filiales en utilisant différentes réglementations comptables pour le même type de contrats d'assurance 	<ul style="list-style-type: none"> — Mesure des flux des contrats d'assurance au niveau groupe, rendant plus simple la comparaison de résultats par produits et par zones géographiques
Comparabilité entre activités	<ul style="list-style-type: none"> — Certaines entités présentent les dépôts et les liquidités reçues comme un revenu d'assurance, ce qui diffère des pratiques d'autres secteurs (banque) 	<ul style="list-style-type: none"> — Le revenu va refléter la couverture octroyée par les contrats d'assurance, exception faite de la composante de dépôt, comme c'est le cas dans d'autres activités
Valeur des obligations d'assurance	<ul style="list-style-type: none"> — Pas de mise à jour régulière de la valeur des obligations d'assurance pour refléter l'effet des changements économiques — Mismatches comptables au niveau de la comptabilisation actif/passif 	<ul style="list-style-type: none"> — Engagements mesurés en valeur actuelle afin de refléter la valeur temps de l'argent — Apport de transparence et évaluation reflétant les conditions de marché courante — Amélioration de la qualité de l'information financière
Profitabilité	<ul style="list-style-type: none"> — Diversité des opérations comptables — Difficulté de comprendre et comparer les résultats fournis par les assureurs 	<ul style="list-style-type: none"> — Recherche de cohérence et d'homogénéité dans le rapport de la performance (profits courants et futurs) — Meilleure comparabilité des états financiers et élimination des mismatches actif/passif

TABLE 4.1 – Comparaison des Normes IFRS 4 et IFRS 17

4.2 Bilans sous IFRS 4 et IFRS 17

les différences clés entre les bilans sous IFRS 4 et IFRS 17 :

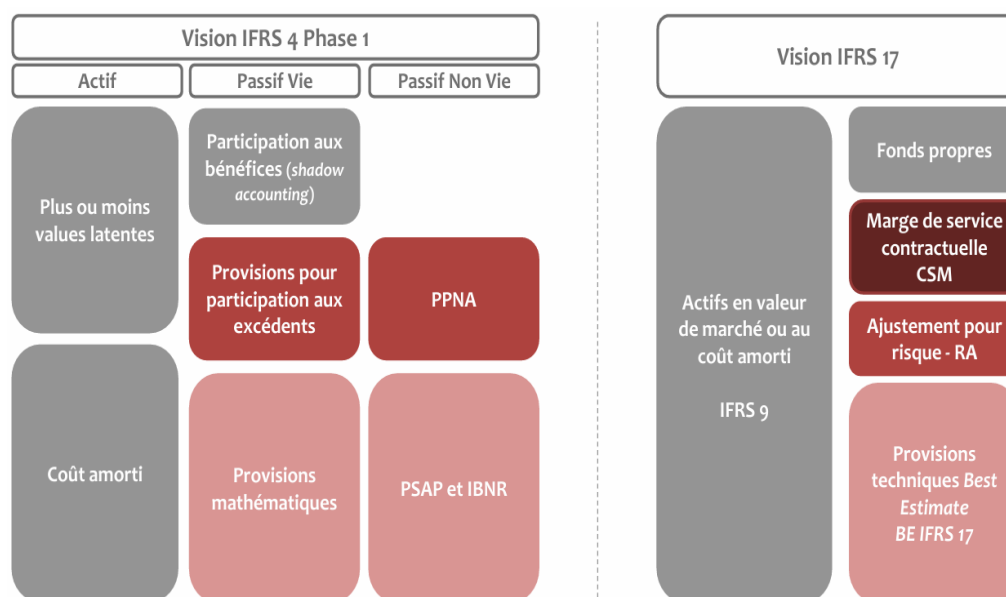


FIGURE 4.1 – Bilans sous IFRS 4 et IFRS 17

- **Actif** : Sous IFRS 4, les actifs peuvent inclure des plus ou moins-values latentes et sont souvent comptabilisés au coût amorti. En revanche, sous IFRS 17, les actifs sont évalués à la juste valeur de marché ou au coût amorti conformément à IFRS 9.
- **Passif Vie et Non Vie** :
 - Sous IFRS 4, les passifs vie incluent la participation aux bénéfiques à travers la comptabilité d'ombre (*shadow accounting*) et les provisions pour participation aux excédents. Les passifs non vie incluent les Provisions pour Primes Non Acquises (PPNA) et les Provisions pour Sinistres A Payer (PSAP) et les Indemnités des Brutes et Non Réclamées (IBNR).
 - Sous IFRS 17, les passifs sont répartis en plusieurs catégories. Les fonds propres incluent la marge de service contractuelle (CSM), qui représente le profit futur non réalisé, et l'ajustement pour risque (RA), qui couvre l'incertitude des flux de trésorerie futurs. Les provisions techniques (Best Estimate, BE) représentent l'estimation actuelle des engagements futurs.

Cette comparaison met en évidence l'approche plus précise et standardisée d'IFRS 17 pour l'évaluation des passifs, visant à améliorer la transparence et la comparabilité des états financiers des compagnies d'assurance.

4.3 P&L simplifié sous IFRS 4 et IFRS 17

Compte de résultat simplifié sous IFRS 4 : Sous ce référentiel, les profits sont

A	Profit (i) Primes Acquisées (ii) Produits des placements (iii) Cessions d'actifs et reprise (iv) Variation des actifs en Juste Valeur
B	Loss (v) Prestations (vi) Revalorisation des contrats (vii) Commissions (viii) Frais
C	Résultat global (A) - (B)

TABLE 4.2 – Compte de résultat sous IFRS 4

principalement composés des primes acquises, des produits des placements, des cessions d'actifs et de la variation des actifs en juste valeur. Les pertes, quant à elles, incluent les prestations versées, la revalorisation des contrats, les commissions et les frais divers. Le résultat global est obtenu en soustrayant les pertes des profits.

Un compte de résultat simplifié sous IFRS 17 :

A	Insurance revenue (i) Sinistres et prestations attendues (ii) Reprise des frais d'acquisition (iii) Reprise de la CSM (iv) Variation du RA
B	Insurance service expenses (v) Sinistres et prestations survenus (vi) Amortissement frais d'acquisition (vii) Variation des FCF (services passés) (viii) Composante de perte
C	Insurance service result (A) - (B)
D	Insurance finance result (ix) Produits financiers IFRS 9 (x) Charges financières, y.c. effets des taux d'intérêts sur les FCF
E	Profit and loss (C) + (D)
F	Other comprehensive income (OCI) (xi) OCI Actif (xii) OCI Passif
G	Résultat global (E) + (F)

TABLE 4.3 – Compte de résultat sous IFRS 17

Ce référentiel apporte une approche plus détaillée et structurée pour la présentation des revenus et des dépenses d'assurance. Les revenus d'assurance incluent les sinistres et prestations attendues, la reprise des frais d'acquisition, la reprise de la CSM et la variation du RA. Les dépenses de service d'assurance comprennent les sinistres et prestations survenus, l'amortissement des frais d'acquisition, la variation des FCF pour les services passés, et la composante de perte. Le résultat du service d'assurance est la différence entre les revenus et les dépenses d'assurance.

En outre, le résultat financier d'assurance inclut les produits financiers conformes à IFRS 9 et les charges financières, y compris les effets des taux d'intérêts sur les FCF. Le profit ou la perte est la somme du résultat du service d'assurance et du résultat financier d'assurance. Enfin, les autres éléments du résultat global (OCI) sont séparés en OCI Actif et OCI Passif, et le résultat global est la somme du profit ou de la perte et des OCI.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

1 ACTIVITÉ DE CAPITALISATION

La capitalisation est une démarche financière de premier plan, offrant une voie disciplinée pour la constitution d'un patrimoine. Elle est particulièrement pertinente dans l'univers de l'assurance d'épargne où elle se matérialise sous forme de contrats dédiés. Ces derniers permettent aux souscripteurs non seulement de se constituer une épargne mais aussi de profiter d'une protection d'assurance tout au long de leur parcours de vie.

Les contrats de capitalisation sont des contrats d'assurance où les prestations sont indépendantes des probabilités de décès ou de survie. Dans ces contrats, les versements sont capitalisés avec intérêts et peuvent générer des bénéfices supplémentaires.

2 LE PORTEFEUILLE DE CAPITALISATION

Notre portefeuille de capitalisation est diversifié et adapté pour accompagner nos clients dans leurs objectifs financiers à long terme à travers trois types de contrats :

2.1 Contrat Retraite

Le contrat retraite est conçu pour préparer sereinement l'avenir financier des souscripteurs. Il leur permet de constituer un capital destiné à compléter leur pension de retraite, grâce à des versements programmés et réguliers.

Elle est souvent exprimée par la formule suivante :

$$E_j = (1 - f_e)E_{j-1}(1 + i_a) + (1 - f_c) \sum_{k=1}^m C_{jk}(1 + i_a)^{m-k+1} + PB_j + VRP_j \quad (2.1)$$

où E_j représente l'épargne accumulée après j années, f_e les frais sur encours, f_c les frais sur cotisations, i_a le taux d'intérêt annuel, C_{jk} les cotisations, PB_j les primes bonifiées, et VRP_j la valeur de rachat partielle.

2.2 Contrat Éducation

Le contrat éducation assure l'avenir des enfants des souscripteurs en constituant un capital destiné à financer leur parcours éducatif supérieur ou leur insertion professionnelle. Ce plan représente un engagement dans la durée pour la réussite des bénéficiaires.

2.3 Contrat d'Épargne

Ce contrat est un investissement à terme qui vise la croissance du capital investi avec un rendement potentiellement garanti et une part dans les bénéfices de la compagnie. Il s'agit d'une solution d'épargne flexible adaptée à divers horizons d'investissement.

2.3 Somme de la Provision Mathématique

La figure ci-dessous montre la répartition des sommes de réserves finales en MAD pour chaque catégorie de contrat de notre portefeuille a la date du 31 décembre 2023.

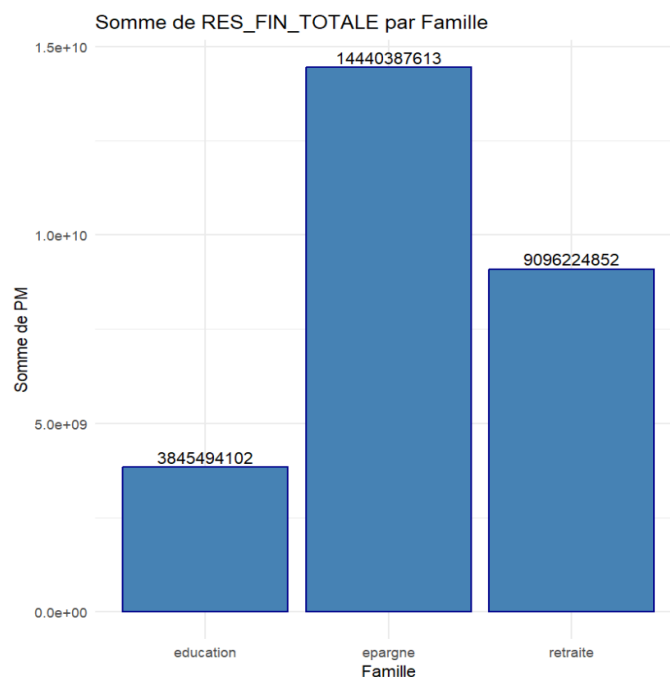


FIGURE 2.1 – La représentation graphique indique que les contrats liés à l'épargne représentent la plus grande somme de la Provision mathématique, suivis de près par les contrats de retraite. Les contrats d'éducation, bien qu'importants pour notre portefeuille, montrent une somme de réserves finale plus modeste en comparaison.

Dans la prochaine section de notre analyse, nous allons approfondir l'étude de trois contrats clés de notre portefeuille de produits de capitalisation, sélectionnés pour leur importance en termes de réserves financières accumulées. Pour chaque catégorie de produits - épargne, éducation et retraite - nous examinerons un contrat spécifique, à savoir **Capital Plus** pour l'épargne, **Plan Éducation** pour l'éducation, et **Plan Âge d'Or** pour la retraite.

Notre focus se portera sur les conditions techniques et générales de ces contrats. Cette démarche nous permettra de comprendre les fondements des engagements que nous avons envers nos clients et la manière dont ces produits contribuent à la réalisation de leurs objectifs financiers à long terme. L'analyse des contrats les plus substantiels en termes de réserves mettra en lumière les caractéristiques et les avantages spécifiques qui les rendent essentiels à la fois pour notre portefeuille et pour la sécurité financière de nos clients.

3 CAPITAL PLUS

3.1 Conditions Générales

1. **Bases Juridiques (Article 1) :** Le contrat est établi selon la loi n° 17-99 portant code des assurances. Les déclarations du souscripteur sont incontestables si elles sont conformes avec les articles de la loi citée.
2. **Objet du Contrat (Article 2) :** Il s'agit d'une assurance sur la vie à prime unique qui garantit le versement d'un capital et/ou d'une rente au terme du contrat ou en cas de décès ou d'invalidité absolue et définitive (IAD) du souscripteur avant le terme.
3. **Conditions de Souscription (Article 3) :** Ouvert aux individus de plus de 18 ans, nécessitant une déclaration d'état de santé et désignation de bénéficiaires. Un examen médical peut être requis.
4. **Prise d'Effet, Durée et Cessation des Garanties (Article 4) :** Les garanties prennent effet après acceptation et paiement de la prime. La durée est fixée dans les conditions particulières, et le contrat cesse à l'échéance ou au décès/IAD du souscripteur.
5. **Prime Unique (Article 5) :** Un paiement initial d'au moins 50.000 DH est requis, qui sera réduit des frais d'acquisition.
6. **Risques Exclus (Article 11) :** Exclusions typiques telles que maladies antérieures non déclarées, suicide dans les premières années, meurtre par le bénéficiaire, décès en naviguant de manière non couverte, et situations de guerre ou émeutes.
7. **Modifications (Article 12) :** Modifications possibles pour les bénéficiaires, la durée du contrat et autres données spécifiques.
8. **Rachat Total et Partiel (Articles 13 et 14) :** Options de rachat total ou partiel du capital sont disponibles, avec ou sans pénalité selon la période du contrat.
9. **Avances (Article 15) :** Avances possibles sur la valeur du contrat sous certaines conditions.

3.2 Conditions Techniques

1. **Épargne Minimum Constituée (Article 6) :** Un compte épargne est alimenté par la prime unique, avec un taux minimum garanti et une rémunération supplémentaire annuelle issue de la participation aux bénéfices.
2. **Participation aux Bénéfices (Article 7) :** Participation aux bénéfices techniques et financiers de la compagnie avec un minimum fixé à 70% après divers déductions.

3. **Garanties (Article 8) :** Prestations garanties en cas de vie, décès ou IAD, incluant le versement du capital constitué ou un supplément en cas de décès ou d'IAD.
4. **Frais de Fonctionnement (Article 9) :** Incluent des frais d'acquisition, des frais de gestion annuels sur l'épargne constituée, et des frais sur les rentes.
5. **Définition de l'IAD (Article 10) :** L'IAD est définie et régulée avec possibilité de nouvelle expertise par la compagnie d'assurances.

4 PLAN ÂGE D'OR

4.1 Conditions Générales

1. **Base Juridique :** Le contrat est fondé sur la loi relative au code des assurances et prend effet une fois conforme aux articles législatifs spécifiés.
2. **Objet du Contrat :** Il est destiné à constituer un plan d'épargne retraite, qui peut être versé en capital ou en rente selon la préférence du souscripteur.
3. **Conditions de Souscription :** Ouvert aux individus de moins de 60 ans avec une procédure de souscription formelle incluant la santé et la désignation des bénéficiaires.
4. **Date d'Effet et Durée :** Commence à la signature et continue jusqu'à la fin de l'année où le souscripteur atteint l'âge de 60 ans, avec possibilité de renouvellement.
5. **Primes d'Épargne Retraite :** Composées de paiements périodiques déterminés par le souscripteur et de contributions supplémentaires possibles à tout moment.
6. **Âge de la Retraite :** Fixé par défaut à 60 ans, avec options pour anticiper ou reporter cet âge.
7. **Modifications :** Le souscripteur peut ajuster les termes du contrat, y compris les montants des primes et les bénéficiaires.
8. **Frais de Fonctionnement :** Comprend les frais d'acquisition et de gestion annuelle de l'épargne.

4.2 Conditions Techniques

1. **Minimum d'Épargne Retraite Constitué :** Garantit un capital minimum, augmenté par les intérêts au taux garanti, basé sur les contributions nettes.
2. **Participation aux Bénéfices :** Le souscripteur bénéficie d'une part des bénéfices de la compagnie, calculée sur la base des résultats financiers et techniques.
3. **Options en Fin de Contrat :** Diverses possibilités sont offertes en fin de contrat pour l'utilisation de l'épargne accumulée.
4. **Rachat Total et Partiel :** Le souscripteur peut retirer tout ou partie de l'épargne avant la fin du contrat, sous certaines conditions et avec des pénalités potentielles.

5. **Avances** : Possibilité d'obtenir une avance sur le contrat, remboursable avec intérêts sur une période maximale de cinq ans.
6. **Décès ou Invalidité** : En cas de décès ou d'invalidité absolue et définitive avant le terme, les fonds sont versés conformément aux désignations du souscripteur.
7. **Interruption des Primes** : Le souscripteur peut arrêter de payer les primes tout en maintenant l'accumulation de l'épargne.
8. **Modalités de Règlement** : Documentation requise pour le traitement des demandes de paiement ou des avances.
9. **Information du Souscripteur** : Mise à jour annuelle sur l'état de l'épargne retraite et les valeurs associées.
10. **Déductibilité des Primes** : Les contributions sont fiscalement déductibles selon la législation en vigueur.
11. **Retrait d'Agrément et Arbitrage** : Procédures en cas de retrait de l'accord de l'assurance et options d'arbitrage en cas de litige.
12. **Prescription** : Délai de prescription de cinq ans pour toute action découlant du contrat.

5 PLAN ÉDUCATION

5.1 Conditions Générales

- **Bases Juridiques** : Le contrat est établi conformément à la loi 17-99 sur le code des assurances.
- **Objet du Contrat** : Assurance éducation pour l'enfant bénéficiaire pour poursuivre ses études ou son insertion professionnelle.
- **Conditions de Souscription** : Accessible aux individus de moins de 60 ans, nécessitant une déclaration de santé et la désignation d'un bénéficiaire.
- **Prise d'Effet et Durée** : La garantie débute à la signature et est renouvelable annuellement.
- **Primes d'Épargne Retraite** : Constituées de versements périodiques et complémentaires.
- **Modifications** : Le souscripteur peut modifier les termes du contrat.
- **Frais de Fonctionnement** : Incluent les frais d'acquisition et de gestion.
- **Participation aux Bénéfices** : Le souscripteur participe aux bénéfices de la compagnie.
- **Interruption des Primes** : L'épargne continue de croître même si les primes sont suspendues.

5.2 Conditions Techniques

- **Épargne Retraite Minimum Constituée** : Garantit un capital minimum basé sur les versements nets des frais.

- **Rachat Total** : Permet la récupération de l'épargne sous conditions.
- **Rachat Partiel** : Permet la récupération partielle de l'épargne sous conditions.
- **Avances** : Le souscripteur peut obtenir une avance sur le contrat.

6 APPROCHES DE VALORISATION

La norme IFRS 17 *Contrats d'assurance* prévoit trois approches pour l'évaluation des passifs qui s'imposent selon l'agencement du portefeuille de l'assureur. Les différents modèles sont les suivants :

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

Dans les différents modèles comptables, on distingue les parties :

- LIC : Liability for Incurred Claims, le passif relatif à la période de sinistres survenus,
- et LRC : Liability for Remaining Coverage, le passif relatif à la période de couverture restante.

6.1 Modèle général – Building Block Approach (BBA)

Le modèle général, ou BBA (*Building Block Approach*), est le modèle par défaut en IFRS 17 et s'applique a priori à tous les contrats d'assurance.

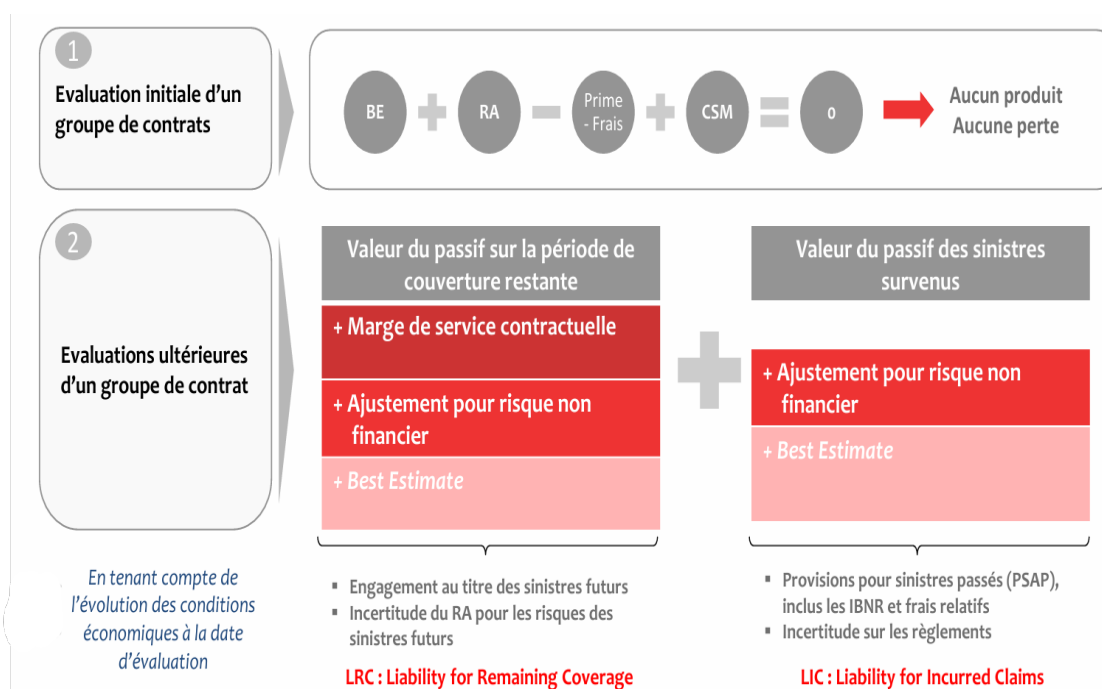


FIGURE 6.1 – Building Block Approach (BBA) Evaluations du passif

1.i Évaluation Initiale d'un Groupe de Contrats

À l'initialisation, les éléments suivants sont évalués pour un groupe de contrats d'assurance :

- **Best Estimate (BE)** : La projection des paiements futurs attendus du contrat, actualisée au taux d'intérêt approprié.
- **Risk Adjustment (RA)** : Une mesure de la compensation pour l'incertitude des flux de trésorerie futurs liée aux risques non financiers.
- La prime moins les frais d'acquisition est utilisée pour déterminer la **Contractual Service Margin (CSM)**, qui représente la marge bénéficiaire non réalisée du contrat. Si la CSM est égale à zéro, aucun produit ou perte n'est reconnu à ce stade.

1.ii Évaluations Ultérieures d'un Groupe de Contrats

Les évaluations ultérieures tiennent compte de l'évolution des conditions économiques et des estimations des flux de trésorerie. Les composants de la valeur du passif pour la période de couverture restante et la valeur du passif des sinistres survenus sont ajustés comme suit :

- La **marge de service contractuelle** est ajustée pour refléter les services fournis pendant la période.
- L'**ajustement pour risque non financier** est mis à jour pour refléter les changements dans les estimations des risques.
- Les **best estimates** sont révisés pour intégrer les informations actuelles sur les paiements futurs attendus.

LRC (Liability for Remaining Coverage) se rapporte à l'engagement pour la couverture restante, tandis que **LIC (Liability for Incurred Claims)** concerne les obligations liées aux sinistres déjà survenus.

6.2 Modèle simplifié – Premium Allocation Approach (PAA)

Le modèle simplifié, ou PAA (*Premium Allocation Approach*), est une approche facultative et simplifiée du modèle BBA. Il est applicable si l'une des deux conditions non cumulatives suivantes est vérifiée¹ :

- Le contrat a une période de couverture inférieure à un an ;
- L'application de ce modèle est une bonne approximation du modèle BBA.

Aucune justification n'est nécessaire lorsque la période de couverture du contrat est inférieure à un an. Autrement, une justification doit être produite pour démontrer que les résultats entre le modèle général et le modèle simplifié sont équivalents.

Toutefois, ce modèle ne peut être appliqué² si, à l'émission, l'entité estime que le contrat sera sujet à une forte variabilité dans ses *fulfillment cash-flows* qui affecterait la LRC pendant la période de couverture.

1. Norme IFRS 17 - article 53

2. Norme IFRS 17 - article 54

Contexte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simplification de l'approche générale. ▪ Evaluation du passif pour la période de couverture restante uniquement (le modèle BBA s'applique pour les sinistres survenus).
Champ d'application	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Groupe de contrats dont la période de couverture est ≤ 12 mois. ▪ Ou ▪ La simplification fournit des estimations raisonnables et proches de la BBA.
Méthode	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'évaluation de la CSM, ainsi que du FCF pour la première comptabilisation. ▪ Méthode proche du calcul d'une PPNA en assurance Non Vie.
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconnaissance initiale : Pas de prise en compte explicite de la valeur actuelle des flux de trésorerie, des effets du risque et de la valeur temps de l'argent. ▪ Comptabilisation ultérieure : Pas d'analyse des variations de ces composantes avant toute déclaration de sinistre.
Contrats onéreux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluation du test de rentabilité selon les dispositions de l'approche BBA. ▪ Ce modèle n'est pas applicable aux contrats déficitaires lors de la comptabilisation initiale.

FIGURE 6.2 – Premium Allocation Approach (PAA)

2.i Processus de Comptabilisation Initial

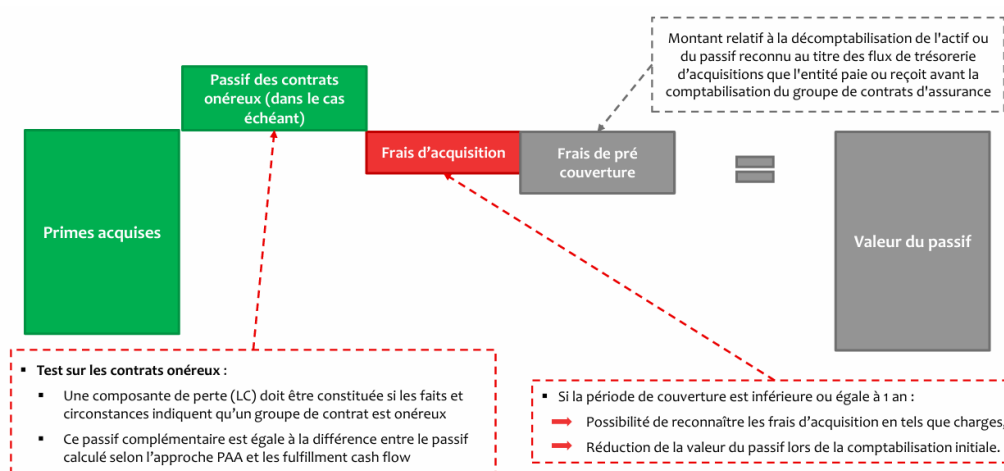


FIGURE 6.3 – Premium Allocation Approach (PAA)–Comptabilisation initiale

- Lors de l'établissement initial d'un groupe de contrats d'assurance jugés onéreux :
- Une *Composante de Perte* (LC) est reconnue si la somme des flux de trésorerie futurs attendus (Best Estimate plus Ajustement pour Risque) dépasse la prime nette des frais d'acquisition.
 - Les frais d'acquisition sont soit amortis sur la durée de la couverture, soit reconnus immédiatement en tant que charges si la période de couverture est inférieure ou égale à un an.

2.ii Implications pour la Valeur du Passif

La valeur du passif initial prend en compte les primes acquises, les frais d'acquisition, et toute perte attendue :

$$\begin{aligned} \text{Valeur du Passif Initial} &= \text{Fulfillment Cash Flows} - \text{CSM} \\ &= \text{BE} + \text{RA} - \text{Primes} + \text{Frais d'Acquisition} \end{aligned}$$

2.iii Processus de Comptabilisation Ulérieure

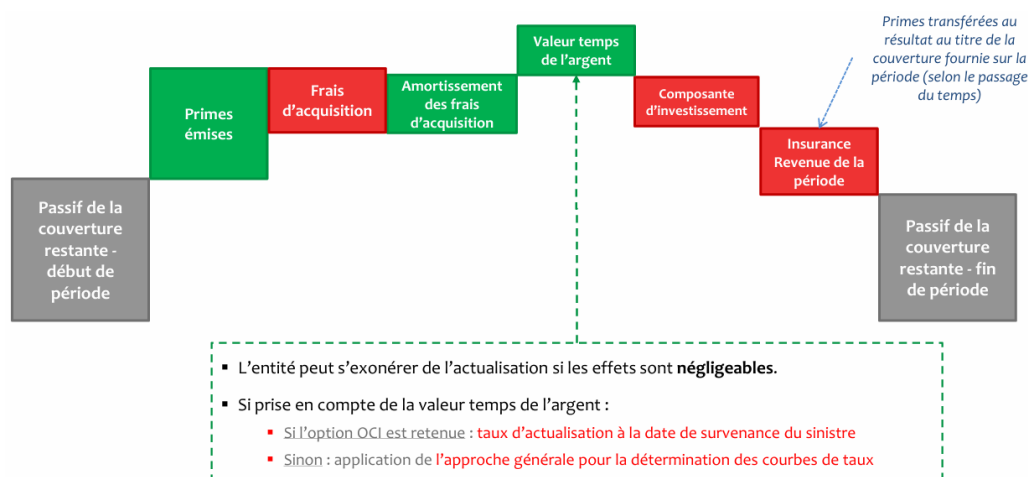


FIGURE 6.4 – Premium Allocation Approach (PAA)–Comptabilisation ultérieure

2.iv Élément Clés

- Les **Primes Émises** représentent le revenu gagné à partir des primes payées pour la couverture d'assurance sur la période.
- Les **Frais d'Acquisition** sont les coûts engagés pour l'obtention des contrats.
- L'**Amortissement des Frais d'Acquisition** est la répartition linéaire de ces frais sur la période de couverture.
- La **Valeur Temps de l'Argent** ajuste la valeur présente des paiements futurs pour tenir compte de l'intérêt.
- La **Composante d'Investissement** reflète les retours sur les placements liés aux contrats.
- L'**Insurance Revenu** correspond aux primes transférées au résultat pour la couverture fournie durant la période.
- Le **Passif de la Couverture Restante** à la fin de la période indique les obligations de couverture restantes.

2.v Notes sur l'Actualisation

- L'entité peut s'exonérer de l'actualisation si les effets sont jugés négligeables.
- Si l'actualisation est appliquée, elle doit être basée sur les taux à la date de survenance du sinistre, en utilisant soit l'option OCI soit l'approche générale pour la détermination des courbes de taux.

6.3 Modèle pour les contrats participatifs directs – Variable Fee Approach (VFA)

Le modèle pour les contrats à participation directe, ou VFA (*Variable Fee Approach*), est l'approche obligatoire pour ce type de contrats. Ce modèle adopte une vision différente des contrats d'assurance, essentiellement perçus comme des contrats d'investissement, où la rémunération de l'assureur ne découle pas tant de la différence entre les primes et les prestations, mais plutôt du droit à être rémunéré pour la gestion de l'épargne confiée, notamment en pourcentage de l'encours.

6.4 Résumé des modèles comptables IFRS 17

Nous pouvons créer l'arbre de décision suivant pour l'application des modèles comptables selon les caractéristiques du portefeuille de contrat à modéliser :

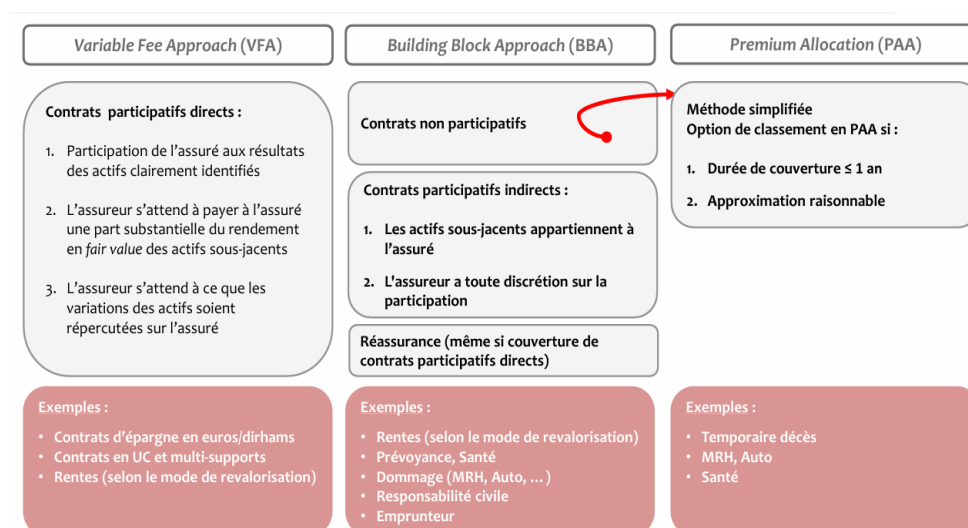


FIGURE 6.5 – Approches de comptabilisation

7 LE REGROUPEMENT DE CONTRATS

Selon IFRS 17, tous les nouveaux contrats d'une entité doivent être regroupés avant d'être comptabilisés pour la première fois. Le groupe de contrats constitue la maille élémentaire des calculs de passifs d'assurance sous IFRS 17. La valeur comptable de chaque groupe est ensuite agrégée pour l'affichage des états financiers. Une fois comptabilisé dans un groupe, un contrat ne peut en changer ultérieurement³.

7.1 Critères de regroupement

Les assureurs devront regrouper leurs contrats en fonction de trois critères principaux :

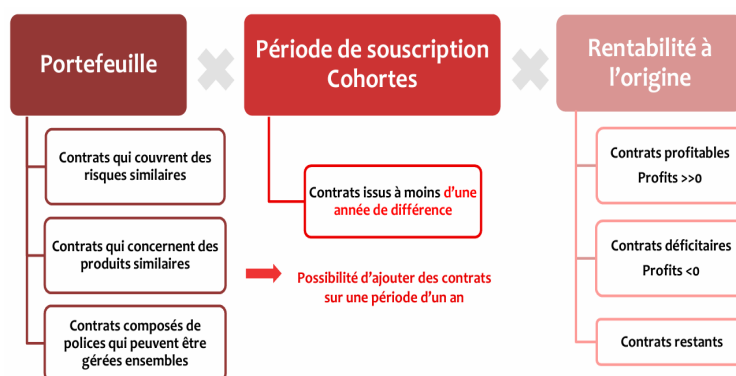


FIGURE 7.1 – Regroupement de contrats

Critère 1 : Les contrats d'un même groupe doivent comporter des risques similaires et être habituellement gérés ensemble. Ainsi, les contrats faisant partie d'une même ligne de produits seront dans le même portefeuille (au sens IFRS 17) si leurs risques sont habituellement évalués ensemble⁴.

Critère 2 : Les contrats d'un même groupe doivent appartenir à une même cohorte générationnelle, neutralisant ainsi la possibilité de diluer les résultats d'une cohorte à une autre dans un but de transparence.

Critère 3 : Les contrats d'un même groupe doivent être scindés en au moins trois niveaux de rentabilité⁵ :

- Un groupe de contrats déficitaire à la comptabilisation initiale.
- Un groupe de contrats avec une faible probabilité de devenir déficitaire par la suite.
- Un groupe contenant tous les autres contrats.

La distinction entre le deuxième et le troisième groupe est cruciale pour les compagnies d'assurance. Théoriquement, pour déterminer le deuxième groupe, elles doivent définir un niveau de confiance (par exemple 95%) et réaliser des projections du bilan futur pour

3. IFRS 17.24

4. IFRS 17.14

5. IFRS 17.16

s'assurer que pendant toute la période de couverture, la probabilité de rester profitable de ce groupe sera supérieure à α

7.2 Model Points et regroupement IFRS 17

Le *Model Point* est une technique de regroupement de polices largement répandue pour l'analyse des risques d'un portefeuille d'assurance, surtout lorsque la volumétrie des données est importante. Chaque *Model Point* représente un sous-ensemble de contrats dont les risques associés sont similaires. L'exercice de projection des flux futurs pour un portefeuille comprenant un grand nombre de contrats se réduit alors à la simulation d'un nombre restreint de *Model Points*.

Si la compagnie utilise déjà des *Model Points* pour estimer ses risques, elle pourra s'appuyer sur ces techniques de regroupements pour construire les groupes IFRS 17. Le regroupement par niveau de profitabilité peut se faire en plusieurs étapes : considérer chaque *Model Point* comme un sous-groupe IFRS 17, calculer pour chaque *Model Point* le stock de profit (CSM) correspondant en date de comptabilisation initiale et regrouper les *Model Points* par niveau de profitabilité se basant sur leur CSM.

D'un point de vue opérationnel, l'indisponibilité potentielle des données par contrat depuis la date de souscription constitue un enjeu pour caractériser le niveau de profitabilité.

8 COMPTABILISATION INITIALE

Après avoir rassemblé les contrats par groupe, l'entité devra réaliser la comptabilisation initiale de chaque nouveau groupe constitué. Pour des contrats d'épargne, la date de comptabilisation initiale coïncide avec la première date de souscription du groupe de contrats.

Attention : La date de comptabilisation initiale n'est pas la date du premier arrêté comptable pour le groupe. Le premier arrêté comptable reflète la comptabilisation ultérieure.

Comme illustré en figure 2, l'évaluation du passif d'un groupe de contrats comprend le calcul de trois blocs principaux :

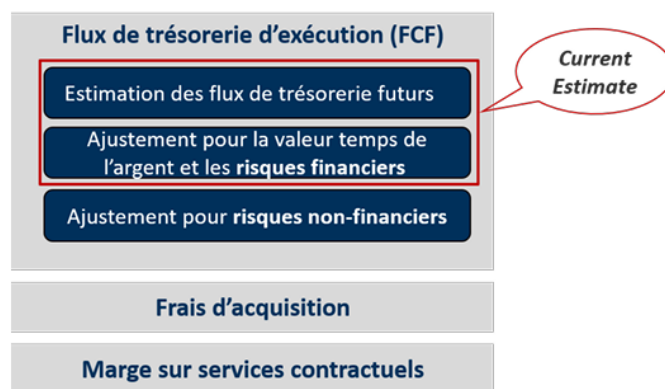


FIGURE 8.1 – Comptabilisation initiale

Fulfillment Cash Flows (FCF) ou flux de trésorerie d'exécution, correspond à la valeur actualisée et probabilisée des flux futurs entrants et sortants (primes, sinistres, frais, chargement) sur toute la période de couverture du groupe, évaluée avec toute l'information disponible, à laquelle s'ajoute un ajustement au titre du risque non-financier. Dans la norme, l'effet d'actualisation est considéré comme un ajustement destiné à refléter la valeur temps de l'argent mais également les risques financiers (notamment le risque de crédit et de liquidité) s'ils ne sont pas déjà intégrés dans l'estimation des flux de trésorerie futurs.

Frais d'acquisition correspondent aux coûts supportés par l'assureur pour souscrire au groupe de contrats (frais administratifs, frais de publicités, frais de courtage, etc.). "L'entité doit compter un actif ou un passif au titre des flux de trésorerie liés aux frais d'acquisition d'un groupe de contrats d'assurance que l'entité verse ou reçoit avant d'avoir comptabilisé le groupe. Cependant, ce montant sera décomptabilisé en date de comptabilisation initiale pour un nouveau groupe.

Contractual Service Margin (CSM) ou la marge de service contractuelle, représente le profit futur que l'entité ne reconnaîtra qu'une fois le service d'assurance rendu. La création du CSM permet de lisser les fluctuations du résultat sur la période d'assurance.

Nous passons au détail des différents éléments constitutifs du passif du groupe de contrats dans la suite.

8.1 Estimation des flux de trésorerie futurs

L'estimation des flux de trésorerie futurs est interprétée comme l'estimation des engagements techniques correspondant à une moyenne non biaisée des flux de trésorerie futurs attendus par l'assureur pour s'acquitter de son obligation, pondérés par leur probabilité et actualisés pour tenir compte de la valeur temps de l'argent et des risques financiers. Les *Fulfillment Cash Flows (FCF)* sont mesurés à partir de la différence entre les flux futurs sortants et les flux futurs entrants.

Pour évaluer un groupe de contrats, la compagnie d'assurance doit compter tous les flux de trésorerie futurs compris dans le périmètre de chacun des contrats du groupe. Les estimations de flux futurs répondent à deux grands principes⁶ :

- La prise en compte de toute l'information disponible par l'assureur concernant les dates, les montants et l'incertitude liés aux flux futurs de trésorerie.
- La frontière des contrats : les contrats cessent à partir du moment où l'assureur a le droit unilatéral de résilier le contrat, de refuser la prime, ou la capacité illimitée de modifier le niveau de la prime ou des garanties.

D'après la norme⁷, l'évaluation d'un contrat d'épargne doit inclure les flux donnés en figure 3. Les flux de trésorerie sont à l'intérieur du périmètre d'un contrat lorsque, durant l'exercice en cours, l'assureur peut contraindre l'assuré de régler ses primes ou est engagé vis-à-vis de ce dernier à lui fournir un service d'assurance.

L'ajustement au titre du risque non-financier, ainsi que l'estimation des risques financiers et de la valeur-temps de l'argent, se fait séparément de l'estimation des flux futurs.

8.2 Ajustement au titre du risque non financier

Sous IFRS 17, l'ajustement pour risque non financier ou *Risk Adjustment (RA)* représente la couverture de l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie contingents aux risques non financiers. Les risques concernés incluent le risque d'assurance et les autres risques non financiers, tels que le risque de déchéance (rachat) et le risque de charge (coût de gestion des contrats)⁸.

Cette incertitude est généralement représentée par l'écart attendu entre l'estimation des flux futurs et leurs montants réalisés. Bien que la norme ne prescrive aucune méthode spécifique, elle stipule que la RA doit respecter certains principes⁹ :

1. Le RA associé aux risques de haute fréquence et de forte sévérité doit être supérieur au RA associé aux risques de haute fréquence et de faible sévérité, reflétant la mutualisation des risques.
2. Le RA doit être croissant avec la maturité du contrat.
3. Le RA doit être croissant avec l'écart type.

6. IFRS 17.33

7. IFRS 17.B65

8. IFRS 17.B86

9. IFRS 17.B91

4. Le RA augmente avec l'incertitude associée à l'estimation du *Current Estimate*.
5. Le RA est décroissant avec la quantité d'information disponible réduisant l'incertitude sur les flux futurs.

Conceptuellement, selon IFRS 17, le RA est considéré comme la prime de risque que l'entité exigerait pour supporter l'incertitude des flux futurs. Selon la théorie de l'utilité espérée en microéconomie du risque, le RA est l'indemnité nécessaire pour que l'entité soit indifférente entre supporter les flux futurs aléatoires et leur espérance¹⁰ :

$$\mathbb{E}[u(\omega_0 + \text{Flux de trésorerie futurs} + RA)] = u(\omega_0 + \mathbb{E}[\text{Flux de trésorerie futurs}])$$

où ω_0 représente la richesse initiale de l'assureur et u la fonction d'utilité caractérisant son niveau d'aversion au risque. La fonction d'utilité étant croissante et concave, le RA exigé par l'agent est toujours positif selon l'inégalité de Jensen.

En pratique, des mesures telles que l'écart type ou un quantile peuvent être utilisées pour quantifier l'incertitude des flux liés aux risques non-financiers. Le niveau de confiance associé au quantile (niveau α) doit être spécifié. Si une méthode alternative est employée, il est nécessaire de déterminer et de justifier le niveau de confiance équivalent.

L'ajustement pour risque peut également être calculé à un niveau supérieur, celui du portefeuille de contrats, afin de bénéficier d'un effet de diversification entre les risques non-financiers du portefeuille. Il est crucial de pouvoir allouer ce montant de RA aux différents groupes qui composent le portefeuille.

8.3 La marge pour service contractuel (CSM)

Le *Contractual Service Margin* (CSM) est un concept central de la norme IFRS 17, fonctionnant comme un stock de profits futurs¹¹. L'entité ne reconnaîtra le CSM qu'une fois le service d'assurance rendu. Par exemple, pour un contrat sur lequel l'assuré effectue un seul versement de prime à la date de souscription, l'assureur doit estimer son engagement afin d'évaluer la marge qu'il réalisera sur ce contrat. Ce profit ne sera pas reconnu immédiatement, mais sera intégré au stock de profit CSM et amorti en résultat sur la période de couverture.

Une fois le calcul des *Fulfillment Cash Flows* (FCF) réalisé, nous pouvons déduire le CSM initial et établir si le groupe de contrats est profitable. Les FCF sont définis comme l'estimation des engagements nets de l'assureur, auxquels s'ajoute l'ajustement pour risque RA. C'est considéré comme un gain attendu lorsque les FCF sont négatifs.

Différents cas peuvent être distingués à la date de comptabilisation initiale, selon la valeur initiale des FCF et des frais d'acquisition :

- Si le groupe de contrats est considéré déficitaire, cela signifie que l'estimation des gains futurs sur la période de couverture du groupe de contrats ($-FCF_0$) ne suffit pas à couvrir les frais engagés pour l'acquérir :

$$-FCF_0 < \text{Frais d'acquisition}$$

10. IFRS 17.B87

11. IFRS 17.B86

ou de manière équivalente :

$$FCF_0 + \text{Frais d'acquisition} > 0.$$

Dans ce cas, le stock de profit CSM du groupe est nul, et un élément de perte *Loss Component (LC)* est calculé comme suit :

$$LC = FCF_0 + \text{Frais d'acquisition}$$

²⁴ L'entité devrait ajuster pour risque en fonction de sa politique.

²⁵ IFRS 17.B86

9 COMPTABILISATION ULTÉRIEURE DANS LE MODÈLE VFA

9.1 Définition des contrats avec participation directe

Selon la norme IFRS 17¹², un contrat d'assurance contient une composante de participation directe si et seulement si il répond aux critères suivants :

- Les conditions contractuelles définissent clairement le droit du titulaire à une part spécifique d'un portefeuille d'actifs sous-jacents.
- L'entité s'engage à payer au titulaire une portion significative du rendement, calculée à partir de la juste valeur des actifs sous-jacents.
- Les variations des montants payés au titulaire sont principalement influencées par les fluctuations de la juste valeur des actifs sous-jacents.

Les contrats capitalisation sont caractérisés par une garantie en capital, où les primes versées par l'assuré sont capitalisées et figurent au bilan de l'assureur sous la forme de provisions mathématiques. Le rendement de ces contrats est constitué d'un taux minimum annuel garanti (TMG) additionné à une participation aux bénéfices. Ce type de contrat est donc considéré comme ayant une participation directe selon la norme IFRS 17, nécessitant une évaluation suivant le modèle VFA. Ce modèle stipule qu'une part substantielle de la variation de la juste valeur des actifs sous-jacents doit être redistribuée aux assurés, tandis que l'assureur conserve une part des rendements sous forme de *variable fee*¹³.

9.2 L'Approche de la *Variable Fee*

L'aspect distinctif du modèle VFA (Variable Fee Approach) réside dans l'intégration de la *Variable Fee* dans le calcul du stock de profit CSM (Contractual Service Margin). La *Variable Fee* représente la fraction du rendement des actifs sous-jacents qui n'est pas redistribuée aux assurés. Cette fraction est initialement incorporée dans le stock de profit CSM avec d'autres composantes de profit, et sera ultérieurement répartie dans le compte de résultat afin de refléter le service effectivement rendu par l'assureur pendant l'exercice. De cette manière, les profits générés par les investissements financiers de l'assureur ne sont pas immédiatement reconnus en résultat, mais leur reconnaissance est conditionnée par la progression du service rendu.

La mise à jour du passif du groupe et la construction du compte de résultat, comme illustré à la Figure 9.1, s'articulent autour de trois étapes principales :

1. **Étape 1** : Décomposition des variations des Flux de Trésorerie Futurs (FCF) sur l'exercice ;
2. **Étape 2** : Réévaluation du stock de profit CSM, ajusté tant à la hausse qu'à la baisse selon les nouvelles estimations ;

12. IFRS 17.B101

13. IFRS 17.B107

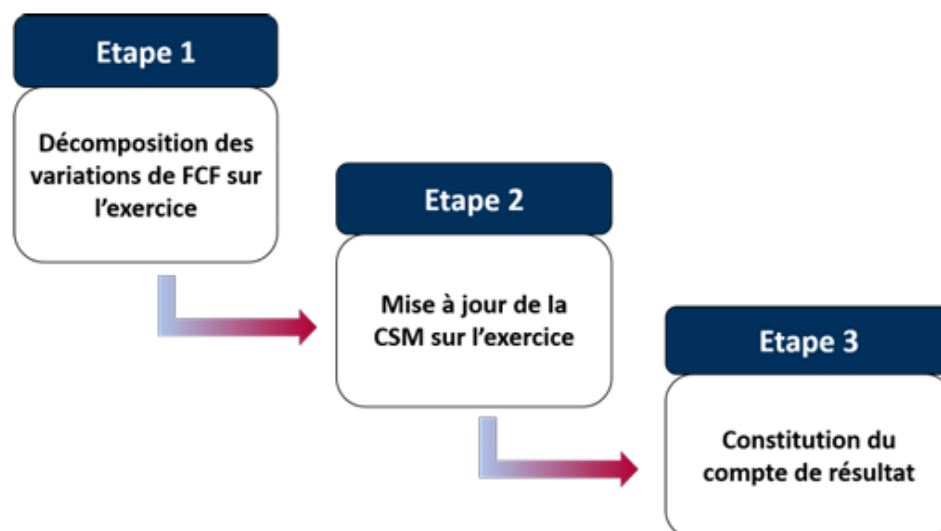


FIGURE 9.1 – Processus de mise à jour du bilan ultérieur dans le cadre de la VFA

3. **Étape 3** : Élaboration du compte de résultat basé sur les ajustements précédemment calculés.

Chaque étape s'appuie sur les données et les estimations de la période précédente. L'étape 2, en particulier, dépend des ajustements comptables réalisés lors de l'Étape 1. L'Étape 3 nécessite une compréhension approfondie des résultats obtenus aux étapes précédentes pour une présentation adéquate du compte de résultat.

9.3 Variations des Flux de Trésorerie d'Exécution

À chaque clôture d'exercice, les entités doivent réévaluer les Flux de Trésorerie Futurs (FCF) pour chaque groupe existant. Cette réévaluation prend en compte soit les changements dans les hypothèses sous-jacentes utilisées pour estimer ces flux, soit l'effet du passage du temps. Effectivement, avec l'écoulement d'une année depuis la dernière évaluation, il est essentiel de réviser les hypothèses relatives aux flux futurs en intégrant les données récentes. De plus, l'évolution temporelle réduit le nombre de flux futurs et les rapproche de la date de valorisation. La norme spécifie que les variations des FCF attribuables au temps sont directement enregistrées en résultat, tandis que celles dues à des modifications des hypothèses affectent le stock de profit CSM lorsque ces changements impactent directement la quantité de service d'assurance rendu.

Définitions des notations :

- Soit t la date de révision des FCF (date de clôture),
- Soit T la date de fin de couverture pour le groupe considéré ($T \geq t$).

Formulation mathématique des variations des FCF :

$$\Delta_t FCF = FCF_t(t \rightarrow T) - FCF_{t-1}(t-1 \rightarrow T).$$

Cette équation peut être décomposée pour illustrer les sources de variation :

$$\Delta_t FCF = (FCF_t(t \rightarrow T) - FCF_{t-1}(t \rightarrow T)) + (FCF_{t-1}(t \rightarrow T) - FCF_{t-1}(t-1 \rightarrow T)),$$

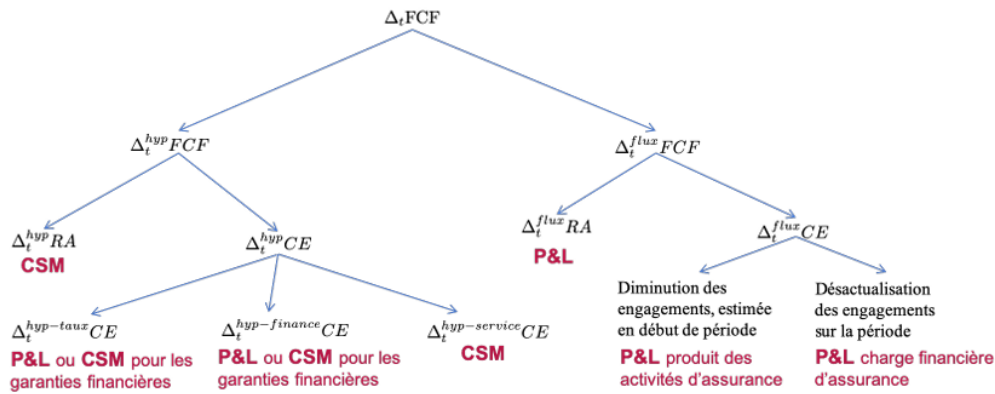


FIGURE 9.2 – Détermination de la valeur comptable du CSM à la date du reporting

où :

- $\Delta_t^{hyp} FCF = FCF_t(t \rightarrow T) - FCF_{t-1}(t \rightarrow T)$ représente la variation due aux changements d'hypothèses pour la même période de couverture future (t, T).
- $\Delta_t^{flux} FCF = FCF_{t-1}(t \rightarrow T) - FCF_{t-1}(t-1 \rightarrow T)$ représente l'effet du passage du temps sur l'engagement de l'assureur, estimé à partir des hypothèses fixées à la date d'évaluation précédente $t-1$.

Comme indiqué dans la Figure 9.2, la décomposition des variations de FCF permet une analyse raffinée de l'impact des changements d'hypothèses et du temps sur la comptabilisation des actifs et passifs de l'entité.

9.4 Mise à jour du CSM

Après avoir identifié les variations des Flux de Trésorerie Futurs (FCF) qui affectent le CSM, il est nécessaire de procéder à la revalorisation de ce dernier. Cette étape est cruciale pour refléter correctement les performances du groupe de contrats sur l'exercice comptable.

4.i Revalorisation du CSM

Le processus de revalorisation du CSM prend en compte les variations du FCF qui sont intégrées directement dans le CSM. Il est important de noter que, conformément à la norme IFRS 17, les entités ne sont pas tenues de présenter les détails des ajustements du CSM de manière séparée

4.ii Évolution du CSM et du passif sur l'exercice

Pour comprendre l'évolution du CSM et du passif sur l'exercice, il est essentiel de considérer quatre scénarios distincts, qui dépendent de la classification du groupe de contrats comme profitable ou déficitaire au début et à la fin de l'exercice. Les variations du FCF influencent le CSM et, par conséquent, le passif du groupe à la fin de la période. Les schémas suivants démontrent ces effets sous différents scénarios, en excluant les influences d'autres ajustements comme l'intégration de nouveaux contrats, les frais variables, ou les effets des taux de change.

Discussion des scénarios :

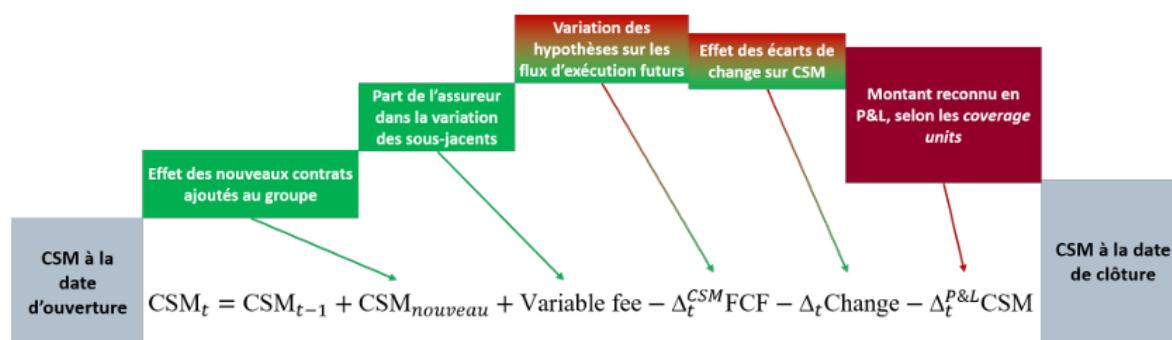


FIGURE 9.3 – Illustration de l'effet de la variation des FCF sur le CSM et le passif du groupe

1. **Scénario Profitable à Profitable** : Le CSM augmente si le groupe reste profitable tout au long de l'exercice.
2. **Scénario Déficitaire à Profitable** : Le CSM peut émerger ou augmenter si le groupe passe d'un état déficitaire à profitable.
3. **Scénario Profitable à Déficitaire** : Le CSM diminue ou des pertes sont reconnues directement en résultat si le groupe devient déficitaire.
4. **Scénario Déficitaire à Déficitaire** : Le CSM reste non-existant ou minimal si le groupe demeure déficitaire.

Ces scénarios aident à prévoir les mouvements potentiels du CSM et des passifs, fournissant une base pour les décisions stratégiques et les présentations financières futures.

4.iii Groupe de contrats profitable en $t - 1$ restant profitable en t

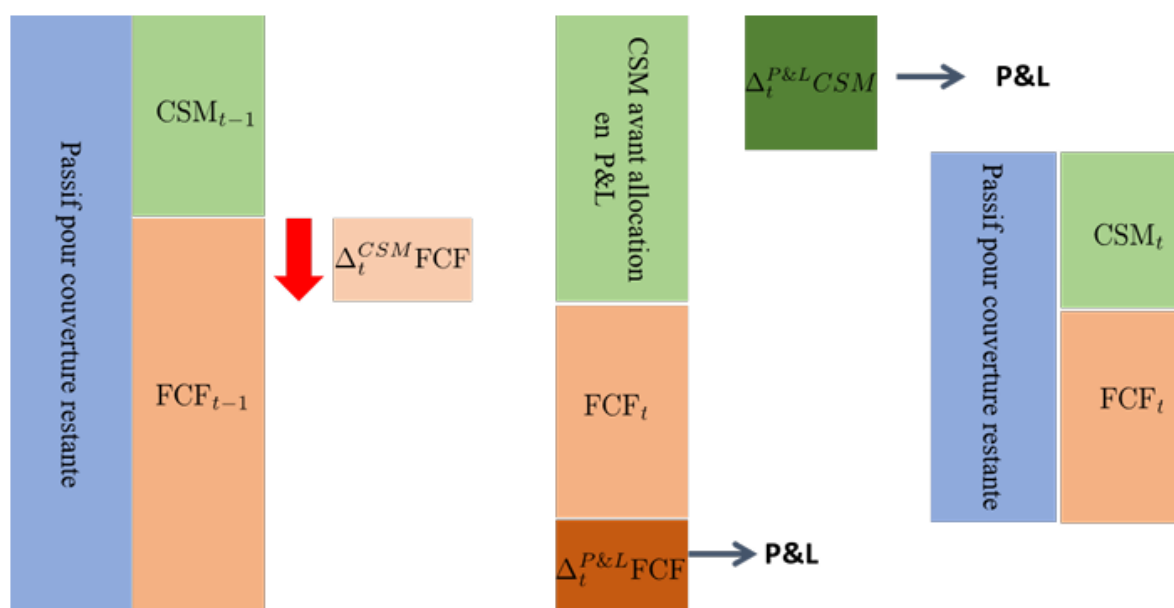


FIGURE 9.4 – Illustration des variations du CSM pour un groupe restant profitable entre $t - 1$ et t

Au début de l'exercice, le groupe de contrats présente un CSM positif, indiquant sa rentabilité. À la date du reporting, le groupe demeure profitable sous certaines conditions liées à la variation des Flux de Trésorerie Futurs (FCF) affectant le CSM. Ces conditions sont :

$$\Delta_t^{CSM} FCF < 0 \quad \text{ou} \quad 0 < \Delta_t^{CSM} FCF < CSM_{t-1}$$

Pour maintenir l'équilibre du bilan, la variation des FCF, $\Delta_t^{CSM} FCF$, doit être compensée par une variation opposée du CSM. La variation $\Delta_t^{P\&L} FCF$, quant à elle, est comptabilisée directement en résultat ; elle est considérée comme un produit si elle est négative, ou comme une charge si elle est positive.

Les ajustements supplémentaires du CSM, tels que les effets de la *Variable Fee* et des variations des taux de change, sont également intégrés au CSM. Par la suite, une partie du CSM, notée $\Delta_t^{P\&L} CSM$, est transférée en résultat sous la forme de produits des activités d'assurance. Cette approche permet de déterminer la valeur comptable finale du CSM pour le groupe à la fin de la période.

$$CSM_t = CSM_{t-1} + \Delta_t^{CSM} FCF + \Delta_t^{P\&L} CSM + \text{Autres ajustements}$$

Cette formule reflète l'intégration de toutes les modifications survenues pendant l'exercice, assurant ainsi une présentation fidèle de la situation financière du groupe de contrats.

4.iv Groupe de contrats profitable en $t - 1$ devenant déficitaire en t

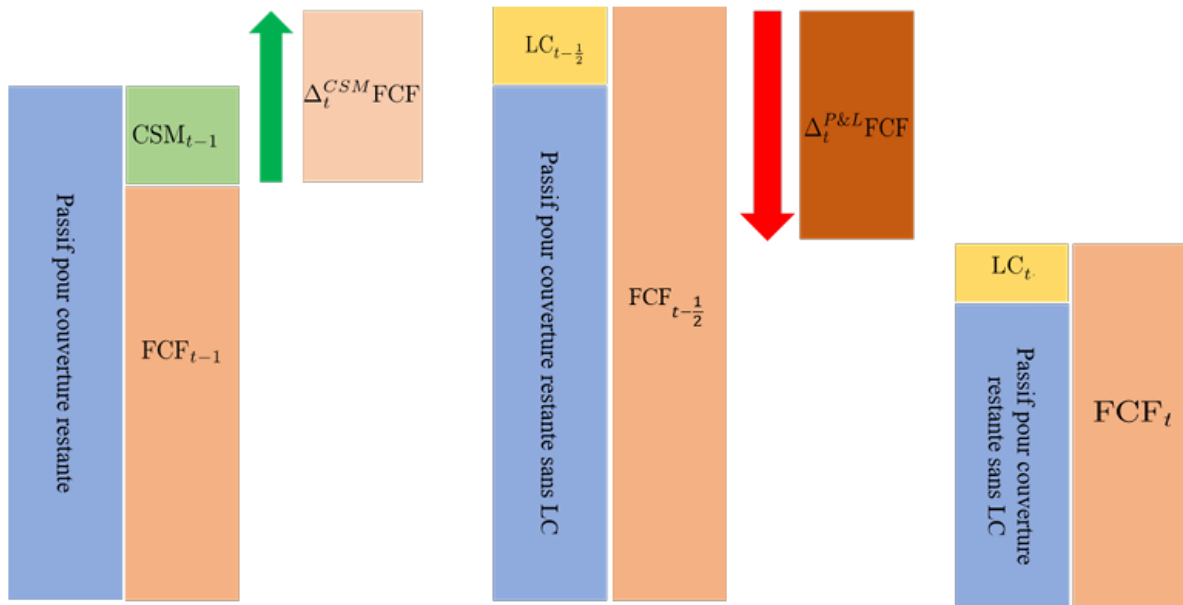


FIGURE 9.5 – Transition d'un groupe de contrats de profitable à déficitaire, illustrant l'impact sur le CSM et le passif

Au début de la période, le CSM est positif, indiquant la profitabilité du groupe. Toutefois, si la variation des Flux de Trésorerie Futurs (FCF) qui affecte le CSM excède le montant initial du CSM, le groupe devient déficitaire. Dans ce cas, un élément de perte (LC pour

Loss Component) est créé pour l'excédent, calculé comme suit :

$$LC = \Delta_t^{CSM} FCF - CSM_{t-1}$$

et est immédiatement comptabilisé en résultat, conformément à la norme IFRS 17. Le CSM est alors réduit à zéro.

Les variations du FCF qui impactent directement le compte de résultat, notées $\Delta_t^{P\&L} FCF$, sont ici négatives. Elles réduisent le passif pour la couverture restante et sont reconnues comme des produits en résultat, agissant comme des reprises de perte pour une partie d'entre elles. Cette réduction affecte proportionnellement les différentes composantes du passif.

Selon les recommandations de IFRS 17, bien que pour le modèle VFA (Variable Fee Approach) l'obligation de présenter séparément les rapprochements des soldes d'ouverture et de clôture pour le passif de couverture restante soit optionnelle, il est conseillé de le faire, surtout dans le cas de groupes devenant déficitaires. Cela permet de clarifier les mouvements de flux et de distinguer les mécanismes affectant le stock de profit et l'élément de perte.

Ainsi, le passif pour la couverture restante se calcule comme suit, où les ajustements sont appliqués de manière à refléter la nouvelle réalité financière du groupe :

$$\begin{aligned} \text{Passif pour couverture restante} &= LC + \text{Passif pour couverture restante sans LC} \\ &= CE + RA + CSM \\ &= FCF + CSM \end{aligned}$$

Cette formulation explicite le lien entre les variations des composantes du passif et les ajustements du bilan, fournissant un aperçu clair de l'impact financier d'un groupe de contrats devenant déficitaire.

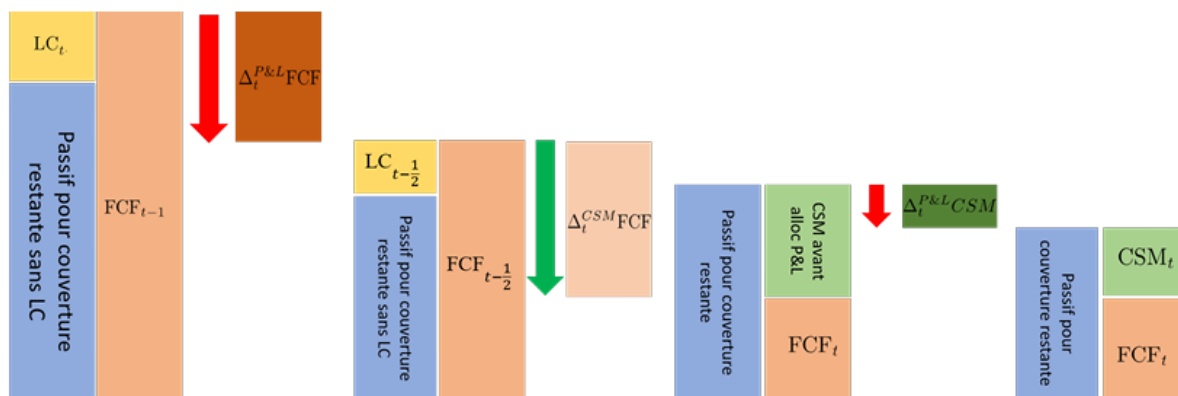
4.v Groupe de contrats déficitaire en $t - 1$ devenant profitable en t 

FIGURE 9.6 – Illustration du passage d'un état déficitaire à un état profitable pour un groupe de contrats

Au début de l'année de reporting, le groupe de contrats est en déficit, ce qui se traduit par un Contractual Service Margin (CSM) nul et la présence d'un élément de perte (Loss Component, LC) inscrit au passif pour la couverture restante. Les variations des Flux de Trésorerie Futurs (FCF) qui sont reconnues en résultat influencent la réduction du passif restant. Initialement, cette réduction est distribuée de manière proportionnelle entre le LC et le passif sans LC dans le cadre du premier rapprochement.

La dynamique change lorsque l'entité identifie et calcule les variations de FCF qui impactent le CSM. Pour cet exemple, considérons que cette variation est une diminution qui, en valeur absolue, dépasse le montant initial de l'élément de perte LC_{t-1} :

$$\Delta_t^{CSM}FCF < 0 \quad \text{et} \quad -\Delta_t^{CSM}FCF > \frac{LC_{t-1}}{2}$$

Sous ces conditions, la variation $\Delta_t^{CSM}FCF$ absorbe complètement l'élément de perte LC, induisant ainsi une reprise de perte qui est comptabilisée en résultat. Cela marque le passage du groupe de contrats à un état profitable. Une nouvelle réserve de profit, le CSM, est alors générée à hauteur de la différence $-\Delta_t^{CSM}FCF - \frac{LC_{t-1}}{2}$. Cette nouvelle CSM est partiellement allouée en résultat, proportionnellement à la quantité de service rendu durant la période :

$$CSM_t = -\Delta_t^{CSM}FCF - \frac{LC_{t-1}}{2}$$

Ce scénario illustre comment un groupe de contrats peut se rétablir de son état déficitaire initial pour devenir profitable grâce à des variations positives des FCF qui réduisent efficacement le passif et génèrent un nouveau stock de profit CSM.

4.vi Groupe de contrats déficitaire en $t - 1$ restant déficitaire en t

Au début de l'année de reporting, le groupe de contrats présente un Contractual Service Margin (CSM) nul et comprend un élément de perte (LC) dans son passif, confirmant son statut déficitaire. Comme dans le scénario précédent, les variations des Flux de Trésorerie

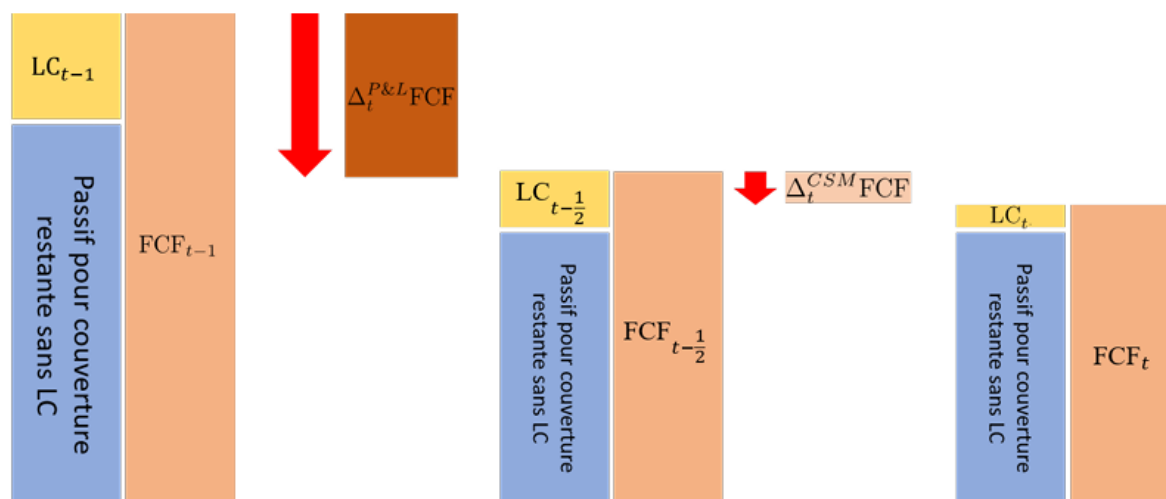


FIGURE 9.7 – Illustration des effets de la variation des FCF sur un groupe de contrats restant déficitaire

Futurs (FCF) reconnues en résultat sont distribuées proportionnellement entre l'élément de perte et le passif pour couverture restante sans LC.

Cependant, dans ce cas, les variations des FCF, notées $\Delta_t^{CSM} FCF$, sont insuffisantes pour neutraliser entièrement l'élément de perte :

$$\Delta_t^{CSM} FCF > 0 \quad \text{ou} \quad \Delta_t^{CSM} FCF < 0 \quad \text{et} \quad |\Delta_t^{CSM} FCF| < LC_{t-0.5}$$

Si $\Delta_t^{CSM} FCF$ est négative mais insuffisante pour couvrir le LC, il en résulte une réduction de l'élément de perte sans pour autant rétablir un CSM positif. Aucun nouveau stock de profit CSM n'est généré et le groupe reste déficitaire.

Pour les groupes qui restent déficitaires, il est essentiel de reconnaître toute diminution du passif comme une reprise de perte en résultat. Cependant, dans les cas où le groupe reste déficitaire, aucun CSM n'est reconstitué.

CHAPITRE 3

CONSTRUCION DE LA COURBE DES TAUX-IFRS17

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

La norme internationale d'information financière (IFRS) 17, intitulée "Contrats d'assurance", établit les principes pour la reconnaissance, la mesure, la présentation et la divulgation des contrats d'assurance dans les états financiers des entités. Adoptée le 18 mai 2017, cette norme vise à apporter plus de transparence et à faciliter la comparaison des états financiers des entreprises d'assurance à l'échelle mondiale. Une composante clé de l'IFRS 17 est la construction de la courbe des taux d'actualisation, essentielle pour l'évaluation des passifs d'assurance et des produits financiers. Ce chapitre se concentre sur les défis et les méthodologies adoptées pour construire cette courbe dans le contexte spécifique du marché marocain, en tenant compte des directives de l'IFRS 17 et des pratiques de Wafa Assurance.

1.2 Objectif du Chapitre

Ce chapitre a pour objectif principal de présenter une méthodologie rigoureuse et justifiée pour la construction de la courbe des taux d'actualisation, en conformité avec les exigences de la norme IFRS 17 et adaptée spécifiquement aux conditions du marché marocain. En détaillant les principes généraux de l'IFRS 17, l'approche méthodologique choisie, ainsi que les étapes clés de la construction de la courbe des taux, ce chapitre vise à fournir une vue d'ensemble technique et approfondie de la procédure suivie. Il met également en lumière les défis rencontrés au cours de ce processus et les solutions apportées pour les surmonter. Ainsi, on souhaite enrichir la littérature existante sur les meilleures pratiques en comptabilité et finance d'assurance, et servir de guide de référence pour les professionnels et les régulateurs du secteur de l'assurance au Maroc.

2 RAPPELS NORMATIFS

La norme IFRS 17 impose un cadre rigoureux pour la comptabilisation des contrats d'assurance, mettant en avant des principes clés pour garantir que les taux d'actualisation reflètent de manière adéquate la réalité économique des engagements d'assurance. Cette section détaille les fondements principaux sur lesquels repose la construction des courbes des taux d'actualisation, conformément à l'IFRS 17.

2.1 Principes Généraux

La norme IFRS 17 définit les critères pour l'évaluation des contrats d'assurance, en insistant particulièrement sur les taux d'actualisation. Ces taux doivent :

- refléter la valeur temps de l'argent, les caractéristiques des flux de trésorerie et les caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance ;
- être cohérents avec les prix de marché observables pour des instruments financiers présentant des caractéristiques similaires en termes d'échéancier, de monnaie ou de liquidité, dans la mesure où de tels prix sont disponibles ;
- exclure les effets de facteurs qui influencent les prix observés sur le marché mais qui ne sont pas pertinents pour les flux de trésorerie futurs des contrats d'assurance.

Article B78

Les taux d'actualisation ne doivent prendre en compte que les facteurs pertinents c'est-à-dire ceux qui découlent de la valeur temps de l'argent, des caractéristiques des flux de trésorerie, et des caractéristiques de liquidité des contrats d'assurance.

Article B79

Le taux d'actualisation appliqué aux flux de trésorerie d'un contrat d'assurance qui ne varient pas en fonction des rendements d'éléments sous-jacents doit refléter la courbe des taux dans la monnaie appropriée d'instruments qui exposent leur porteur à un risque de crédit nul ou négligeable, et être ajusté en fonction des caractéristiques de liquidité du groupe de contrats d'assurance.

2.2 Adaptation au Marché

L'IFRS 17 préconise également que les taux d'actualisation soient alignés avec les conditions actuelles du marché, y compris les taux d'intérêt observables sur les marchés financiers. Cela garantit que les estimations de la valeur actuelle des obligations d'assurance sont en adéquation avec les réalités économiques externes, favorisant ainsi la transparence et la comparabilité entre les entités.

2.3 Exclusion des Facteurs Non Pertinents

Un principe important de l'IFRS 17 est l'exclusion des facteurs qui influent sur les prix de marché observables mais qui ne sont pas pertinents pour les flux de trésorerie futurs des

contrats d'assurance. Par exemple, le risque de crédit associé aux instruments financiers sous-jacents ne devrait pas influencer les taux d'actualisation des obligations d'assurance. Ces principes fournissent un cadre pour la détermination des taux d'actualisation qui sont à la fois cohérents et représentatifs des obligations contractuelles d'assurance, en veillant à ce que les estimations de passif soient justes et fiables. La mise en œuvre de ces principes dans la construction de la courbe des taux est cruciale pour respecter les objectifs de la norme IFRS 17, visant à améliorer la qualité et la comparabilité des informations financières dans le secteur de l'assurance.

3 APPROCHE DE CONSTRUCTION

La construction d'une courbe des taux d'actualisation conforme à l'IFRS 17 peut suivre différentes méthodologies, chacune avec ses spécificités et critères. Le choix de l'approche de construction est déterminé par une combinaison de conformité avec la norme IFRS 17 et d'adaptation aux caractéristiques du marché marocain.

3.1 Deux Approches Principales

L'IFRS 17 n'impose pas une méthode unique pour la construction de la courbe des taux, mais elle établit des principes fondamentaux qui doivent être respectés. Deux approches principales émergent :

1.i Approche Bottom-Up

L'approche Bottom-Up commence avec une courbe des taux sans risque et ajuste cette courbe pour tenir compte des spécificités des contrats d'assurance, notamment en ce qui concerne la liquidité. Cette méthode est particulièrement utile dans les cas où il existe une bonne disponibilité de données de marché fiables et représentatives des instruments sans risque.

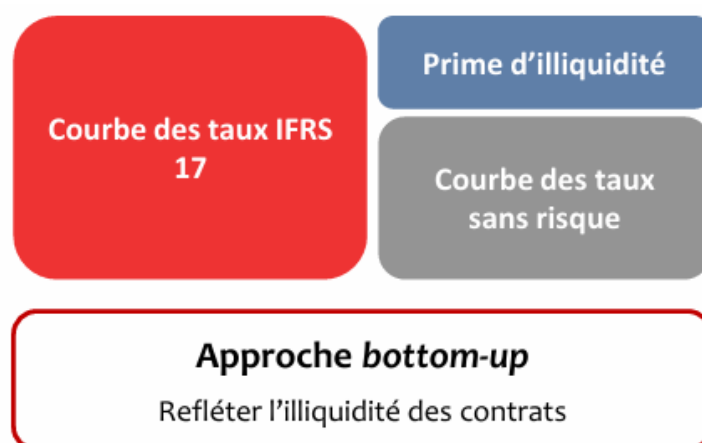


FIGURE 3.1 – Approche Bottom-Up

1.ii Approche Top-Down

L'approche Top-Down, en revanche, part d'un portefeuille d'actifs de référence représentant les investissements sous-jacents de l'entité et ajuste la courbe des taux pour éliminer les facteurs non pertinents à l'évaluation des contrats d'assurance. Cette méthode peut être avantageuse lorsque le marché des instruments sans risque n'est pas suffisamment profond ou lorsque les données de marché sont moins disponibles.

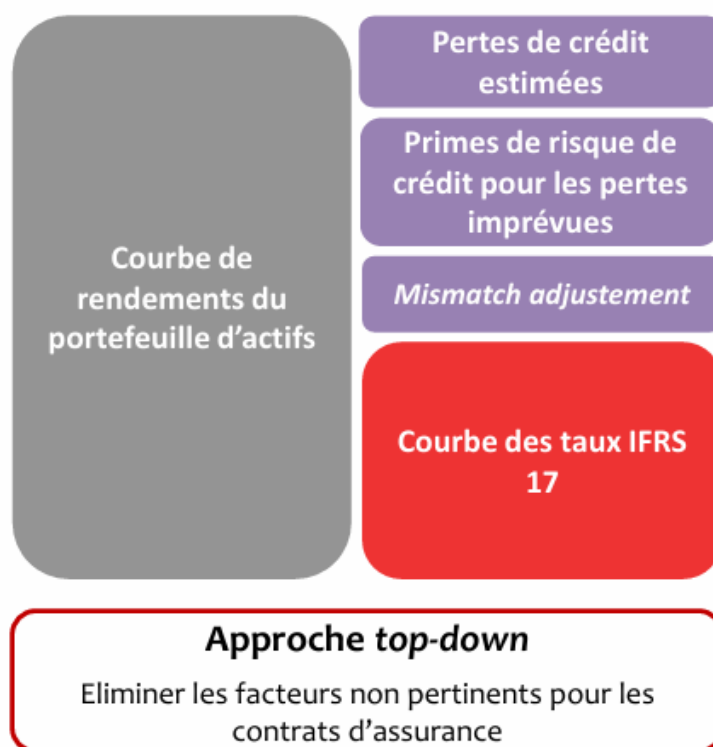


FIGURE 3.2 – Approche Top-Down

3.2 Choix de méthodologie

Après une analyse approfondie des deux méthodologies et de leurs implications dans le contexte du marché marocain, On a opté pour l'approche Bottom-Up pour plusieurs raisons :

- **Précision des Données** : Cette approche permet une meilleure adaptation aux spécificités des contrats d'assurance marocains, grâce à l'utilisation de données de marché locales précises.
- **Flexibilité** : Elle offre une flexibilité accrue dans le traitement des caractéristiques de liquidité spécifiques aux engagements d'assurance au Maroc.
- **Conformité avec IFRS 17** : Elle est en pleine conformité avec les exigences de l'IFRS 17, en fournissant une base solide pour le calcul de la valeur actuelle des obligations d'assurance.

4 CONSTRUCTION DE LA COURBE DES TAUX SANS RISQUE

La construction de la courbe des taux sans risque représente une étape fondamentale dans l'évaluation des engagements d'assurance sous IFRS 17. Cette section décrit le processus adopté pour établir cette courbe, en s'assurant de sa précision et de sa conformité avec les directives de la norme.

4.1 Constitution de la Base des Données des Taux Moyens Pondérés

La première étape du processus consiste à constituer une base solide de données des taux moyens pondérés. ces données à partir de sources fiables et représentatives du marché marocain, notamment :

- Les taux de référence des bons du trésor, disponibles sur le site web officiel de la Banque Centrale du Maroc. Ces taux reflètent les conditions actuelles du marché et sont considérés comme une référence pour les instruments sans risque au Maroc.

Date d'échéance	Transaction	Taux moyen pondéré	Date de la valeur
19/02/2024	-	2,920 %	29/12/2023
20/05/2024	-	2,980 %	29/12/2023
15/07/2024	-	3,000 %	29/12/2023
18/08/2025	-	3,230 %	29/12/2023
17/05/2027	-	3,410 %	29/12/2023
17/06/2030	-	3,650 %	29/12/2023
18/09/2034	-	3,910 %	29/12/2023
19/07/2038	-	4,170 %	29/12/2023
16/04/2040	-	4,350 %	29/12/2023
20/02/2051	-	4,990 %	29/12/2023

FIGURE 4.1 – Taux de référence des bons du Trésor a la date :29/12/2023

4.2 Détermination du Dernier Point Liquide (DPL)

Le Dernier Point Liquide (DPL) est un concept clé dans la construction de la courbe des taux. Il représente la plus longue maturité pour laquelle des données de marché fiables et liquides sont disponibles. le DPL est déterminée en analysant le marché des bons du trésor et en identifiant la dernière maturité ayant une liquidité suffisante.

4.3 Calcul et Interpolation Linéaire des Taux actuariels

On transforme les taux monétaires en des taux actuariels :

$$R_a(t_p) = \left(1 + \frac{m \times R_m(t_p)}{360} \right)^{\frac{365}{m}} - 1 \quad (4.1)$$

où R_a est le taux actuariel, R_m est le taux monétaire, t_p est la période de temps, et m est la fréquence de capitalisation annuelle.

Puisque les maturités sont non entières, on procède à une interpolation linéaire pour calculer les maturités à ces dates par la formule suivante :

$$R_a(t_s) = R_a(t_1) + \frac{R_a(t_2) - R_a(t_1)}{t_2 - t_1} \cdot (t_s - t_1) \quad (4.2)$$

où

- t_s est la Maturité pleine,
- t_1 et t_2 sont les Maturités extrêmes qui délimitent t_s .

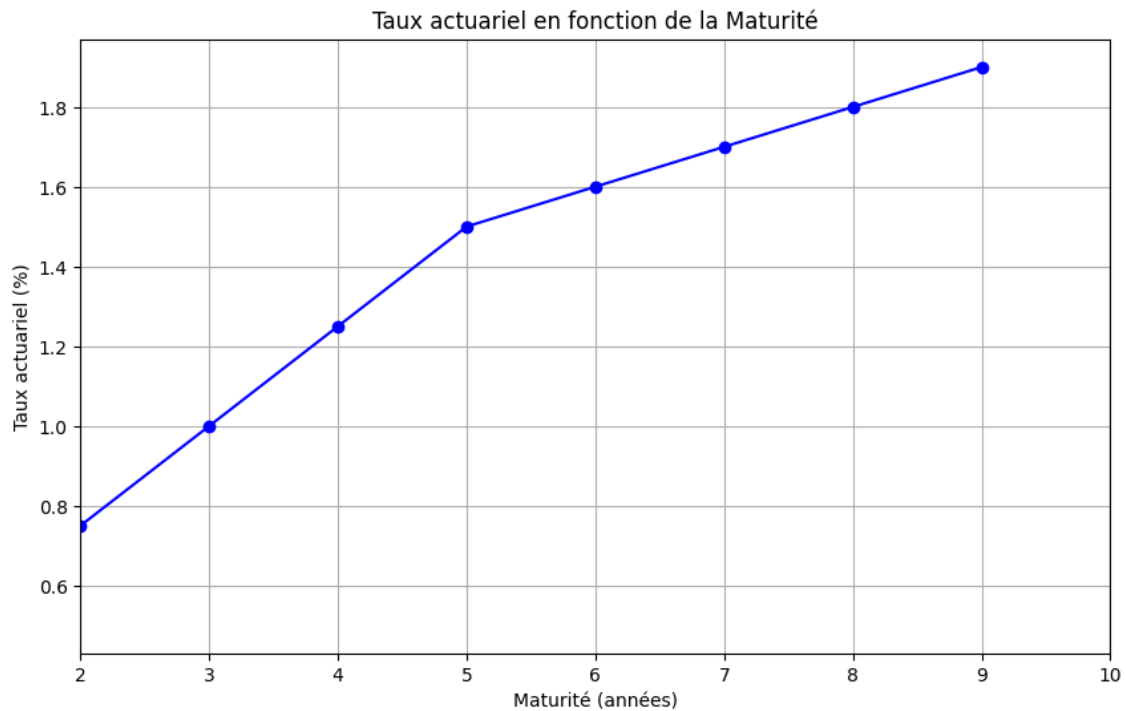


FIGURE 4.2 – Taux actuariel en fonction de la maturité

4.4 Bootstrap Construction de la Courbe des Taux Zéro Coupon

La technique de Bootstrap est utilisée pour construire la courbe des taux zéro-coupon à partir des taux interpolés. Cette approche permet de déduire les taux pour chaque maturité en supposant que le prix des obligations (ou des bons du trésor) est égal à leur valeur nominale. Le processus de Bootstrap extrapole les taux zéro-coupon en utilisant les informations disponibles jusqu'au DPL, en fournissant une base pour l'évaluation précise des engagements d'assurance.

$$R(t_n) = \left(\frac{1 + R_a(t_n)}{1 - R_a(t_n) \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{(1+R_i)^i}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (4.3)$$

où $R(t_n)$ est le taux zéro-coupon pour la maturité t_n , $R_a(t_n)$ est le taux actuariel correspondant, et R_i représente le taux d'intérêt pour chaque période antérieure. La construction méthodique de la courbe des taux sans risque jusqu'au DPL permet de disposer d'une base solide pour l'évaluation de ses engagements d'assurance, en alignement avec les exigences de l'IFRS 17 et les réalités du marché financier marocain.

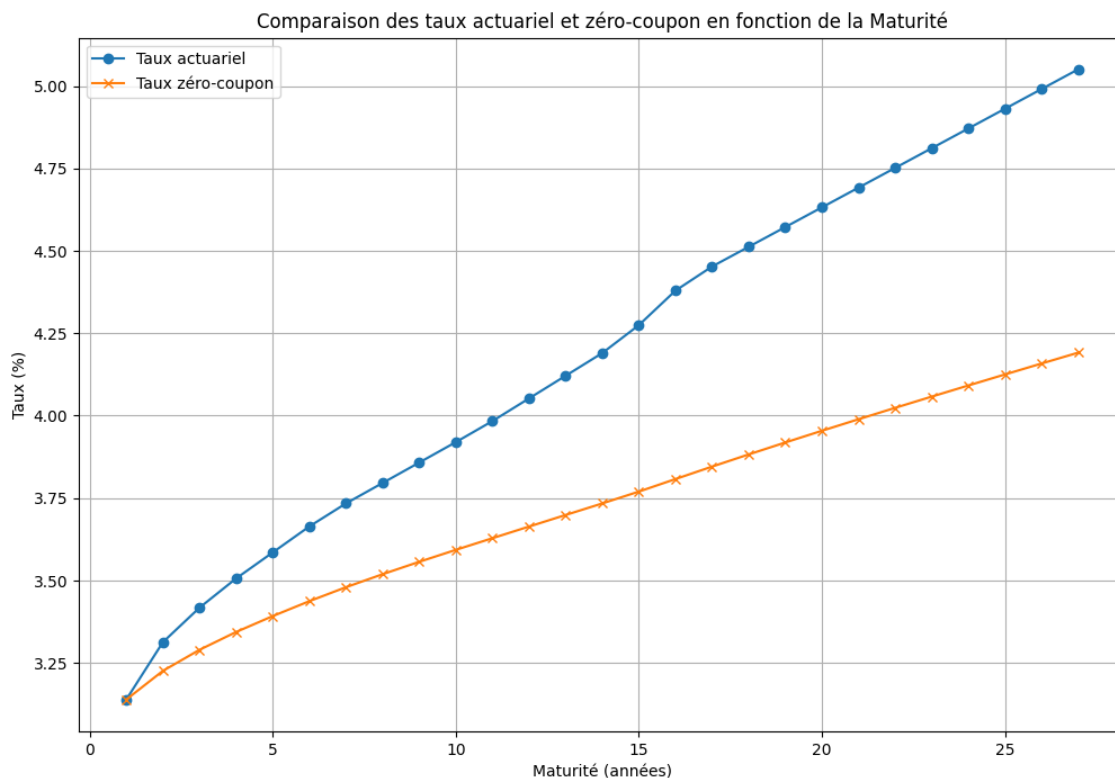


FIGURE 4.3 – Comparaison des taux actuariel et zéro-coupon en fonction de la Maturité

5 CALCUL DE LA PRIME D'ILLIQUIDITÉ

On a opté pour une approche spécifique pour évaluer la prime d'illiquidité, qui repose sur les données et caractéristiques de son propre portefeuille d'actifs. Cette décision est guidée par les principes suivants :

- Utilisation des données de portefeuille internes pour refléter de manière plus précise la situation spécifique de l'entreprise.
- Évaluation basée sur les caractéristiques des actifs obligataires et diversifiés de l'entreprise.
- Prise en compte de l'illiquidité des passifs, en alignant les caractéristiques de liquidité des passifs avec celles des actifs financiers correspondants.

Cette méthode permet de personnaliser les ajustements des taux d'actualisation pour mieux refléter les risques réels et les profils de liquidité associés à ses opérations spécifiques d'assurance.

5 MÉTHODOLOGIES RETENUES :

5.1 Calcul de la prime d'illiquidité pour les actifs obligataires

On utilise une approche méthodique pour déterminer la prime d'illiquidité applicable aux actifs obligataires du portefeuille. Cette approche comprend les étapes suivantes :

1. **Détermination du Spread Total** : Le spread total est calculé comme la différence entre le rendement interne du portefeuille obligataire et les taux des obligations de référence (courbe des taux sans risque). La formule utilisée est :

$$\text{Spread Total} = \text{Rendement Interne du Portefeuille} - \text{Taux Sans Risque}$$

2. **Ajustement pour le Risque de Crédit** : Pour isoler la prime d'illiquidité du risque de crédit inhérent aux titres, un ajustement est effectué en utilisant des données historiques sur les défauts et les taux de récupération. La formule de l'ajustement pour le risque de crédit est la suivante :

$$\text{Ajustement du Risque de Crédit} = 1 - (1 - \text{PD}_{1 \text{ an}})^{\text{Durée Résiduelle}} \times (1 - \text{Taux de Récupération})$$

où $\text{PD}_{1 \text{ an}}$ représente la probabilité de défaut à un an, et

Taux de Récupération (Recovery rate) est le pourcentage estimé de récupération en cas de défaut.

Dans cette analyse, nous retenons la vision suivante du risque de crédit :

- **Dette publique et dette garantie par l'état** : Notation AAA
 - **Dette privée** : Rating du Maroc à l'international
3. **Calcul Final de la Prime d'Illiquidity** : Une fois le risque de crédit ajusté, la prime d'illiquidité est obtenue en soustrayant l'ajustement du risque de crédit du

Date	12/31/2023
RATING S&P	BB+
PD 1 year	0.48%
Recovery rate	50%
source : https://countryeconomy.com/ratings/morocco	

TABLE 5.1 – Tableau des données financières pour le Maroc

spread total. La prime d'illiquidité est donc donnée par :

$$\text{Prime d'Illiquidité} = \text{Spread Total} - \text{Ajustement du Risque de Crédit}$$

Ces calculs permettent de déterminer de manière précise la prime d'illiquidité à intégrer dans la courbe des taux utilisée pour l'actualisation des obligations de contrats d'assurance, conformément aux exigences de la norme IFRS 17.

5.2 Calcul de la prime d'illiquidité pour les actifs diversifiés

On adopte une approche différente pour évaluer la prime d'illiquidité des actifs diversifiés, qui comprend les actions non cotées, l'immobilier, ainsi que les actions cotées et le cash. L'approche est plus qualitative et repose sur des jugements d'expertise pour estimer la liquidité de ces actifs. Voici les étapes clés :

1. **Classification des Actifs** : Les actifs sont divisés en deux catégories principales basées sur leur liquidité :
 - *Très Liquides* (Actions cotées et Cash) : Ces actifs sont considérés comme ayant une prime d'illiquidité de 0% en raison de leur haute liquidité et de la facilité avec laquelle ils peuvent être convertis en cash sans impact significatif sur leur prix.
 - *Très Illiquides* (Actions non cotées et Immobilier) : Ces actifs sont jugés très illiquides et, par prudence, leur prime d'illiquidité est également estimée à 0% en raison de la complexité et des incertitudes liées à l'évaluation précise de leur liquidité.
2. **Application de la Prime d'Illiquidité** : En raison des difficultés à mesurer précisément l'illiquidité et les incertitudes liées aux méthodologies d'évaluation, on a choisi de ne pas appliquer de prime d'illiquidité supplémentaire pour ces actifs très illiquides, maintenue à 0%.

Cette méthode qualitative permet de gérer prudemment les risques liés à l'évaluation de la liquidité sans surestimer les primes d'illiquidité, ce qui pourrait affecter négativement l'évaluation de la solvabilité et les réserves de capital requises.

5.3 Résultats :

Classe d'actifs	Allocation en montants	Sensibilité	Allocation	Prime d'illiquidité
Obligations	15,799,434,624	5.55	51%	0.02%
Actifs diversifiés (Actions, Immo, Cash)	15,134,447,944	-	49%	0.00%
Total	30,933,882,567	2.83	100%	0.01%

FIGURE 5.1 – Résultats

5.4 Prise en compte de l'illiquidité des passifs

On aborde la prise en compte de l'illiquidité des passifs en analysant la prédictibilité et la variabilité des cash-flows associés aux contrats d'assurance. Cette évaluation est essentielle pour ajuster correctement la courbe des taux d'actualisation utilisée pour les provisions techniques. Voici les étapes principales de leur méthodologie :

1. **Classement des Contrats** : Les contrats d'assurance sont segmentés en plusieurs groupes homogènes (GH) selon le risque de rachat et de mortalité. Ces segments sont classifiés en trois catégories basées sur leur liquidité présumée :
 - *Haute Illiquidité* : GH avec des risques de rachat et de mortalité très faibles, affectant significativement leur liquidité.
 - *Moyenne Illiquidité* : GH présentant des risques modérés, ayant un impact intermédiaire sur la liquidité.
 - *Faible Illiquidité* : GH où les risques de rachat et de mortalité sont élevés, rendant ces contrats plus liquides.

Ce tableau suivant résume l'ensemble des catégories établies et associe des facteurs à chacune d'entre elles :

Illiquidity category	Criteria	Application factor
Category I – High illiquidity	<ul style="list-style-type: none"> • No surrender/cancellation options or where the take up of the surrender option or the cancellation of the contract can never lead to a loss in own funds for the insurer • Low best estimate impact mortality risk 	100% (AR _{5,I})
Category II – Medium illiquidity	<ul style="list-style-type: none"> • Low best estimate impact of permanent increase in lapse rates • Low best estimate impact of mortality risk 	75% (AR _{5,II})
Category III – Low illiquidity	Contracts that do not fall into category I or II	60% (AR _{5,III})

FIGURE 5.2 – Source : EIOPA - Background document on the 2020 review of solvency II

2. **Calcul du Facteur d'Ajustement** : Pour chaque catégorie, un facteur d'ajustement de l'illiquidité est calculé. Ce facteur vise à quantifier l'écart entre les

caractéristiques de liquidité des actifs financiers sous-jacents et celles des contrats d'assurance. Il est déterminé par la formule suivante :

$$FA_illiquidit_passif = \max \left(\min \left(\frac{\sum_{i=1}^n PT_i \cdot AR5_i}{\sum_{i=1}^n PT_i}, 100\% \right), 60\% \right)$$

où PT_i représente les provisions techniques et $AR5_i$ l'application ratio pour chaque catégorie i .

3. **Application des Ajustements :** L'ajustement de la courbe des taux d'actualisation est effectué en intégrant le facteur d'illiquidité calculé, alignant ainsi les taux utilisés avec les caractéristiques réelles des passifs.

Cette méthodologie assure que les provisions techniques reflètent précisément la liquidité des contrats d'assurance et sont en conformité avec les principes dictés par IFRS 17, permettant ainsi une évaluation juste et cohérente des engagements d'assurance.

5.5 Résultats :

Catégorie de produits	Application ratio	PT	
Catégorie 1 : High illiquidity	100%	-	
Catégorie 2 : Medium illiquidity	75%	28,911,222,492	<-Capitalisation
Catégorie 3 : Low illiquidity	60%	1,226,955,572	<-Décès
Application factor	Moyen pondéré	74%	
	Min	60%	
	Max	100%	
	Alloué par catégorie d'illiquidité	74.389%	

FIGURE 5.3 – Résultats

5.6 Prise en compte de la différence des caractéristiques de liquidité entre les actifs financiers et les contrats d'assurance

les taux d'actualisation sont ajusté pour refléter les différences entre les caractéristiques de liquidité des actifs financiers et celles des contrats d'assurance. Cette étape est cruciale pour assurer que les taux utilisés dans les évaluations financières correspondent aux réalités du marché et aux caractéristiques spécifiques des contrats d'assurance. Voici les détails de cette approche :

1. **Évaluation des Caractéristiques de Liquidité** : L'entreprise commence par identifier les différences clés en termes de liquidité entre les actifs financiers utilisés pour construire la courbe des taux sans risque et les obligations contractuelles des polices d'assurance.
2. **Formule d'Ajustement** : Une formule d'ajustement est appliquée pour réconcilier ces différences. Cela permet d'assurer que les taux d'actualisation ne sont pas uniquement influencés par les conditions de liquidité des marchés financiers, mais aussi ajustés pour refléter la liquidité intrinsèque des passifs d'assurance. L'ajustement est donné par :

Ajustement de Liquidité = Facteur de Liquidité des Actifs – Facteur de Liquidité des Passifs

où le Facteur de Liquidité des Actifs et le Facteur de Liquidité des Passifs sont déterminés par des études internes sur la liquidité et les comportements de marché.

3. **Application de l'Ajustement** : Wafa Assurance considère cet ajustement comme étant :

$$FA_{Mismatch\ actif-passif} = \frac{\min(MV^{FI} + 0bps, MV^{FI} + 100bps, MV^{FI} - 100bps)}{Provisions\ techniques}$$

Où

- $MV^{FI} + xbps$: la valeur de marché des actifs *Fixed Income* en portefeuille dans un scénario d'augmentation des taux de x bps ;
- *Provisions techniques* : les provisions techniques en valeur comptable.

Cette méthode permet de mieux aligner ses pratiques d'évaluation avec les exigences de la norme IFRS 17, en s'assurant que les taux d'actualisation reflètent fidèlement les risques et les caractéristiques des contrats d'assurance.

5.7 Résultats :

x bps	100		
	MV^{PI}	PT	MV^{PI} / PT
Base case	15,799,434,624	30,138,178,064	52%
+xbps	14,923,295,650	30,138,178,064	50%
-xbps	16,675,573,597	30,138,178,064	55%
			49.516%

FIGURE 5.4 – Résultats

5.8 Consolidation de la prime d'illiquidité IFRS 17

La consolidation de la prime d'illiquidité est le processus final dans lequel toutes les primes d'illiquidité calculées pour les actifs et les passifs sont intégrées pour obtenir une mesure cohérente de l'illiquidité totale à appliquer à la courbe des taux IFRS 17. la consolidation de la prime d'illiquidité IFRS 17 est effectuée en suivant l'équation suivante :

$$PI_{IFRS17} = (Alloc_{Oblig} \times PI_{Oblig} + Alloc_{Diversifi} \times PI_{Diversifi}) \times FA_{illiquidit\ passif} \times FA_{Mismatch\ actif-passif}$$

où :

- $Alloc_{Oblig}$: L'allocation du portefeuille obligataire ;
- $Alloc_{Diversifi}$: L'allocation du portefeuille diversifié ;
- PI_{Oblig} : La prime d'illiquidité du portefeuille obligataire ;
- $PI_{Diversifi}$: La prime d'illiquidité du portefeuille diversifié ;
- $FA_{illiquidit\ passif}$: Le facteur d'ajustement pour la prise en compte de l'illiquidité des passifs ;
- $FA_{Mismatch\ actif-passif}$: Le facteur d'ajustement pour la prise en compte de la différence des caractéristiques de liquidité entre les actifs financiers et les contrats d'assurance.

Cette formule permet à d'intégrer les différentes dimensions de liquidité et de risque dans l'évaluation de la prime d'illiquidité conforme aux exigences de la norme IFRS 17.

TABLE 5.2 – prime d'illiquidité IFRS 17

PI IFRS 17	Valeur
prime d'illiquidité Final	0.004118%

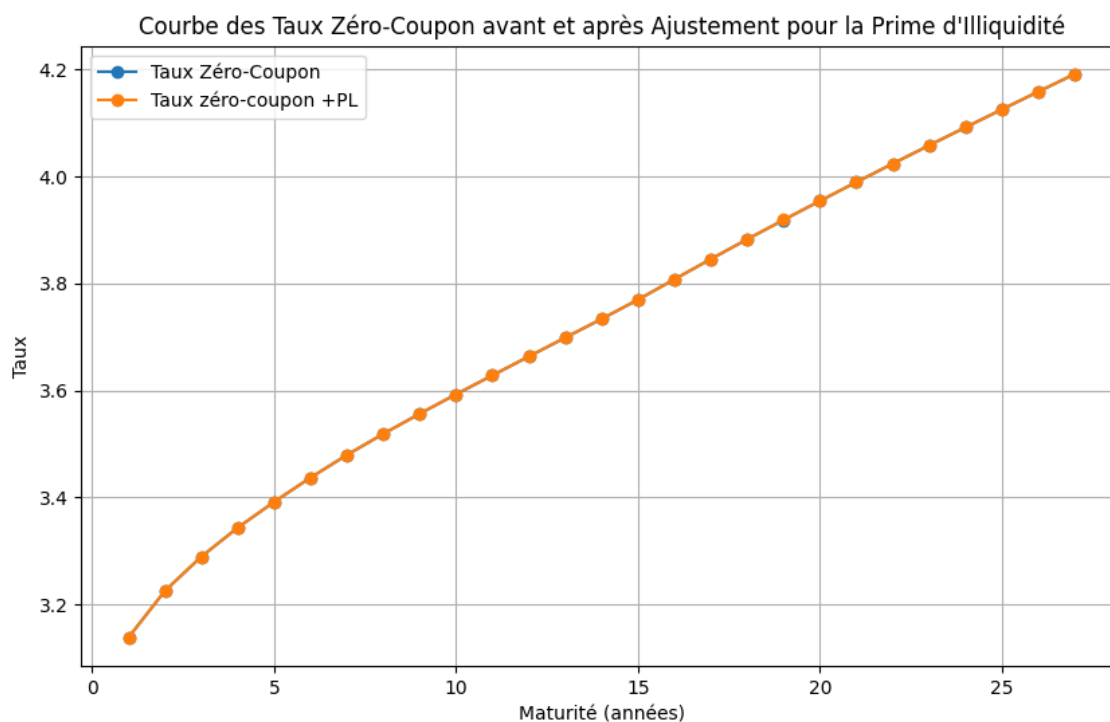


FIGURE 5.5 – Courbe des Taux Zéro-Coupon après Ajustement pour la Prime d'Illiquidité

6 EXTRAPOLATION DE LA COURBE DES TAUX IFRS 17 AU-DELÀ DU DERNIER POINT LIQUIDE (À TRAVERS SMITH-WILSON)

La technique de Smith-Wilson est une méthode macroéconomique d'extrapolation de la courbe des taux, dans le sens où le taux d'intérêt forward à long terme, TFU (*Taux Forward Ultime*) et α (la vitesse de convergence vers le TFU) sont considérés comme des arguments du modèle à calibrer.

Après la calibration des deux arguments, l'application de la méthode de Smith-Wilson permet de reconstituer les prix des zéro-coupon. Soit alors, $n = DPL$ qui correspond au nombre de maturités de zéro-coupon disponibles avant extrapolation, et soit $t \in \{1, \dots, DPL\}$.

La relation liant les prix P et les taux zéro-coupon t_{ZC} correspondants à ces maturités est la suivante :

$$P(t) = \frac{1}{(1 + t_{ZC}(t))^t} \quad (6.1)$$

La fonction de prix $P(t)$ est définie autrement, comme la somme du terme $e^{-TFU \times t}$ qui prend en compte notre anticipation asymptotique à long terme du facteur d'actualisation,

et une combinaison linéaire de n fonctions noyaux $K_j(t)$ selon la formule suivante :

$$P(t) = e^{-TFU \times t} + \sum_{j=1}^n \xi_j \times K_j(t) \quad (6.2)$$

Avec :

- $(\xi_j)_{j=1, \dots, DPL}$ sont les inconnus à ajuster par rapport à la courbe des taux zéro-coupon disponible avant extrapolation.
- Les fonctions noyaux sont définies de la manière suivante :

$$K_j(t) = e^{-TFU \times (t+u_j)} \times \{ \alpha \times \min(t, u_j) - 0.5 \times \alpha \times e^{-\alpha \times \max(t, u_j)} \times (e^{\alpha \times \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \times \min(t, u_j)}) \} \quad (6.3)$$

où u_j ($j = 1, \dots, n$) sont les maturités respectives des titres zéro-coupons dont le prix est connu.

En projetant les prix de marché dans la formule de la fonction de prix, un système d'équations linéaires est obtenu, où les ξ_j sont déterminés comme étant solution de ce système :

$$P(u_1) = e^{-TFU \times u_1} + \sum_{j=1}^n \xi_j \times K_j(u_1) \quad (6.4)$$

$$P(u_2) = e^{-TFU \times u_2} + \sum_{j=1}^n \xi_j \times K_j(u_2) \quad (6.5)$$

...

$$P(u_n) = e^{-TFU \times u_n} + \sum_{j=1}^n \xi_j \times K_j(u_n) \quad (6.6)$$

Sous forme matricielle :

$$P = L + K \times \xi \quad (6.7)$$

Avec :

- $P = (P(u_i))_{i=1, \dots, DPL}$ Matrice de taille $DPL \times 1$
- $L = (e^{-TFU \times u_i})_{i=1, \dots, DPL}$ Matrice de taille $DPL \times 1$
- $K = (K_j(u_i))_{i=1, \dots, DPL; j=1, \dots, DPL}$ Matrice symétrique de taille $DPL \times DPL$
- $\xi = (\xi_j)_{j=1, \dots, DPL}$ Matrice de taille $DPL \times 1$

Par inversion matricielle le vecteur ξ est alors déduit :

$$\xi = K^{-1} \times (P - L) \quad (6.8)$$

Après incorporation du vecteur ξ dans la fonction de prix, les prix zéro-coupon correspondants aux maturités pleines t allant de 1 jusqu'à 135 ans sont donnés par la

relation :

$$P(t) = e^{-TFU \times t} + \sum_{j=1}^{n=DPL} \xi_j \times K_j(t) \quad (6.9)$$

Et finalement, les taux zéro-coupon correspondants sont déduits en utilisant la relation suivante :

$$t_{zC}(t) = \left(\frac{1}{P(t)} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad \text{pour } t \in \{1, \dots, 135\} \quad (6.10)$$

6.1 Calibrage du taux forward ultime *TFU*

Le *TFU* correspond au taux forward après la période de convergence. Le calibrage de ce paramètre est donné par la formule suivante :

$$TFU = \text{Taux d'inflation cible} + \text{Taux réels 1 an} + \text{Prime d'Illiquidité}$$

Le taux d'inflation cible est calculé comme la moyenne des taux d'inflation historiques des années disponibles pondérée par un poids de 0.99^{n-j} associé à l'année d'observation j avec n est le nombre d'années d'historique d'inflation disponible. Cette pondération donne plus d'importance aux taux les plus récents.

La formule de calcul du taux d'inflation cible est :

$$\text{Taux d'inflation cible} = \exp \left(\frac{\sum_{j=0}^{n-1} 0.99^{n-j} \times \ln(1 + \text{Taux d'inflation}_j)}{\sum_{j=0}^{n-1} 0.99^{n-j}} \right) - 1$$

Le taux réel 1 an moyen est calculé comme la moyenne des "taux réels 1 an" historiques des années disponibles pondérée par un poids de 0.99^{n-j} associé à l'année d'observation j avec n est le nombre d'années d'historique des taux 1 an disponible.

La formule de calcul du taux d'inflation cible est :

$$\text{Taux réel 1 an moyen} = \exp \left(\frac{\sum_{j=0}^{n-1} 0.99^{n-j} \times \ln(1 + r_{j+1})}{\sum_{j=0}^{n-1} 0.99^{n-j}} \right) - 1$$

Le taux réel 1 an r_j est calculé pour chaque année des données disponibles comme suit :

$$r_j = \frac{R(j) - \text{Taux d'inflation}_j}{1 + \text{Taux d'inflation}_j}$$

Tel que $R(j)$ est le taux zéro coupon 1 an au 31/12 de chaque année de l'historique.

6.2 Résultats

	Somme w_i	Somme $w_i \ln(1+r_i)$	Taux inflation cible	Taux inflation cible final Arrondi
Taux Réel	18.21	0.17	0.940%	0.95%
Taux Inflation	18.21	0.35	1.943%	1.95%

TFU 1 an	2.900%
----------	--------

FIGURE 6.1 – Calibrage du taux forward ultime

6.3 Calibrage de la vitesse de convergence α

La vitesse de convergence α est calibrée de façon à ce que la différence entre les taux forward 1 an projetés et le TFU converge vers 10^{-4} à l’horizon du $DPL + 1$ ans :

$$|F(t, t + 1) - TFU| < 10^{-4} \quad \text{pour } t \geq DPL + 1 \tag{6.11}$$

La formule liant les taux zéro-coupon et forward est la suivante :

$$F(t, t + 1) = \left(\frac{1 + R(t + 1)}{1 + R(t)} \right)^{t+1} - 1 \tag{6.12}$$

6.4 Resultats

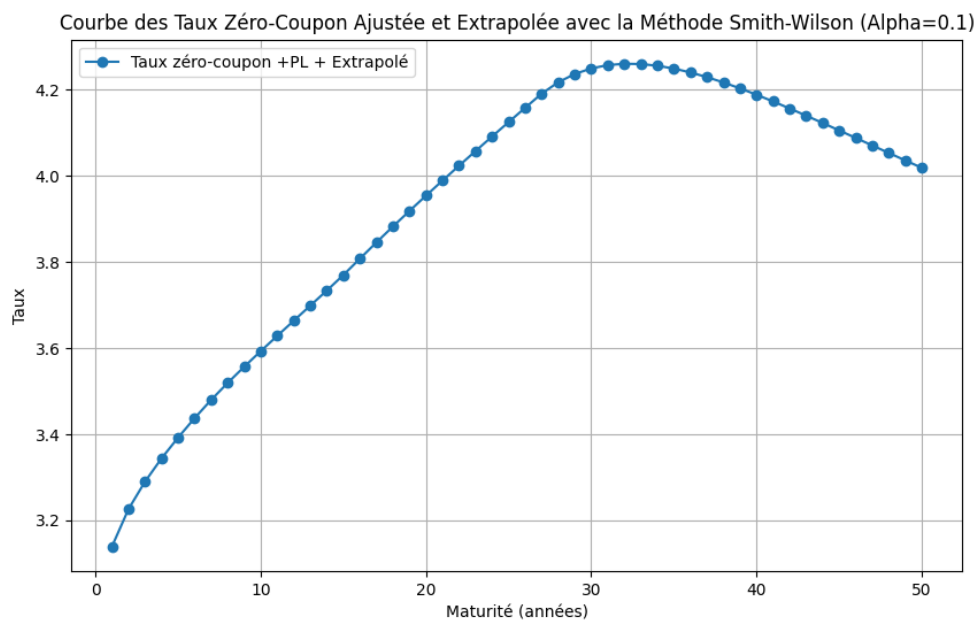


FIGURE 6.2 – Courbe des Taux Zéro-Coupon Ajustée et Extrapolée avec la Méthode Smith-Wilson

CHAPITRE 4

MODÉLISATION DU PORTEFEUILLE CAPITALISATION SOUS IFRS 17

1 GESTION D'ACTIF PASSIF(ALM)

Par définition, un contrat de capitalisation constitue une enveloppe financière garantissant le capital, où le souscripteur place son capital. Ce dernier est capitalisé jusqu'à l'échéance du contrat, date à laquelle le montant économisé est rendu disponible, augmenté des intérêts composés et des rendements accumulés.

Le rendement du portefeuille d'actifs est calculé annuellement et comprend un taux technique, représentant le rendement minimal garanti, ainsi qu'une participation aux bénéfices de la période considérée.

Pour établir le bilan et le compte de résultat d'un contrat de capitalisation conformément à IFRS 17, il est essentiel de concevoir un modèle de gestion actif-passif (*Asset and Liability Management*, ALM). Ce modèle doit précisément tracer les mouvements des flux financiers de l'actif et du passif. Le modèle pour le contrat d'épargne, basé sur la structure générale du modèle ALM présenté par Corlosquet-Habart et al. (2015), est ensuite simplifié pour faciliter l'interprétation et l'analyse des calculs.

2 A.PARTIE-ACTIF

2.1 Hypothèses d'actifs

Notre portefeuille manifeste une stratégie d'investissement axée sur la diversification et la prudence. En effet, une portion significative, soit **51%** de l'ensemble, est allouée aux obligations (*rendements fixes*), ce qui indique une préférence pour les instruments offrant une stabilité et des flux de trésorerie prévisibles. Parallèlement, les actions et l'immobilier, représentant chacun **49%** du portefeuille, apportent un équilibre en introduisant des actifs à plus haut potentiel de croissance et de valorisation à long terme. Le portefeuille inclut également des placements dans des actifs non cotés et d'autres catégories spécifiques, visant à exploiter des opportunités de marché distinctes et à optimiser le profil de rendement global.

2.2 Générateur de Scénarios Économiques (GSE)

La modélisation prospective des flux d'actif requiert une projection adéquate des facteurs de risque. À cette fin, nous avons établi un *Générateur de Scénarios Économiques* (GSE), qui élabore diverses trajectoires potentielles pour l'évolution future des économies et des marchés financiers. Le GSE incorpore de multiples facteurs de risque, y compris mais non limités à l'indice des actions et de l'immobilier, ainsi que les taux d'intérêt et de crédit. Dans notre contexte, les taux d'intérêt et l'indice MASI constituent les risques prédominants pour notre portefeuille d'actifs.

Le GSE peut être configuré dans un cadre risque-neutre, où les paramètres tels que la volatilité sont ajustés pour aligner les prix du modèle avec ceux du marché.

Alternativement, un univers dit *réel* peut être privilégié, s'appuyant sur une simulation des prix qui prend en compte les données historiques et les comportements effectifs du marché. Selon IFRS 17, les évaluations de flux d'actifs doivent être effectuées à l'aide d'un GSE risque-neutre pour assurer la cohérence avec les valorisations prescrites par la norme.

2.3 Univers risque neutre et univers historique

On considère un marché complet comportant un actif non risqué ou prévisible (B_t) et un actif risqué (S_t). Ils sont évalués par les équations différentielles stochastiques :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dW_t \quad (2)$$

$$\frac{dB_t}{B_t} = r dt \quad (3)$$

Où r_t est le taux sans risque, μ , σ sont respectivement le rendement et la volatilité de l'actif risqué et W est un mouvement brownien. Tous ces processus sont mesurés sur un espace probabilisé $(\Omega, \mathcal{F}, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}, \mathbb{P})$ avec $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$ une filtration usuelle et \mathbb{P} la probabilité historique.

Notons $\lambda_t = \frac{\mu - r_t}{\sigma_t}$ - prix de marché du risque, l'équation (2) peut s'écrire :

$$\frac{dS_t}{S_t} = (r_t + \sigma_t \lambda_t) dt + \sigma_t dW_t = r_t dt + \sigma_t (dW_t + \lambda_t dt) \quad (2.1)$$

En utilisant le théorème de Girsanov, nous produisons un mouvement $W_t^{\mathbb{Q}}$ sous la probabilité \mathbb{Q} équivalente à \mathbb{P} tel que :

$$W_t^{\mathbb{Q}} = W_t + \int_0^t \lambda_s ds \quad (2.2)$$

Alors, l'EDS de l'actif risqué devient :

$$\frac{dS_t}{S_t} = r_t dt + \sigma_t dW_t^{\mathbb{Q}} \quad (2.3)$$

Sous la probabilité \mathbb{Q} , le processus $(W_t^{\mathbb{Q}})_{t \geq 0}$ est une martingale. De plus, la probabilité \mathbb{Q} est appelée risque-neutre. Le marché est dit complet si et seulement s'il existe une unique probabilité risque neutre.

En conclusion, l'univers risque neutre est donc un environnement virtuel dans lequel les prix de marché du risque sont nuls et le rendement attendu de tous les classes d'actif est égal au taux sans risque.

3 MODÉLISATION DU TAUX D'INTÉRÊT

3.1 Le Modèle de Vasicek

Le modèle de Vasicek est considéré comme un modèle d'équilibre classique et pionnier dans l'étude de la structure par terme des taux d'intérêts. Ce modèle décrit le taux d'intérêt instantané à l'aide d'un processus d'Ornstein-Uhlenbeck caractérisé par des coefficients constants, opérant dans un espace de probabilité complet $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ équipé d'une filtration naturelle \mathcal{F}_t .

La dynamique du taux d'intérêt à court terme est gouvernée par l'équation différentielle stochastique (EDS) suivante :

$$dr_t = k(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t, \quad (3.1)$$

où les termes sont définis comme suit :

- r_t : le taux d'intérêt à court terme à l'instant t ;
- θ : la moyenne à long terme vers laquelle tend le taux court ;
- k : la vitesse de réajustement du taux court vers θ ;
- σ : la volatilité des variations instantanées de r_t ;
- W_t : un mouvement brownien standard représentant le processus de Wiener.

La solution de cette EDS, pour tout $s \leq t$, est donnée explicitement par :

$$r_t = r_s e^{-k(t-s)} + \theta(1 - e^{-k(t-s)}) + \sigma \int_s^t e^{-k(t-u)} dW_u, \quad (3.2)$$

Ce qui implique que conditionnellement à \mathcal{F}_s , le taux court r_t suit une distribution normale dont l'espérance et la variance conditionnelles sont respectivement :

$$\mathbb{E}[r_t | \mathcal{F}_s] = r_s e^{-k(t-s)} + \theta(1 - e^{-k(t-s)}), \quad (3.3)$$

$$\text{Var}[r_t | \mathcal{F}_s] = \frac{\sigma^2}{2k} (1 - e^{-2k(t-s)}). \quad (3.4)$$

3.2 Discrétisation du Modèle

Dans la pratique, l'application des processus stochastiques, tels que le modèle de taux court de Vasicek, requiert une méthode de discrétisation adaptée. Nous adoptons ici la technique de discrétisation exacte, telle qu'elle a été formulée par Gourieroux, Monfort, et Renault en 1993 :

$$r_t - r_{t-1} = \theta(1 - e^{-k}) + (e^{-k} - 1)r_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.5)$$

où ε_t est une variable aléatoire représentée par :

$$\varepsilon_t \sim \mathcal{N} \left(0, \frac{\sigma^2}{2k} (1 - e^{-2k(t-s)}) \right), \quad (3.6)$$

et correspond à l'erreur du terme de discrétisation, modélisée comme une distribution normale avec une moyenne nulle et une variance qui dépend des paramètres k et σ du modèle, ainsi que de l'intervalle de temps entre deux observations consécutives.

3.3 Le Modèle Cox-Ingersoll-Ross (CIR)

Le modèle de Cox-Ingersoll-Ross (CIR) est un autre modèle d'équilibre pour la structure par terme des taux d'intérêt. Il est spécifiquement conçu pour garantir que les taux d'intérêt restent toujours positifs. Le modèle CIR est décrit par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dr_t = k(\theta - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t, \quad (3.7)$$

où les termes sont définis comme suit :

- r_t : le taux d'intérêt à court terme à l'instant t ;
- θ : la moyenne à long terme vers laquelle tend le taux court ;
- k : la vitesse de réajustement du taux court vers θ ;
- σ : la volatilité des variations instantanées de r_t , proportionnelle à la racine carrée de r_t ;
- W_t : un mouvement brownien standard.

L'une des caractéristiques principales du modèle CIR est que la volatilité du taux d'intérêt est proportionnelle à la racine carrée du taux lui-même, ce qui empêche le taux d'intérêt de devenir négatif. Ce modèle est largement utilisé en finance pour modéliser les taux d'intérêt à court terme, les obligations, et les produits dérivés de taux d'intérêt.

3.4 Le Modèle de Hull-White

Le modèle de Hull-White est une extension du modèle de Vasicek qui permet une meilleure adaptation aux données du marché grâce à l'introduction de termes de volatilité dépendant du temps. Il est décrit par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dr_t = [\theta(t) - ar_t]dt + \sigma(t)dW_t, \quad (3.8)$$

où les termes sont définis comme suit :

- r_t : le taux d'intérêt à court terme à l'instant t ;
- $\theta(t)$: une fonction du temps qui ajuste le taux moyen vers lequel tend le taux court ;
- a : la vitesse de réajustement du taux court ;
- $\sigma(t)$: une fonction du temps représentant la volatilité des variations instantanées de r_t ;
- W_t : un mouvement brownien standard.

Le modèle de Hull-White est flexible et peut être calibré pour correspondre à la structure par terme observée des taux d'intérêt et à la volatilité des taux de différentes maturités. Cette flexibilité fait du modèle de Hull-White un choix populaire pour la valorisation des produits dérivés de taux d'intérêt et pour la gestion du risque de taux d'intérêt.

3.5 Application

Dans le contexte de notre analyse, le taux court terme sélectionné est le Taux Moyen Pondéré (TMP), qui correspond au taux quotidien moyen du marché monétaire. Ce taux représente la moyenne pondérée des taux des opérations de prêt entre les institutions financières sur le marché interbancaire. Pour obtenir des estimations précises des paramètres du modèle, une vaste base de données a été exploitée. Celle-ci englobe les données journalières du TMP couvrant une période significative, allant du 1er janvier 2001 jusqu'au 5 avril 2023.

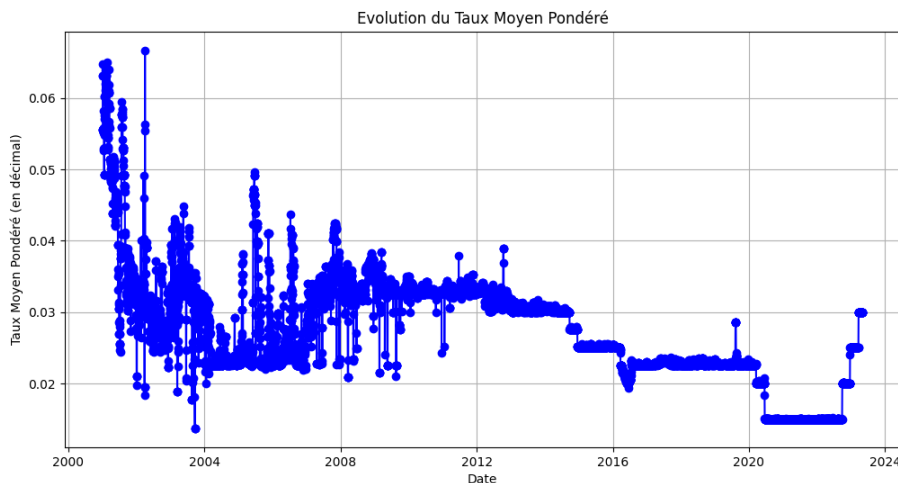


FIGURE 3.1 – Evolution du Taux Moyen Pondéré

3.6 Étude de Stationnarité

Afin d'évaluer la stationnarité de la série temporelle des taux d'intérêt, nous avons procédé au test augmenté de Dickey-Fuller. Ce test est essentiel pour vérifier l'hypothèse de racine unitaire, indiquant si une série temporelle présente des propriétés stationnaires. Le test de Dickey-Fuller augmenté est appliqué pour tester la présence d'une racine unitaire dans la série de temps. L'hypothèse nulle du test est que la série possède une racine unitaire (non-stationnaire). Les résultats obtenus sont les suivants :

TABLE 3.1 – Résultats de l'analyse des statistiques

Statistic	Value
Test Statistic	-4.751494
p-value	0.000067
# Lags Used	27
Number of Observations Used	8013
Critical Value (1%)	-3.431166
Critical Value (5%)	-2.861901
Critical Value (10%)	-2.566962

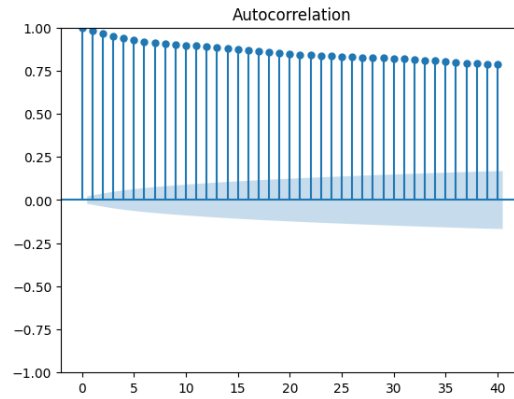


FIGURE 3.2 – Correlogramme pour les autocorrélations simples

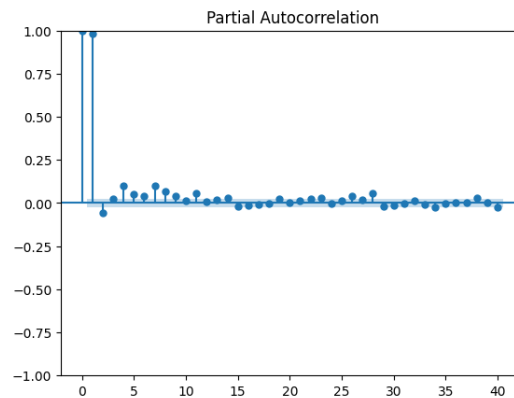


FIGURE 3.3 – Correlogramme pour les autocorrélations partielles

Les résultats démontrent que la statistique de test est inférieure aux valeurs critiques pour tous les niveaux de significativité courants (1%, 5%, et 10%), nous permettant ainsi de rejeter l'hypothèse nulle de non-stationnarité. Par conséquent, il est conclu que la série temporelle est stationnaire.

3.7 Calibrage et simulation du Modèle de Vasicek

Nous avons appliqué le modèle de Vasicek aux données historiques des taux d'intérêt interbancaires pour estimer les paramètres du modèle. Les paramètres ont été calibrés à l'aide d'une régression linéaire sur les changements de taux d'intérêt. Les paramètres estimés sont les suivants :

- $\alpha = 0.0163$: Il s'agit du taux de réversion, qui mesure la vitesse à laquelle les taux d'intérêt retournent vers la moyenne de long terme β . Un α élevé indique que les taux d'intérêt reviennent rapidement vers β , tandis qu'un α faible suggère une réversion plus lente.
- $\beta = 0.0272$: Il représente la moyenne de long terme vers laquelle les taux d'intérêt tendent à revenir. Dans notre cas, cela indique que, en moyenne, les taux d'intérêt interbancaires sont attendus autour de 2,72%.
- $\sigma = 0.0013$: Ce paramètre quantifie la volatilité des taux d'intérêt. Une valeur faible de σ implique que les fluctuations autour de la moyenne sont relativement faibles, tandis qu'une valeur élevée indiquerait des variations plus importantes.

Les paramètres ont été calibrés en utilisant une régression linéaire sur les changements des taux d'intérêt historiques. La régression a été effectuée en utilisant l'équation suivante :

$$\Delta r_t = \alpha(\beta - r_{t-1})\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t} \cdot \epsilon_t$$

où Δr_t représente le changement du taux d'intérêt entre deux périodes consécutives, ϵ_t est une variable aléatoire suivant une distribution normale $N(0, 1)$, et Δt est l'intervalle de temps entre deux observations.

La valeur initiale du taux d'intérêt r_0 utilisée pour les simulations est la dernière valeur observée dans nos données historiques, soit $r_0 = 0.030$. Cette valeur sert de point de départ pour les trajectoires simulées des taux d'intérêt.

Pour simuler les trajectoires futures des taux d'intérêt, nous avons utilisé les équations suivantes dérivées du modèle de Vasicek :

$$r_{t+1} = r_t + \alpha(\beta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t} \cdot \epsilon_t$$

où ϵ_t est une variable aléatoire suivant une distribution normale $N(0, 1)$. Cette équation capture l'effet de la réversion vers la moyenne ainsi que les fluctuations aléatoires autour de cette moyenne.

Nous avons simulé les trajectoires des taux d'intérêt sur une période de 100 ans avec un total de 1000 scénarios. Chaque scénario représente une trajectoire possible des taux d'intérêt futurs en tenant compte de l'incertitude et des fluctuations aléatoires. Ces

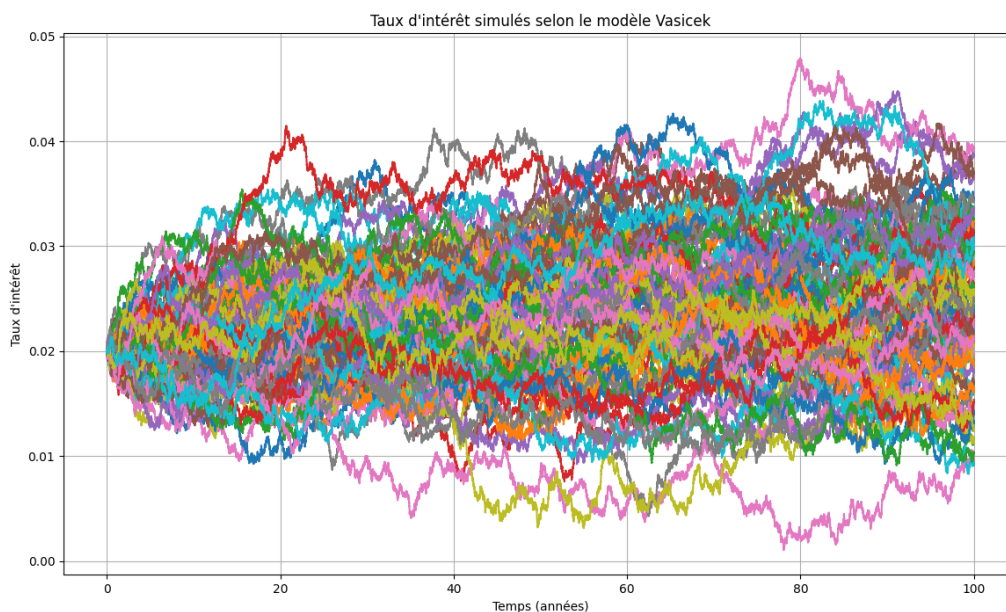


FIGURE 3.4 – Taux d'intérêt simulés selon le modèle Vasicek

simulations ont été utilisées pour calculer les prix des obligations zéro-coupon à différentes maturités. Le prix d'une obligation zéro-coupon pour une maturité T dans le modèle de Vasicek est donné par la formule suivante :

$$P(0, T) = A(0, T) \exp(-B(0, T)r_0)$$

où

$$B(t, T) = \frac{1 - \exp(-\alpha(T - t))}{\alpha}$$

et

$$A(t, T) = \exp\left(\left(\beta - \frac{\sigma^2}{2\alpha^2} - \lambda\sigma\right)(B(t, T) - (T - t)) - \frac{\sigma^2}{4\alpha}B(t, T)^2\right)$$

Ces fonctions $A(t, T)$ et $B(t, T)$ dépendent des paramètres α , β , et σ , ainsi que de λ , le marché du risque. λ ajuste les prix pour tenir compte de la prime de risque de marché. Pour estimer λ , nous avons minimisé l'erreur entre les prix observés des obligations zéro-coupon et les prix modélisés. L'erreur de calibration est donnée par :

$$\text{Erreur de calibration} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{observé}}(0, T_i) - P_{\text{modèle}}(0, T_i, \lambda))^2$$

où $P_{\text{observé}}(0, T_i)$ est le prix observé de l'obligation zéro-coupon pour la maturité T_i , et $P_{\text{modèle}}(0, T_i, \lambda)$ est le prix modélisé pour la même maturité en utilisant le modèle de

Vasicek avec λ comme paramètre de calibration. Le résultat de cette optimisation nous a donné une estimation de $\lambda = 0.723$.

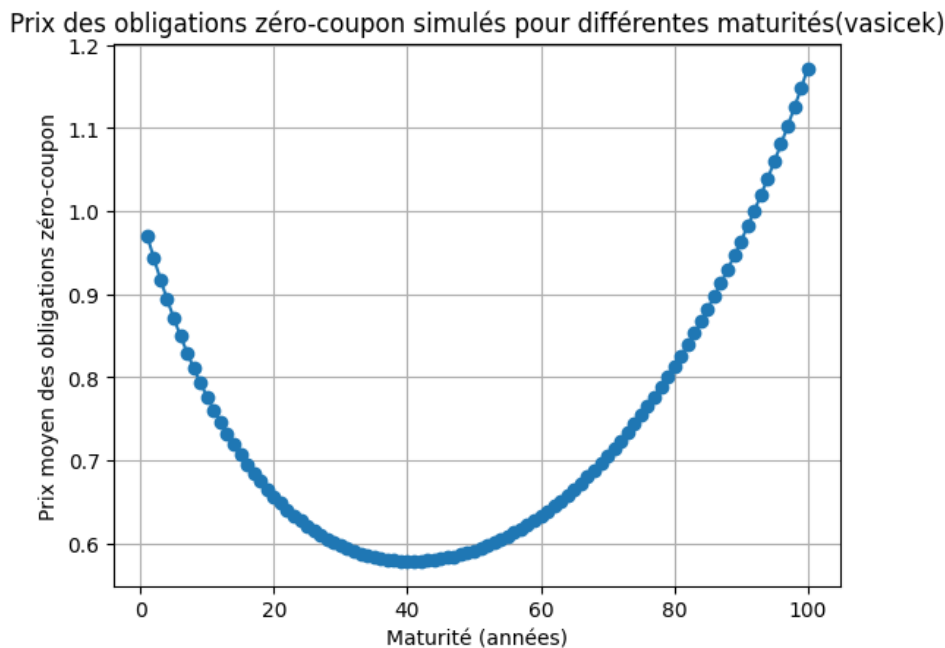


FIGURE 3.5 – Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle Vasicek)

La figure 3.5 montre les prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités. On observe que les prix suivent une courbe en forme de U, ce qui est attendu sous le modèle de Vasicek. Cette forme en U est due à la combinaison des effets de la réversion vers la moyenne et de la volatilité.

Pour les maturités courtes, les prix des obligations sont proches de leur valeur nominale car il y a moins de temps pour que les taux d'intérêt fluctuent. À mesure que la maturité augmente, les prix des obligations diminuent initialement car l'effet de la réversion vers la moyenne pousse les taux d'intérêt à se stabiliser autour de β , réduisant ainsi les prix. Cependant, pour des maturités très longues, les prix commencent à augmenter de nouveau en raison de l'effet combiné de la réversion et de l'accumulation de volatilité sur de longues périodes.

Ces résultats confirment l'aptitude du modèle de Vasicek à capturer les dynamiques des taux d'intérêt et à fournir des estimations réalistes des prix des obligations zéro-coupon pour différentes maturités.

3.8 Le Modèle Cox-Ingersoll-Ross (CIR)

Le modèle de Cox-Ingersoll-Ross (CIR) est un modèle d'équilibre largement utilisé pour modéliser la structure par terme des taux d'intérêt. Ce modèle est particulièrement apprécié en finance quantitative car il garantit que les taux d'intérêt restent toujours positifs, une caractéristique essentielle pour une modélisation réaliste des taux d'intérêt.

Le modèle CIR est décrit par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$dr_t = k(\theta - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t, \quad (3.9)$$

où les termes sont définis comme suit :

- r_t : le taux d'intérêt à court terme à l'instant t ;
- θ : la moyenne à long terme vers laquelle tend le taux court ;
- k : la vitesse de réajustement du taux court vers θ ;
- σ : la volatilité des variations instantanées de r_t , proportionnelle à la racine carrée de r_t ;
- W_t : un mouvement brownien standard.

Le terme de réajustement $k(\theta - r_t)$ indique que lorsque le taux d'intérêt r_t est inférieur à θ , le terme est positif et tend à augmenter r_t , et inversement lorsque r_t est supérieur à θ . Ce mécanisme de réversion vers la moyenne est essentiel pour garantir que les taux d'intérêt ne dérivent pas indéfiniment.

L'une des caractéristiques principales du modèle CIR est que la volatilité du taux d'intérêt est proportionnelle à la racine carrée du taux lui-même, ce qui empêche le taux d'intérêt de devenir négatif. Cela signifie que plus le taux d'intérêt est bas, plus la volatilité est faible, réduisant ainsi la probabilité que le taux atteigne zéro ou devienne négatif. Mathématiquement, cette propriété est représentée par le terme $\sigma\sqrt{r_t}dW_t$, où σ est un paramètre de volatilité et dW_t représente un incrément du mouvement brownien standard.

En finance, le modèle CIR est utilisé pour évaluer et modéliser divers instruments financiers sensibles aux taux d'intérêt, tels que les obligations, les options sur taux d'intérêt, et les dérivés de crédit. La formule exacte pour le prix d'une obligation zéro-coupon sous le modèle CIR implique les fonctions $A(t, T)$ et $B(t, T)$, qui sont définies comme suit :

$$B(t, T) = \frac{2(e^{\gamma(T-t)} - 1)}{(\gamma + k + \lambda_{\text{market}})(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma} \quad (3.10)$$

$$A(t, T) = \left(\frac{2\gamma \exp\left(\frac{(k + \lambda_{\text{market}} + \gamma)(T-t)}{2}\right)}{(\gamma + k + \lambda_{\text{market}})(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma} \right)^{\frac{2k\theta}{\sigma^2}} \quad (3.11)$$

où

$$\gamma = \sqrt{(k + \lambda_{\text{market}})^2 + 2\sigma^2} \quad (3.12)$$

Les fonctions $A(t, T)$ et $B(t, T)$ permettent de calculer le prix $P(t, T)$ d'une obligation zéro-coupon ayant une maturité T à l'instant t en utilisant la formule :

$$P(t, T) = A(t, T) \exp(-B(t, T)r_t) \quad (3.13)$$

Ces formules montrent que le modèle CIR prend en compte la dynamique stochastique des taux d'intérêt et la structure par terme, permettant ainsi d'obtenir des prix

d'obligations qui reflètent les conditions de marché.

3.9 Calibrage et simulation du modèle CIR

Pour le modèle CIR, nous avons estimé les paramètres suivants :

- $\alpha = 0.0163$: Le paramètre α représente la vitesse de réajustement vers la moyenne de long terme β . Une valeur plus élevée de α indique que le taux d'intérêt revient plus rapidement à sa moyenne à long terme.
- $\beta = 0.0272$: Le paramètre β est la moyenne de long terme des taux d'intérêt. C'est le niveau vers lequel le taux d'intérêt tend à revenir au fil du temps.
- $\sigma = 0.0013$: Le paramètre σ mesure la volatilité des taux d'intérêt. Dans le modèle CIR, la volatilité est proportionnelle à la racine carrée du taux d'intérêt, ce qui empêche le taux d'intérêt de devenir négatif.
- $\lambda = 0.0374$: Le paramètre λ représente le prix du risque de marché. Il ajuste les prix des obligations pour tenir compte de l'aversion au risque des investisseurs.

Ces paramètres ont été calibrés à partir des données historiques des taux d'intérêt en utilisant une régression linéaire et une optimisation pour minimiser l'erreur de calibration. La régression linéaire a été utilisée pour estimer α , β , et σ , tandis que λ a été estimé en minimisant l'erreur entre les prix des obligations zéro-coupon observés et modélisés.

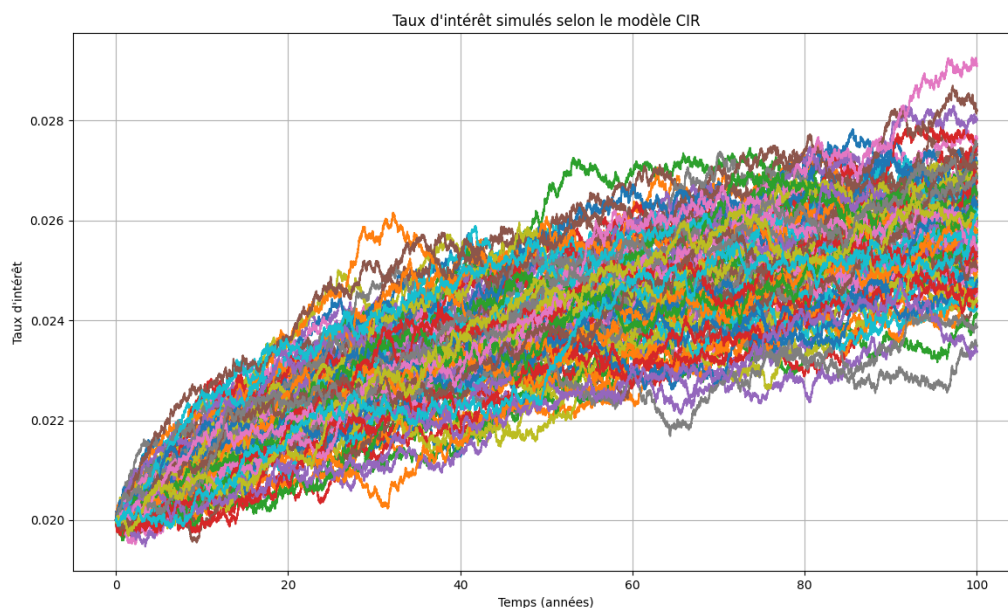


FIGURE 3.6 – Taux d'intérêt simulés selon le modèle CIR

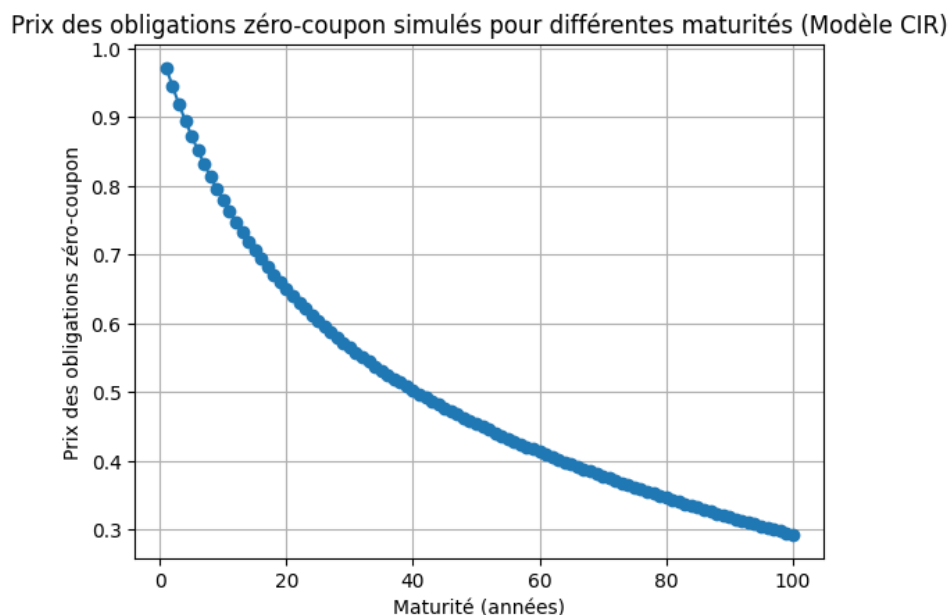


FIGURE 3.7 – Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle CIR)

La figure 3.7 montre les prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités sous le modèle CIR. Contrairement au modèle de Vasicek, les prix des obligations diminuent de manière monotone avec la maturité. Cette diminution reflète l'influence de la volatilité croissante avec le niveau des taux d'intérêt. En effet, dans le modèle CIR, la volatilité est proportionnelle à la racine carrée du taux d'intérêt. Ainsi, lorsque le taux d'intérêt est bas, la volatilité est faible, ce qui entraîne des prix d'obligations plus élevés pour les maturités courtes. À mesure que la maturité augmente, la volatilité augmente également, ce qui conduit à des prix d'obligations plus bas pour les maturités longues.

Ces résultats mettent en évidence l'importance de la volatilité et de la réversion vers la moyenne dans la détermination des prix des obligations zéro-coupon.

3.10 Le Modèle de Hull-White

Le modèle de Hull-White est une extension du modèle de Vasicek qui permet une meilleure adaptation aux données du marché grâce à l'introduction de termes de volatilité dépendant du temps. Ce modèle est largement utilisé en finance pour modéliser la structure par terme des taux d'intérêt. L'équation différentielle stochastique (EDS) du modèle de Hull-White est donnée par :

$$dr_t = [\theta(t) - ar_t]dt + \sigma(t)dW_t$$

où les termes sont définis comme suit :

- r_t : le taux d'intérêt à court terme à l'instant t .
- $\theta(t)$: une fonction du temps qui ajuste le taux moyen vers lequel tend le taux court.
- a : la vitesse de réajustement du taux court vers la moyenne à long terme.

- $\sigma(t)$: une fonction du temps représentant la volatilité des variations instantanées de r_t .
- W_t : un mouvement brownien standard.

Le terme de réajustement ar_t indique que lorsque le taux d'intérêt r_t s'écarte de la moyenne de long terme déterminée par $\theta(t)$, il tend à y revenir à une vitesse proportionnelle à a . La fonction $\sigma(t)$ permet de modéliser une volatilité qui varie avec le temps, rendant le modèle plus flexible et réaliste par rapport aux conditions du marché.

3.11 Calibrage et simulation du Modèle de Hull-White

Pour appliquer le modèle de Hull-White, nous avons estimé les paramètres suivants à partir des données historiques des taux d'intérêt interbancaires :

- $\alpha = 0.0163$: Représente la vitesse de réajustement vers la moyenne de long terme.
- $\sigma = 0.0013$: Représente la volatilité des variations instantanées de r_t .
- $\theta = 0.0026$: Représente la moyenne de long terme ajustée par le temps.

Ces paramètres ont été calibrés en utilisant des techniques d'optimisation pour minimiser l'erreur entre les prix observés des obligations zéro-coupon et ceux modélisés par Hull-White. La calibration a impliqué plusieurs étapes, notamment la préparation des données, le calcul des différences de taux et de temps, l'estimation des paramètres par régression linéaire et l'optimisation pour ajuster θ .

Pour simuler les trajectoires futures des taux d'intérêt selon le modèle de Hull-White, nous avons utilisé les paramètres estimés et les équations suivantes :

$$B(t, T) = \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a} \quad (3.14)$$

$$A(t, T) = \exp\left((B(t, T) - (T - t))\left(\theta - \frac{\sigma^2}{2a^2}\right) - \frac{\sigma^2 B(t, T)^2}{4a}\right) \quad (3.15)$$

Ces fonctions $A(t, T)$ et $B(t, T)$ sont utilisées pour calculer le prix $P(t, T)$ d'une obligation zéro-coupon ayant une maturité T à l'instant t :

$$P(t, T) = A(t, T) \exp(-B(t, T)r_t) \quad (3.16)$$

La figure 3.9 montre les prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités sous le modèle de Hull-White. Les prix présentent une courbe en forme de U, ce qui indique que ce modèle capture également les caractéristiques essentielles de la dynamique des taux d'intérêt à court terme. Les prix des obligations diminuent initialement avec la maturité puis augmentent pour des maturités très longues, reflétant les effets de la réversion vers la moyenne et de la volatilité croissante avec les taux d'intérêt.

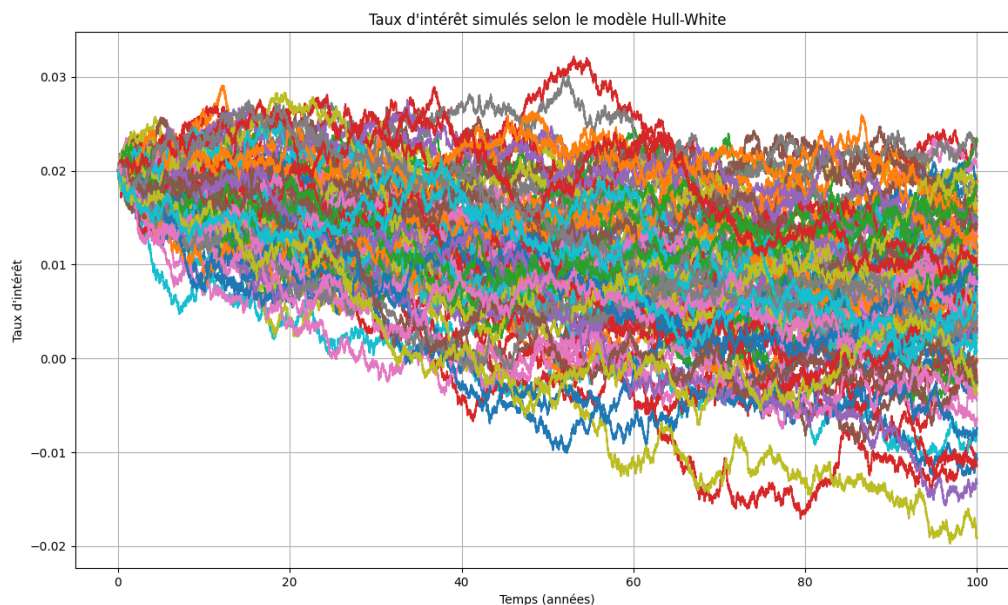


FIGURE 3.8 – Taux d'intérêt simulés selon le modèle Hull-White

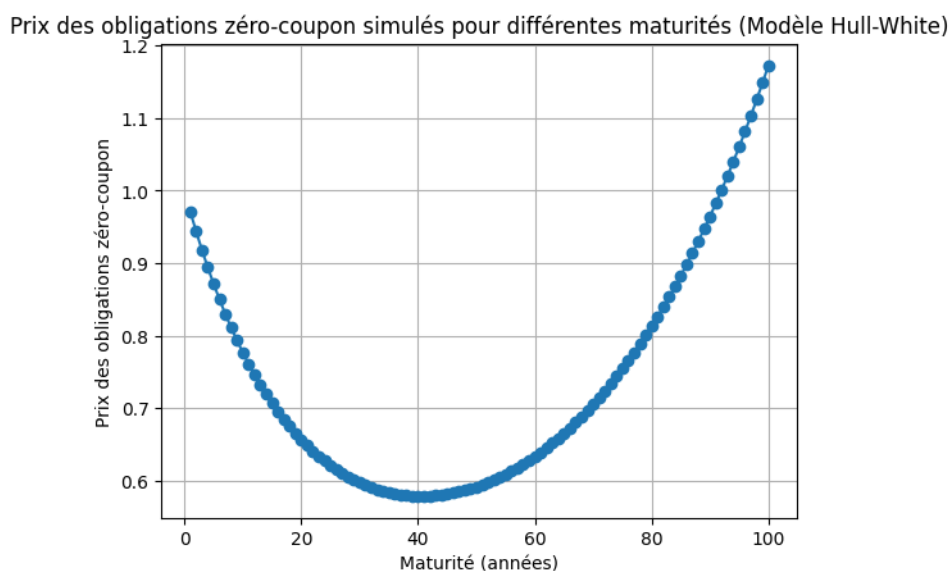


FIGURE 3.9 – Prix des obligations zéro-coupon simulés pour différentes maturités (Modèle Hull-White)

Ces résultats montrent l'efficacité du modèle Hull-White pour modéliser les prix des obligations zéro-coupon en capturant la dynamique stochastique des taux d'intérêt et en permettant une flexibilité accrue grâce à l'utilisation de fonctions temporelles pour la moyenne et la volatilité.

3.12 Comparaison des Modèles

Pour comparer les modèles de taux d'intérêt, nous avons calculé les erreurs de calibration pour chaque modèle en utilisant les prix observés des obligations zéro-coupon. Les erreurs de calibration permettent de mesurer l'écart entre les prix théoriques produits par les modèles et les prix observés du marché. Les résultats sont les suivants :

- Erreur de calibration du modèle Vasicek : 41.46
- Erreur de calibration du modèle CIR : 17.17
- Erreur de calibration du modèle Hull-White : 15.88

Les erreurs de calibration montrent que le modèle de Hull-White a la meilleure performance en termes de précision de la calibration, suivi par le modèle CIR et enfin le modèle de Vasicek.

Calcul de l'erreur de calibration : L'erreur de calibration est calculée en comparant les prix observés des obligations zéro-coupon aux prix théoriques produits par chaque modèle. Les prix observés ($P_{\text{observé}}$) sont dérivés des taux d'intérêt observés à différentes maturités en utilisant la formule :

$$P_{\text{observé},i} = e^{-r_i T_i}$$

où r_i est le taux d'intérêt observé pour une maturité T_i .

Pour chaque modèle, l'erreur de calibration est définie comme la somme des carrés des différences entre les prix modélisés et les prix observés :

$$\text{Erreur de Calibration} = \sum_i (P_{\text{modélisé},i} - P_{\text{observé},i})^2$$

Interprétation des résultats : La comparaison des modèles montre que le modèle de Hull-White offre la meilleure adéquation aux données observées, ce qui peut être attribué à sa flexibilité supplémentaire avec des termes de volatilité dépendant du temps. Le modèle CIR, tout en garantissant des taux d'intérêt positifs, présente une bonne performance mais est légèrement inférieur au modèle de Hull-White en termes de précision. Le modèle de Vasicek, bien qu'utile pour sa simplicité, montre une plus grande erreur de calibration, indiquant qu'il peut être moins adapté pour capturer certaines dynamiques observées sur le marché.

4 MODÉLISATION DES ACTIONS

4.1 Présentation du modèle de Black & Scholes

Le modèle de Black & Scholes (B&S) est un modèle qui décrit en réalité un mouvement brownien géométrique. Un processus suit le modèle de B&S s'il décrit la dynamique stochastique suivante :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dB_t,$$

avec :

- μ : la moyenne du rendement des actions, elle est constante.
- σ : la volatilité du rendement des actions, elle est supposée constante.
- S_t : le prix de l'action à l'instant $t > 0$.
- B_t : un mouvement brownien standard.

Les hypothèses de ce modèle sont :

- Le cours de l'actif sous-jacent S_t suit un mouvement brownien géométrique avec une volatilité σ constante et un taux stochastique.
- Le sous-jacent est coté en continu sur les marchés financiers et il est parfaitement divisible.
- L'absence d'opportunité d'arbitrage et de coût de transaction et d'impôts.
- La vente à découvert est autorisée.

En appliquant le lemme d'Itô à $\ln(S_t)$, on obtient une solution explicite de l'équation différentielle stochastique :

$$S_{t+1} = S_t \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma (B_{t+1} - B_t) \right).$$

Ainsi, le rendement du fond d'actions suit une loi normale de moyenne $\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right)$ et de variance σ^2 suite aux propriétés du processus brownien. Le rendement s'écrit alors sous la forme suivante :

$$r_t = \ln \left(\frac{S_{t+1}}{S_t} \right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma (B_{t+1} - B_t).$$

4.2 Présentation du modèle de diffusion par saut (Jump Diffusion)

Le modèle de diffusion par saut (Jump Diffusion) est une extension du modèle de Black & Scholes qui inclut des sauts pour capturer les mouvements brusques et discontinus dans les prix des actifs. Ce modèle décrit la dynamique stochastique suivante :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dB_t + dJ_t,$$

où :

- μ : la moyenne du rendement des actions, elle est constante.
- σ : la volatilité du rendement des actions, elle est supposée constante.
- S_t : le prix de l'action à l'instant $t > 0$.
- B_t : un mouvement brownien standard.
- J_t : un processus de saut de Poisson indépendant de B_t .

Le processus de saut J_t est défini comme suit :

$$dJ_t = \sum_{i=1}^{N_t} (Y_i - 1),$$

où :

- N_t : un processus de Poisson avec une intensité λ , représentant le nombre de sauts jusqu'à l'instant t .
- Y_i : la taille du i -ème saut, où $\ln(Y_i)$ suit une distribution normale de moyenne m et de variance v .

Les hypothèses de ce modèle sont :

- Le cours de l'actif sous-jacent S_t suit un mouvement brownien géométrique avec des sauts.
- Les sauts se produisent selon un processus de Poisson avec une intensité λ .
- La taille des sauts est log-normale, avec $\ln(Y_i) \sim \mathcal{N}(m, v)$.
- Le sous-jacent est coté en continu sur les marchés financiers et il est parfaitement divisible.
- L'absence d'opportunité d'arbitrage et de coût de transaction et d'impôts.
- La vente à découvert est autorisée.

La solution explicite de l'équation différentielle stochastique sous le modèle de Merton est donnée par :

$$S_{t+1} = S_t \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k \right) dt + \sigma (B_{t+1} - B_t) + \sum_{i=1}^{N_{t+1} - N_t} \ln(Y_i) \right),$$

où $k = \mathbb{E}[Y_i - 1] = e^m + \frac{v}{2} - 1$.

Ainsi, le rendement du fond d'actions sous le modèle de Merton s'écrit sous la forme suivante :

$$r_t = \ln \left(\frac{S_{t+1}}{S_t} \right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k \right) dt + \sigma (B_{t+1} - B_t) + \sum_{i=1}^{N_{t+1} - N_t} \ln(Y_i).$$

4.3 Application du modèle de Black & Scholes

Pour modéliser avec précision la dynamique des prix des actions, nous avons sélectionné l'indice MASI, qui est l'indice boursier phare de la Bourse de Casablanca. Constitué d'une diversité de titres cotés sur le marché casablancais, cet indice représente un baromètre fiable pour l'économie marocaine, reflétant l'évolution globale du marché et servant de référence pour les investissements à long terme.

3.i Présentation des données

Notre analyse repose sur une base de données consolidée de l'indice MASI, recueillant les observations des prix entre 2020 et 2023. Nous disposons de données précises sur les prix de clôture, qui sont essentiels pour notre modélisation. L'accent est mis sur l'utilisation de ces données pour évaluer les options financières en appliquant le modèle de Black & Scholes, permettant ainsi d'appréhender les perspectives et les risques associés à cet indice majeur sur le marché marocain.

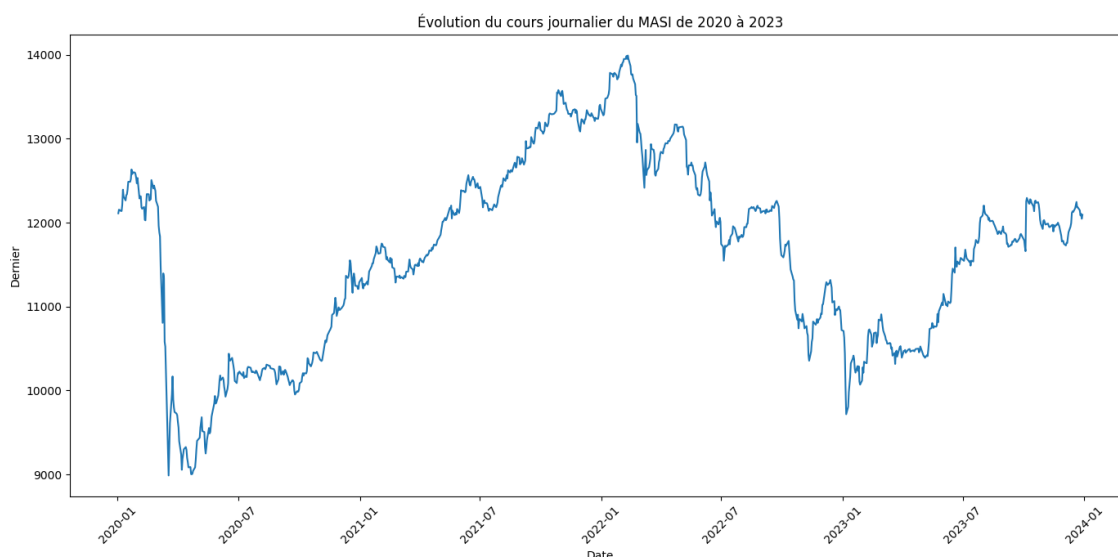


FIGURE 4.1 – Évolution du cours journalier du MASI de 2020 à 2023

L'indice boursier marocain présente des variations significatives, à la hausse comme à la baisse, manifestant une volatilité notable qui rend complexe la prévision de son évolution à long terme. Cette volatilité intrinsèque motive l'utilisation d'outils de modélisation avancés pour une évaluation adéquate des produits dérivés. Dans cette optique, le modèle de Black-Scholes (B&S), qui repose sur des hypothèses spécifiques, est appliqué. Les hypothèses fondamentales du modèle B&S sont les suivantes :

- Les rendements de l'actif sous-jacent suivent une distribution log-normale, impliquant un mouvement brownien géométrique.
- Les marchés sur lesquels l'actif est échangé sont parfaitement efficaces, et l'information est pleinement reflétée dans les prix des actifs.
- La volatilité σ des rendements de l'actif sous-jacent est constante sur la durée de vie de l'option.
- Le taux d'intérêt sans risque r est connu et reste inchangé durant toute la période considérée.

- L'actif sous-jacent ne distribue aucun dividende pendant la durée de vie de l'option.
- Il n'existe aucune opportunité d'arbitrage, ce qui signifie qu'il n'est pas possible de réaliser un profit sans risque.
- Les actifs sont parfaitement divisibles, permettant ainsi l'achat ou la vente de fractions quelconques d'actifs.
- La vente à découvert est autorisée, sans restriction ni coût de transaction.

En transition d'une analyse basée sur des données journalières à des données mensuelles, nous cherchons à lisser les fluctuations quotidiennes et à obtenir une estimation plus fiable de la volatilité, un paramètre clé dans l'évaluation des options selon le modèle B&S.

3.ii Calcul des Rendements Logarithmiques

À partir de notre ensemble de données, nous avons calculé les rendements mensuels selon la formule des rendements logarithmiques :

$$\text{Rendement}_t = \ln \left(\frac{\text{COURS}_t}{\text{COURS}_{t-1}} \right).$$

Avant de vérifier la normalité et la stationnarité des rendements, il est essentiel d'en examiner les caractéristiques statistiques.

4.4 Vérification de la Stationnarité

Pour appliquer correctement les modèles stochastiques aux rendements des actions, il est important de vérifier si les séries temporelles sont stationnaires. Une série temporelle est dite stationnaire si ses propriétés statistiques, telles que la moyenne et la variance, ne changent pas au cours du temps. La stationnarité est une condition préalable à de nombreux modèles financiers, y compris les modèles de Black-Scholes et de Merton. Pour vérifier la stationnarité des rendements logarithmiques, nous avons utilisé les tests suivants :

- Test de Dickey-Fuller augmenté (ADF)
- Test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)

Le test ADF a pour hypothèse nulle que la série temporelle a une racine unitaire (non-stationnaire), tandis que le test KPSS a pour hypothèse nulle que la série temporelle est stationnaire.

Test	Statistique	P-value
ADF	-17.8039	3.21×10^{-30}
KPSS	0.1726	0.10

TABLE 4.1 – Résultats des tests de stationnarité

Les résultats du test ADF (Tableau 4.1) montrent que nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle de non-stationnarité (p-value < 0.05), indiquant que les rendements logarithmiques sont stationnaires. Par ailleurs, le test KPSS montre que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle de stationnarité (p-value > 0.05), ce qui confirme également la stationnarité de la série temporelle.

Ces résultats nous permettent de conclure que les rendements logarithmiques des actions sont stationnaires, ce qui est une condition favorable pour l'application des modèles de Black-Scholes et de Merton.

4.5 Tests de Normalité et Présence de Sauts

Pour appliquer le modèle de Black & Scholes, il est nécessaire de vérifier l'hypothèse de la normalité des rendements logarithmiques des actions. À cette fin, nous avons employé à la fois des visualisations graphiques et des tests statistiques. La figure 4.2 illustre une comparaison entre la série empirique observée et la loi normale générée par les paramètres de cette première.

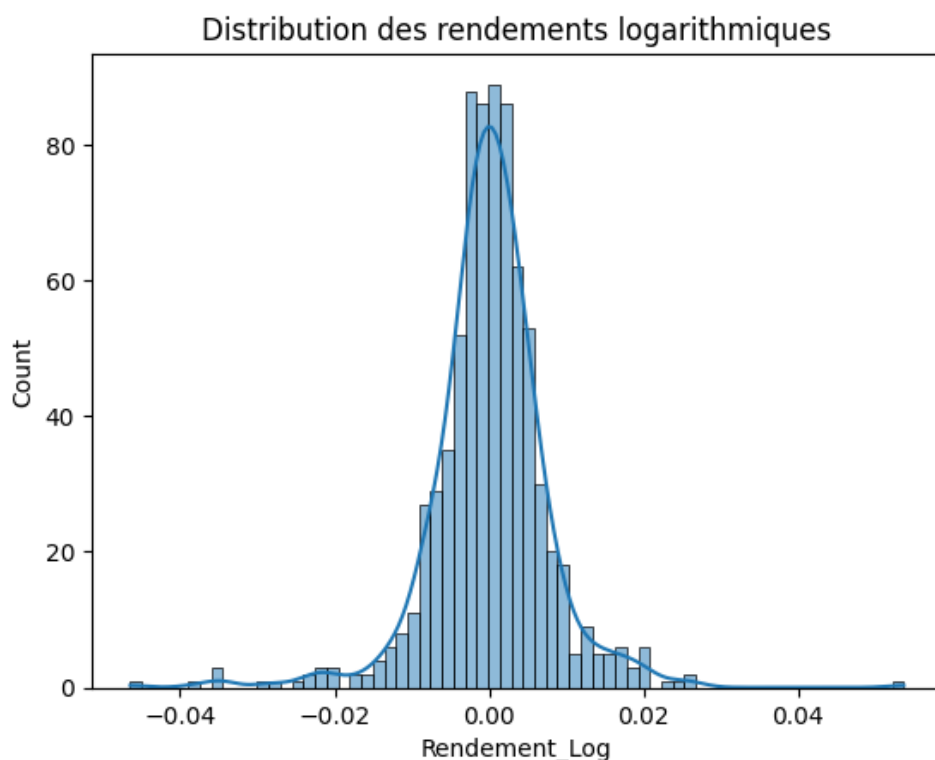


FIGURE 4.2 – Distribution des rendements logarithmiques comparée à une distribution normale

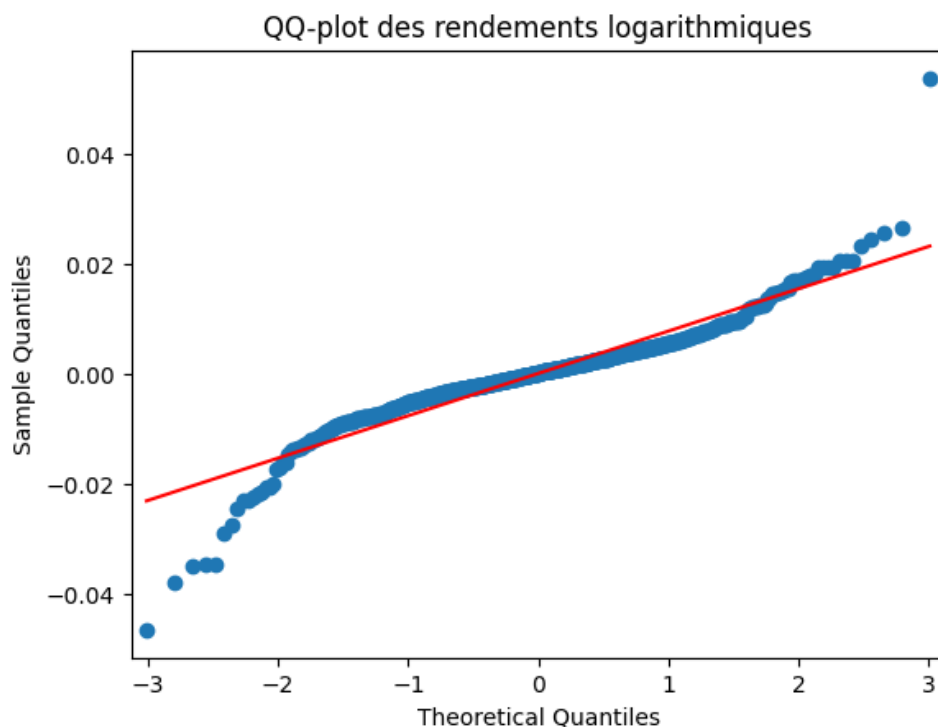


FIGURE 4.3 – QQ-plot des rendements logarithmiques

Les résultats des tests de normalité, y compris le test de Shapiro-Wilk et le test de Jarque-Bera, sont présentés dans le tableau 4.2.

Test	Statistique	P-value
Shapiro-Wilk	0.9028	0.0000
Jarque-Bera	1892.5262	0.0000
Kolmogorov-Smirnov	0.0935	0.0000

TABLE 4.2 – Résultats des tests de normalité

Les résultats des tests de normalité montrent clairement que nous rejetons l'hypothèse de normalité des rendements logarithmiques (p-value inférieures à 0.05). Ces résultats suggèrent que les rendements des actions ne suivent pas une distribution normale, condition nécessaire pour l'application du modèle de Black & Scholes.

En conséquence, étant donné que l'hypothèse de normalité n'est pas satisfaite, le modèle de Black & Scholes ne peut pas être appliqué de manière adéquate pour modéliser les rendements des actions dans ce contexte. Il est donc nécessaire d'explorer des modèles alternatifs, tels que le modèle de diffusion par saut (Jump Diffusion), qui prennent en compte les caractéristiques non normales des rendements, notamment les sauts et les queues épaisses observés dans la distribution empirique.

4.6 Simulation du modèle de diffusion par saut

Pour illustrer l'application du modèle diffusion par saut, nous avons simulé les trajectoires des prix des actifs sur une période de 100 ans en utilisant les paramètres estimés. La figure 4.4 montre une des trajectoires simulées.

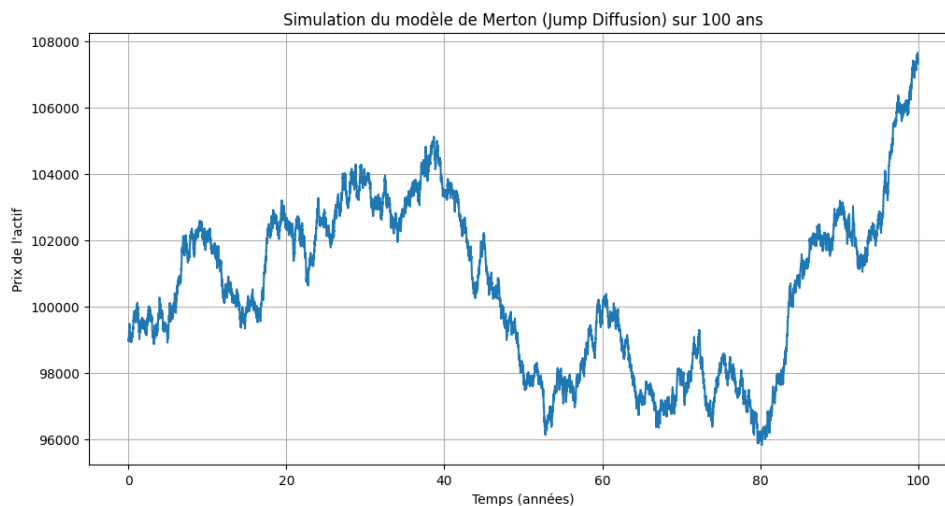


FIGURE 4.4 – Simulation du modèle de diffusion par saut (Jump Diffusion) sur 100 ans

Les paramètres estimés pour le modèle de diffusion par saut ont les suivants :

- λ (taux de saut) : 0.01
- m (moyenne des sauts) : 1.0589798637128653e-05
- v (variance des sauts) : 0.001

Ces paramètres indiquent une faible fréquence de sauts avec des magnitudes de sauts relativement petites, ce qui est cohérent avec les observations empiriques.

Les sauts et la diffusion normale capturés par le modèle de diffusion par saut offrent une modélisation plus réaliste des rendements des actions comparée au modèle de Black & Scholes, particulièrement dans des marchés où des mouvements brusques et discontinus sont observés.

5 B.PARTIE-PASSIF

5.1 Hypothèses du passif

La projection des passifs est une procédure fondamentale dans la gestion des engagements d'une compagnie d'assurance. Elle requiert l'utilisation de tables de mortalité fiables et de modèles de comportement des assurés, tels que les taux de rachat, pour estimer de manière précise les obligations futures.

Table de Mortalité Nous avons utilisé la table de mortalité TD88-90, Cette table fournit les probabilités de décès nécessaires à l'estimation des mortalité et la projection démographique.

Lois de Sortie Les lois de sortie représentent le comportement des assurés en relation avec la résiliation de leur contrat d'assurance et sont essentielles pour la modélisation des flux de trésorerie. Les lois suivantes ont été adoptées :

- Les **taux de rachat en nombre** traduisent la probabilité qu'un contrat soit résilié par l'assuré à un moment donné.
- Les **primes moyennes périodiques** estiment le montant moyen des primes que l'assuré verse de façon régulière.
- Les **taux de rachat en montants** indiquent la proportion des engagements financiers rachetés.
- Les **primes moyennes non périodiques** reflètent les primes versées de manière non régulière, telles que les versements uniques ou les primes d'exercice.
- Dans cette projection, nous ne prendrons pas en compte les frais associés à la gestion des contrats. L'exclusion des frais permet de simplifier le modèle et de se concentrer sur l'estimation des engagements principaux de la compagnie d'assurance.

Les graphiques ci-dessous illustrent les distributions et tendances observées à partir de l'analyse des données historiques de Wafa Assurance.

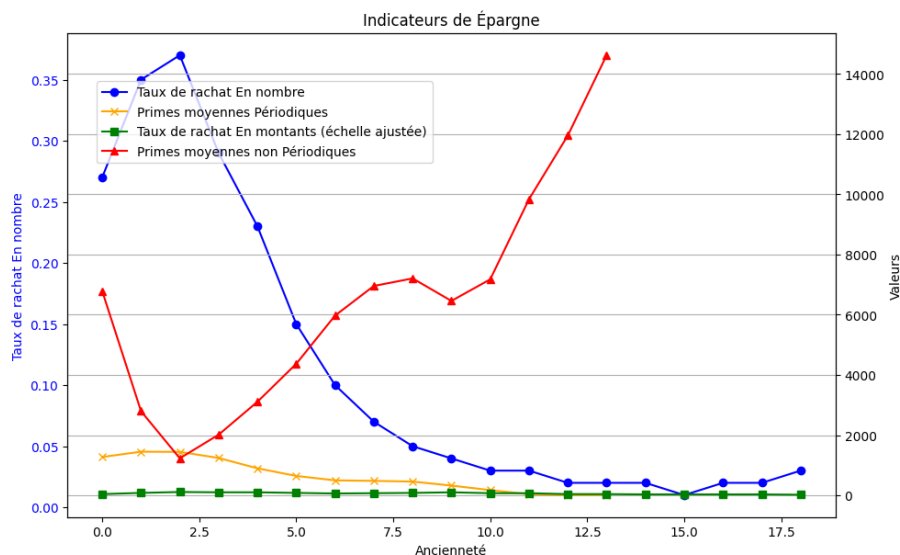


FIGURE 5.1 – Indicateurs de epargne

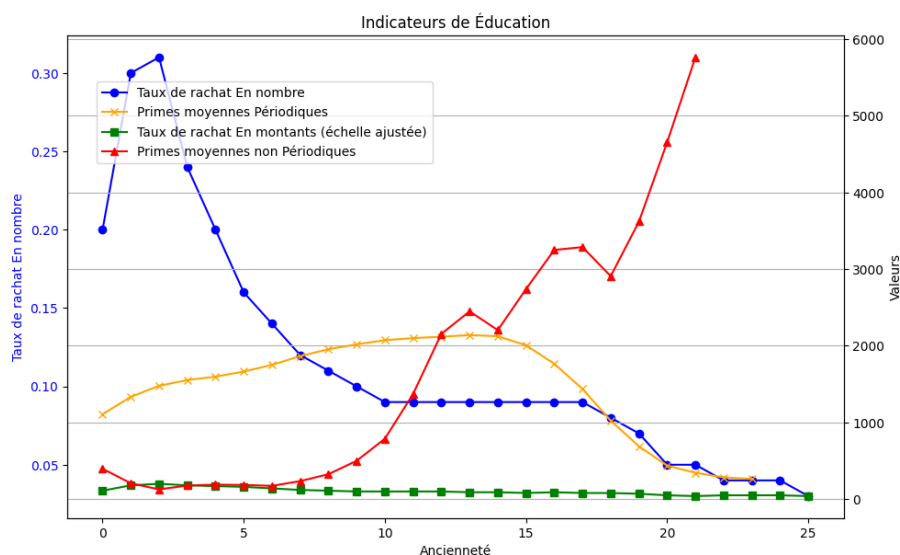


FIGURE 5.2 – Indicateurs de éducation

5.2 Taux Minimum Garanti et Participation aux Bénéfices

Taux Minimum Garanti Les contrats de capitalisation sont assortis d'un taux minimum garanti (TMG). Ce taux représente l'engagement de l'assureur à servir un rendement annuel qui ne saurait être inférieur à ce seuil. Le TMG est révisé annuellement dans le respect de la réglementation actuelle. Pour nos projections, nous avons fixé un TMG constant de 0.5%.

Participation aux Bénéfices Outre le TMG, la participation aux bénéfices (PB) constitue le second élément du taux servi, contribuant ainsi à la revalorisation annuelle du contrat. En pratique, la PB correspond à 70% pour les nouvelles offres et à 90% pour les offres existantes du solde technique ou financier de l'assureur.

Dans notre modèle de gestion actif-passif (ALM), la simplification a été adoptée en ne considérant que le rendement financier relatif aux contrats. L'assureur s'acquitte d'abord

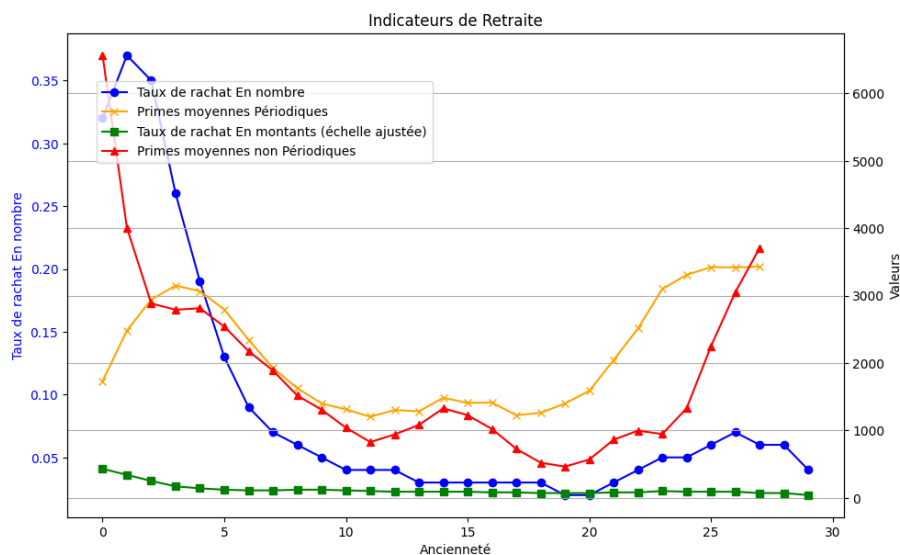


FIGURE 5.3 – Indicateurs de retraite

du TMG, puis attribue la PB calculée sur l'excédent. Le taux de PB est déterminé par l'équation suivante :

$$\text{taux de PB} = \max(0.9 \times p_t - \text{TMG}_t, 0)$$

où p_t désigne le taux de rendement des placements de l'année t . Il est à noter que ce mécanisme garantit que les assurés bénéficient d'une participation juste et régulée aux bénéfices générés par l'assureur.

5.3 Projection et calcul de la Provision Mathématique

La provision mathématique (PM) est un élément fondamental de la modélisation actuarielle, représentant la valeur actuelle des engagements futurs d'un contrat d'assurance. Elle se calcule en soustrayant la valeur actuelle des flux entrants de celle des flux sortants, selon la formule suivante :

$$PM = \text{Valeur Actuelle des Flux Sortants} - \text{Valeur Actuelle des Flux Entrants}$$

Dans notre modèle, la PM est évaluée de manière dynamique en prenant en compte les variations des flux financiers liés au contrat au cours de chaque exercice. Elle est mise à jour annuellement pour refléter les événements survenus pendant l'année, conformément à la formule suivante :

$$PM_t = PM_{t-1} + \text{Primes Encaissées} - \text{Prestations} - \text{Rachats} + \text{Intérêts Techniques}$$

où :

- PM_{t-1} représente la provision mathématique à l'ouverture de l'année, ou à la fin de l'année précédente.

- Primes Encaissées inclut les primes périodiques et non périodiques versées par les assurés.
- Prestations désigne les paiements dus aux assurés, calculés comme le produit de la provision initiale et du taux de mortalité.
- Rachats représente la valeur des contrats rachetés par les assurés, évaluée par le produit de la provision initiale et du taux de rachat en montants.
- Intérêts Techniques sont les intérêts crédités sur la PM, ici fixés à un Taux Minimum Garanti (TMG) de 5%, plus la Participation aux Bénéfices (PB) reflétant la performance attendue des investissements.

Cette méthode récursive assure une revalorisation annuelle des contrats en accord avec les mouvements du portefeuille et les conditions économiques, garantissant que la PM reflète fidèlement les engagements futurs de l'assureur.

5.4 Projection Démographique

Pour compléter l'analyse, nous réalisons également une projection démographique. Cette projection inclut l'évolution des assurés en termes de décès et de rachats. Les étapes et les formules utilisées sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

TABLE 5.1 – Projection Démographique

Étape	Formule
Nombre de personnes au début	<code>nombre_offres</code>
Nombre de décès	Nombre de décès = nombre de personnes au début \times <code>qx</code>
Nombre de personnes après décès	Nombre de personnes après décès = nombre de personnes au début - Nombre de décès
Nombre de rachats	Nombre de rachats = Nombre de personnes après décès \times <code>taux_rachat_nombre</code>
Nombre de personnes à la fin	Nombre de personnes à la fin = Nombre de personnes après décès - Nombre de rachats

- **Nombre de personnes au début** : C'est le nombre initial d'assurés au début de la période.
- **Nombre de décès** : Calculé en multipliant le nombre initial d'assurés par le taux de mortalité (qx). Cela représente le nombre d'assurés décédés durant la période.
- **Nombre de personnes après décès** : Le nombre de personnes restantes après les décès, obtenu en soustrayant le nombre de décès du nombre initial d'assurés.
- **Nombre de rachats** : Calculé en multipliant le nombre de personnes restantes après décès par le taux de rachat en nombre. Cela représente le nombre d'assurés qui ont racheté leur contrat.
- **Nombre de personnes à la fin** : Le nombre de personnes restantes à la fin de la période après les décès et les rachats.

5.5 Projection de la Provision Mathématique

La projection de la PM suit les étapes suivantes, présentées dans le tableau ci-dessous :

TABLE 5.2 – Projection de la Provision Mathématique

Étape	Formule
Montant sinistre	Montant sinistre = $PM_{t-1} \times qx$
Primes encaissées	Prime encaissée = primes périodiques + primes non périodiques
Montant racheté	Montant racheté = taux de rachat en montants $\times PM_{t-1}$
Flux financiers	Flux = $PM_{t-1} - \text{Montant sinistre} - \text{Montant racheté} + \text{Prime encaissée}$
PM à la clôture	$PM_t = \text{Flux} \times \text{Taux servi}$

5. Explications des Formules

- **Montant sinistre** : Représente la valeur de la PM associée aux assurés décédés, calculée en multipliant la PM initiale par le taux de mortalité (qx).
- **Primes encaissées** : La somme des primes périodiques et non périodiques payées par les assurés durant la période.
- **Montant racheté** : La valeur des contrats rachetés, calculée en multipliant le taux de rachat en montants par la PM initiale.
- **Flux financiers** : La variation de la PM après avoir pris en compte les sinistres, les rachats et les primes encaissées.
- **PM à la clôture** : La PM à la fin de la période, ajustée pour inclure les intérêts techniques.

Cette approche permet d'ajuster annuellement la PM en fonction des mouvements du portefeuille et des intérêts techniques, en assurant une estimation précise des engagements futurs de l'assureur.

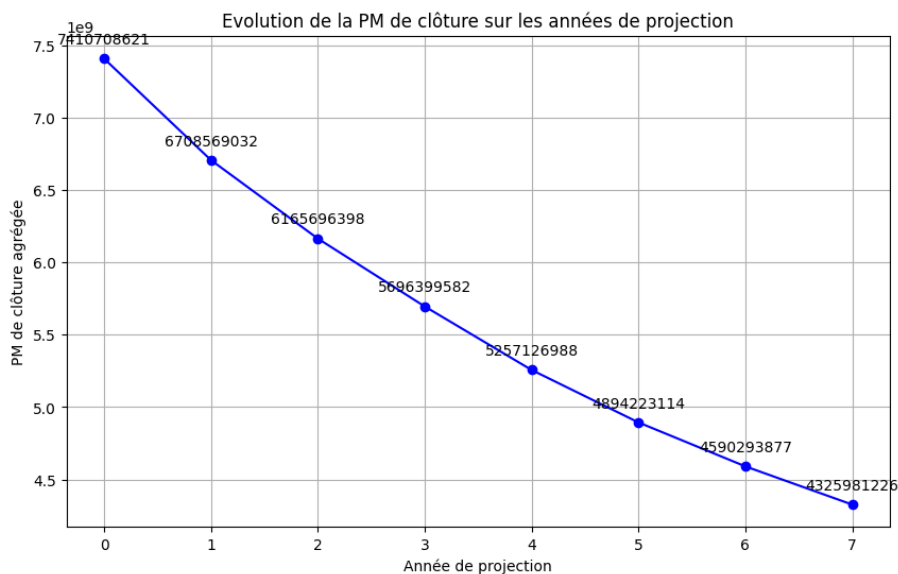


FIGURE 5.4 – Exemple de projection de la PM pour les contrats débutant à partir de 2018 sur 7 ans

6 C-INTERACTIONS ACTIF - PASSIF

Le modèle actif-passif établit un lien entre la dynamique des passifs et celle des actifs. Ce modèle peut être appliqué via une approche déterministe ou stochastique, soumettant l'actif à une variété de scénarios économiques. Il englobe des éléments tels que la revalorisation des contrats, les rachats en fonction de la conjoncture et une stratégie d'investissement adaptée. Le schéma suivant résume ces interactions.

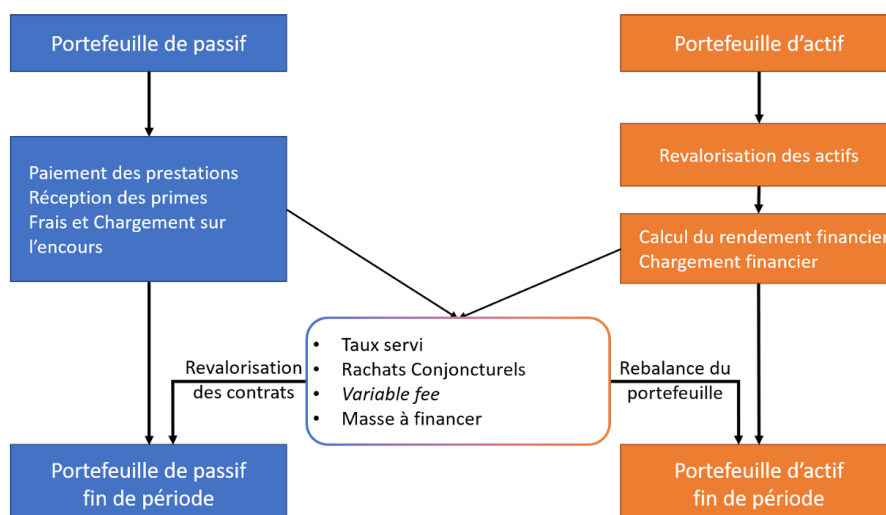


FIGURE 6.1 – Schéma de modélisation ALM

Nous avons précédemment examiné comment les actifs influencent les passifs à travers la participation aux bénéfices et la revalorisation des contrats. Nous considérons maintenant

l'influence des passifs sur les actifs, en tenant compte des flux passifs pour la revalorisation. L'analyse de ces interactions commence par l'examen de l'évolution des actifs.

En début d'année, la valeur du portefeuille d'actifs est donnée par :

$$\pi_{t-1} = \frac{49\% \pi_{t-1}}{S_{t-1}} S_t + \frac{51\% \pi_{t-1}}{P(t-1, T)} P(t, T) \quad (6.1)$$

À la clôture de l'exercice, la valeur du portefeuille est :

$$\pi'_t = \frac{49\% \pi_{t-1}}{S_{t-1}} S_t + \frac{51\% \pi_{t-1}}{P(t-1, T)} P(t, T) \quad (6.2)$$

Le rendement d'actifs est alors déterminé par :

$$\rho_t = \frac{\pi'_t - \pi_{t-1}}{\pi_{t-1}} \quad (6.3)$$

Ce rendement permet d'évaluer l'impact de l'actif sur le passif, notamment par le taux servi pour l'année et la revalorisation des provisions mathématiques.

$$\text{taux servi} = TMG_t + \text{taux PB}_t = TMG_t + \max(90\% \times \rho_t - TMG_t, 0) \quad (6.4)$$

Une portion du rendement d'investissement est reversée à l'assureur comme commission (*Variable fee*), calculée comme suit :

$$\text{Variable fee}_t = \max(\rho_t - \text{taux servi}, 0) \quad (6.5)$$

En cas de rendement d'investissement inférieur au taux servi, la différence représente une perte pour l'assureur. La valeur du portefeuille d'actifs est ensuite ajustée pour tenir compte des différentes opérations financières de l'année :

$$\pi_t = \pi'_t + \text{Versements} - \text{Prestations} - \text{Frais}_t - \text{Variable fee}_t \quad (6.6)$$

Les entrées de fonds augmentent l'actif tandis que les sorties, qui réduisent le passif, diminuent également l'actif. La commission de l'assureur est soustraite du portefeuille. Finalement, le portefeuille est rééquilibré à une allocation constante entre les obligations et les actions :

$$\pi_t = \frac{49\% \pi_t}{S_t} S_t + \frac{51\% \pi_t}{P(t, T)} P(t, T) \quad (6.7)$$

6.0 Resultat :

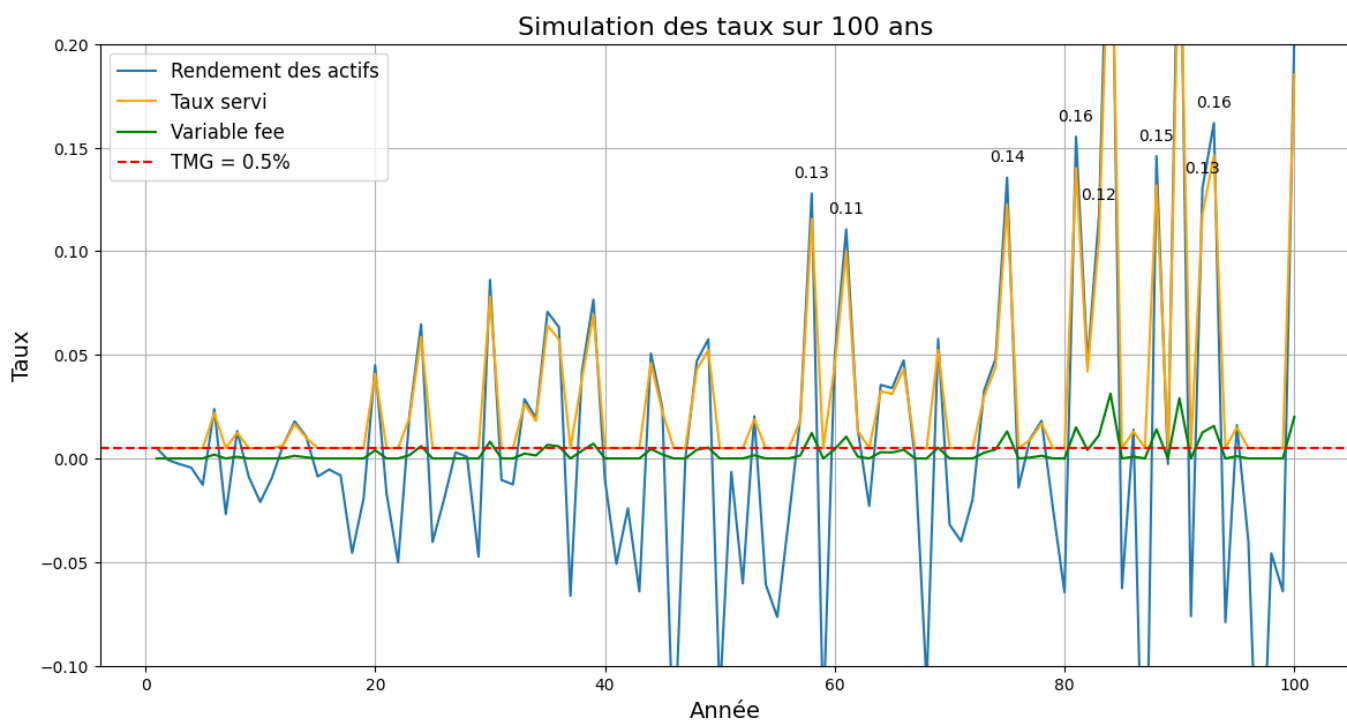


FIGURE 6.2 – projection des Rendements des Actifs, Taux de PB et Taux Servi par Année

Cette figure illustre bien la dynamique entre les rendements des actifs, le taux servi aux assurés. Elle montre comment les fluctuations des marchés financiers influencent directement les rendements offerts aux assurés et les revenus de l'assureur. Cette simulation sur 100 ans permet d'anticiper les impacts potentiels des différentes conditions de marché sur les engagements de l'assureur et les rendements offerts aux assurés.

CHAPITRE 5

COMPTABILISATION INITIALE

Nous avons utilisé un Générateur de Scénarios Économiques (GSE) pour simuler divers scénarios de marché affectant la valorisation des actifs. Deux modèles principaux ont été appliqués :

- Le modèle de Hull-white pour les taux d'intérêt, qui permet de modéliser la dynamique des taux avec une réversion vers une moyenne à long terme.
- Le modèle de diffusion par saut pour les rendements des actions, qui suit un mouvement brownien géométrique reflétant la volatilité et les tendances du marché des actions.

Ces modèles ont été utilisés pour projeter les rendements sous différents scénarios stochastiques.

Les projections des passifs ont été réalisées en utilisant des tables de mortalité et des hypothèses sur les taux de rachat et autres comportements des assurés. Ces projections sont essentielles pour évaluer les obligations futures envers les assurés sous divers scénarios économiques, intégrant les comportements de résiliation de contrats et les demandes de prestations.

1 LA BEST ESTIMATE-DÉTERMINISTE

Le Best Estimate, ou meilleure estimation, est une mesure utilisée principalement en assurance et en finance pour représenter la valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs d'un contrat d'assurance ou d'une obligation financière. Cette mesure est basée sur des hypothèses économiques et démographiques, incluant les taux d'intérêt, la mortalité, la morbidité, et d'autres facteurs de risque.

Mathématiquement, nous pouvons définir le Best Estimate par la formule suivante :

$$BE = \sum_{t=1}^{\infty} \mathbb{E}^{\mathbb{Q}} \left[\prod_{s \leq t} \left(\frac{1}{1+r_s} \right) (C_t^{out} - C_t^{in}) \right]$$

où :

- $\mathbb{E}^{\mathbb{Q}}$ représente l'espérance mathématique sous la mesure risque-neutre \mathbb{Q} .
- r_s est le taux d'intérêt au moment s .
- C_t^{out} et C_t^{in} représentent respectivement les flux de trésorerie sortants et entrants au temps t .
- Le produit $\prod_{s \leq t} \left(\frac{1}{1+r_s} \right)$ correspond à l'actualisation des flux de trésorerie à partir des taux d'intérêt applicables jusqu'au moment t .

Cette formulation permet de calculer la valeur présente des obligations futures en tenant compte de tous les risques estimés, offrant ainsi une évaluation complète des engagements financiers sous-jacents.

1.0 Projection sur 100 ans de la PM de clôture

Voici une évolution de la PM de clôture sur les 100 années de projection avec un taux servie de 5%, illustrant les changements annuels dans la valeur de gestion :

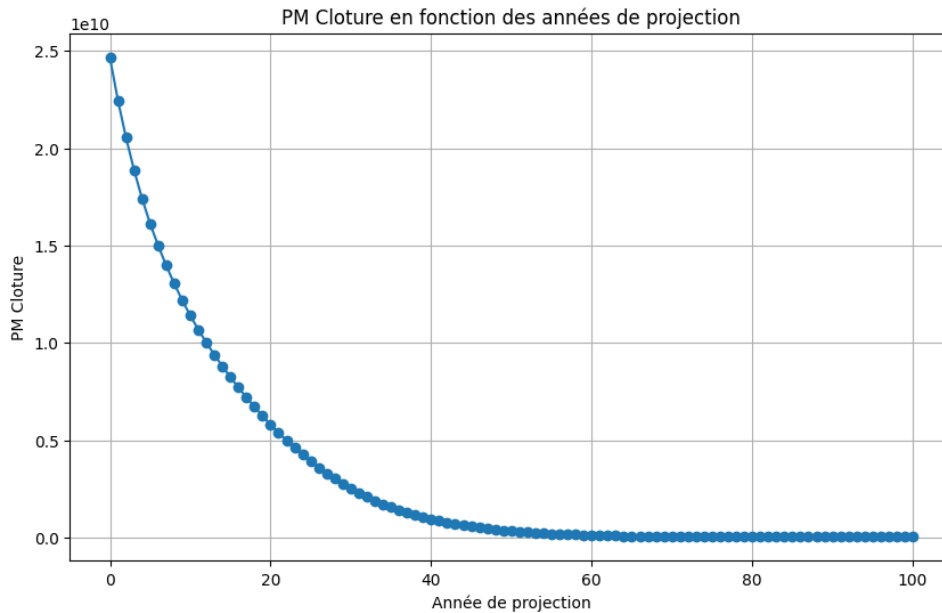


FIGURE 1.1 – Évolution de la PM de clôture sur 100 ans.

Résultat : Le calcul de la Best Estimate totale déterministe sur toutes les années projetées est donné par :

TABLE 1.1 – Best Estimate de Clôture Totale

BE	Valeur
BEL Totale Déterministe	23,979,661,210

2 LA BEST ESTIMATE-STOCHASTIQUE

Afin de tenir compte de l'incertitude des flux de trésorerie résultants, on doit estimer le BE comme une espérance mathématique de l'éventail complet des résultats possibles.

Mathématiquement, nous pouvons définir le Best Estimate par :

$$BE = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbb{E}^{\mathbb{Q}} \left[\prod_{s < t} \frac{1}{1 + r_s} (CF_t^{\text{out}} - CF_t^{\text{in}}) \right]$$

- \mathbb{Q} : la probabilité risque neutre
- CF_t : les flux entrants et sortants à la date de projection t
- r_t : le taux sans risque forward à la date t

Pour projeter les flux de trésorerie, nous avons utilisé les taux servis estimés. Ensuite, pour actualiser ces flux de trésorerie, nous avons simulé la courbe d'actualisation afin de refléter les incertitudes des taux futurs.

Dans le cadre d'une modélisation par scénarios et en utilisant la méthode de Monte Carlo, le Best Estimate peut être exprimé de la façon suivante :

$$BE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \text{flux}(j)^i \times \delta(j)^i$$

Avec :

- N : le nombre de scénarios économiques ou simulations
- T : l'horizon de projection
- $\text{flux}(j)^i$: les flux de trésorerie de l'année j pour le scénario i
- $\delta(j)^i$: le déflateur relatif à l'année j et au scénario i

Résultat : Le calcul de la Best Estimate totale stochastique sur toutes les années projetées est donné par :

TABLE 2.1 – Best stochastique de Clôture Totale

BE	Valeur
BEL Totale Stochastique	20,994,631,787

3 LA VALEUR TEMPS DES OPTIONS ET GARANTIES (TVOG)

La TVOG, ou Valeur Temps des Options et Garanties, représente la valeur additionnelle que les options et garanties inhérentes à un contrat d'assurance apportent en raison de l'incertitude et du passage du temps. Les options et garanties peuvent inclure des caractéristiques comme la possibilité pour le titulaire du contrat de retirer des fonds à des moments spécifiques ou de bénéficier de taux de rendement garantis.

La TVOG est essentielle pour évaluer avec précision les engagements futurs des assureurs et pour assurer la transparence financière.

Pour calculer la TVOG, nous utilisons la formule suivante :

$$TVOG = BE_{\text{stochastique}} - BE_{\text{déterministe}}$$

La TVOG est obtenue en faisant la différence entre le Best Estimate stochastique et le Best Estimate déterministe, ce qui permet de quantifier l'impact des incertitudes et des options sur la valeur des engagements.

Résultat : Le calcul de la TVOG sur toutes les années projetées est donné par :

TABLE 3.1 – TVOG Totale

TVOG	Valeur
TVOG Totale	-2,985,029,423

- Cela peut signifier que les scénarios économiques simulés (stochastiques) prévoient des conditions économiques futures plus favorables (par exemple, des taux d'intérêt plus élevés) qui réduisent la valeur actualisée des engagements futurs.
- Alternativement, cela peut refléter une sous-estimation des risques associés aux options et garanties dans les scénarios stochastiques par rapport aux hypothèses déterministes.

4 LE RISQUE ADJUSTMENT(RA)

4.1 Rappels normatifs

Le paragraphe **B86** rappelle que l'ajustement au titre du risque non financier doit découler des risques issus des contrats d'assurance, à l'exclusion des risques financiers. De plus, le paragraphe **B89** précise que l'ajustement au titre du risque non financier doit *“réfléter tous les risques non financiers attachés aux contrats d'assurance, mais ne pas tenir compte des risques qui ne découlent pas des contrats d'assurance”*.

La norme **IFRS17** n'impose pas de méthode d'évaluation du RA. Elle définit en revanche des principes que doivent être respectés par le RA :

- a) il sera d'un montant plus élevé si les risques sont peu fréquents mais graves ;
- b) pour des risques similaires, il sera d'un montant plus élevé si les contrats sont de longue durée ;
- c) il sera d'un montant plus élevé si la distribution des probabilités des risques est large que si elle est étroite ;
- d) il sera d'un montant d'autant plus élevé que l'estimation à jour et la tendance qu'elle présente comportent de nombreuses inconnues ;
- e) il sera d'un montant d'autant moins élevé que les statistiques récentes réduisent l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie, et vice-versa.

4.2 Le concept du Risk Adjustment et les approches différentes

Sous IFRS 17, l'ajustement pour risque non financier représente la couverture de l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie qui est engendrée par le risque non financier. Cette incertitude peut être vue comme l'écart attendu entre l'estimation des flux futurs et leurs montants réalisés. Aucune approche particulière n'est préconisée par la norme, laissant aux entités libres choix sur la méthode de calcul à retenir. Nous rappelons les 5 axiomes qui doivent être respectés pour l'évaluation du RA ¹ :

1. RA (risques faible fréquence & forte sévérité) > RA (risques haute fréquence & faible sévérité). Cette caractéristique traduit la mutualisation des risques : à espérance constante, on préfère les sommes de variance minimale.
2. RA est croissant en fonction de la maturité de contrat.
3. RA est croissant en fonction de l'écart type.
4. Le RA est décroissant avec l'information disponible pour l'estimation des montants et l'échéancier des flux de trésorerie future.
5. RA est croissant avec l'incertitude lié au calcul du *Current Estimate*.

A part cela, la norme ne présente ni une approche explicite, ni un exemple illustratif pour le calcul du RA.

1. IFRS 17.B91

Sur le marché récent, les compagnies d'assurance, ainsi que les grands cabinets de conseil proposent donc trois méthodes différentes pour évaluer cet engagement :

- **Coût du capital** : C'est la première méthode considérée car elle est déjà mise en œuvre pour déterminer la marge de risque sous Solvabilité 2. Les assureurs peuvent profiter le système d'évaluation des SCR² (Solvency Capital Requirement) qui est déjà développé et connu depuis longtemps, puis le RA est la somme des SCRs actualisés pendant toute la période de couverture (pour les risques non financiers) actualisés en multipliant avec un taux de Cost of Capital égal à 6%.

$$RA = RM = CoC \times \sum_{t=0}^{T-1} \delta_t SCR_t$$

- **Approche par chocs** : Rappelons par la formule standard dans la Solvabilité 2, que le SCR pour chaque type de risque (*SCR stand alone*) est mesuré séparément en choquant approprié.

Ce facteur de risque à une valeur extrême (précisée dans la Directive Solvabilité 2), le SCR *stand alone* est donc égal à la différence entre le *Best Estimate* choqué et le *Best Estimate*. Ensuite, pour le SCR total, nous agrégeons les SCRs *stand alone* par plusieurs niveaux, en adoptant la matrice de corrélation définie dans Solvabilité 2. En s'inspirant du calcul du SCR, la deuxième approche par chocs est présentée en utilisant la même méthodologie et la même matrice de corrélation, mais les niveaux de chocs différents. La formule numérique du *Risk Adjustment* pour un risque non financier i (RA^i) est déduite à partir de l'équation (10) :

$$\begin{aligned} RA^i &\approx CE^i - CE \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_1 ((Y_n^F)_1, (Y_1^{NF}, Y_i^{NF})) \\ &\quad + \sum_{s>1} F_s ((Y_n^F)_s, Y_s^{NF}) \\ &\quad - \frac{1}{N} \sum_{n \leq 0} \sum_s F_s ((Y_n^F)_s, Y_s^{NF}) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Avec Y_1^{NF} le scénario choqué de risque non financier, Y_1^{NF} le scénario central des risques non financiers sauf le risque i , F' la fonction des flux des années ultérieures qui sont changés après le choc. Puis, le RA total :

$$RA = \sqrt{R' \Sigma R} \quad (4.2)$$

Où $\mathbf{R} = (RA_1, \dots, RA_n)$ est le vecteur des RA marginaux et Σ la matrice de corrélation sous-jacente. D'ailleurs, le SCR est la couverture de risque sur l'horizon 1 an, tandis que le RA est l'ajustement pour risques non financiers sur toute la période de couverture. Ainsi, pour adapter l'approche par chocs, il est nécessaire de faire un passage des chocs Solvabilité 2 (ΔS^2) à des chocs IFRS 17 (ΔI^{FRS}).

2. Le SCR représente le capital cible nécessaire pour absorber le choc provoqué par un risque majeur (par exemple : un sinistre exceptionnel, un choc sur les actifs...) sur l'horizon 1 an

Addactis (2019) propose donc un passage de chocs de Solvabilité 2 en IFRS 17 :

$$\Delta_i^{IFRS} = \frac{Y_i^{NF}}{Y_1^{NF}} := \frac{q_\alpha}{\sqrt{T\Delta S^2}} \quad \text{avec } q_{99,5\%} \quad (4.3)$$

Avec $q_\alpha, q_{99,5\%}$ respectivement le quantile à α et à 99,5% de la loi normale centrale réduite. T est la période de couverture.

- **Approche stochastique** : Elle est également appelée approche simulative, approche par VaR ou TVaR (*Value at Risk* et *Tail Value at Risk* respectivement) par les acteurs du secteur de l'assurance. D'après cette approche, le calcul du *Risk Adjustment* a besoin de modélisations stochastiques des risques techniques comme dans le cas du Générateur de Scénarios Économiques. L'entité projette les flux de trésorerie futurs en diffusant des scénarios des risques non financier afin d'obtenir une distribution empirique des flux probables actualisés . Contrairement au mécanisme d'assurance sachant des risques financiers arbitraires. Grâce à cette distribution, l'entité déduit la valeur du RA en adaptant une mesure de risques telle que la VaR ou la TVaR.
- En comparaison, le coût du capital est l'approche la plus explicable et la plus simple à mettre en pratique, car elle est entièrement liée au processus d'implémentation de la Directive Solvabilité 2 qui est bien spécifiée, étudiée et réalisée depuis longtemps.

D'autre part, l'approche par chocs est également inspirée plus ou moins par Solvabilité 2, et elle donne une formule compréhensive pour le RA. Cependant l'approche par chocs a besoin d'hypothèses importantes : les niveaux de chocs de Solvabilité 2 sont applicables en IFRS 17 d'après le passage, le *Current Estimate* choqué correspond à la queue de la distribution des flux actualisés. Enfin, l'approche stochastique est promise à une évaluation du RA plus exacte selon sa définition, mais sa compréhension ainsi que son application restent toujours délicates. Pour résoudre le problème d'abstraction du RA, dans la sous-section suivante, nous définirons mathématiquement le *Risk Adjustment*, puis déduirons son évaluation en pratique.

4.3 Approche de calcul

La méthode retenue pour l'évaluation du RA LRC se base sur une approche quantile. Dans un premier temps, on détermine les chocs qui sont les plus structurants selon sa vision du risque. Au regard des caractéristiques des contrats Vie de Wafa Assurance et de leurs expositions, les chocs suivants ont été définis pour calculer le Risk Adjustment IFRS 17 :

- Décès / Longévité
- Rachats
- Frais

Dans un deuxième temps, afin de déterminer le niveau de choc à appliquer sur le portefeuille, on s'applique sur les niveaux de chocs mentionnés dans la norme SBR. Les différents chocs utilisés dans SBR étant des chocs calibrés au quantile 99,5% sur un horizon de temps d'un an, il est nécessaire de les adapter aux besoins IFRS 17 à travers les deux changements suivants :

1. Changement de quantile
2. Changement de l'horizon de temps

3.i Etape 1 : Calibration du quantile SBR

Pour chaque sous-risque de souscription mentionné ci-dessus, la norme SBR prévoit une exigence en capital noté CSR calculée à l'aide d'un choc qui permet de vérifier la relation suivante :

$$CSR = VaR(1 \text{ an}, 99,5\%)$$

Cela signifie que le delta de PVFCF engendré par le choc correspond à une VaR(1an, 99,5%). Le tableau ci-dessous récapitule les différents chocs considérés lors de cette étape :

Sous-risque	Quantile	Horizon	Chocs
Décès/Longévité	99,5%	1 an	Hausses : +30%, Baisses : -30%
Rachats	99,5%	1 an	Hausses : +50%, Baisses : -50%
Frais	99,5%	1 an	+14%

3.ii Étape 2 : Estimation du quantile IFRS 17

Lors de cette étape, Wafa Assurance retient l'hypothèse que les chocs associés aux différents sous-risques suivent des lois log-normales. On peut alors utiliser la formule suivante :

Loi log-normale – Recherche écart type à partir de moyenne et quantile :

Soit Y une variable aléatoire suivant une loi log-normale, $Y \sim LN(\mu, \sigma^2)$. La probabilité que Y soit inférieure ou égale à un certain x pour le quantile 99,5% est donnée par :

$$P(Y \leq x) = 99.5\% \implies P(e^X \leq x) = 99.5\% \implies P(X \leq \ln(x)) = 99.5\%$$

où $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. On a alors :

$$P\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \leq \frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right) = 99.5\% \implies P\left(Z \leq \frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right) = 99.5\%$$

avec Z une variable normale centrée réduite, $Z \sim N(0, 1)$. On en déduit que :

$$\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma} = F^{-1}(99.5\%)$$

avec F la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite.

On peut ainsi déduire le choc associé au niveau du quantile considéré à horizon 1 an (dans l'exemple qui suit, le niveau de quantile est de 70% et est donné à illustratif) :

$$VaR(1 \text{ an}, 70\%) = VaR(1 \text{ an}, 99.5\%) \times \frac{F^{-1}(70\%)}{F^{-1}(99.5\%)}$$

3.iii Résultats obtenus pour les différents sous-risques

Les résultats suivants ont été obtenus pour chaque sous-risque avec un quantile de 70% selon la vision IFRS 17, avec les chocs à un an adaptés à ce niveau :

Sous-risque	Quantile	Chocs à 1 an
Décès/Longévité	70%	$Choc_{SBR} \times \frac{N^{-1}(70\%)}{N^{-1}(99.5\%)} \approx \pm 6.11\%$
Rachats	70%	$Choc_{SBR} \times \frac{N^{-1}(70\%)}{N^{-1}(99.5\%)} \approx \pm 10.18\%$
Frais	70%	$Choc_{SBR} \times \frac{N^{-1}(70\%)}{N^{-1}(99.5\%)} \approx \pm 2.85\%$

3.iv Calcul du RA à 1 an et à l'ultime

L'application du choc permet d'obtenir le RA à 1 an. Pour avoir une vision du RA à l'ultime, Wafa Assurance fait l'hypothèse que les distributions des risques à un an sont indépendantes. La $VaR(\text{duration}, 70\%)$ se calcule alors à partir de la propriété d'additivité des lois log-normales :

$$RA = VaR(\text{ultime}, 70\%) = VaR(1 \text{ an}, 70\%) \times \sqrt{\text{duration}}$$

où le terme *duration* représente la durée du groupe de contrat considéré. La duration utilisée pour le calcul du RA est basée sur l'écoulement du passif (barycentre des cash-flows projetés pour le calcul du BE et pondérés par l'année de projection).

Calcul du RA global

Après avoir calculé chaque RA en vision standalone pour chacun des risques définis, le RA global sera calculé via une agrégation des RA de chaque risque à l'aide de la matrice de corrélation fournie dans la documentation SBR.

4.4 Calcul de la Duration

La **duration** est une mesure financière qui indique la sensibilité du prix d'un actif financier, comme une obligation, aux variations des taux d'intérêt. Elle représente la moyenne pondérée du temps qu'il faut pour recevoir les flux de trésorerie de l'actif. En d'autres termes, la duration est le temps moyen nécessaire pour récupérer le capital investi dans l'actif, pondéré par la valeur présente de chaque flux de trésorerie.

La formule générale de la duration, souvent utilisée pour calculer la duration de Macaulay, est la suivante :

$$\text{Duration} = \frac{\sum \left(\frac{\text{Flux}_i \times \text{Proba}_i}{(1+\text{taux})^i} \right) \times i}{\sum \left(\frac{\text{Flux}_i \times \text{Proba}_i}{(1+\text{taux})^i} \right)}$$

ou

- Flux_i : C'est le montant du flux de trésorerie (par exemple, paiement des intérêts ou du principal) qui est prévu à l'année i .
- Proba_i : La probabilité que le flux de trésorerie Flux_i soit effectivement payé à l'année i . Cette probabilité peut tenir compte du risque de défaut ou d'autres facteurs de risque associés au flux de trésorerie.
- taux : Le taux d'actualisation utilisé pour calculer la valeur actuelle des flux futurs. Ce taux reflète le coût du capital ou le taux de rendement requis.
- i : L'indice représentant chaque période de temps jusqu'au paiement du flux. i est exprimé en années.
- $(1 + \text{taux})^i$: Facteur d'actualisation pour ramener les flux futurs à leur valeur présente.

TABLE 4.1 – Durations calculées pour différents secteurs

Secteur	Duration (années)
Épargne	9.13
Éducation	8.26
Retraite	6.85

4.i Calcul de la Best Estimate Choqués

les Best Estimates Liabilities (BEL) pour les différentes catégories d'assurance (épargne, retraite, et éducation) sous divers scénarios de chocs :

TABLE 4.2 – Résumé des BEL pour les catégories d'épargne, de retraite et d'éducation sous divers chocs

Catégorie	Type de Choc	BEL (MAD)
Épargne	Centrale	12405600377
Retraite	Centrale	8211343932
Éducation	Centrale	3362716900
Épargne	Choc Mortalité	12454040526
Retraite	Choc Mortalité	8226164023
Éducation	Choc Mortalité	3371850715
Épargne	Choc Longévitité	12354294555
Retraite	Choc Longévitité	8195886031
Éducation	Choc Longévitité	3353172152
Épargne	Rachat Hausse	12517881460
Retraite	Rachat Hausse	8301459578
Éducation	Rachat Hausse	3401441834
Épargne	Rachat Baisse	12285216871
Retraite	Rachat Baisse	8107986747
Éducation	Rachat Baisse	3319718045

Les deltas représentent la différence entre la BE centrale (sans choc) et la BE sous l'effet des chocs appliqués :

TABLE 4.3 – Deltas des BEL pour divers chocs en fonction de la catégorie d'assurance

Scénario	Épargne	Retraite	Éducation
Longévitité	51305822	15457901	9544748
Mortalité	-48440149	-14820091	-9133815
Rachat (hausse)	-112281083	-90115646	-38724934
Rachat (baisse)	120383506	103357185	42998855

Matrice des Best Estimates Choqués (R) : Après avoir calculé les deltas, nous construisons la matrice des Best Estimates choquées (R). Pour chaque catégorie d'assurance, nous prenons le maximum entre les deltas et 0, car nous voulons conserver uniquement les impacts positifs des chocs. Pour les scénarios de rachat (hausse et baisse), nous prenons le maximum des deux valeurs pour chaque catégorie :

TABLE 4.4 – Matrice des Best Estimates Choqués(R)

Scénario	Épargne	Retraite	Éducation
Mortalité	51,305,822	15,457,901	9,544,748
Longévité	0	0	0
Rachat	120,383,506	103,357,185	42,998,855
Frais	0	0	0
Catastrophe	0	0	0

4.ii Matrice de corrélation (SBR)

La matrice de corrélation présentée ci-dessous est fournie par la norme Solvabilité Basée sur le Risque (SBR). Elle illustre les corrélations entre différents types de risques :

TABLE 4.5 – Matrice de corrélation des risques

	Mortalité	Longévité	Rachat	Frais	Catastrophe (vie)
Mortalité	1	-0.25	0	0.25	0.25
Longévité	-0.25	1	0.25	0.25	0
Rachat	0	0.25	1	0.5	0.25
Frais	0.25	0.25	0.5	1	0.25
Catastrophe (vie)	0.25	0	0.25	0.25	1

4.iii Calcul du Risque Adjustment

Le calcul du Risk Adjustment (RA) implique l'utilisation de la matrice de corrélation des risques et les résultats des Best Estimates choquées (R). La formule utilisée est $\sqrt{\text{duration}} \times (R^T \sigma \cdot R)^{1/2}$, où R est le vecteur des Best Estimates choquées et σ est la matrice de corrélation des risques.

TABLE 4.6 – Résultats finaux des $(R^T \sigma \cdot R)^{1/2}$ chaque catégorie

Catégorie	Résultat
Épargne	130860520
Retraite	104506719
Éducation	44045473

TABLE 4.7 – Résultats finaux ajustés du RA pour chaque catégorie

Catégorie	Résultat Final
Épargne	395575359
Éducation	126644758
Retraite	273568505

4.5 Résultat Final du Risk Adjustment

Le Risk Adjustment total, ajusté pour les durées, est présenté ci-dessous :

TABLE 4.8 – Risk Adjustment Total Ajusté

RA	Valeur
Risk Adjustment Total Ajusté	795,788,624

5 LA MARGE DE SERVICE CONTRACTUEL (CSM)

5.1 Approches autorisées par la norme

La norme IFRS 17 propose dans les paragraphes C4 et C5 les approches suivantes :

- L'approche rétrospective complète (Full Retrospective Approach - FRA)
- L'approche rétrospective modifiée (Modified Retrospective Approach - MRA)
- L'approche juste valeur (Fair Value Approach - FVA)

Lorsque cela est possible sans coûts ni efforts conséquents, la norme requiert d'utiliser l'approche rétrospective complète (FRA). En revanche, si l'utilisation de cette méthode n'est pas applicable avec des coûts et moyens raisonnables, la norme laisse le choix entre l'utilisation de l'approche rétrospective modifiée (MRA) et l'approche juste valeur (FVA), objet du paragraphe C5. Nous détaillons les 3 approches dans la suite de ce document.

1.i Approche Rétrospective Complète (FRA)

L'approche rétrospective complète nécessite un ensemble de données historiques. En effet, pour mettre en oeuvre cette approche, il serait nécessaire de reconstruire l'ensemble des hypothèses nécessaires aux modèles actuariels sur tout l'historique des contrats en portefeuille. Cela nécessite de récupérer les données pour des contrats très anciens ayant été souscrits avant les années 2000. Compte tenu des éléments suivants, il est considéré que l'approche FRA n'est pas applicable :

- L'historique complet des valeurs économiques de passif pour les contrats en portefeuille est non disponible ;
- Aucun modèle de valorisation économique des passifs propre à Wafa Assurance au sens IFRS 17 n'a été développé à date, par conséquent l'historique des model points et des hypothèses techniques et financières nécessaires pour chaque du buste estime IFRS 17 n'est également pas disponible.

La conclusion est donc que la méthode rétrospective complète n'est pas applicable sans coût ou efforts excessif.

1.ii Approche Rétrospective Modifiée (MRA)

Lorsque l'application de l'approche rétrospective complète n'est pas envisageable, la norme propose une méthode permettant d'approcher au mieux le résultat qui aurait été obtenu avec la FRA en autorisant des approximations raisonnables et justifiables (paragraphe C6). Ces dernières sont décrites aux paragraphes C9 à C19 et portent notamment sur les points suivants :

- Non séparation des contrats émis à plus d'un an d'intervalle (paragraphe C10).
- Estimation des flux de trésorerie futurs à la date d'origine des contrats pour les contrats d'assurance sans éléments de participation directe (paragraphe C12).
- Détermination de la courbe des taux en date de transition plutôt qu'en date d'origine des contrats pour les contrats d'assurance sans éléments de participation directe (paragraphe C13).

- Détermination de l'ajustement au titre du risque non financier à la date d'origine des contrats pour les contrats d'assurance sans éléments de participation directe (paragraphe C14)
- Détermination de la CSM pour les contrats d'assurance sans éléments de participation directe (paragraphe C15)
- Détermination de la CSM pour les groupes de contrats d'assurance avec participation directe (paragraphe C17)
- Détermination de la courbe des taux en date de transition plutôt qu'en date d'origine des contrats (paragraphe C18.a)

1.iii Approche en Juste Valeur (FVA)

L'approche en Juste Valeur est décrite aux paragraphes C20 à C24. En particulier, le paragraphe C20 précise la méthode de calcul de la CSM :

C20 Pour utiliser l'approche fondée sur la juste valeur, l'entité doit déterminer la marge sur services contractuels ou l'élément de perte du passif au titre de la couverture restante à la date de transition d'après la différence entre la juste valeur du groupe de contrats d'assurance à cette date et les flux de trésorerie d'exécution évalués à cette date. À cette fin, elle doit déterminer la juste valeur du groupe sans appliquer le paragraphe 47 d'IFRS 13 Évaluation de la juste valeur (qui porte sur les composantes à vue).

On obtient donc :

$$CSM_{\text{transition}} = JV - BE - RA$$

où :

- JV = Juste valeur du passif en date de transition
- BE = Meilleure estimation des flux de trésorerie futurs en date de transition
- RA = Risk Adjustment en date de transition

6 DESCRIPTION DE L'APPROCHE MRA

La norme décrit l'approche rétrospective modifiée, ainsi que la méthodologie à appliquer selon la méthode de comptabilisation des contrats :

- Paragraphes C11 à C16 pour les groupes de contrats sans participation directe.
- Paragraphe C17 pour les groupes de contrats avec participation directe.

On illustre dans le diagramme ci-dessous l'approche rétrospective modifiée pour les contrats comptabilisés en VFA et en BBA :

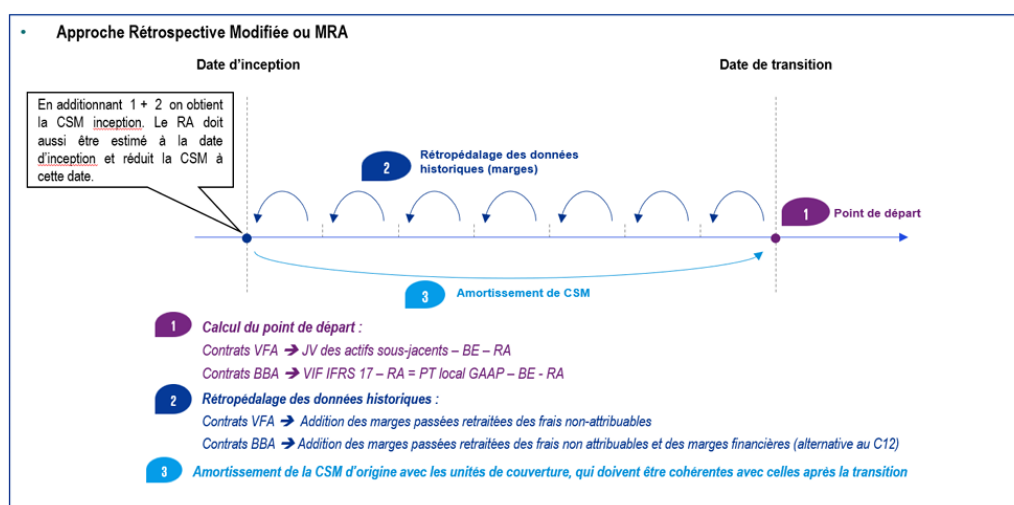


FIGURE 6.1 – Approche rétrospective modifiée pour les contrats comptabilisés en VFA et en BBA

6.1 Calcul du point de départ

La première étape du calcul de la CSM en date de transition a pour objectif de déterminer une « VIF IFRS 17 » en date de point de départ. Elle est obtenue comme la juste valeur des éléments sous-jacents à la date point de départ retranchée des flux de trésorerie d'exécution en date de point de départ (paragraphes C17.a et C17.b).

$$VIF_{point\ de\ depart} = JV - BE - RA \quad (6.1)$$

Avec :

- **JV** = Juste valeur des actifs en date de point de départ
- **BE** = Meilleure estimation des flux de trésorerie d'exécution des contrats en date de point de départ
- **RA** = Risk Adjustment en date de point de départ

6.2 resultats :

TABLE 6.1 – Calcul de la $CSM_{transition}$

Composants	valeur (USD)
Juste Valeur (JV)	30,933,882,567
Best Estimate (BE)	23,979,661,210
Risk Adjustment (RA)	795,788,624
$CSM_{transition}$	6,158,432,733

6.3 les unités de couverture

Pour les contrats d'assurance (incluant les contrats participatifs) la CSM est reconnue en résultat tout au long de la période de couverture afin de refléter de manière cohérente chaque unité de couverture délivrée (ce qui correspond à un amortissement linéaire si l'on se place au niveau d'un contrat individuel). Le nombre d'unités de couverture correspond au volume de couverture délivrée par les contrats inclus dans un groupe en considérant pour chaque contrat le montant de profit délivré et sa durée attendue.

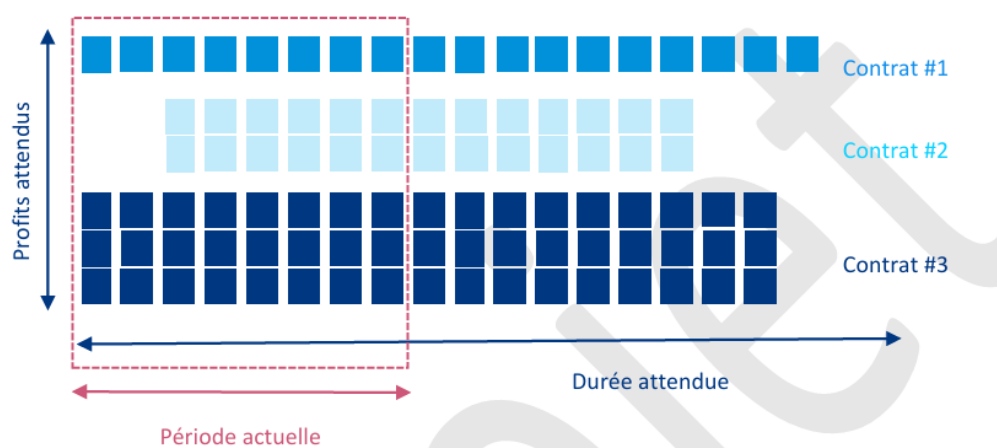


FIGURE 6.2 – les unités de couverture

A la fin de la période, la CSM est allouée de manière égale à chaque unité de couverture du groupe. Le montant alloué aux unités de couverture de la période est reconnu en résultat.

Pour les contrats VFA, la détermination de la période et les unités de couverture tient compte des services liés à l'investissement. Wafa Assurance définit les **provisions mathématiques** comme étant le driver des unités de couvertures car elles reflètent de manière cohérente le service rendu à l'assuré tout au long de la vie du contrat d'assurance.

6.4 Rétropédalage des données historiques et relâchement du Risk Adjustment

L'objectif de cette étape est d'obtenir une CSM en date d'origine des contrats. Pour cela il faut partir de la « VIF IFRS 17 » en point de départ obtenue et y ajouter les marges passées issues du P&L analytique de Wafa Assurance.

Il faut ensuite retirer le montant de CSM obtenu du rétro-pédalage du RA entre la date d'origine des contrats et la date de transition. Cette étape est détaillée au paragraphe C17.c.iii :

SC17.c(iii)

La variation de l'ajustement au titre du risque non financier qui est attribuable au fait que l'entité s'est dégagée du risque avant cette date, variation que l'entité doit estimer en se fondant sur le dégagement du risque pour les contrats d'assurance similaires qu'elle émet à la date de transition.

IFRS 17

La CSM en date d'origine des contrats se calcule ainsi avec la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{CSM}_{\text{date comptabilisation initiale}} = & \text{VIF}_{\text{point de départ}} \\ & + \sum_{t=0}^{\text{transition}} \text{Marges passées}_t - (\text{RA}_{\text{date d'origine des contrats}} - \text{RA}_{\text{point de départ}}) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Avec :

- **Marges passées_t** = Résultat comptable brut d'impôt (P&L analytique)
- **RA_{date d'origine des contrats}** = **RA_{point de départ}** * $\prod_{k=0}^{\text{transition}} \left(1 - \frac{\text{CU}_k}{\text{VAN}_k(\text{CU})}\right)$

Le RA en date d'origine des contrats est obtenu en fonction de l'écoulement des unités de couvertures

6.5 Amortissement de la CSM entre la date d'origine et la date de transition

La CSM obtenue à l'étape précédente, c'est-à-dire la CSM en date d'origine des contrats, doit alors être écoulee comme si la norme IFRS 17 était en application depuis l'origine des contrats. Il faut alors amortir la CSM à l'aide de l'unité de couverture des contrats (cf. C17.d) :

SC17.d

En soustraire — si les opérations (a) à (c) donnent lieu à une marge sur services contractuels — le montant de la marge sur services contractuels afférente aux services rendus avant cette date. Le résultat des opérations (a) à (c) tient lieu de marge sur services contractuels totale relativement à l'ensemble des services à être rendus au titre du groupe de contrats, c'est-à-dire avant qu'un montant soit comptabilisé en résultat net pour les services rendus. L'entité doit estimer les montants qui auraient été comptabilisés en résultat net pour les services rendus en comparant les unités de couverture restantes à la date de transition avec les unités de couverture fournies au titre du groupe de contrats avant cette date ;

IFRS 17

Ainsi pour un groupe de contrats donné on obtient la formule suivante pour l'amortissement de la CSM entre la date d'origine et la date de transition :

$$\text{Amortissement}_t = \frac{\text{CU}_t}{\text{VAN}_t(\text{CU})} * \text{CSM}_t \quad (6.3)$$

avec CU_t le volume d'unités de couvertures à la date t . On évalue alors la CSM obtenue en date d'origine des contrats avec la relation de récurrence suivante :

$$\text{CSM}_t = \text{CSM}_{t-1} - \text{Amortissement}_{t-1} \quad (6.4)$$

6.6 Annulation des composantes de perte en date de transition pour les groupes de contrats avec participation directe

La norme prévoit au paragraphe C17.e qu'en cas de CSM négative en date de transition pour les contrats VFA, aucune composante de perte ne soit reconnue à la date de transition.

SC17.e

Si les opérations (a) à (c) donnent lieu à un élément de perte — réduire cet élément de perte à zéro et ajouter le montant ainsi retranché au passif au titre de la couverture restante exclusion faite de l'élément de perte.

IFRS 17

6.7 Détermination de la courbe d'actualisation

La courbe des taux à utiliser lors de la phase transitoire doit dans la mesure du possible être basée sur les principes énoncés aux paragraphes B72 à B85. Cependant, si l'entité ne dispose pas des informations raisonnables et justifiables nécessaires à l'application de l'approche rétrospective complète (FRA), les modifications présentées dans les paragraphes C9 à C19A peuvent être appliquées :

SC8

Pour atteindre l'objectif de l'approche rétrospective modifiée, le recours à chacune des modifications visées aux paragraphes C9 à C19A n'est permis que dans la mesure où l'entité ne dispose pas des informations raisonnables et justifiables nécessaires à l'application de l'approche rétrospective.

IFRS 17 Wafa Assurance applique le paragraphe C18 qui permet de définir la courbe des taux d'origine comme étant la courbe des taux à la transition :

SC18

Concernant les groupes de contrats d'assurance qui, en application du paragraphe C10, comportent des contrats émis à plus d'un an d'intervalle :

- (a) il est permis à l'entité de déterminer les taux d'actualisation des groupes visés aux paragraphes B72(b) à B72(e)(iii) à la date de transition plutôt qu'à la date de comptabilisation initiale, et de déterminer les taux d'actualisation visés au paragraphe B72(e)(iii) à la date de transition plutôt qu'à la date de survenance du sinistre ;
- (b) si l'entité choisit de ventiler les produits financiers ou charges financières d'assurance entre le résultat net et les autres éléments du résultat global par application du paragraphe 88(b) ou 89(b), elle doit déterminer le montant cumulé des produits financiers ou charges financières d'assurance comptabilisé dans les autres éléments du résultat global à la date de transition afin d'appliquer le paragraphe 91(a) pour les périodes ultérieures. L'entité peut déterminer ce montant cumulé soit en appliquant le paragraphe C19(b), soit :
 - (i) en le considérant comme nul, à moins que (ii) s'applique ; et
 - (ii) dans le cas des contrats d'assurance avec éléments de participation directe visés par le paragraphe B134, en le considérant comme égal au montant cumulé comptabilisé dans les autres éléments du résultat global pour les éléments sous-jacents.

IFRS 17

Une des conséquences de ce choix sur le modèle BBA est l'absence de cumulative OCI en date de transition. Pour le périmètre VFA, l'OCI passif à la transition est définie égal à l'OCI Actif venant des actifs sous-jacents.

CHAPITRE 6

CONSTRUCTION DES ÉTATS FINANCIERS

Rappel Normatif IFRS 17

Voici les principaux articles concernant la présentation des résultats d'assurance :

Article 80 : L'entité doit ventiler entre les postes suivants les montants qu'elle comptabilise dans l'état ou les états du résultat net et des autres éléments du résultat global en application des paragraphes 41 et 42 :

- (a) le résultat des activités d'assurance (paragraphes 83 à 86), constitué des produits des activités d'assurance et des charges afférentes aux activités d'assurance ;
- (b) les produits financiers ou charges financières d'assurance (paragraphes 87 à 92).

Article 83 : L'entité doit présenter en résultat net les produits des activités d'assurance liés aux groupes de contrats d'assurance émis. Les produits des activités d'assurance doivent exprimer la prestation des services se rapportant à un groupe de contrats d'assurance par un montant qui correspond à la contrepartie à laquelle l'entité s'attend à avoir droit en échange de ces services. Les paragraphes B120 à B127 précisent comment l'entité évalue les produits des activités d'assurance.

Article 84 : L'entité doit présenter en résultat net les charges afférentes aux activités d'assurance liées à un groupe de contrats d'assurance émis, qui comprennent les charges de sinistres (ce qui exclut les remboursements de composants investissements), les autres charges afférentes aux activités d'assurance ainsi que les autres montants visés au paragraphe 103(b).

Article 103 : Dans les rapprochements exigés au paragraphe 100, l'entité doit présenter séparément, le cas échéant, chacun de ces montants relatifs aux services :

- (a) les produits des activités d'assurance ;
- (b) les charges afférentes aux activités d'assurance, en présentant séparément :
 - (i) les charges de sinistres (exclusion faite des composants investissements) et les autres charges afférentes aux activités d'assurance qui ont été engagées,
 - (ii) l'amortissement des flux de trésorerie liés aux frais d'acquisition,
 - (iii) les variations liées aux services passés, c'est-à-dire les variations des flux de trésorerie d'exécution qui sont liés au passif au titre des sinistres survenus,
 - (iv) les variations liées aux services futurs, c'est-à-dire les pertes sur les groupes de contrats déficitaires et les reprises de telles pertes ;

Article 86 : L'entité peut présenter un montant unique pour les produits ou les charges liés à un groupe de contrats de réassurance détenus ou présenter séparément les sommes recouvrées auprès du réassureur et l'imputation des primes payées. Si l'entité présente séparément les sommes recouvrées et l'imputation des primes payées, elle doit :

- (a) traiter les flux de trésorerie liés à la réassurance comme faisant partie des indemnités dont le contrat de réassurance détenu prévoit le remboursement ;
- (b) traiter les sommes qu'elle s'attend à recevoir du réassureur et qui ne dépendent pas de la survenance de sinistres comme une réduction des primes à payer au réassureur ;
- (c) ne pas présenter l'imputation des primes payées comme une réduction des produits.

1 COMPTABILISATION ULTERIEUR :

1.1 mise à jour de la Best Estimate

Formule de mise à jour de la Best Estimate :

$$BE_{t+1}(t+1, T) = BE_t(t, T) + \Delta BE_{t,t+1}^{hypothse} + BE_t(t, T) \times r_{t,t+1} - Flux_{t,t+1}^{BE}$$

Hypothèses :

- Taux d'actualisation annuel $r_{t,t+1}$: 3.1%
- BE à l'ouverture $BE_t(t, T)$: 23,979,661,210
- Flux entrants attendus de la période : 23,935,175
- Flux sortants attendus de la période : 3,090,140,200
- Variation due aux changements d'hypothèses : 0
- Effet du changement de taux d'actualisation et d'estimation de risque financier : 0

Calcul de la BE à la clôture :

$$\begin{aligned} BE_{t+1}(t+1, T) &= BE_t(t, T) + \Delta BE_{t,t+1}^{hypothse} + BE_t(t, T) \times r_{t,t+1} - Flux_{t,t+1}^{BE} \\ &= 23,979,661,210 + 0 + 23,979,661,210 \times 0.031 - (3,090,140,200 - 23,935,175) \\ &= 23,979,661,210 + 743,369,497.51 - 3,066,205,025 \\ &= 21,656,825,682.51 \end{aligned}$$

1. Current Estimate	
Ouverture	23,979,661,210
Désactualisation de l'année $BE_t(t, T) \times r_{t,t+1}$	743,369,497.51
Flux entrants attendus de la période $Flux_{t,t+1}^{BE}$	23,935,175
Flux sortants attendus de la période $Flux_{t,t+1}^{BE}$	(3,090,140,200)
Changement d'estimation des services futurs $\Delta BE_{t,t+1}^{hypothse}$	0
Effet du changement de taux d'actualisation et d'estimation de risque financier $\Delta BE_{t,t+1}^{hypothse}$	0
Clôture	21,656,825,682

TABLE 1.1 – Mise à jour de la Best Estimate (BE)

Explications des formules :

- $BE_{t+1}(t+1, T) - BE_t(t, T)$: La variation de la Best Estimate liée aux changements d'hypothèses financières, de la courbe des taux et des hypothèses techniques entre t et $t+1$. On la nomme $\Delta BE_{t,t+1}^{hypothse}$. Dans ce cas, elle est nulle.

- $BE_t(t, T) \times r_{t,t+1}$: La désactualisation de la Best Estimate évaluée en début de période.
- $Flux_{t,t+1}^{BE}$: La différence entre les flux de trésorerie sortants et entrants attendus de la période t à $t + 1$.

1.2 mise à jour du Risque Adjustment

Formule de mise à jour de l'ajustement pour risques non financiers :

$$RA_{t+1}(t+1, T) = RA_t(t, T) + \Delta RA_{t,t+1}^{hypothse} + RA_t(t, T) \times r_{t,t+1} - Flux_{t,t+1}^{RA}$$

Hypothèses :

- Taux d'actualisation annuel $r_{t,t+1}$: 3.1%
- RA à l'ouverture $RA_t(t, T)$: 795,788,624
- le ratio RA/BE initial : 0.0332
- Le relachment des risques non financiers $Flux_{t,t+1}^{RA}$: 75,818,905
- Variation due aux changements d'hypothèses : 0
- Effet du changement de taux d'actualisation et d'estimation de risque financier : 0

Calcul de la RA à la clôture :

$$\begin{aligned} RA_{t+1}(t+1, T) &= RA_t(t, T) + \Delta RA_{t,t+1}^{hypothse} + RA_t(t, T) \times r_{t,t+1} - Flux_{t,t+1}^{RA} \\ &= 795,788,624 + 0 + 795,788,624 \times 0.031 - (75,818,905) \\ &= 744,639,166.34 \end{aligned}$$

2. Ajustement pour Risques Non Financiers	
Ouverture	795,788,624
Désactualisation de l'année $RA_t(t, T) \times r_{t,t+1}$	24,669,447.344
Le relachment des risques non financiers $Flux_{t,t+1}^{RA}$	75,818,905
Changement d'estimation des services futurs $\Delta RA_{t,t+1}^{hypothse}$	0
Effet du changement de taux d'actualisation et d'estimation de risque financier $\Delta RA_{t,t+1}^{hypothse}$	0
Clôture	744,639,166.34

TABLE 1.2 – Mise à jour de l'Ajustement pour Risques Non Financiers (RA)

Explications des formules :

- $\Delta RA_{t,t+1}^{hypothse}$: La variation de l'ajustement pour risque liée aux changements d'hypothèses techniques entre t et $t + 1$.
- $RA_t(t, T) \times r_{t,t+1}$: La désactualisation de l'ajustement pour risques évaluée en début de période.

- $Flux_{t,t+1}^{RA}$: Le relâchement de l'ajustement pour risques non financiers.

Formule de mise à jour de la CSM :

$$CSM_{t+1}(t+1, T) = CSM_t(t, T+1) + CSM_{\text{nouveau}} + BE_{t,t+1}^{\text{hypothèse}} + RA_{t,t+1}^{\text{hypothèse}} + Variable_fee - Amort_{t,t+1}$$

Hypothèses :

- Ouverture de la CSM $CSM_t(t, T+1)$: 6,158,432,733
- Ajout de la CSM des nouveaux contrats CSM_{nouveau} : 500,000
- Variation des hypothèses du BE $BE_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$: 0
- Variation des hypothèses du RA $RA_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$: 0
- Variable fee $Variable_fee_{t,t+1}$: 100,000
- Amortissement de la CSM $Amort_{t,t+1}$: 1,000,000

Calcul de la CSM à la clôture :

$$\begin{aligned} CSM_{t+1}(t+1, T) &= CSM_t(t, T+1) + CSM_{\text{nouveau}} + BE_{t,t+1}^{\text{hypothèse}} + RA_{t,t+1}^{\text{hypothèse}} + Variable_fee - Amort_{t,t+1} \\ &= 6,158,432,733 + 500,000 - 900,000 \\ &= 6,158,032,733 \end{aligned}$$

3. Contractual Service Margin (CSM)	
Ouverture	6,158,432,733
Ajout de la CSM des nouveaux contrats CSM_{nouveau}	500,000
Variation des hypothèses du BE $BE_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$	0
Variation des hypothèses du RA $RA_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$	0
Variable fee $Variable_fee_{t,t+1}$	100,000
Amortissement de la CSM $Amort_{t,t+1}$	1,000,000
Clôture	6,158,032,733

TABLE 1.3 – Mise à jour de la Contractual Service Margin (CSM)

Explications des formules :

- CSM_{nouveau} : Ajoute la CSM des nouveaux contrats.
- $BE_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$: Variation des hypothèses du BE.
- $RA_{t,t+1}^{\text{hypothèse}}$: Variation des hypothèses du RA.
- $Variable_fee_{t,t+1}$: La part de l'entité dans les produits financiers.
- $Amort_{t,t+1}$: La part de la CSM qui ira alimenter le compte de résultat.

2 STRUCTURE DU P&L-IFRS-17 :

Revenus d'assurance	
Marge de service contractuelle (CSM) pour le service rendu	-
Ajustement pour risque (RA) pour le risque écoulé	-
Sinistres et autres dépenses attendues	-
Récupération des frais d'acquisition	-
Dépenses de service d'assurance	
Sinistres encourus et autres dépenses	-
Frais d'acquisition	-
Autres changements (composant de perte et reprise de perte)	-
Résultat du service d'assurance	
Revenus des investissements	-
Charges financières d'assurance	-
Résultat financier d'assurance	
Autres dépenses non directement attribuables aux contrats	-
Bénéfice ou perte	
Autres éléments du résultat global	-

TABLE 2.1 – Compte de Résultat IFRS 17 pour le Modèle VFA

Explications des composantes du P&L :

- **Revenus d'assurance** : Valeur des primes reçues ajustée des effets financiers et des composantes d'investissement sur la durée du contrat.
- **CSM pour le service rendu** : Partie de la Marge de Service Contractuelle reconnue au fur et à mesure des services rendus.
- **RA pour le risque écoulé** : Ajustement pour le risque expiré.
- **Sinistres et autres dépenses attendues** : Estimations des sinistres et autres dépenses futures.
- **Récupération des frais d'acquisition** : Recouvrement des frais d'acquisition des nouveaux contrats.

- **Dépenses de service d'assurance** : Coûts directement liés aux services rendus.
- **Sinistres encourus et autres dépenses** : Coûts réels des sinistres et autres dépenses.
- **Frais d'acquisition** : Coûts liés à l'acquisition de nouveaux contrats.
- **Autres changements (composant de perte et reprise de perte)** : Ajustements pour les composantes de perte et de reprise de perte.
- **Résultat du service d'assurance** : Différence entre les revenus et les dépenses de service d'assurance.
- **Résultat financier d'assurance** : Inclut les revenus des investissements et les charges financières d'assurance.
 - **Revenus des investissements** : Revenus générés par les actifs financiers.
 - **Charges financières d'assurance** : Coûts financiers associés aux provisions techniques.
- **Bénéfice ou perte** : Résultat net après déduction des autres dépenses non directement attribuables aux contrats.
- **Autres éléments du résultat global** : Éléments de revenu ou de dépense qui ne sont pas inclus dans le bénéfice ou la perte nette.

3 CONCLUSION

En conclusion, ce projet de fin d'études a permis d'établir une base solide pour l'adoption de la norme IFRS 17 chez Wafa Assurance, offrant des avantages tangibles pour la gestion des portefeuilles d'assurance et la transparence financière. L'étude approfondie a couvert l'implémentation de la norme IFRS 17 sur un portefeuille de capitalisation, en se concentrant sur le calcul de la Best Estimate (BE), du Risk Adjustment (RA), et de la Contractual Service Margin (CSM).

La construction de la courbe des taux d'actualisation, spécifiquement adaptée au marché marocain, et la modélisation du portefeuille de capitalisation ont permis d'identifier et de relever les défis liés à la gestion des risques et à l'optimisation des rendements.

Cependant, il est important de noter que ce rapport ne couvre pas la comptabilisation ultérieure des contrats sous IFRS 17. Cette limitation laisse place à des opportunités pour de futurs travaux visant à explorer et détailler cet aspect crucial de la norme.

Ainsi, bien que ce rapport pose les bases nécessaires pour l'adoption de la norme IFRS 17, il ouvre également la voie à de futures recherches et analyses pour enrichir encore plus la compréhension et l'application de cette norme cruciale dans le domaine de l'assurance.

Bibliographie

References

- [1] Kadim, S., & Kone, A. (2020). *IFRS 17 : Enjeux et application à un contrat décès emprunteur*. INSEA, Maroc.
- [2] Pugeon, J. (2019). *Ajustement pour le risque sous IFRS 17 : impacts des méthodes de calculs sur un portefeuille non-vie*. ISFA, France, 8 Juillet 2019.
- [3] Aizac, R. (2020). *Les composantes de la formation du résultat sous IFRS 17*. ISFA, France, 12 Août 2020.
- [4] Saugner, G. (2017). *Application de la future norme IFRS Contrats d'assurance à un portefeuille de contrats d'Épargne Euro*. CNAM, France, 16 juin 2017.
- [5] Detroulleau, S., & Mouret, S. (2013). *Modèle ALM : Apport de la Logique Floue dans la modélisation des comportements*. ENSAE, France.
- [6] Peltier, C., & Thou, A. (2019). *IFRS 17 : Etude d'impact sur un produit d'épargne Euro*. IRM, France.
- [7] Aizac, R. (2019). *Les composantes de la formation du résultat sous IFRS 17*. ISFA.
- [8] Nguyen, H.-D. (2018). *IFRS 17 : Mise en œuvre et Modélisation stochastique de l'ajustement pour risque sur périmètre épargne euro*. ISFA.
- [9] El Bekri, H. (2024). *Calibration de la courbe de taux en normes IFRS 17*. UFR de Mathématique et Informatique, Strasbourg.
- [10] Alaoui M'Rani, M., & Bidaoui, M. (2021). *IFRS 17 : Implémentation et analyse des impacts de la nouvelle norme IFRS 17 sur les états financiers (bilan et CPC) : Cas des contrats d'épargne*. INSEA.
- [11] International Accounting Standards Board. (2021). *IFRS 17 Insurance Contracts*. Disponible sur <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards/french/2021/issued/part-a/rb2021-a-ifrs-17-insurance-contracts-fr.pdf>. Consulté le 11 juin 2024.
- [12] Corlosquet-Habart, M., Gehin, W., Janssen, J., & Manca, R. (2015). *Asset and Liability Management for Banks and Insurance*.

CHAPITRE 7

ANNEXES

1 ANNEXE 1 : TESTS DE STATIONNARITÉ

1.1 Le test de Dickey-Fuller augmenté (ADF)

Le test de Dickey-Fuller augmenté (ADF) est un test utilisé pour déterminer si une série temporelle possède une racine unitaire, ce qui signifie qu'elle est non stationnaire. C'est une extension du test de Dickey-Fuller qui inclut des termes de retard pour capturer des aspects plus complexes de la structure des séries temporelles.

Le test ADF est basé sur l'estimation de la régression suivante :

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (1.1)$$

où :

- Δy_t est la différence de la série temporelle à l'instant t .
- α est une constante.
- βt est un terme de tendance temporelle (optionnel).
- γ est le coefficient à tester.
- δ_i sont les coefficients des termes de retard.
- ϵ_t est le terme d'erreur.

Les hypothèses du test ADF sont les suivantes :

- **Hypothèse nulle** (H_0) : La série temporelle possède une racine unitaire (elle est non stationnaire).
- **Hypothèse alternative** (H_a) : La série temporelle est stationnaire (elle ne possède pas de racine unitaire).

1.2 4. Test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)

Le test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) est utilisé pour tester la stationnarité d'une série temporelle. Contrairement au test ADF, le test KPSS prend l'hypothèse nulle que la série est stationnaire.

Le test est basé sur la statistique suivante :

$$\eta = \frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_t^2 / \hat{\sigma}^2$$

où :

- T est la taille de l'échantillon.
- S_t est la somme cumulée des résidus de la régression de y_t sur les constantes et les tendances.
- $\hat{\sigma}^2$ est l'estimateur de la variance de l'erreur.

Les hypothèses du test KPSS sont :

- **Hypothèse nulle** (H_0) : La série temporelle est stationnaire.
- **Hypothèse alternative** (H_a) : La série temporelle n'est pas stationnaire.

Pour interpréter les résultats du test KPSS, on compare la statistique η avec des valeurs critiques basées sur la taille de l'échantillon et le niveau de signification choisi. Si η est supérieur à la valeur critique, on rejette l'hypothèse nulle.

2 ANNEXE 2 : TESTS DE NORMALITÉ

2.1 1. Test de Shapiro-Wilk

Le test de Shapiro-Wilk est un test qui permet de savoir si une série de données (x_1, \dots, x_n) suit une loi normale. En comparaison aux autres tests, il est particulièrement puissant pour les petits effectifs ($n \leq 50$). Ce test est basé sur la statistique W suivante :

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} a_i (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) \right)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Tels que :

- $x_{(i)}$: correspond à la série des données triées ;
- $\lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ est la partie entière du rapport $\frac{n}{2}$;
- a_i sont des constantes générées à partir de la moyenne et de la matrice de variance co-variance des quantiles d'un échantillon de taille n suivant la loi normale.

Sachant que l'hypothèse nulle est que la population est normalement distribuée :

- si la p-value est inférieure à un niveau alpha choisi, alors l'hypothèse nulle est rejetée.
- si la p-value est supérieure au niveau alpha choisi alors on ne doit pas rejeter l'hypothèse nulle.

2.2 2. Test de Jarque-Bera

Le test de normalité de Jarque-Bera est un test de normalité fondé sur les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement. Le test est défini comme suit :

H_0 : la série des données suit une loi normale.

H_1 : la série des données ne suit pas une loi normale.

Plus formellement, le test de Jarque-Bera teste si le kurtosis et le coefficient d'asymétrie des données sont les mêmes que ceux d'une loi normale de même espérance et variance. Ainsi, le test s'écrit :

$$H_0 : S = 0 \text{ et } K = 3$$

$$H_1 : S \neq 0 \text{ ou } K \neq 3$$

La statistique du test est :

$$JB = \frac{n-k}{6} \left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right)$$

Avec :

- n le nombre d'observations ;
- k le nombre de variables explicatives ;

- S le coefficient d'asymétrie de l'échantillon testé ;
- K le kurtosis de l'échantillon testé.

La statistique JB suit asymptotiquement une loi du χ^2 à deux degrés de liberté.

2.3 3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Le test de Kolmogorov-Smirnov (KS) est un test non paramétrique qui permet de comparer une distribution empirique avec une distribution théorique ou de comparer deux distributions empiriques. Il est utilisé pour vérifier si une série de données suit une distribution spécifique, par exemple la loi normale.

Le test est basé sur la statistique suivante :

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)|$$

où :

- $F_n(x)$ est la fonction de répartition empirique de l'échantillon.
- $F(x)$ est la fonction de répartition théorique de la distribution de référence.

Les hypothèses du test KS sont :

- **Hypothèse nulle** (H_0) : La série de données suit la distribution de référence.
- **Hypothèse alternative** (H_a) : La série de données ne suit pas la distribution de référence.

Pour interpréter les résultats du test KS, on compare la statistique D avec des valeurs critiques basées sur la taille de l'échantillon et le niveau de signification choisi. Si D est supérieur à la valeur critique, on rejette l'hypothèse nulle.

3 ANNEXE 3 : LA MÉTHODE DE MONTE CARLO

Les méthodes de Monte Carlo¹ permettent d'estimer des quantités en utilisant la simulation de variables aléatoires. Les problèmes pouvant être rencontrés comprennent le calcul d'intégrales, les problèmes d'optimisation et la résolution de systèmes linéaires. La simplicité, la flexibilité et l'efficacité pour les problèmes en grande dimension de la méthode en font un outil intéressant, pouvant servir d'alternative ou de référence pour d'autres méthodes numériques.

Supposons que l'on souhaite connaître la valeur d'une certaine quantité δ . La première étape de la méthode consiste à écrire le problème sous la forme d'une espérance. Soient une variable aléatoire $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_d)$ de loi ν sur \mathbb{R}^d (on abrègera cela par $\mathbf{X} \sim \nu$) et une fonction $h : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$. Le problème traité par les méthodes de Monte Carlo est l'estimation de

$$\delta = \mathbb{E}_\nu[h(\mathbf{X})] = \int_{\mathbb{R}^d} h(\mathbf{x})\nu(d\mathbf{x})$$

La solution standard à ce problème est de simuler une suite $(\mathbf{X}_n)_{n \geq 1} = (X_{1,n}, \dots, X_{d,n})_{n \geq 1}$ de variables aléatoires indépendantes identiquement distribuées (i.i.d.) suivant la loi ν , puis d'estimer l'espérance $\mathbb{E}_\nu[h(\mathbf{X})]$ par la moyenne empirique, i.e.

$$\hat{h}_n = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h(\mathbf{X}_k)$$

1. Julien STOEHR , Cours « Méthodes de Monte Carlo », 2020-2021 , Université de Paris Dauphine.