



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
*_*_*_*_*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
*_*_*_*_*_*_*_*_*_*_*

INSTITUT NATIONAL
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

Application des Normes IFRS17 en Vie -La CIMR-

Préparé par : *M. MERZOUG Oussama*

Sous la direction de : *M. HARMOUCH Jamal (INSEA)*
Mme AMGHAR Fouzia (RMA)

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

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Actuariat Finance

Devant le jury composé de :

- *M. HARMOUCH Jamal (INSEA)*
- *M. MARRI Fouad (INSEA)*
- *Mme AMGHAR Fouzia (RMA)*

Résumé

En 2023, IFRS 17 prendra le relais de la norme provisoire IFRS 4 "Contrats d'assurance" publiée en 2004. Les règles comptables nationales en matière de contrats d'assurance ont été autorisées par IFRS 4, ce qui a engendré une variété d'approches différentes et a compliqué pour les investisseurs de comparer les performances financières des différentes sociétés. En septembre 2015, le Conseil de Stabilité Financière a souligné l'importance de terminer le projet de substitution de la norme IFRS 4 par une nouvelle norme. IFRS 17 permet de résoudre les difficultés de comparaison engendrées par IFRS 4 en imposant une comptabilisation homogène de tous les contrats d'assurance.

La norme est principalement conçue pour les marchés et les investisseurs, à la différence du référentiel prudentiel concernant la solvabilité 2 et 3. Le référentiel économique de la solvabilité basée sur les risques représente un changement majeur par rapport à la comptabilité sociale.

L'objectif de ce mémoire est de mettre en place le modèle VFA (Approach Variable Fee) pour un produit de retraite complémentaire en run-off (la CIMR), qui était autrefois proposé par la compagnie d'assurance, dans le cadre de l'assurance vie.

Les quatre étapes du projet réalisé dans ce mémoire se résument à la détermination des lois des sorties, à la correction et au lissage de ces taux, à la projection des flux de réserves et de sortie, et enfin au calcul des composantes de la norme IFRS 17 pour les produits de retraite complémentaire en run-off (la CIMR).

Mots Clés

IFRS 17 , Best Estimate, Risk Adjustment , Contractuel Service Margin , CIMR , Assurance vie, Lissage , projection, Table de sortie, SAS GUIDE ENTREPRISE.

Dédicaces

Je tiens à exprimer ma gratitude envers mes parents pour leur soutien, leur amour sans faille et leur encouragement.

À ma sœur et frère pour leur soutien et leur participation.

À mes amis pour avoir transformé mon parcours scolaire en une véritable expérience.

Je tiens à remercier toute l'équipe du département actuariat à RMA pour leur accompagnement, leurs orientations et leur soutien tout au long de mon stage.

MERZOUG OUSSAMA

Remerciements

En premier lieu, je souhaite exprimer ma gratitude envers Dieu tout-puissant pour m'avoir offert l'occasion et la chance de réaliser cette tâche.

Je tiens à exprimer mon respect et ma reconnaissance envers Madame Fouzia Amghar, mon encadrante externe, pour ses précieux conseils, son aide et sa bienveillance tout au long de mon stage PFE.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers tout le personnel de RMA pour leur collaboration, leur précieuse collaboration et leur accueil tout au long de mon stage.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers M. Jamal Harmouch, mon superviseur interne, pour ses précieux conseils, soutien et encouragements tout au long de mon stage.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers tout le corps enseignant de l'INSEA pour leurs efforts constants pour me garantir une formation de qualité supérieure.

Table des matières

Résumé.....	3
Dédicaces	4
Remerciements.....	5
Table des matières.....	6
Liste des abréviations.....	10
Table des figures	11
Liste des tableaux.....	13
Introduction.....	14
PARTIE I :	15
ORGANISME D’ACCUEIL ET INTRODUCTION DE LA NORME IFRS 17.....	15
Chapitre 1 : Présentation de l’Organisme d’Accueil	16
1.1 Cadre général de la compagnie d’accueil : RMA	16
1.2 Historique de la compagnie	16
1.3 Chiffres concernant RMA.....	17
1.4 Produits et services de RMA.....	17
1.5 Organigramme de RMA	18
Chapitre 2 : Présentation de la norme IFRS 17 :	19
2.1 Les normes de l’IFRS en assurance :.....	19
2.2 Transition de l’IFRS 4 à l’IFRS 17 :.....	19
2.3 Champ d’application de la norme de l’IFRS 17 :	20
2.4 Niveau d’agrégation :.....	20
2.5 Approches de comptabilisation.....	21
2.5.1 Le modèle Variable Fee Approach (VFA).....	22
2.5.2 Le modèle Building Block Approach (BBA)	23
2.5.3 Le modèle Premium Allocation Approach (PAA).....	24
2.6 Evaluation du passif d’assurance :.....	25
2.6.1 Estimation des flux de trésorerie futurs :	26
2.6.2 Risk adjustment :.....	27
2.6.3 Marge de service contractuelle	28
2.7 Transition :	29
2.8 Comparaison entre l’IFRS 17 et la SII.....	29

PARTIE II :	31
INTRODUCTION DU PRODUIT DE RETRAITE CIMR GERE PAR RMA	31
Chapitre 1 : Présentation du produit de retraite CIMR géré par RMA	32
1.1 Création de la CIMR	32
1.2 Champs d'application et Produits de retraite offerts	32
1.3 Le portefeuille CIMR chez la RMA	33
1.3.1 Options rattachées au contrat CIMR	33
1.3.2 Cartographie des risques du portefeuille CIMR	33
Chapitre 2 : Note technique de la gestion du portefeuille CIMR	35
2.1 Différents modèles d'Assurance Vie	35
2.2 Note technique de la CIMR	36
2.2.1 Calcul des réserves	36
2.2.2 Revalorisation de la rente	38
2.2.3 Calculs liés à la base de donnée des actifs	38
2.2.4 Calculs liés à la base de donnée des rentiers	39
PARTIE III :	41
LA PREMIER PARTIE DE APPLICATION CIMR	41
Chapitre 1 : Traitement et visualisation des données	42
1.1 Introduction	42
1.2 Description des bases de données	42
1.2.1 Base des actifs	42
1.2.1 Base des rentiers	42
1.2.1 Base des sorties	43
1.3 Analyse des données	43
1.3.1 Données liées aux actifs	43
1.3.2 Données liées aux sorties	47
1.3.2.1 La sortie en capital à terme	47
1.3.2.2 La sortie en rente à terme	48
1.3.2.3 La sortie en décès /mortalité	51
Chapitre 2 : Élaboration des tables de sortie	53
2.1 Modèle des tables de sortie	53
2.2 Choix des tables à dresser	53
2.3 Calcul des taux bruts de sortie	54
2.4 Lissage des taux	56
2.4.1 Définition du lissage	56
2.4.2 La régression linéaire simple	57
2.4.2.1 Estimation des paramètres du modèle de régression	57

2.4.2.2	Hypothèse de la régression linéaire simple.....	58
2.4.2.3	Évaluation de la qualité de la régression :	61
2.4.2.4	Validation du modèle :.....	62
2.4.3	Les modèles linéaires généralisés (GLM) :	62
2.4.3.1	Le cadre général des GLM.....	62
2.4.3.2	Moyenne et variance	62
2.4.3.3	Modèle de régression	63
2.4.3.4	Fonction de lien canonique	65
2.4.3.5	Estimation des paramètres	65
2.4.3.6	Évaluation de la qualité d'ajustement :.....	66
2.4.3.6	Validation du modèle :.....	66
2.5	Concrétisation des tables de sorties	67
2.5.1	Tables de sortie en rente	67
2.5.1.1	Table de sortie en rente :.....	68
Chapitre 3 : Appréciation des provisions techniques prudentielles		69
3.1	Évaluation du Best Estimate des engagements.....	69
3.1.1	La meilleure estimation des garanties.....	69
3.1.1.1	Introduction aux flux de trésorerie.....	70
3.1.1.2	Démarche d'évaluation des flux de trésorerie futurs	70
3.1.2	Les bénéfices discrétionnaires futurs	74
3.2	Best Estimate des frais de gestion.....	74
PARTIE IV :		76
LA DEUXIÈME PARTIE DE L'APPLICATION CIMR : MISE EN ŒUVRE DE LA NORME IFRS 17 SUR LE PRODUIT CIMR		76
Chapitre 1 : Comptabilisation par l'approche Variable Fee Approach (VFA)		77
1.1	Regroupement des contrats	77
1.2	Comptabilisation lors de la transition	78
1.3	Évaluation des provisions mathématiques	78
1.4	Calcul de l'ajustement au titre de risque non financier.....	79
1.5	Evaluation de la CSM	81
1.5.1	Evaluation de la CSM à la transition	81
1.5.2	La CSM en évaluation ultérieure(Année de calcul > Année de transition)	83
1.6	BE à l'évaluation ultérieure	84
1.7	RA à l'évaluation ultérieure.....	85
Chapitre 2 : L'application sous SAS et analyse de résultats.....		87
2.1	Application SAS	87
2.2	Résultats et analyses	89

Conclusion générale.....	93
Bibliographie.....	94
Webographie.....	95
Annexe I : Table de mortalité TV 88-90.....	96
Annexe II : les différentes commutations utilisées.....	97
Annexe III : Taux d'actualisation Bottom-UP.....	98
Annexe IV : Liste complète des variables existantes dans les bases de données.....	99
Annexe V : Exemples de tests et critères de choix du meilleur modèle de lissage.....	101
ANNEXE VI : PREUVE DE VARIATION DE BE.....	102
Annexe VII : Initialisation avec SAS ENTREPRISE GUIDE.....	104
Annexe VIII : OUTPUT FINAL DE L'APPLICATION CIMR.....	108

Liste des abréviations

- ACAPS : Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale.
- BAM : Bank-Al-Maghreb.
- CIMR : Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite.
- CMR : Caisse Marocaine de Retraite.
- CNSS : Caisse Nationale de la Sécurité Sociale.
- RCAR : Régime Collectif d'Allocation de Retraite.
- STG : Secure Technologies Group.
- OPCVM : Organisme de Placement Collectif en Valeurs Mobilières.
- BBA : Building Block Approach
- CF : Cash-Flows.
- CoC : Coût en Capital.
- GLM : Generalized Linear Model.
- RLS : Régression Linéaire Simple.
- RMA : Royale Marocaine d'Assurance.
- VFA : Variable Fee Approach.
- BBA : Building Block Approach.
- PPA : Premium Allocation Approach.
- IFRS : International financial Reporting Standards.
- VM : Valeur de Marché.
- VaR: Value At Risk.
- BE : Best Estimate.
- RA : Risk Adjustment.
- CSM : Contractual Service Margin.
- ZC : zéro coupon.
- S2 : Solvabilité 2.

Table des figures

Figure 1: Organigramme de la Royale Marocaine de l'Assurance.....	18
Figure 2 : Schéma représentant la granularité des contrats sous IFRS 17	21
Figure 3: Niveaux d'agrégation sous IFRS 17.....	21
Figure 4: Approches de comptabilisation	22
Figure 5: Initialisation du modèle général	23
Figure 6: Évolution de la CSM dans le modèle VFA	23
Figure 7: Évolution de la CSM dans le modèle BBA.....	24
Figure 8: Évolution de la CSM dans le modèle PAA.....	25
Figure 9: Bilan sous norme IFRS 17 et IFRS 9.	26
Figure 10: Taux d'actualisation sous IFRS 17.....	27
Figure 11:Initialisation du contrat sous IFRS 17	28
Figure 12: Bilan IFRS 17 VS Bilan solvabilité II.....	30
Figure 13: Évolution des nombres de contrats et des réserves des actifs de l'historique ⁴	44
Figure 14: Répartition des actifs 2023 et leurs réserves par âge ⁶	45
Figure 15: Distribution des rentes et des cotisations par âge ⁷	46
Figure 16: Répartition par âge des capitaux et de l'effectif de l'année 2023 ⁹	47
Figure 17: Évolution annuelle des sorties en capital ¹⁰	48
Figure 18 : Répartition par âge des rentes, des nombres et des réserves des sorties en rente pour l'année 2022 ¹²	49
Figure 19: Progression des sorties en rente dans le temps ¹³	49
Figure 20: Répartition des réserves en rente et capital par année ¹³	50
Figure 21: Répartition des nombres en rente et capital par année ¹⁴	50
Figure 22: Répartition par âge des pourcentages de sortie en mortalité par nombre, montants et prime contre assuré en 2023 ¹⁶	51
Figure 23: Évolution annuelle de la sortie en décès ¹⁷	52
Figure 24:Répartition des risques appliqués à l'assureur suivant son âge sous l'hypothèse.	54
Figure 25:Taux bruts moyens en réserve et en nombre par âge ¹⁹	55
Figure 26: illustration d'une courbe lissée selon une régression linéaire simple.	57
Figure 27: Projection des points de l'échantillon sur la droite de régression.....	58
Figure 28:lissage des taux de sortie en rente en réserve à l'âge de 60 ans.	68
Figure 29: Flux des sorties en capital par année de projection.	71
Figure 30: Flux des sorties en décès par année de projection.....	72
Figure 31: Flux des sorties des nouveaux rentiers par année de projection.....	73
Figure 32: Flux total des sorties par année de projection.	73
Figure 33:Valeur du BE pour produit A sous SAS	79
Figure 34: Evaluation initial du RA par choc pour produit A sous SAS.....	81
Figure 35:Rétropédalage par marge en VFA.	81
Figure 36:Analyse des variations impactant la CSM.....	83
Figure 37: Variation de BE sur une période ²³	84
Figure 38: Analyse des variations impactant le RA.....	86
Figure 39:Arbre de projet intégré dans l'application SAS	87
Figure 40:Extrait de l'entête de l'interface de l'application sous SAS GUIDE ENTREPRISE.	88
Figure 41: Extrait du milieu de l'interface d'application SAS.	88
Figure 42: Extrait de bas de l'application SAS.....	89
Figure 43: Evolution du BE et BEFG selon l'horizon de projection.....	90

Figure 44: Evolution du RA selon l'horizon de projection.....	91
Figure 45: Impact de la mortalité sur BE.....	92
Figure 46: Exemple d'ajout d'invites.	105
Figure 47: Exemple de fixation des paramètres pour une invite (1).....	106
Figure 48 : Exemple de fixation des paramètres pour une invite (2).....	107
Figure 49: Output de l'application CIMR pour l'année de transition (2019).....	108
Figure 50:Output de l'application CIMR pour les années après la transition (exemple 2020).	109

Liste des tableaux

Tableau 1 : Vue d'ensemble des données disponibles par année (base des actifs) ³	44
Tableau 2: Statistiques descriptives des variables âge et réserve des actifs de 2023 ⁵	45
Tableau 3: Statistiques descriptives des sorties en capital de l'année 2023 ⁸	47
Tableau 4: Statistiques descriptives des rentiers au titre de 2022 ¹¹	48
Tableau 5: Statistiques descriptives de la sortie en mortalité en 2023 ¹⁵	51
Tableau 6: Canevas d'une table de sortie.	53
Tableau 7: Extrait des taux bruts moyens en nombre et en réserve ¹⁸	55
Tableau 8: Charte de détection de corrélation suivant la valeur de ρ	60
Tableau 9: Récapitulatif des résultats du test de Durbin-Watson selon la valeur de DW.	60
Tableau 10: Fonctions variance associées aux lois de probabilité usuelles dont la densité est de la forme (9.31).	63
Tableau 11: Liens canoniques associés aux lois de probabilité usuelles dont la densité est de la forme.	65
Tableau 12: Récapitulatif des lois de distribution en GLM et de leurs utilisations.	67
Tableau 13: Récapitulatif des méthodes de lissages utilisées pour la loi de sortie en rente. ...	68
Tableau 14: résultat de CSM en adoptant l'approche par choc.	83
Tableau 15:: Variation de la CSM pour les 5 premières années.	84
Tableau 16: Variation du BE pour les 5 premières années.	85
Tableau 17: Variation du BEFG pour les 5 premières années.	85
Tableau 18: Variation du RA pour les 5 premières années.	86
Tableau 19: Résultats sous SAS d'évaluation du BE et BEFG.	89
Tableau 20: Résultats sous SAS d'évaluation du RA.	90
Tableau 21: Récapitulatif des deux méthodes utilisées.	91
Tableau 22: Extrait de la table de mortalité TV 88-90.	96
Tableau 23: Extrait de la table des taux d'actualisation par Bottom-Up.	98

Introduction

En mai 2017, la norme IFRS 17, une nouvelle norme internationale sur l'évaluation du passif d'assurance, a été publiée par l'International Accounting Standards Board (IASB). Cette nouvelle norme est introduite en remplacement de l'IFRS 4 et a pour objectif : évaluer les passifs associés au contrat d'assurance tout en étant un standard international unique, simplifier le compte du résultat en séparant le résultat des opérations d'assurances et financières, et enfin évaluer la performance des activités d'assurance en distinguant les groupes qui profitent et ceux qui ont des déficits.

Effectivement, la variété des modèles comptables locaux rend difficile la comparaison des résultats des assureurs, ce qui rend l'élaboration d'une norme qui capture les caractéristiques communes un défi majeur pour améliorer la comparaison des comptes et des différents indicateurs de performance. Dès que les actifs de placement sont évalués en valeur de marché, il y a une asymétrie comptable lorsqu'on évalue le passif en utilisant la comptabilité locale.

Dans le cadre de ce mémoire, le projet vise à examiner comment la future norme IFRS 17 sera appliquée à un portefeuille du produit CIMR. L'objectif est de clarifier les divers aspects de la norme ainsi que les différentes techniques employées pour générer les éléments du passif demandés.

Dans cette étude, la valorisation en se basant sur le modèle VFA « Variable Fee Approche » est obligée puisque le produit CIMR font partie des contrats à participation directe.

Les activités réalisées dans ce mémoire sont structurées en trois étapes. Tout d'abord, nous exposons la nouvelle norme et ses différents aspects, ainsi que les modèles de comptabilisation et l'évaluation pendant la transition. Ensuite, on procède à la création des lois de sortie (Rente, capital et décès) en utilisant les bases de données fournies par l'entité d'accueil. On réalise un lissage de ces taux, on réalise une projection de réserve et des futurs flux de trésorerie sortants, et on élabore également le taux d'actualisation conformément à la norme. Enfin, la création d'une application SAS ENTREPRISE GUIDE qui réalise les divers calculs conformément à la norme IFRS 17 pour tous les produits étudiés.

PARTIE I :
ORGANISME D'ACCUEIL
ET INTRODUCTION DE
LA NORME IFRS 17

Chapitre 1 : Présentation de l'Organisme d'Accueil

Tout d'abord, ce chapitre se concentrera sur une brève présentation et une introduction à la Royale Marocaine d'Assurance en tant qu'organisme d'accueil.

1.1 Cadre général de la compagnie d'accueil : RMA

L'entreprise marocaine d'assurance et de réassurance, la Royale Marocaine d'Assurance, est une branche de Finance Com Group, le premier groupe financier privé au Maroc et à travers l'Afrique. RMA s'est construit une réputation de compagnie d'assurance mondiale et d'acteur clé de l'industrie marocaine depuis plus de 70 ans.

Effectivement, elle a réussi à construire une trajectoire unique, elle est l'une des entreprises les plus représentatives du marché marocain de l'assurance. Actuellement, elle occupe une position de premier plan sur le marché des risques technologiques et de l'assurance des individus.

L'activité de RMA se focalise sur quatre domaines principaux : l'assurance-dommage, l'assurance vie/épargne/retraite, l'assurance santé et la gestion des biens.

1.2 Historique de la compagnie

1949 : Création de la Compagnie Royale Marocaine d'Assurances par Othmane Benjelloun le président du groupe FinanceCom et un groupe d'investisseurs marocains.

1995 : RMA Group rachète BMCE Bank.

1998 : M. Othman Benjelloun rachète Alwatniya Insurance Company.

2003 : RMA et ALWATANYA commencent à fusionner leurs activités.

2005 : RMA WATANYA est née dans le monde des assurances.

2014 : Acquisition de quatre compagnies d'assurance de Côte d'Ivoire, du Cameroun et du Togo.

2015 : Signature d'un accord de coopération avec Afriquia et STG pour la solution de la gestion de flotte.

2016 : RMA WATANYA n'existe plus, elle devient donc RMA (Royale Marocaine

d'Assurance).

2019 : Création de RMA Assistance.

2021 : Lancement de RMA services.

2022: Renouvellement de la Certification ISO 9001 version 2015

1.3 Chiffres concernant RMA

Chiffres :

- Effectif : 1000 collaborateurs (2023)
- Agences : 700 agences répartis dans tout le Royaume
- Courtiers : 213 courtiers partenaires
- Partenaires commerciaux : 250 établissements de santé et 100 garages conventionnés
- Établissements de santé : 420 Établissements de santé conventionnés
- Chiffre d'Affaires (en millions de dirhams) : 8076 (2022)
- Résultat Net (en millions de dirhams) : 905
- Fonds propres (en millions de dirhams) : 6008

1.4 Produits et services de RMA

RMA concentre ses activités sur quatre principaux domaines :

- L'assurance-dommages : pour un particulier, elle a pour but d'assurer ses biens de toute forme, soit en matière d'habitation, de l'automobile, de biens personnels, etc. Pour une entreprise, elle assure sa pérennité, qui pourrait être gravement affectée en cas de survenance d'un sinistre ou d'une catastrophe.
- L'assurance vie/épargne/retraite : RMA aussi indemnise toute forme d'assurance vie, épargne ou retraite, elle s'engage à payer des montants selon la convention de l'assuré et l'assureur.
- L'assurance santé : L'assureur s'engage, en contrepartie d'un montant bien défini, d'assurer les frais médicaux et les soins dont l'assuré a besoin en cas de survenance d'une maladie à ce dernier.
- La gestion des actifs : Dans le respect des contraintes réglementaires et contractuelles

définis par l'état, parmi les missions de RMA, c'est gérer les capitaux.

En plus des activités citées ci-haut, RMA gère une grande partie du portefeuille des cotisations salariales de la CIMR (Caisse Interprofessionnelle Marocaine de retraite) qui entre dans le cadre de l'assurance-vie.

1.5 Organigramme de RMA

La figure suivante représente la structure administrative de RMA :

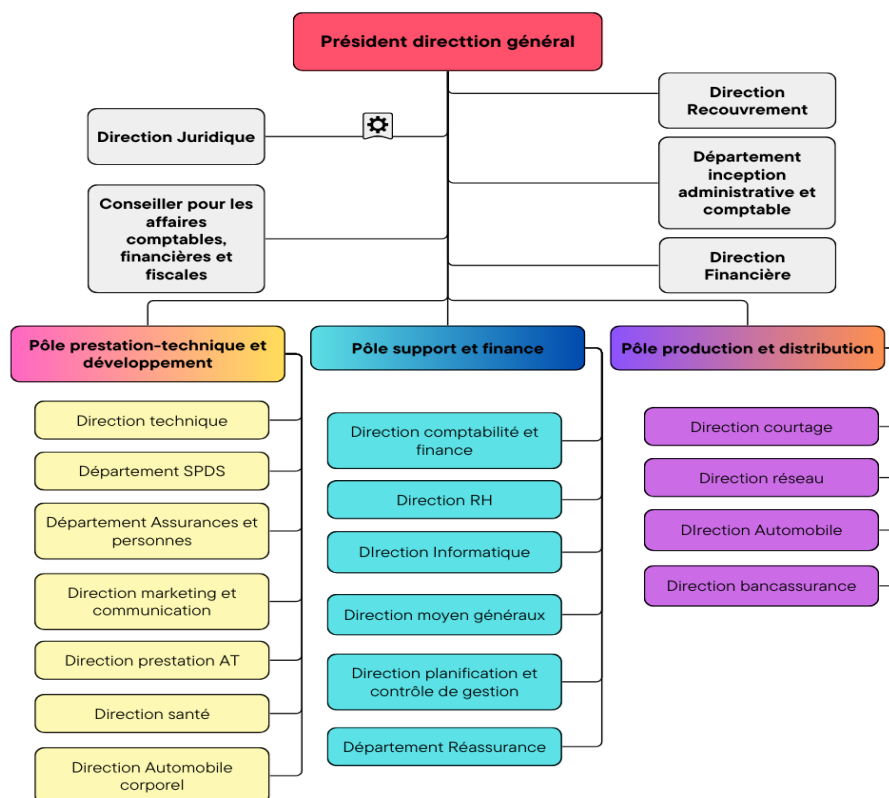


Figure 1: Organigramme de la Royale Marocaine de l'Assurance

Dans cette partie, nous avons présenté l'organisme d'accueil en évoquant son histoire, son secteur d'activité et les chiffres traduisant sa situation. Nous passons par la suite au cadre général de l'IFRS 17 et à ses notions de base.

Chapitre 2 : Présentation de la norme IFRS 17 :

2.1 Les normes de l'IFRS en assurance :

Les normes comptables internationales ont pour objectif de standardiser la manière dont les états financiers échangés à l'échelle mondiale sont présentés. Créées par l'IASB, qui a pour objectif de favoriser l'application de ces normes et leur diffusion à l'échelle mondiale. Cela concerne les entreprises cotées et celles qui appellent publiquement à l'épargne.

Les principes fondamentaux des normes transversales et complémentaires sont la transparence, la comparabilité et la pertinence de l'information à communiquer. Opter pour la dimension économique plutôt que les formes juridiques, qui peuvent parfois être très différentes selon les pays. Les données à communiquer par les assureurs doivent maintenant être en accord avec ce qui est observable sur le marché, à l'échelle mondiale.

Principales normes qui impactent le secteur des assurances :

- **IAS 1** : Présentation des états financiers
- **IAS 7** : Flux de trésorerie (fonds en caisse et dépôts à vue)
- **IAS 12** : Impôts à payer / différés
- **IAS 16** : Traitement des immobilisations corporelles
- **IAS 19** : Comptabilisation des passifs sociaux
- **IAS 32** : Présentation des instruments financiers
- **IAS 36** : Dépréciation du Goodwill
- **IAS 38** : Comptabilisation des immobilisations incorporelles
- **IAS 40** : Immeubles de placement
- **IFRS 7** : Informations sur les instruments financiers à fournir
- **IFRS 9** : Comptabilisation et évaluation des instruments financiers en remplacement d'IAS 39
- **IFRS 13** : Méthodes et démarches d'évaluation de la Fair value (Juste Valeur)
- **IFRS 17** : Contrats d'assurance (en remplacement d'IFRS 4 à partir du premier janvier 2023)

2.2 Transition de l'IFRS 4 à l'IFRS 17 :

L'IFRS 4 est la norme précédente concernant les contrats d'assurance, qui a été publiée en mars 2004. Cette norme est plutôt transitoire et vise principalement à intégrer les sociétés d'assurance dans le cadre IFRS.

Deux nouveaux mécanismes importants ont été introduits dans la norme IFRS 4 : le principe de « Shadow Accounting » ou de Comptabilité Reflet. Ce principe permet de réduire en partie l'asymétrie entre la valeur de marché des actifs et les passifs au coût amorti selon les principes locaux français, ainsi que le Test de Suffisance des passifs (Liability Adequacy Test, LAT). Dans le but de garantir que les actifs des assureurs couvrent correctement les passifs, peu importe la norme locale à laquelle ils se réfèrent.

En raison de ses principaux défis, l'IFRS 4 sera remplacée par l'IFRS 17 à partir du 1er janvier 2023. Ces défis peuvent être résumés comme suit : À la fin de la période de reporting, il n'y a pas de prise en compte des provisions pour les sinistres survenus au titre des contrats qui n'existaient pas (provisions pour catastrophes et pour égalisation). Écart entre les pays, les contrats d'assurance et les secteurs d'activités ; Conserver les dettes dans les états financiers jusqu'à ce qu'elles se déversent ; Les passifs d'assurance ne sont pas compensés par les actifs de réassurance correspondants ;

2.3 Champ d'application de la norme de l'IFRS 17 :

Le texte réglementaire Précise que la compagnie d'assurance doit appliquer la norme IFRS 17 aux éléments suivants :

- Contrats d'assurance (y compris les traités de réassurance) que l'assurance émet ;
- Les traités de réassurance qu'elle détient ;
- Les contrats d'investissement qu'elle émet avec un élément de participation discrétionnaire à condition qu'elle émette aussi des contrats d'assurance ;

On peut avoir des composantes dans un contrat d'assurance qui n'entrent pas dans le champ d'application de la norme IFRS 17. Ces composantes doivent être séparées du contrat et comptabilisées selon la norme correspondante, on peut résumer ces exclusions dans :

- **Dérivés incorporés** : application de la norme IFRS 9 pour déterminer si les dérivés incorporés sont séparés du contrat (ou non). Dans le cas échéant, leur comptabilisation se fait selon la norme IFRS 9 ;
- **Composantes d'investissement**: exclues de la frontière des contrats lorsqu'elles:
 - Peuvent être quantifiées indépendamment de la composante d'assurance ;
 - Peuvent être vendues seules ;
- **Composantes de service** : tout contrat comprenant une promesse de transfert de biens ou de services à l'assuré indépendante du contrat d'assurance ;

2.4 Niveau d'agrégation :

Selon la norme IFRS 17, il est nécessaire d'utiliser trois niveaux d'agrégation de calculs, en se basant sur des critères tels que l'homogénéité du portefeuille, la génération de souscriptions et l'onérosité. Cette nouvelle agrégation vise principalement à repérer les contrats

onéreux dès leur création, sans offrir la possibilité de les évaluer. Il est possible de partager les pertes avec des contrats bénéfiques.

La figure ci-dessous illustre ces trois conditions d'agrégation :

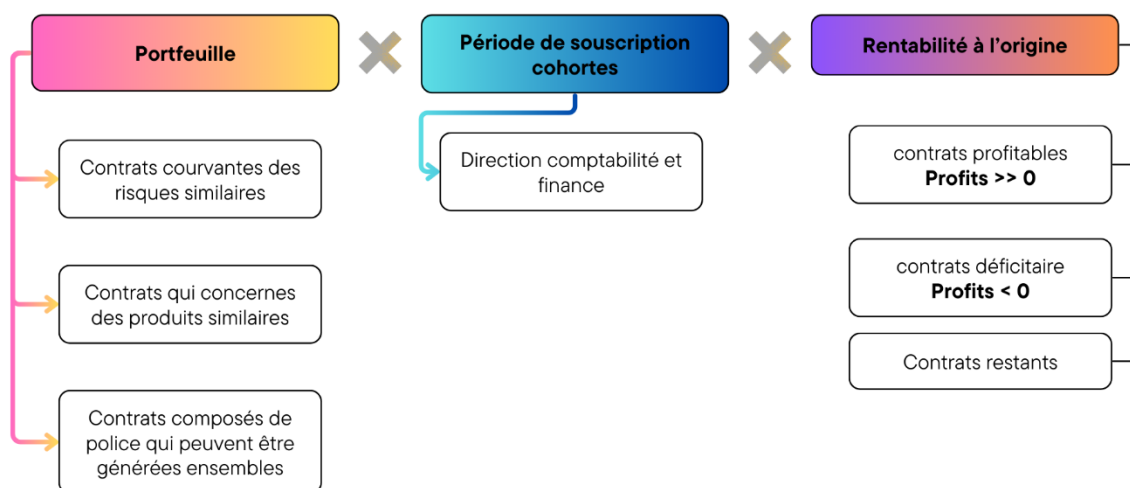


Figure 2 : Schéma représentant la granularité des contrats sous IFRS 17

La notion de « contrats restants » dans la norme, en comparaison avec les autres groupes mentionnés précédemment, fait référence à des contrats qui semblent être rentables, mais qui pourraient devenir déficitaires au fil du temps. Il convient de souligner qu'une fois qu'un contrat est comptabilisé dans un groupe, il est impossible de le modifier ultérieurement.

Ainsi, On pourra résumer cette vision du portefeuille d'assurance dans le schéma suivant :

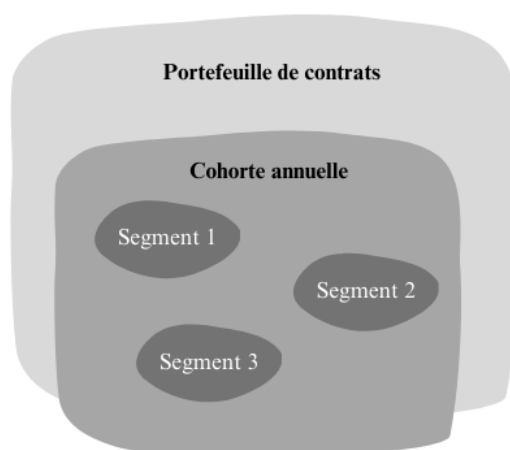


Figure 3: Niveaux d'agrégation sous IFRS 17.

2.5 Approches de comptabilisation

Les méthodes de valorisation des provisions conformément à l'IFRS 17 varient en fonction des caractéristiques des produits d'assurance détenus par l'organisme. La norme recommande trois méthodes différentes :

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

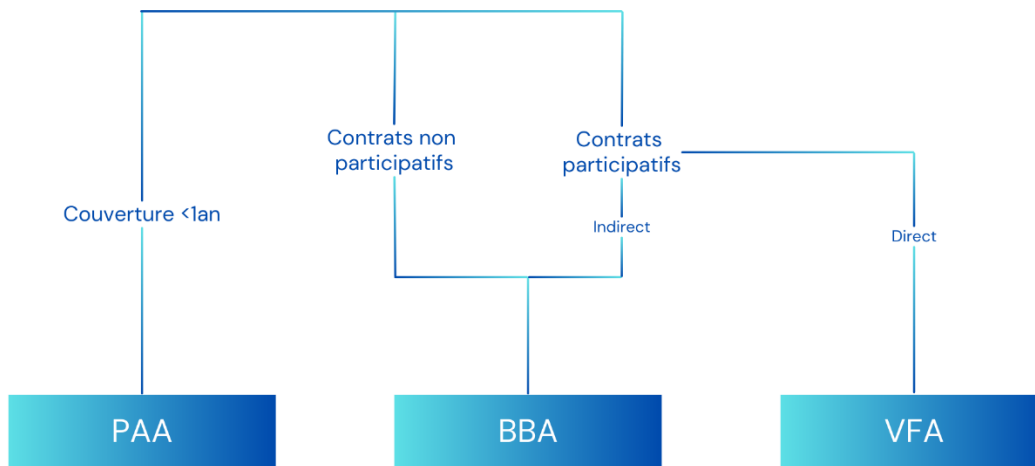


Figure 4: Approches de comptabilisation

Les contrats non participatifs dont la durée dépasse un an et les contrats participatifs indirects sont soumis à la méthode par défaut, BBA. La méthodologie VFA est utilisée pour valoriser les contrats participatifs directs. La méthode PAA est applicable aux contrats non participatifs dont la durée ne dépasse pas 1 an.

2.5.1 Le modèle Variable Fee Approach (VFA)

Le modèle VFA, également connu sous le nom de "Variable Fee Approach", est une variante du modèle général qui s'applique aux contrats d'assurance avec participation directe. La variable Fee correspond à la proportion des bénéfices des actifs sous-jacents que l'assureur n'a pas remboursé à l'assuré.

Cette variable inclut le stock du profit de la CSM ainsi que d'autres éléments constitutifs. Tous ces éléments seront représentés en résultat pour indiquer le service offert par l'assureur pendant l'exercice.

Comptabilisation initiale :

La valeur de la CSM initiale est issue de la comptabilisation initiale.

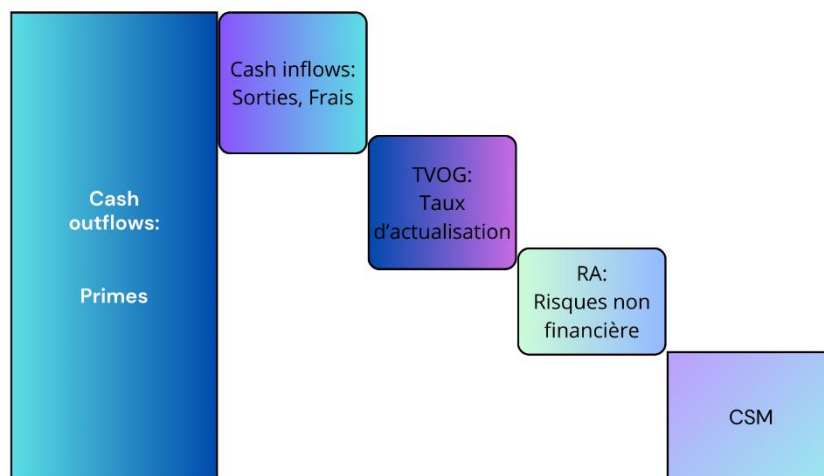


Figure 5: Initialisation du modèle général

Réévaluation ultérieure :

Après comptabilisation initiale, la CSM est évaluée comme suit :

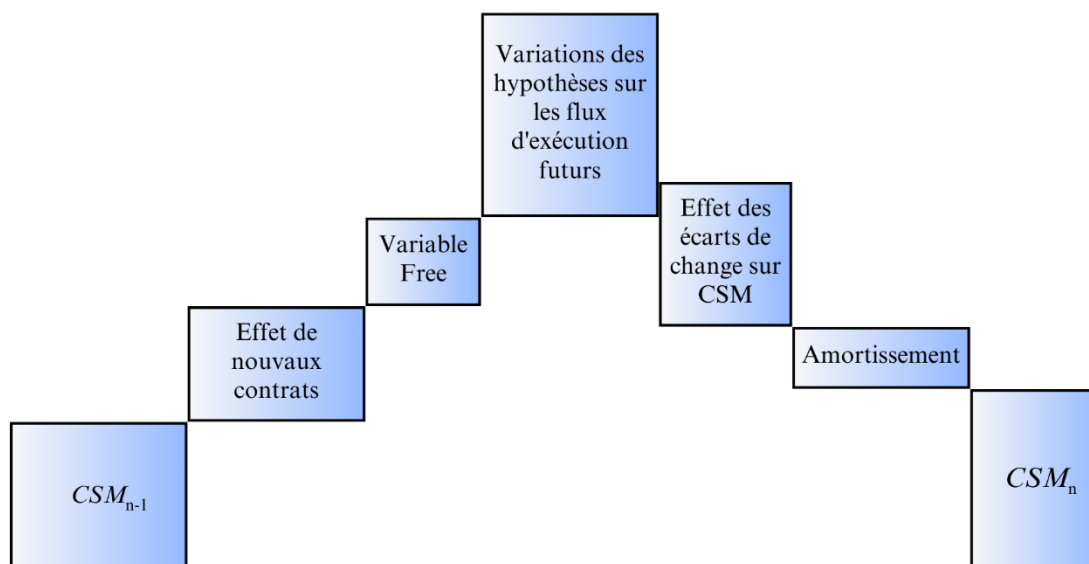


Figure 6: Évolution de la CSM dans le modèle VFA

J'ai opté pour le modèle de tarification variable car c'est le modèle général et pour répondre aux besoins de l'assurance RMA.

2.5.2 Le modèle Building Block Approach (BBA)

Le Building Block Approach (BBA), également connu sous le nom de modèle général, est le modèle qui évalue les contrats d'assurance en trois blocs et qui illustre les éléments du passif technique mentionné précédemment. Ce modèle s'applique par défaut à tous les contrats,

à l'exception des contrats participatifs directs qui seront précisés ultérieurement. Ce modèle est donc applicable aux différents types de contrats :

- Il s'agit de contrats non participatifs où les éléments sous-jacents appartiennent à l'assureur et où les assurés ne sont ni impliqués dans les résultats financiers ni techniques (contrats de dommages, contrats de prévoyance temporaire, etc.).
- Les contrats participatifs indirects désignent les contrats dont les éléments sous-jacents sont détenus par l'assureur, qui possède une totale liberté quant à la participation accordée aux assurés (par exemple : certains contrats de retraites, contrats de vie entier, etc.).

Après comptabilisation initiale (Identique à la comptabilisation initiale du modèle VFA), la CSM est évaluée comme suit :

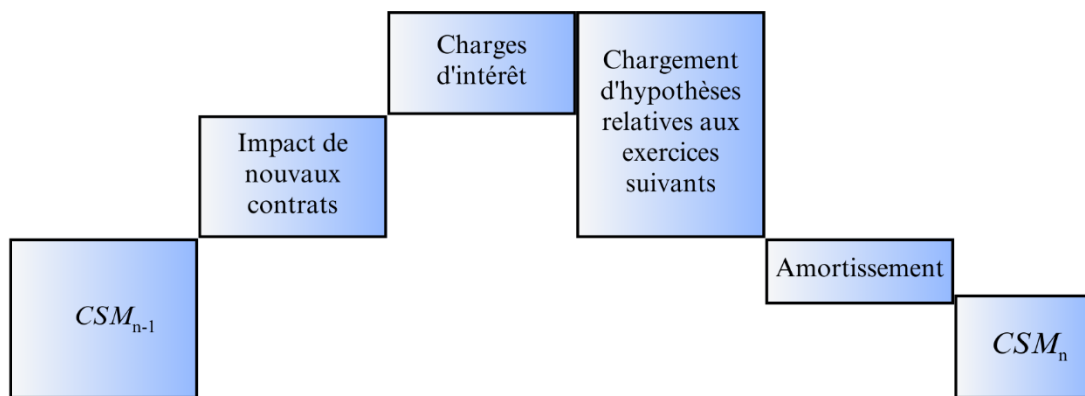


Figure 7: Évolution de la CSM dans le modèle BBA

1. Conséquences des nouveaux contrats : il est possible d'intégrer un nouveau contrat dans un groupe de contrats déjà existants, à condition que ce nouveau contrat ait au moins 12 mois d'existence.
2. Les charges d'intérêt liées au passage du temps sont calculées en utilisant le taux "locked-in", qui correspond au taux estimé lors de la première comptabilisation.
3. Les changements dans les hypothèses qui impactent le niveau de la CSM sont en accord avec les hypothèses non financières.
4. Le compte de résultats est utilisé pour enregistrer l'amortissement de la CSM, qui doit refléter les services fournis pendant la période de protection.

2.5.3 Le modèle Premium Allocation Approach (PAA)

La méthode d'allocation des primes (PAA) peut faciliter l'évaluation du passif pour la période restant à couvrir pour une entité, à condition qu'à la date de l'émission, l'entité estime raisonnablement que cette méthode sera proche du modèle général ou que la période de

couverture de chaque contrat du groupe soit égale ou inférieure à un an.

Si, lors de l'émission, des fluctuations importantes sont prévues, l'entreprise ne peut pas appliquer le PAA à un tel ensemble de contrats. Le PAA offre la possibilité d'utiliser des outils pratiques : ne pas mettre à jour si la durée est inférieure à un an, assumer les frais d'acquisition. Ces simplifications ne s'appliquent pas aux dettes liées aux sinistres encourus, mais il n'est pas nécessaire de les actualiser si le règlement est prévu dans un délai d'au moins un an.

Comptabilisation initiale :

Durant la première comptabilisation, le passif est égal aux primes reçues diminuées des frais d'acquisition (pas de CSM).

Réévaluation ultérieure :

Si la période de couverture du contrat est supérieure à un an ou si la compagnie publie ses comptes trimestriellement, le passif est déterminé comme le montre la figure suivante :

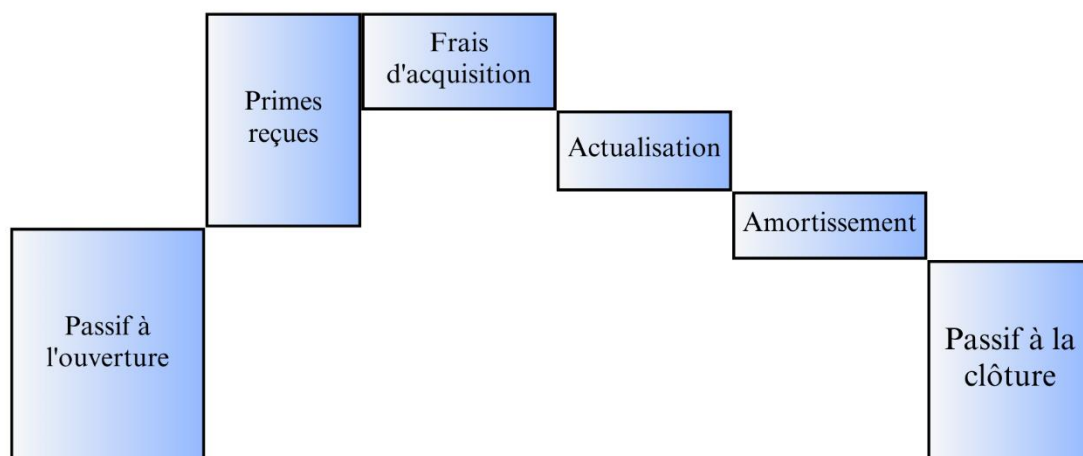


Figure 8: Évolution de la CSM dans le modèle PAA

2.6 Evaluation du passif d'assurance :

Selon l'IFRS 17, l'évaluation du passif s'effectue en calculant trois blocs principaux, il s'agit de L'Estimation des flux de trésorerie futurs (BE) ; Ajustement pour risque pour les risques non financiers (RA); La marge de Service Contractuel (CSM).

La figure suivante explique le bilan d'une compagnie d'assurance sous IFRS 17 :

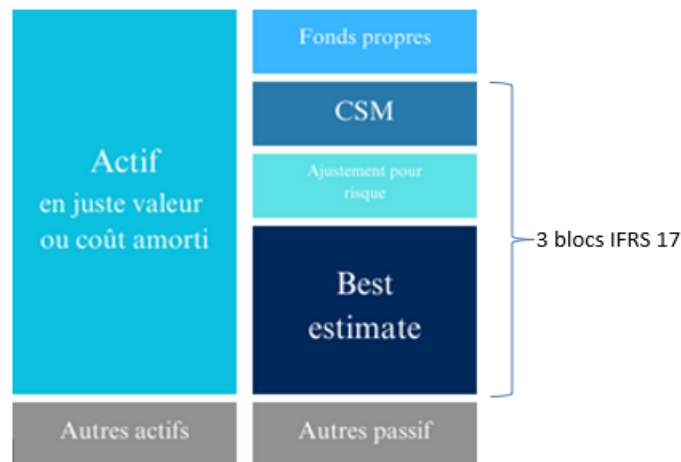


Figure 9: Bilan sous norme IFRS 17 et IFRS 9.

Source : IFRS 17 : Enjeux et application en assurance emprunteur, CNP assurance.

2.6.1 Estimation des flux de trésorerie futurs :

Les flux de trésorerie futurs sont estimés en fonction de la valeur temporelle de l'argent, en utilisant la courbe des taux sans risque appropriée pour estimer ces derniers. Selon la littérature, cette estimation des flux futurs est connue sous le nom d'IFRS 17 et est considérée comme la meilleure estimation de l'engagement de la compagnie d'assurance.

Effectivement, il est nécessaire de prévoir toutes les sorties de trésorerie futures probables sur la durée de vie de chaque contrat associé, puis de les combiner pour calculer le BE. Il est important de souligner que ce dernier doit respecter les conditions suivantes : Être objectif et prendre en compte toute l'information disponible sur le contrat d'assurance, à savoir les montants, l'échéancier, les hypothèses... ; Être actuel, utiliser les informations disponibles au moment de l'évaluation afin d'estimer les futurs cash-flows, il s'agit des conditions et hypothèses de cette date quant au futur ; Être explicite, Le calcul du best-estimate doit être indépendant des éléments suivants : le calcul de l'ajustement du risque non financier, la valeur temps de l'argent et l'ajustement du risque financier.

Taux d'actualisation :

Afin de mieux évaluer la valeur actuelle, il est essentiel de mettre à jour les flux de trésorerie futurs pour tenir compte de la valeur temporelle de l'argent. Afin d'accomplir cela, en respectant les consignes de la norme, l'entreprise doit établir la courbe d'actualisation adéquate. Cette responsabilité est attribuée à l'entité elle-même selon l'IFRS 17, tandis que dans le cadre du référentiel SBR, elle est confiée à l'ACAPS. Il est essentiel que cette courbe d'actualisation respecte trois critères essentiels :

- Elle doit être en accord avec la valeur historique de l'argent.
- Elle doit correspondre aux prix habituels observés sur le marché.

- Pour déterminer les taux d'actualisation, il est nécessaire d'éliminer les effets des facteurs qui impactent les prix observables du marché, mais qui ne sont pas liés aux flux de trésorerie futurs.

Il est important de souligner que la norme IFRS 17 offre aux entités la possibilité de choisir la méthode de construction de la courbe la plus appropriée à leur situation. On utilise généralement deux méthodes principales, même si elles participent à la construction de la même courbe d'actualisation :

1. La méthode Top-Down : est recommandée pour les flux de trésorerie qui sont basés sur les rendements des actifs. On utilise une courbe de rendement du portefeuille d'actifs de référence pour évaluer le passif, en excluant tout élément non pertinent.

2. L'approche Bottom-Up : Cette approche convient davantage aux flux de trésorerie qui ne sont pas liés aux rendements des actifs, comme les contrats d'épargne. Cela nécessite la modification d'une courbe des taux sans risque en intégrant une prime de liquidité. Le calcul de cette prime de liquidité n'est pas spécifié par la norme.

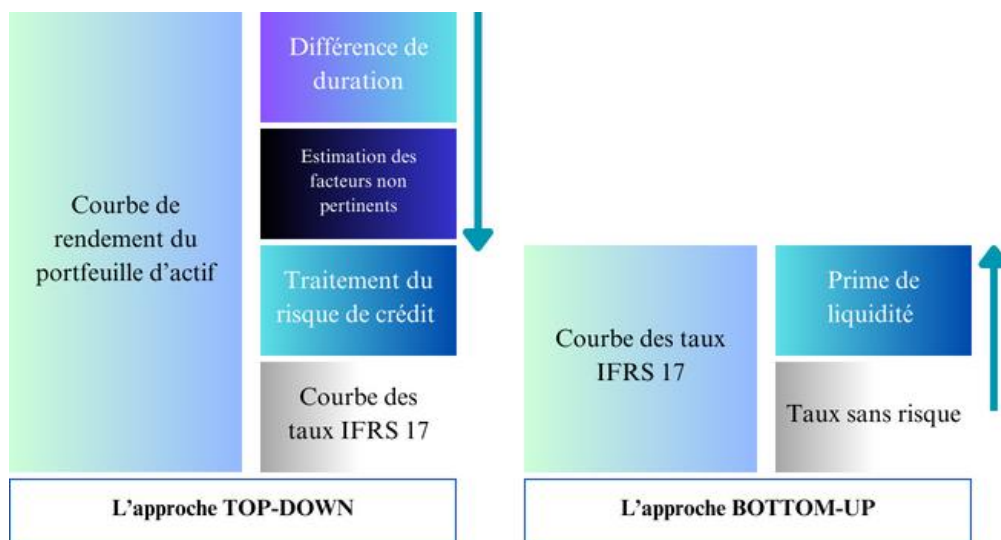


Figure 10: Taux d'actualisation sous IFRS 17.

2.6.2 Risk adjustment :

La compensation nécessaire que l'assureur doit établir pour faire face à l'incertitude liée aux flux de trésorerie futurs liés aux risques non financiers des contrats d'assurance est l'ajustement pour risque non financier (ARNF). Différentes méthodes peuvent être prises en compte pour évaluer cette quantité. Puisque l'adaptation pour risque non financier témoigne de l'aversion au risque de l'entreprise, la norme ne définit pas de méthode spécifique. Toutefois, les techniques de calcul les plus fréquemment employées incluent la méthode du coût du capital, la méthode stochastique et la méthode par choc.

Ainsi, les méthodes d'estimation de l'ARNF doivent faire face à deux défis principaux :

1. Opter pour la méthode qui permet de mieux gérer les résultats en respectant les normes IFRS.
2. Exploiter les calculs réalisés en respectant les normes Solvabilité 2 (S2) ou le référentiel Standard Approach to Captives (SBR) pour éviter la répétition des efforts de production.

2.6.3 Marge de service contractuelle

Le bénéfice non encore réalisé que la compagnie d'assurance comptabilise est la marge de service contractuelle (MSC), qui est la principale innovation de la norme IFRS 17. Ce profit encore non réalisé est prévu pour être obtenu par la prestation de services. Son impact est clairement visible sur le bilan et le compte de résultat, permettant ainsi une meilleure compréhension et un contrôle des différences entre les flux de trésorerie entrants et sortants de l'assureur. En outre, elle symbolise les bénéfices à venir d'un contrat dès le début.

Lors de la première enregistrement, la CSM est calculée de manière à exclure tout bénéfice initial. Cette notion a été introduite par l'IASB afin de définir la nature des contrats (profitables ou déficitaires) et de leur évaluation.

Lors de la première enregistrement, la CSM est calculée de manière à exclure tout bénéfice initial. Cette notion a été introduite par l'IASB afin d'identifier la nature des contrats (bons ou mauvais) et de répartir les bénéfices des contrats sur toute leur durée de vie.

La CSM post-transition est initialement comptabilisée de la manière suivante : [suivi des détails de la méthode de comptabilisation].

$$CSM_0 = \text{Max}(0, \text{Primes} - (\text{BE}_0 + \text{RA}_0))$$



Figure 11: Initialisation du contrat sous IFRS 17.

Lors de la comptabilisation initiale :

- Si $CSM < 0$ alors (contrats déficitaires) : Le montant de la perte est en général reporté au compte de résultats (P&L).
- Si $CSM > 0$ (contrats profitables) : Elle est mise au bilan de l'exercice concerné.

2.7 Transition :

La transition vers la norme IFRS 17 impose le calcul des provisions de passif dès le début des contrats, incluant la marge de service contractuelle (MSC). Cette transition vers la nouvelle norme s'annonce particulièrement délicate, étant donné que les compagnies d'assurance doivent l'appliquer à l'ensemble des contrats existants dans leur historique. Le défi principal réside dans la reconstitution de la MSC pour chaque contrat à la date de transition, afin de déterminer les résultats comptables futurs.

Trois méthodes de comptabilisation à la date de transition sont envisageables :

1. La méthode rétrospective : Cette approche consiste à appliquer la norme IFRS 17 aux contrats d'assurance en stock à la date de transition, comme si elle avait toujours été en vigueur pour le portefeuille existant de contrats d'assurance. Cependant, cette méthode est souvent difficile à mettre en œuvre en raison du manque de données et d'autres facteurs.

2. La méthode rétrospective modifiée : Cette méthode vise à résoudre les difficultés de l'approche rétrospective directe sans nécessiter l'application de la norme IFRS 17 à l'ensemble de l'historique des données de l'assureur. Bien qu'elle soit moins complexe, elle nécessite néanmoins un grand nombre de données rétrospectives. Le calcul de la MSC repose sur l'estimation des flux de trésorerie futurs à partir de la date de transition et des flux de trésorerie passés entre la date de comptabilisation initiale et la date de transition.

3. L'approche de la juste valeur : Cette approche, la plus récente proposée par l'IASB dans la norme IFRS 17, calcule la MSC à la date de transition comme la différence entre la juste valeur des actifs d'un groupe de contrats d'assurance et les flux de trésorerie d'exécution du groupe mesurés à cette même date.

$$CSM \text{ à la transition} = \text{juste valeur} - \text{flux de trésorerie}$$

2.8 Comparaison entre l'IFRS 17 et la SII

La norme IFRS 17 présente certaines notions qui rappellent des concepts déjà connus dans le référentiel Solvabilité II. Effectivement, selon les deux normes, le passif d'assurance est évalué comme la meilleure estimation de la valeur probable actuelle des flux futurs augmentés d'une dotation pour risque. Le Best Estimate et l'Ajustement pour risque, qui sont

les deux premiers blocs du passif IFRS, ont une définition similaire à celle du Best Estimate et de la marge pour risque existante dans Solvabilité II.

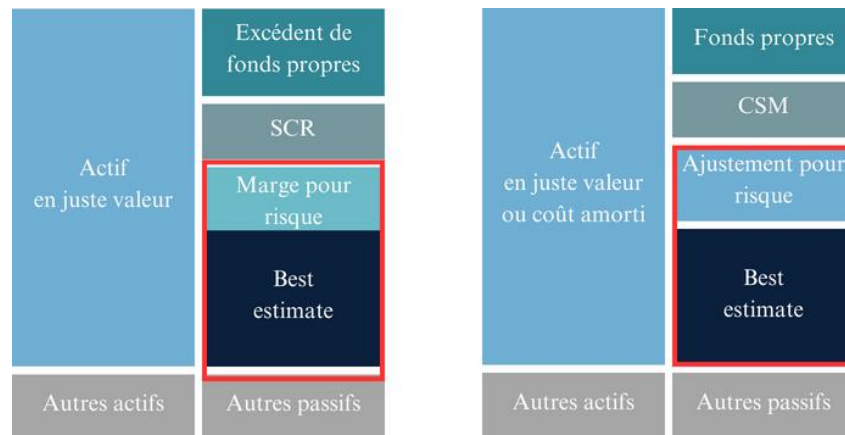


Figure 12: Bilan IFRS 17 VS Bilan solvabilité II.

Dans cette partie, nous avons exposé la situation du secteur de l'assurance et de l'assurance vie au Maroc, en mettant l'accent sur la nouvelle norme qui constitue l'objet de notre projet, l'IFRS 17. Ses principes, ses bases et ses aspects techniques ont été étudiés. La section suivante examine en détail ces aspects, y compris leurs formulations mathématiques.

PARTIE II :

**INTRODUCTION DU
PRODUIT DE RETRAITE
CIMR GERE PAR RMA**

Chapitre 1 : Présentation du produit de retraite CIMR géré par RMA

Au Maroc, le paysage de la retraite est dominé par trois régimes de base publics obligatoires : la Caisse Marocaine des Retraites (CMR), la Caisse Nationale de Sécurité Sociale (CNSS) et le Régime Collectif d'Allocation de Retraite (RCAR). En plus de ces régimes, il existe d'autres régimes supplémentaires, dont la Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite (CIMR), qui est gérée par le secteur privé, joue un rôle essentiel.

1.1 Création de la CIMR

En juillet 1949, les entreprises du secteur privé ont décidé de créer la Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite (CIMR) afin de garantir une couverture retraite à leur personnel. À cette époque, les régimes spécifiques au secteur privé et aux entreprises publiques et semi-publiques étaient inexistantes. Ce régime présentait les caractéristiques principales suivantes :

- La CIMR était créée en tant qu'association.
- La participation au régime était optionnelle.
- Le régime était géré de manière mixte, entre répartition et capitalisation.

L'introduction du système de calcul des points de retraite par la CIMR en 1967 a remplacé le calcul des montants de pension selon un pourcentage variable en fonction du taux de contribution par rapport au salaire moyen des trois dernières années d'activité.

1.2 Champs d'application et Produits de retraite offerts

Les versements patronaux sont dirigés vers la CIMR, où ils sont répartis, tandis que les versements salariaux sont versés aux assureurs et gérés par le principe de la capitalisation. Les méthodes de financement qui sous-tendent la relation entre les prestations et les contributions sont à l'origine de cette distinction entre capitalisation et distribution. L'équilibre entre contribution et prestation à chaque étape de la vie d'un individu est représenté par la capitalisation. De ce fait, on peut dire que chaque personne s'assure sa propre retraite ; si une solidarité existe, elle se manifeste au sein de la cohorte des personnes nées la même année, par le biais de tables de mortalité. D'autre part, il n'y a pas de solidarité intergénérationnelle. Le système de répartition, par exemple, maintient un équilibre entre les cotisations des travailleurs actifs et les prestations à accorder aux retraités à tout moment.

La CIMR a réalisé en 2003 une réforme importante qui s'est concentrée sur la gestion, par cette caisse, des contributions salariales qui sont désormais gérées selon le principe de la

répartition. Par conséquent, après cette date, aucune compagnie d'assurance n'enregistre de nouveaux membres de cette caisse. Deux régimes de retraite classiques sont proposés par la CIMR aux entreprises du secteur privé :

- Al Kamil est disponible pour toutes les entreprises avec au moins trois employés.
- Al Mounassib est spécifiquement développé pour les PME.

Chaque régime assure des avantages aux participants.

1.3 Le portefeuille CIMR chez la RMA

Le produit CIMR est un produit en liquidation vu la réforme qu'il a connu en 2003. Sa gestion est plus au moins compliquée tant qu'elle doit tenir en compte les options liées à son contrat et les risques qui le confrontent.

1.3.1 Options rattachées au contrat CIMR

Un membre du contrat CIMR auprès de la RMA a la possibilité de quitter le portefeuille dans trois situations différentes :

- **Décès** : Lorsque l'affilié meurt, les ayants droit ne reçoivent que les cotisations accumulées non revalorisées du défunt.
- **Sortie en capital** : Si l'affilié à une âge compris entre 50 ans et moins de 70 ans au moment de la demande de sortie en capital, et qu'il a cotisé au contrat pendant au moins 5 ans, le retraité a la possibilité de récupérer immédiatement l'intégralité du capital accumulé dans le contrat.
- **La sortie en rente** : est soumise aux mêmes conditions que la sortie en capital. Dans cette situation, le destinataire de cette prestation continue de recevoir une rente de la part de son assureur jusqu'à son décès.
- **Rachat** : Si l'affilié a moins de 50 ans au moment de la demande de rachat, ou s'il a plus de 50 ans à cette même date mais n'a pas cotisé pendant au moins 5 ans pendant la durée d'adhésion au contrat, il ne reçoit que ses cotisations non revalorisées.

Néanmoins, la nouvelle note de la CIMR, entrée en vigueur en janvier 2017, interdit à un affilié de choisir un rachat avant l'âge de 50 ans. Cependant, à cet âge, il peut déjà opter pour une sortie en rente ou en capital. Il ne serait donc pas rentable pour lui de faire un rachat. Cette possibilité ne sera donc pas considérée dans notre recherche ultérieure.

1.3.2 Cartographie des risques du portefeuille CIMR

Le terme "risque" fait référence à tout événement aléatoire qui pourrait mettre en péril la capacité de l'assureur à respecter ses engagements. Les obligations liées à la CIMR comprennent les engagements contractuels ainsi que la protection des rentes contre le risque

d'inflation.

La source du risque peut être commerciale ou financière. Les activités de vente des contrats et les différents obstacles techniques, juridiques et administratifs sont associés au risque commercial. L'incertitude entourant la valeur des investissements et leurs rendements entraîne le risque financier.

Les risques majeurs pour un régime de retraite comme celui de la CIMR peuvent être soit techniques, financiers, ou liés aux options implicites liées aux contrats. Chaque risque est lié entre eux et demande une gestion coordonnée.

En particulier, **les risques techniques** sont liés au calcul des prestations (rentes, capitaux, etc.), qui dépend de tables de mortalité¹ spécifiques et de taux techniques qui varient selon la période. Le risque principal est celui d'une espérance de vie réelle prolongée, ce qui peut engendrer des frais supplémentaires liés à la valorisation des engagements, en particulier pour ceux de longue durée.

Les dangers des options implicites des produits désignent les options proposées aux affiliés, comme l'option entre la rente ou le capital, ainsi que la possibilité d'anticiper ou de différer leur retraite. Il est complexe d'évaluer et de prévoir ces risques dans la pratique, ce qui demande une attention particulière.

Finalement, **les risques financiers** sont causés par une disparité importante entre la valeur des investissements et celle des engagements. Le régime investit principalement dans des obligations d'État, des actions et des organismes de placement collectif en valeurs mobilières (OPCVM). Les principaux risques sont le risque de taux, qui se produit lorsque les taux d'intérêt varient, et le risque lié aux actions.

¹ La disposition des courbes de mortalité des deux tables figure dans l'annexe I.

Chapitre 2 : Note technique de la gestion du portefeuille CIMR

Il est important de noter que depuis son établissement, les cotisations salariales des membres de la CIMR sont versées à des compagnies d'assurance pour leur gestion. La RMA occupe une place importante dans le secteur privé, ajoutant ainsi cette activité à ses domaines d'action. Avant de présenter en détail la gestion de cette partie de son portefeuille par la RMA, nous aborderons d'abord des concepts actuariels, en particulier ceux liés à l'Assurance Vie, en raison de leur importance pour la suite de notre étude.

2.1 Différents modèles d'Assurance Vie

Dans cette partie, nous allons étudier d'une part quelques modèles d'assurance destinés à réduire les conséquences financières d'un décès imprévu, et d'autre part des types d'assurance qui versent des prestations tant que l'assuré est en vie. Ainsi, nous traiterons des rentes. Afin de faciliter, nous ferons appel à des commutations.

- **Une assurance vie complète qui est payable à la fin de l'année de la mort : A_x**

Dans cette situation, la prestation est versée par l'assureur à la fin de l'année du décès, peu importe le moment où il se produit. La prime nette de cette assurance est connue sous le nom de A_x et elle est définie comme suit :

$$A_x = \frac{M_x}{D_x}$$

- **Une assurance vie temporaire sur n années : $A_{x:n}$**

offre une prestation en cas de décès à la fin de l'année du décès, à condition que le décès se produise au cours des n premières années suivant la souscription du contrat. La prime nette de ce contrat d'assurance est connue sous le nom de $A_{x:n}$ et est représentée par :

$$A_{x:n} = \frac{M_x - M_{x+n}}{D_x}$$

- **Capital différé : ${}_nE_x$**

Une dotation pure ou un capital différé sur n années ne verse la prestation qu'à la fin des n années si l'assuré est toujours en vie à ce moment-là. La valeur actuarielle présente de cette assurance est notée ${}_nE_x$ et est définie par :

$${}_nE_x = \frac{D_{x+N}}{D_x}$$

- **L'assurance mixte sur n années : $A_{x:\overline{n}|}$**

L'assurance mixte n années offre une assurance en cas de décès à la fin de l'année du décès si celui-ci se produit au cours des n premières années, ou à la fin du contrat si l'assuré est encore en vie. La prime nette de ce contrat d'assurance est connue sous le nom de $A_{x:\overline{n}|}$ et est représentée par :

$$A_{x:\overline{n}|} = \frac{M_x - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_x}$$

- **Rente viagère de fin de période : a_x**

Une rente viagère de fin de période consiste à verser un montant à la fin de chaque année, tant que le rentier est en vie. La prime nette de ce contrat d'assurance est connue sous le nom de a_x , et elle est représentée par :

$$a_x = \frac{N_{x+1}}{D_x}$$

- **Une rente temporaire n années de début de période : $\ddot{a}_{x:n}$**

Une rente temporaire donne un montant chaque début d'année aussi longtemps que le rentier est en vie, mais effectuée au moins n versements dès le début de la période. La prime nette de ce contrat d'assurance est connue sous le nom de $\ddot{a}_{x:n}$ et est représentée par :

$$\ddot{a}_{x:n} = \frac{N_x - N_{x+n}}{D_x}$$

Concernant les rentes, nous faisons référence à une rente de début de période si les paiements commencent immédiatement, notée \ddot{a} . Sinon, nous parlons d'une rente de fin de période, à terme échu, symbolisée par a . Il existe trois types de rentes : Rente viagère, Rente temporaire, et Rente différée. x représente l'âge de l'assuré.

2.2 Note technique de la CIMR

Sur le marché, RMA assure la gestion de plus de 80 % des cotisations salariales de la CIMR. Elle détient 35 % de la part de marché de l'assurance-vie chez RMA.

Nous avons résumé la gestion des réserves, des rentes et des cotisations dans une note technique en utilisant les bases de données qui seront utilisées ultérieurement dans l'application. L'objectif de cette dernière est d'expliquer comment RMA gère le portefeuille de ce régime de retraite. Elle sera donc familiarisée avec toutes les formules employées ainsi que les différentes explications qui les expliquent.

2.2.1 Calcul des réserves

Pour un assuré d'âge x , on estime la réserve dédiée à une cotisation c et à une rente r

en utilisant la table de mortalité TV88-90 pour les formules suivantes :

- **reserve rente pure** $(x, n) = {}_nE_x \times oc \times r$; c'est la réserve formulée à partir d'une rente qui sera perçue quand l'assuré sera âgé de $x + n$.
- **reserve de gestion** $(x, n) = 0,0015 \times r \times \ddot{a}_{x:n} \times oc$; la réserve des frais de gestion est calculée à partir d'un pourcentage de 0,15% de la rente. Elle est considérée dans le calcul tant que l'affilié est compté actif.
- **reserve rente** $(x, n) = ({}_nE_x + 0,0015 \times \ddot{a}_{x:n}) \times r \times oc$; en d'autres termes, c'est la somme de la réserve rente pure et la réserve de gestion.
- **reserve cotisation** $(x) = A_{x:n} \times c$; elle est constituée à partir de la cotisation versée, et est calculée ainsi vu que le régime de la CIMR exige que si l'affilié décède avant sa sortie en retraite, la prestation qui lui est servie est ses cotisations cumulées.

REMARQUE : - Le paramètre oc est un paramètre de liquidation. Il est déterminé par l'annuité viagère à l'âge de la retraite, calculée à partir de la table PF60/64², avec un taux technique de 4,5 % pour les rentes acquises après 1986, et de la même table, mais avec un taux d'actualisation de 3,5 % pour les rentes acquises avant 1986.

$$oc = \begin{cases} a_{60} \text{ si } age \leq 60 \\ a_{65} \text{ si } 60 < age \leq 65 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{100} \text{ si } 95 < age \leq 110 \end{cases}$$

- Ce coefficient est utilisé afin d'éviter que l'assureur ne doive verser plus que son engagement initial. Effectivement, la table de mortalité TV88-90 est supérieure à la table PF60/64² en ce qui concerne la longévité. Il faudra donc verser une rente au rentier jusqu'à sa mort, ce qui renforcerait l'obligation de l'assureur.

- En outre, nous posons l'hypothèse suivante : « On suppose que tous les affiliés vieillissent d'une année au milieu de l'exercice ».

- Ainsi, en vue de simplifier les calculs, nous considérons que toute réserve d'un dirham calculée est pour un assuré d'âge $x + \frac{1}{2}$ comme suit :

$$reserve\ rente \left(x + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2} \times (reserve\ rente(x) + reserve\ rente(x + 1));$$

$$reserve\ pure \left(x + \frac{1}{2}, n \right) = \frac{1}{2} \times (reserve\ pure(x) + reserve\ pure(x + 1));$$

² Voir les courbes des deux tables de mortalité à l'Annexe I

$$\begin{aligned}
 \text{reserve de gestion} \left(x + \frac{1}{2}, n \right) &= \frac{1}{2} \times (\text{reserve de gestion} (x) + \text{reserve de gestion} (x + 1)); \\
 \text{reserve cotisation} \left(x + \frac{1}{2} \right) &= \frac{1}{2} \times (\text{reserve cotisation} (x) + \text{reserve cotisation} (x + 1));
 \end{aligned}$$

2.2.2 Revalorisation de la rente

A une année t, nous revalorisons la rente en lui appliquant le taux suivant :

$$\text{taux de revalorisation de la rente} (t) = \prod_{i=t}^{\text{année actuelle}} \text{taux de revalorisation}(i)$$

L'année t de départ en retraite qui est servie dans le calcul de la revalorisation de la rente se calcule de cette façon :

$$\text{année Départ corrigée} = \begin{cases} 2002 & \text{si année départ} < 2002 \\ \text{année départ} & \text{sinon} \end{cases}$$

Effectivement, jusqu'en 2002, la CIMR était chargée de la revalorisation de la rente. Toutefois, après l'externalisation de ce produit en 2003, les rentes sont transférées et revalorisées à partir de ce moment-là.

2.2.3 Calculs liés à la base de donnée des actifs

Nous avons les informations d'entrée suivantes :

- L'âge.
- Les cotisations sont divisées en deux types : celles qui ont été payées avant 1985 (notées cotisation_85) et celles qui ont été payées de 1986 à nos jours (notées cotisation_86).
- Les revenus : Elles se divisent également en rente_85 et rente_86.

Effectivement, les bases de données sources distinguent ces deux éléments car la revalorisation se fait selon un taux différent en fonction de la période chronologique :

- 3,5 % pour l'année précédente.
- 4,5 % pendant la période suivante.

Les diverses catégories de réserves sont donc calculées de la manière suivante :

- **Reserve cotisation_85 = cotisation_85 × réserve cotisation pour un taux technique 3,5% ;**

- **Reserve cotisation_86 = cotisation_86 × réserve cotisation pour un taux technique 4,5% ;**
- **Reserve rente pure_85 = Rente_85 × réserve pure pour un taux technique 3,5% ;**
- **Reserve rente pure_86 = Rente_86 × réserve pure pour un taux technique 4,5% ;**
- **Reserve rente gestion_85 = Rente_85 × réserve de gestion pour un taux technique 3,5% ;**
- **Reserve rente gestion_86 = Rente_86 × réserve de gestion pour un taux technique 4,5% ;**
- **Reserve Cotisation avant revalorisation = Reserve Cotisation_85 + Reserve Cotisation_86 ;**
- **Reserve Cotisation après revalorisation = Reserve Cotisation_85 × (1+3,5%) + Reserve Cotisation_86 × (1+4,5%) ;**
- **Reserve rente pure avant revalorisation= Reserve rente pure_85 + Reserve rente pure_86 ;**
- **Reserve rente pure après revalorisation = Reserve rente pure_85 × (1+3,5%) + Reserve rente pure_86 × (1+4,5%) ;**
- **Reserve rente de gestion avant revalorisation= Reserve rente de gestion _85 + Reserve rente de gestion _86 ;**
- **Reserve rente de gestion après revalorisation = Reserve rente gestion_85 × (1+3,5%) + Reserve rente gestion_86 × (1+4,5%) ;**
- **Reserve totale = Reserve rente pure après revalorisation + Reserve rente de gestion après revalorisation + Réserve de cotisation après revalorisation.**

Les formules utilisées pour calculer les sommes versées par l'assureur en cas de sortie de la base des actifs sont les suivantes :

- **La somme de sortie en cas de décès (x) = représente les cotisations cumulées jusqu'à l'âge x.**
- **montant de sortie en capital (x) = la réserve totale ;**
- **montant de sortie en rente (x) = La rente totale.**

2.2.4 Calculs liés à la base de donnée des rentiers

Les données sources de cette base sont :

- La rente en service (elle est trimestrielle) ;
- La rente annuelle ;
- La réserve pure ;
- La réserve de gestion.

La correction de ces composantes se fait via les formules suivantes :

- **Rente annuelle corrigée = rente en service × 4 ;**
- **Reserve pure calculée = *reserve pure* × $\frac{\text{rente annuelle corrigée}}{\text{rente annuelle en donnée}}$;**

$$\text{-Reserve de gestion calculée} = \text{reserve de gestion} \times \frac{\text{rente annuelle corrigée}}{\text{rente annuelle en donnée}}$$

En effet, ce taux exprimé par $\frac{\text{rente annuelle corrigée}}{\text{rente annuelle en donnée}}$, représente un pourcentage de correction des données système. Ces corrections sont accompagnées de calculs d'écart entre les valeurs existantes et celles corrigées.

Si on suppose que la rente octroyée n'est pas réversible, le calcul des réserves et de la rente revalorisée se fait ainsi :

- Rente revalorisée = Rente annuelle corrigée taux de revalorisation de la rente ;
- Reserve pure revalorisée = Reserve pure calculée taux de revalorisation de la rente ;
- Reserve de gestion revalorisée = Reserve de gestion calculée taux de revalorisation de la rente.

PARTIE III :
LA PREMIER PARTIE DE
APPLICATION CIMR

Chapitre 1 : Traitement et visualisation des données

1.1 Introduction

Dans cette partie, nous entamons en exposant le portefeuille sur lequel notre projet se focalise. Par la suite, nous exposons les principales variables de notre étude. Par la suite, nous effectuons le nettoyage et le traitement des données manquantes et aberrantes afin de garantir que la base de données ne contienne pas d'erreurs pour l'application que nous développerons ultérieurement à l'aide du logiciel SAS Enterprise Guide. Finalement, nous réalisons une analyse descriptive des informations.

1.2 Description des bases de données

Au cours de la phase d'analyse des données, nous avons employé trois bases de données différentes :

1. Les fichiers de base de données des actifs par année, allant de 2007 à 2023 (composés de vingt fichiers homogènes).
2. Le fichier rassemblant toutes les sorties réalisées de 2007 à 2023, réparties par type de sortie (sortie en capital, sortie en rente, sortie en décès) ;
3. Le fichier qui regroupe tous les rentiers pour l'année 2023.

Les variables clés de toutes les bases de données utilisées dans notre étude sont résumées dans le tableau suivant :

1.2.1 Base des actifs :

- L'âge (Entier) ;
- La clé (Entier);
- L'exercice (Entier) ;
- Les assiettes de cotisation (Réal);
- Les rentes à verser (Réal);
- La réserve en terme de cotisations (Réal);
- La réserve en terme de rentes (Réal) ;
- La réserve de gestion des rentes(Réal).

1.2.1 Base des rentiers :

- Le Code de la situation (Entier);
- L'exercice (Entier);

- L'âge (Entier);
- L'âge à la retraite (Entier);
- La clé (Entier) ;
- La rente annuelle (Réal);
- La rente en service (Réal);
- La réserve pure (Réal);
- La réserve de gestion (Réal).

1.2.1 Base des sorties :

- Année (Entier);
- La clé (Entier);
- La clé du type de prestation (Entier);
- L'âge (Entier);
- L'âge à la sortie (Entier) ;
- Les cotisations cumulées (Réal);
- La rente contractuelle (Réal);
- La rente revalorisée (Réal).

1.3 Analyse des données

L'objectif de cette partie est d'examiner les divers éléments en fonction de l'âge de l'assuré, une variable essentielle qui a un impact concret sur l'étude, ainsi que de l'exercice en cours, une autre variable importante qui reflète le comportement des affiliés au fil du temps.

En particulier, nous nous appuyerons sur les bases de données de l'année 2023 pour cette analyse, car elles seront le point central de notre approche en matière de « solvabilité basée sur les risques ». Effectivement, tous les flux à venir seront évalués à partir de l'année évoquée précédemment.

1.3.1 Données liées aux actifs

Le tableau suivant résume certaines caractéristiques reflétant une idée sur les différentes générations d'actifs depuis l'année 2007 jusqu'à l'année 2023.

Année	Âge pondéré par la réserve	Nombre Total des actifs	Reserve totale
2,007	51	200,431	4,907,417,719
2,008	53	191,197	4,743,620,145
2,009	53	182,473	4,517,547,861
2,010	54	173,409	4,299,170,578
2,011	55	165,273	4,127,138,861
2,012	55	158,480	3,967,672,032
2,013	56	149,922	3,608,293,581
2,014	57	142,996	3,404,495,923
2,015	57	136,671	3,219,773,514
2,016	54	130,814	3,053,093,636
2,017	55	125,758	3,040,647,836
2,018	56	120,102	3,020,351,169
2,019	56	114,936	2,944,387,517
2,020	57	110,307	2,813,316,115
2,021	58	104,951	2,645,660,485
2,022	59	99,546	2,472,290,373
2,023	60	95,157	2,318,041,978

Tableau 1 : Vue d'ensemble des données disponibles par année (base des actifs)³

Le tableau montre que les effectifs des affiliés et leurs réserves diminuent d'une année à l'autre. En conséquence, la réserve moyenne par personne diminue aussi, comme le montre le précédent constat. Le graphique ci-dessous renforce cette diminution observée.

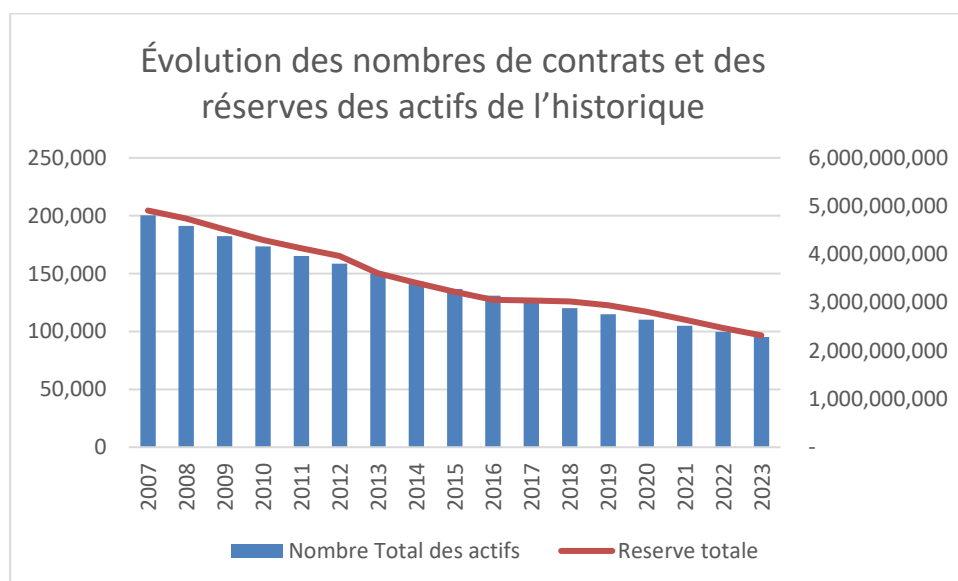


Figure 13: Évolution des nombres de contrats et des réserves des actifs de l'historique⁴

³ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retranscrit sous Excel pour plus de lisibilité.

⁴ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retranscrit sous Excel pour plus de lisibilité.

L'âge pondéré par la réserve augmente en revanche après des périodes irrégulières, allant généralement de 2 à 3 ans. La logique de ces observations réside dans le fait que la population étudiée est fermée. C'est un portefeuille en « run-off », c'est-à-dire qu'aucune compagnie d'assurance ne peut plus souscrire ce produit depuis 2003. Ainsi, la réserve liquidée ne sera pas comblée par de nouvelles cotisations, et le vieillissement des membres entraîne inévitablement une augmentation de l'âge pondéré.

Le tableau ci-dessous présente les statistiques descriptives des deux variables : l'âge et la réserve, en ce qui concerne la base d'actifs de l'année 20, qui servira de point de départ pour les projections futures. Nous mettons l'accent sur ces deux variables, car leurs valeurs maximales ou minimales pourraient être utiles pour expliquer des événements à venir tels que les départs en retraite ou les décès.

Age				réserve totale			
Moy	Écart-type	Min	Max	Moy	Écart-type	Min	Max
56	2.30	18	105	3476642313	810391661	2,318041,978	4907417719

Tableau 2: Statistiques descriptives des variables âge et réserve des actifs de 2023⁵.

La base des actifs est composée de 95,157 assurés en 2023, dont l'âge moyen est de 62 ans. Le plus petit âge est de 18 ans et le plus grand âge est de 105 ans. La dispersion de l'échantillon étudié est significative par rapport à sa moyenne, avec un écart de **25.18** ans.

Il semble y avoir une anomalie dans les données avec des enregistrements d'âge de 18 ans, ce qui est incompatible avec l'externalisation du produit CIMR en 2003. Pour corriger cette aberration, nous avons supprimé tous les affiliés âgés de moins de 32 ans, en supposant que l'âge minimum en 2023 était de 18 ans en 2003. Cette correction a concerné seulement 93 affiliés sur les 95,157 actifs. Il est également essentiel d'examiner la répartition des actifs, des réserves, des cotisations et des rentes par âge, car ces éléments seront cruciaux pour la valorisation des provisions techniques prudentielles dans les exercices ultérieurs.

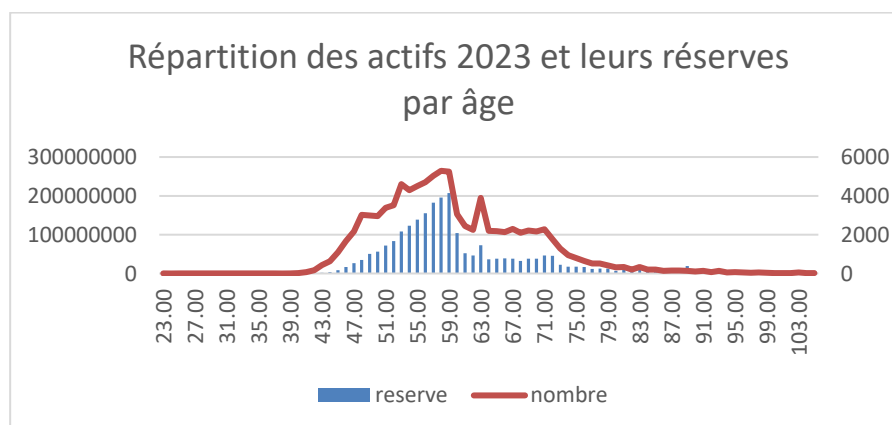


Figure 14: Répartition des actifs 2023 et leurs réserves par âge⁶.

⁵ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

⁶ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

La population semble être principalement constituée de personnes âgées de 45 à 67 ans. La concentration la plus élevée en nombre et en réserves se trouve entre 50 et 59 ans, avec un pic à 57 ans.

Par conséquent, on peut tirer la conclusion que pour un âge de retraite normal de 60 ans, la compagnie d'assurance devra décaisser une grande partie des réserves de la CIMR dans trois ou quatre ans. Quant à la faible proportion d'actifs parmi la population âgée de plus de 70 ans, elle peut être attribuée à deux éléments principaux :

- L'assuré ne se rend pas à la recherche de ses droits ;
- L'affilié ne sait pas qu'il est membre du régime CIMR.

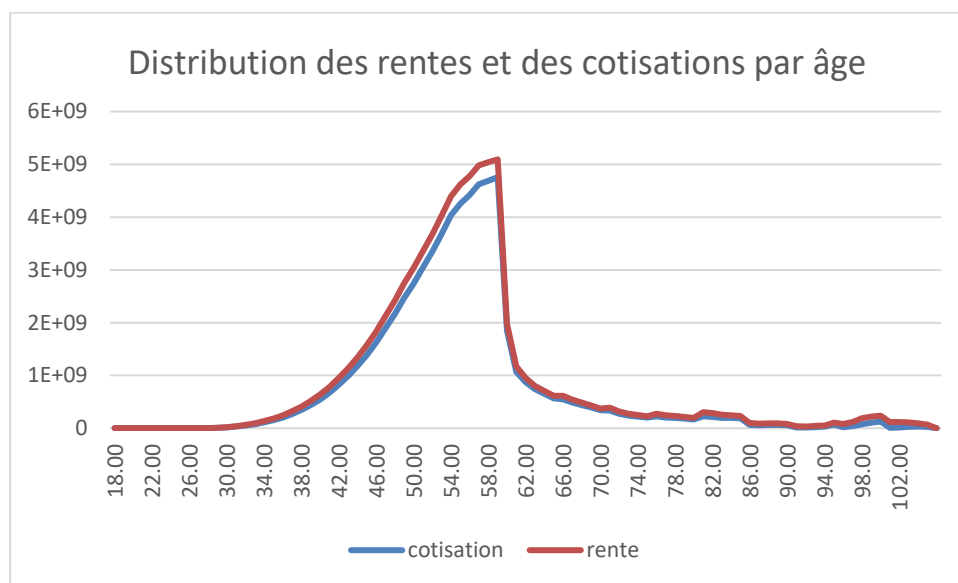


Figure 15: Distribution des rentes et des cotisations par âge⁷.

Ce schéma montre que, d'une façon générale, la répartition des rentes et des cotisations cumulées suit la même tendance que celle des réserves. Il en est d'autant plus évident lorsqu'on tient compte de la relation essentielle entre ces trois éléments : plus de cotisations entraîne naturellement la construction d'une réserve plus importante et, par conséquent, permet à l'affilié de sortir avec une rente relativement élevée (voir la note technique pour plus de détails).

Par ailleurs, les montants qui atteignent un pic pour la catégorie d'âge [55 ans, 60 ans] sont en hausse exponentielle (environ 65 % de l'assiette de cotisations et 63 % des rentes pour ces années). Les valeurs s'effondrent donc aussi rapidement qu'elles ont augmenté. Le faible montant de cotisations versé aux jeunes de notre population (âgés de moins de 40 ans) est expliqué par le fait qu'ils n'ont pas travaillé assez longtemps pour accumuler suffisamment d'argent.

En revanche, les faibles effectifs de la population âgée entraînent des cotisations, des rentes et des réserves faibles.

⁷ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

1.3.2 Données liées aux sorties

Nous nous assurerons de fournir une vision globale des données concernant les sorties en **capital**, en **rente** et en **décès**.

1.3.2.1 La sortie en capital à terme :

Variable	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
âge	63.5	24.3926218	22	105
Nombre CAPITAL ACTIF	1477332.97	6389577.4	0	55851812

Tableau 3: Statistiques descriptives des sorties en capital de l'année 2023⁸.

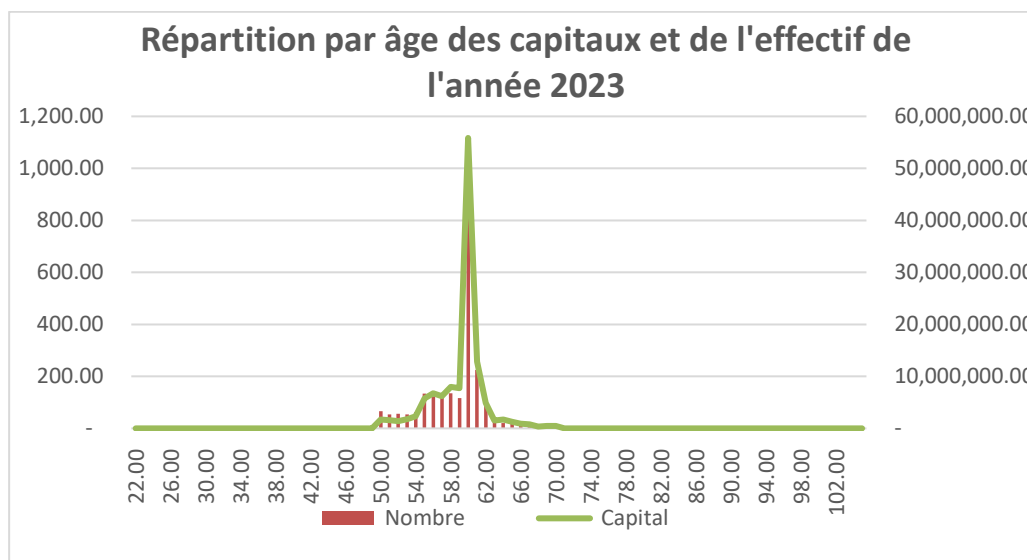


Figure 16: Répartition par âge des capitaux et de l'effectif de l'année 2023⁹.

Le schéma ci-dessus illustre les sommes versées aux personnes qui ont choisi de récupérer un capital lors de leur départ en retraite, ainsi que le nombre de sorties en capital, en fonction de l'âge des affiliés. Les montants devant être cédés par la compagnie d'assurance ont été recalculés afin de garantir la fiabilité des données saisies. Nous avons également suivi une démarche similaire pour analyser de manière descriptive les sorties en rente et en décès.

L'aspect global du graphique met en évidence une forte concentration des montants réglés et des capitaux théoriques autour de l'âge de 60 ans (environ 55851812 DH pour un échantillon de 962.65 personnes), légèrement inférieure à l'âge de 61 ans (environ 12825791.53 DH). Ce phénomène est normal car la plupart des entreprises au Maroc ont un âge de retraite de 60 ans. Il est possible que les démarches administratives entraînent un retard, ce qui explique pourquoi certains retraités ne reçoivent leur épargne qu'à l'âge de 61 ans.

⁸ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

⁹ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

Les faibles taux de sortie en capital pour d'autres âges sont attribuables à la retraite anticipée ou prolongée. Toute autre valeur importante pour des personnes âgées de 60/61 ans est perçue comme une erreur de saisie, qui pourrait avoir un impact négatif sur nos résultats. Ils ont donc été supprimés afin d'éviter toute influence négative sur la qualité de notre analyse, étant donné que ces points représentent une part marginale du portefeuille de sorties.

Note : l'analyse descriptive a été réalisée à partir des bases de données telles qu'elles ont été communiquées, même si l'âge minimum ne peut être de 22 ans.

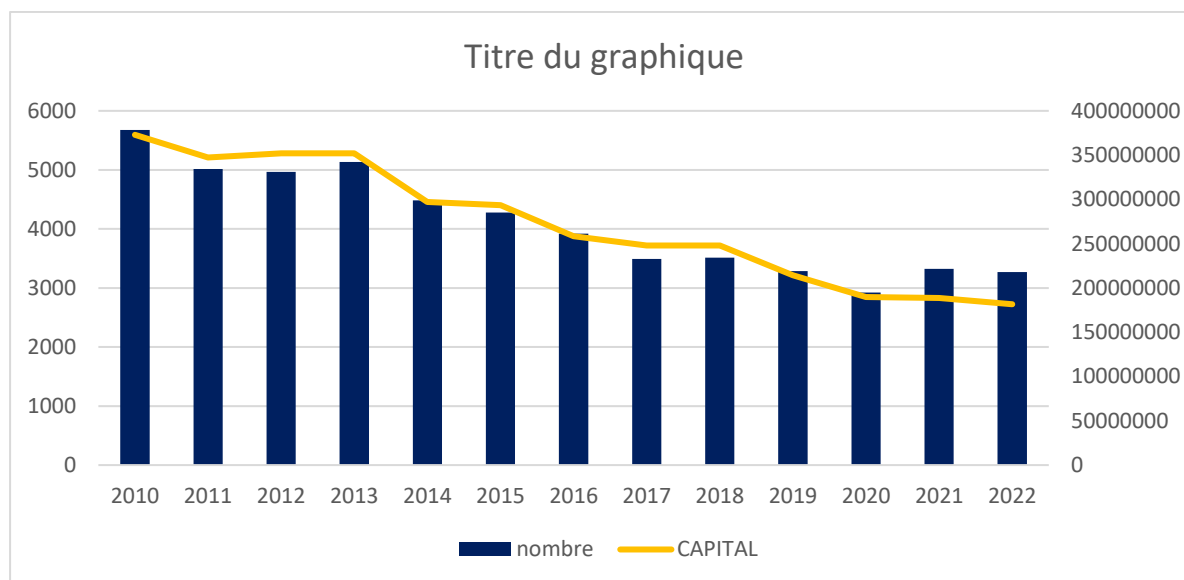


Figure 17: Évolution annuelle des sorties en capital¹⁰.

À l'échelle annuelle, les chiffres montrent une baisse progressive des mises à la retraite en capital. Autrement dit, plus d'affiliés préfèrent attendre la fin de leur carrière pour recevoir leurs épargnes. Ce phénomène témoigne de la volonté des assurés de choisir une autre forme de retraite dans les années à venir, ce qui pourrait se traduire par le choix d'une rente plutôt qu'un capital.

1.3.2.2 La sortie en rente à terme :

Variable	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
Age	59.1764706	5.3529816	51	69
Rente annuelle	233153.79	539948.24	3226.12	2272321.6
réserve	3502495.05	8218824.85	52504.49	34612871.33

Tableau 4: Statistiques descriptives des rentiers au titre de 2022¹¹.

¹⁰ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

¹¹ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

Note : En ce qui concerne les sorties en rente, l'analyse descriptive sera effectuée en 2022 plutôt que en 2023, car les données pour l'année 2023 sont manquantes. Le retard de traitement est responsable de ce manque de données.

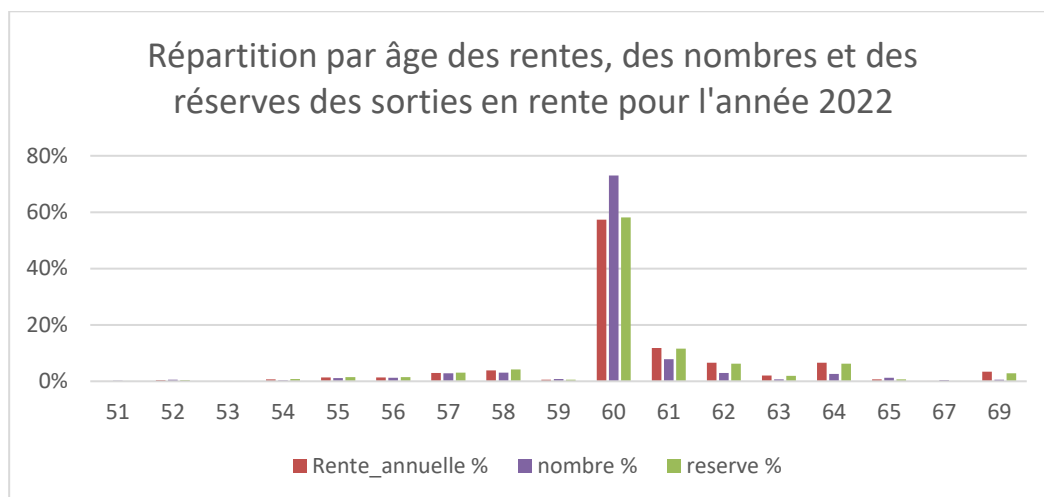


Figure 18 : Répartition par âge des rentes, des nombres et des réserves des sorties en rente pour l'année 2022¹².

D'après un premier aperçu, il est observé que la plupart des actifs prennent leur retraite en rente à l'âge de 60 ans, âge le plus fréquent de la retraite dans le secteur privé, avec un pourcentage de 73%. C'est également cette tranche d'âge qui accumule 57 % des rentes et 58 % des réserves, ce qui en fait le sommet de cette distribution.

En dehors du pic principal, nous constatons également un taux moyen de 5% pour les sorties, de tous types confondus, entre 51 et 69 ans.

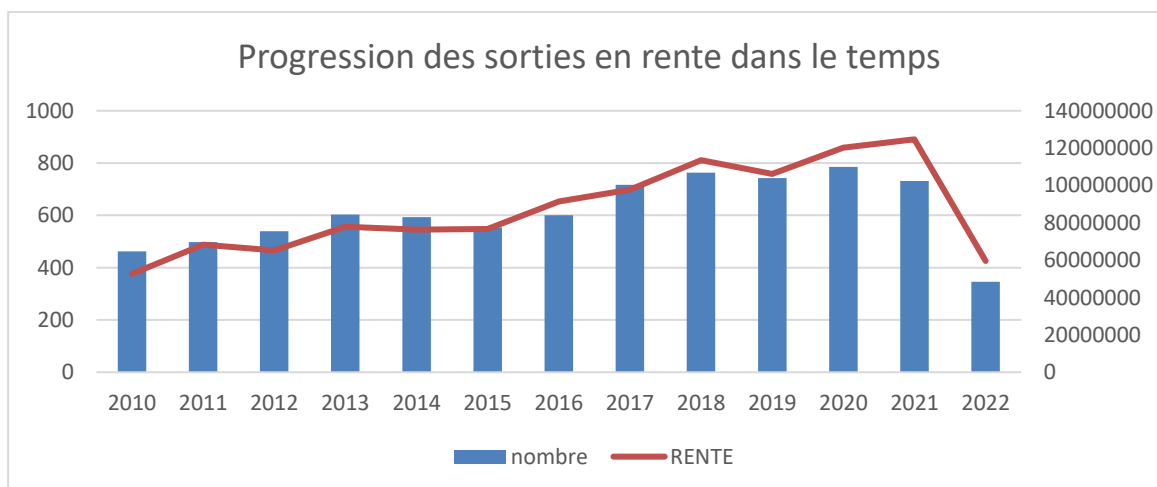


Figure 19: Progression des sorties en rente dans le temps¹³.

¹² Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

¹³ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

Chaque année, le nombre de départs à la retraite sous forme de rente augmente progressivement. Cette tendance croissante laisse entendre qu'il y a une évolution du comportement parmi les assurés. Si l'on considère la baisse du nombre de personnes qui optent pour le versement en capital, on peut supposer qu'à l'avenir, un nombre moindre d'individus opte pour un versement en capital à la fin de leur carrière, afin de préférer une rente viagère.

Les deux graphiques ci-dessous présentent la distribution des départs à la retraite en fonction des modes de versement (rente ou capital) entre 2007 et 2016. Le comportement des retraités a en effet évolué de préférence vers le versement en rente plutôt qu'en capital, comme le confirment ces représentations graphiques.

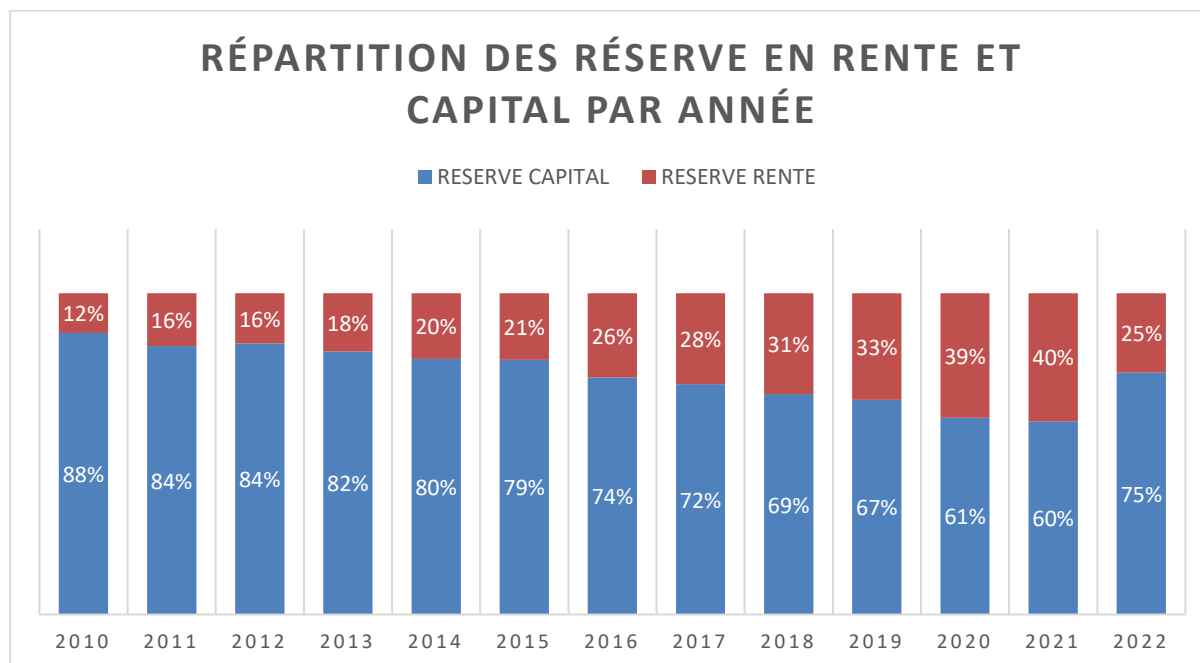


Figure 20: Répartition des réserves en rente et capital par année¹³.

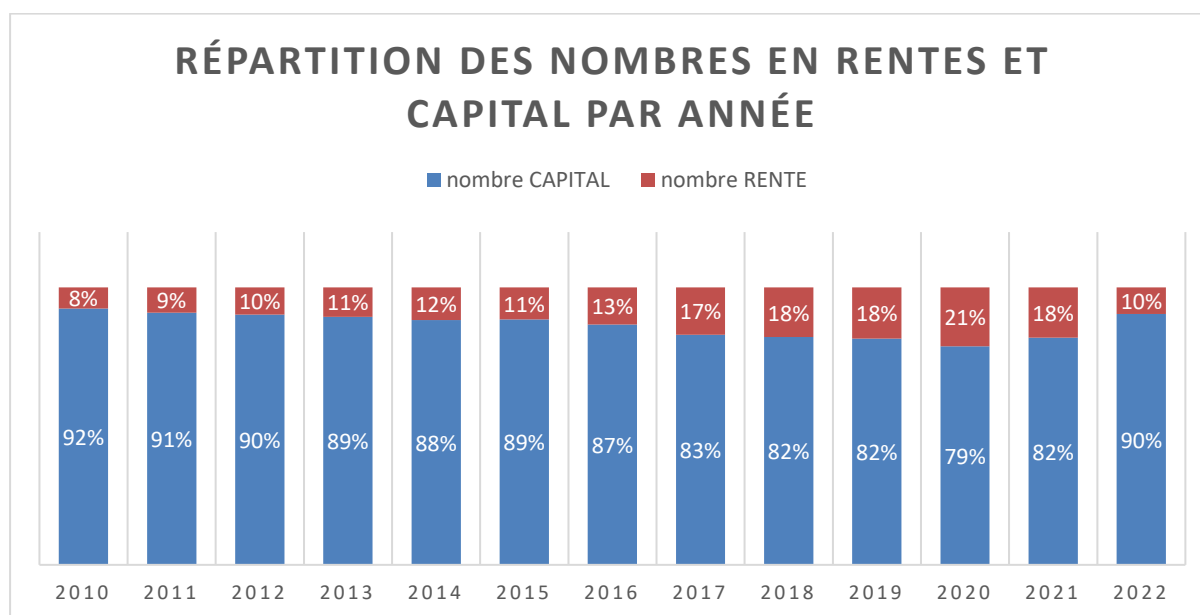


Figure 21: Répartition des nombres en rente et capital par année¹⁴.

1.3.2.3 La sortie en décès /mortalité :

Dès lors, nous définirons la somme que la compagnie d'assurance versera à un bénéficiaire donné par l'assuré après son décès comme la prime contre assuré. En général, cette somme correspond au montant total des cotisations payées par le défunt, comme indiqué dans la note technique pour obtenir davantage d'informations.

Variable	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
Age	55	6.2	39	89
Montants	98,233.81	118,127.34	0	495,102.27

Tableau 5: Statistiques descriptives de la sortie en mortalité en 2023¹⁵.

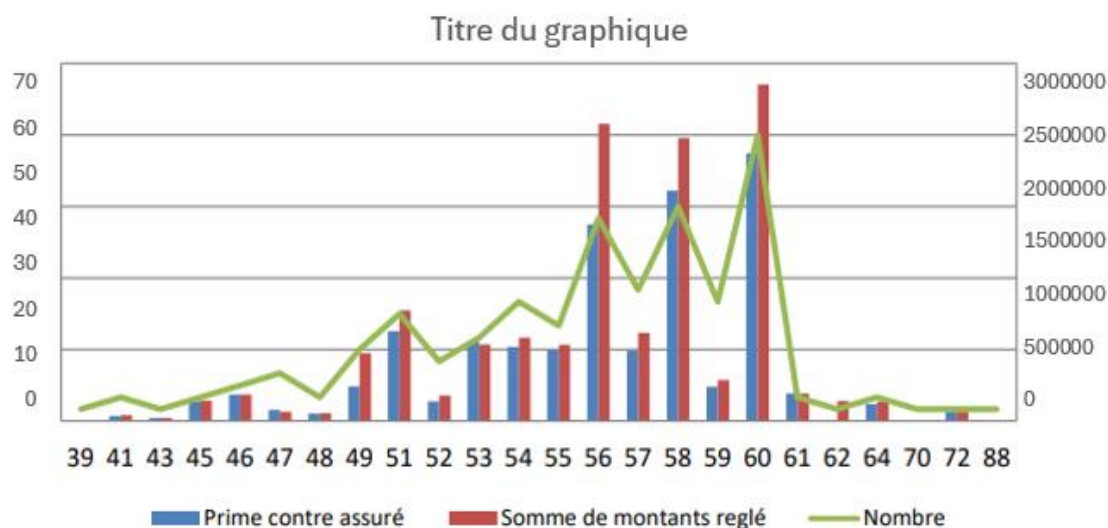


Figure 22: Répartition par âge des pourcentages de sortie en mortalité par nombre, montants et prime contre assuré en 2023¹⁶.

Les fluctuations des pourcentages n'ont pas une ligne de tendance claire. Cependant, pour améliorer l'analyse de ce schéma, nous pouvons le diviser en différentes parties :

- La première catégorie concerne les personnes de 39 à 48 ans ;
- La seconde catégorie comprend les personnes de 49 à 55 ans ;
- La troisième catégorie comprend les assurés de 56 à 60 ans ;
- La dernière catégorie comprend les assurés de 61 à 88 ans.

Groupe 1 : Il représente de faibles pourcentages en nombre et en montants (réels ou théoriques). Les taux de mortalité suivant les tables de mortalité conventionnelles sont assez faibles pour ces âges (le taux maximal étant de 0,2 %), d'où l'on comprend que peu de gens sont prédisposés à mourir à cette période de leurs vies.

¹⁵ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

¹⁶ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité

Groupe 2 : Nous remarquons une hausse globale d’approximativement 5% des nombres des sorties ou encore des montant payés. La mortalité est légèrement plus sévère durant cet intervalle d’âge. D’autant plus qu’il y a plus d’effectifs comparé à la tranche précédente.

Groupe 3 : Les ratios ici grimpent d’une façon exponentielle. Trois pics se tracent alors : le premier à 56 ans, le deuxième à 58 ans et le dernier à 60 ans. Les taux de décès ainsi que le nombre d’actifs de 2023 sont plus importants que pour tout autre groupe existant. Ainsi, on a plus d’individus pouvant mourir et sortir via une prime contre assuré. Naturellement, les nombres et les montants évoluent dans le même sens.

Groupe 4 : Cette partie de la population se distingue par une chute soudaine des pourcentages. Bien que la mortalité soit en fonction croissante des âges, les assurés pris en considération ici sont dans la majorité des cas des aberrations ou des fautes de saisie. De ce fait, nous ne pondrons pas cette partie de notre banque de données lors de notre étude.

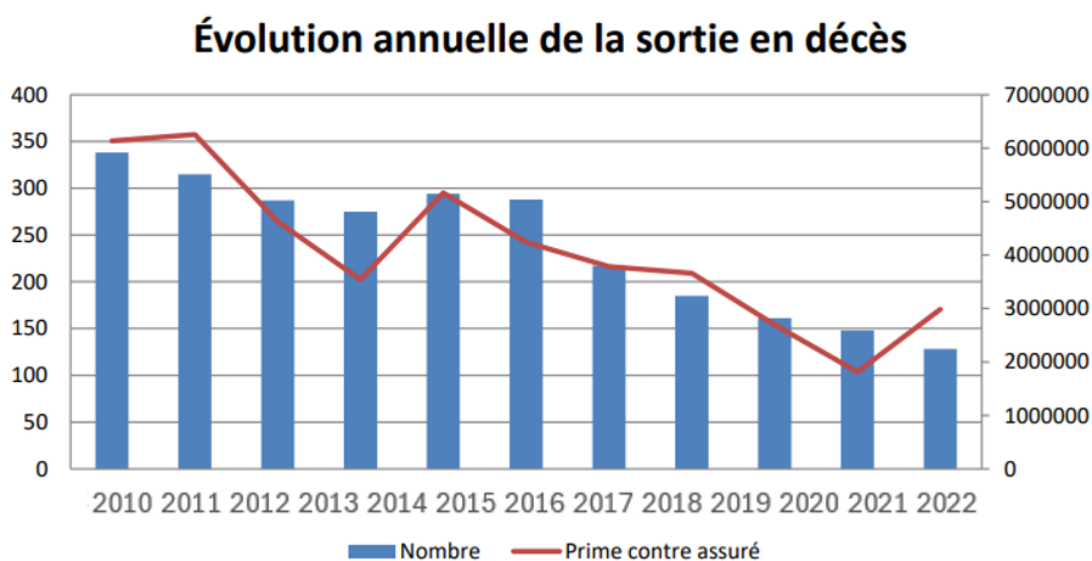


Figure 23: Évolution annuelle de la sortie en décès¹⁷.

Les graphiques ci-dessus montrent une diminution des taux globaux de mortalité en termes de nombre et de montant. On pourrait expliquer cette observation par l’amélioration des conditions de vie des salariés, ce qui se traduit par une augmentation de la durée de vie.

Nous n'avons pas pris en compte les montants réellement réglés enregistrés dans le système pour les trois scénarios étudiés, car la majorité de ces montants ne reflètent pas fidèlement les prestations de l'assureur pendant la période analysée. Donc, pour continuer l'étude, nous utiliserons les sommes que nous avons calculées en utilisant les formules mentionnées dans la note technique.

¹⁷ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

Chapitre 2 : Élaboration des tables de sortie

Selon la méthode IFRS 17, les provisions techniques prudentielles sont évaluées en combinant "l'estimation optimale des engagements", "l'estimation optimale des frais de gestion" et "une marge de risque". Au début, le calcul du Best Estimate des engagements requiert tout d'abord une connaissance des flux de trésorerie à venir. Ces mouvements reposent sur tous les paiements éventuels de toutes les prestations garanties dans les contrats. Les engagements contractuels sont pris en considération et les bases techniques suivantes sont utilisées : table de mortalité, table de rachat, table de résiliation, taux de sortie en rente, etc. Ce chapitre a pour objectif de créer les tables de sortie appropriées pour le contrat CIMR. Afin de mener notre analyse avec succès, nous avons employé le logiciel SAS Enterprise Guide, en nous basant sur les bases de données abordées dans le chapitre initial.

2.1 Modèle des tables de sortie :

L'utilisation d'une table de sortie permet de suivre de manière précise une population exposée à un risque préétabli. En général, elle est décrite par âge pour réduire au maximum les fluctuations aléatoires liées aux tables annuelles. Toutefois, dans notre situation, la modification du comportement observée chez les membres de notre équipe nous contraint à inclure la dimension annuelle dans la conception de nos tables. La table de sortie comprendra donc une colonne avec l'âge de l'assuré, puis des colonnes avec les taux de sortie correspondants, prédits pour chaque année de projection.

Age	Taux en 2023	Taux en 2024	Taux en 2025	Taux en 2026
33					
34					
35					
36					
...					

Tableau 6: Canevas d'une table de sortie.

2.2 Choix des tables à dresser

Comme il a été déjà cité, il existe pour le produit retraite CIMR, théoriquement, quatre méthodes de sorties possibles pour des catégories d'âge: La sortie en rente; La sortie en capital; La sortie en décès ; La sortie en rachat.

Rappelons toutefois qu'une nouvelle directive de la CIMR interdit le rachat pour tout affilié de moins de 50 ans. En outre, la retraite à cet âge ne peut être prise que si l'affilié a cotisé pendant au moins cinq ans auprès des organismes concernés. Par conséquent, le nombre de

personnes impliquées dans le rachat est minimale et n'aura aucun effet sur les flux de trésorerie.

Nous ne considérerons donc pas le rachat comme une loi de sortie à représenter. Ainsi, nous nous bornerons à proposer les tables de sortie en rente, de sortie en capital et une table de mortalité à partir de l'expérience.

2.3 Calcul des taux bruts de sortie

Lors de la construction d'une loi de survenance, la première étape consiste en l'estimation de taux bruts. Nous expliciterons d'abord les formules nécessaires pour calculer ces taux.

Nous désignons, dans ce qui suit, l'âge des assurés par x et l'année par t .

- Taux en nombre $(x, t) = \frac{\text{le nombre des sortants } (x,t)}{\text{le nombre des actifs } (x-1,t-1)}$
- Taux en réserve $(x, t) = \frac{\text{la réserve des sortants } (x,t)}{\text{la réserve des actifs } (x-1,t-1)}$
- Taux moyen en nombre $(x) = \frac{1}{t_n-t_0+1} \times \sum_{t=t_0}^{t_n} \text{Taux en nombre } (x, t)$
- Taux moyen en réserve $(x) = \frac{1}{t_n-t_0+1} \times \sum_{t=t_0}^{t_n} \text{Taux en réserve } (x, t)$

Hypothèse de travail :

Dans le cas de la sortie en rente ou en capital, nous nous tiendrons à l'hypothèse stipulant qu'en dehors de l'intervalle réglementaire 50 - 70 ans il n'y aura pas de sortie effectuée.

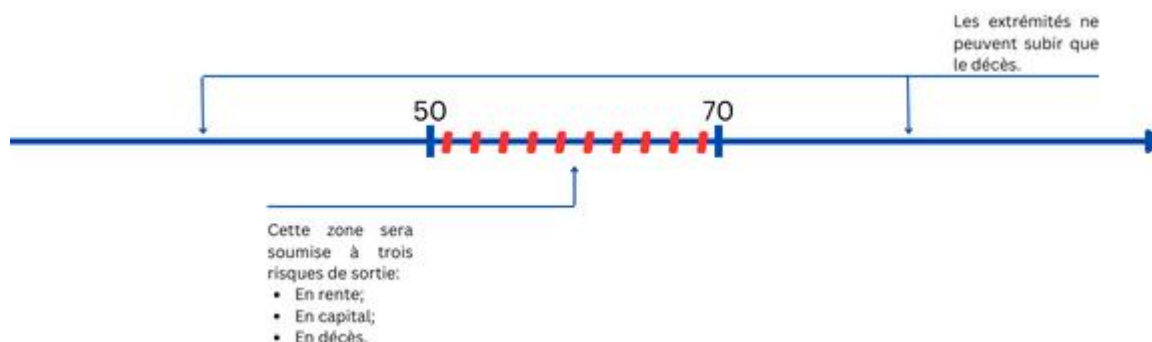


Figure 24: Répartition des risques appliqués à l'assuré selon son âge sous l'hypothèse.

En passant à l'application numérique, le tableau et les graphes suivants illustrent les taux moyens bruts en nombre et en réserve pour chaque âge correspondant à une sortie.

âge	taux en réserve			taux en nombre		
	capital	rente	décès	capital	rente	décès
50	2.4%	0.3%	0.5%	1.9%	0.1%	0.5%
51	1.9%	0.2%	0.6%	1.5%	0.0%	0.6%
52	1.3%	0.2%	0.6%	1.2%	0.0%	0.6%
53	1.5%	0.2%	0.7%	1.2%	0.1%	0.7%
54	1.7%	0.2%	0.8%	1.4%	0.1%	0.8%

PARTIE III : APPLICATION DE LA PARTIE TECHNIQUE DU PROJET DE «IFRS » SUR LE PRODUIT DE RETRAITE CIMR

55	3.7%	1.1%	0.8%	2.7%	0.4%	0.8%
56	3.7%	0.6%	0.9%	2.6%	0.2%	0.9%
57	3.2%	0.6%	1.0%	2.3%	0.2%	1.0%
58	3.8%	0.8%	1.1%	2.5%	0.2%	1.1%
59	3.4%	0.5%	1.2%	2.2%	0.1%	1.2%
60	53.1%	32.0%	1.3%	30.7%	9.6%	1.3%
61	21.9%	4.8%	1.3%	9.5%	0.8%	1.3%
62	6.4%	6.4%	1.4%	2.3%	0.6%	1.4%
63	3.8%	2.7%	1.6%	1.4%	0.3%	1.6%
64	4.3%	3.5%	1.7%	1.0%	0.3%	1.7%
65	3.4%	3.6%	1.8%	0.8%	0.3%	1.8%
66	2.3%	1.6%	1.9%	0.6%	0.1%	1.9%
67	2.4%	0.9%	2.0%	0.5%	0.1%	2.0%
68	1.0%	1.2%	2.2%	0.5%	0.1%	2.2%
69	1.3%	1.9%	2.4%	0.5%	0.1%	2.4%
70	1.2%	0.7%	2.6%	0.5%	0.1%	2.6%

Tableau 7: Extrait des taux bruts moyens en nombre et en réserve¹⁸.

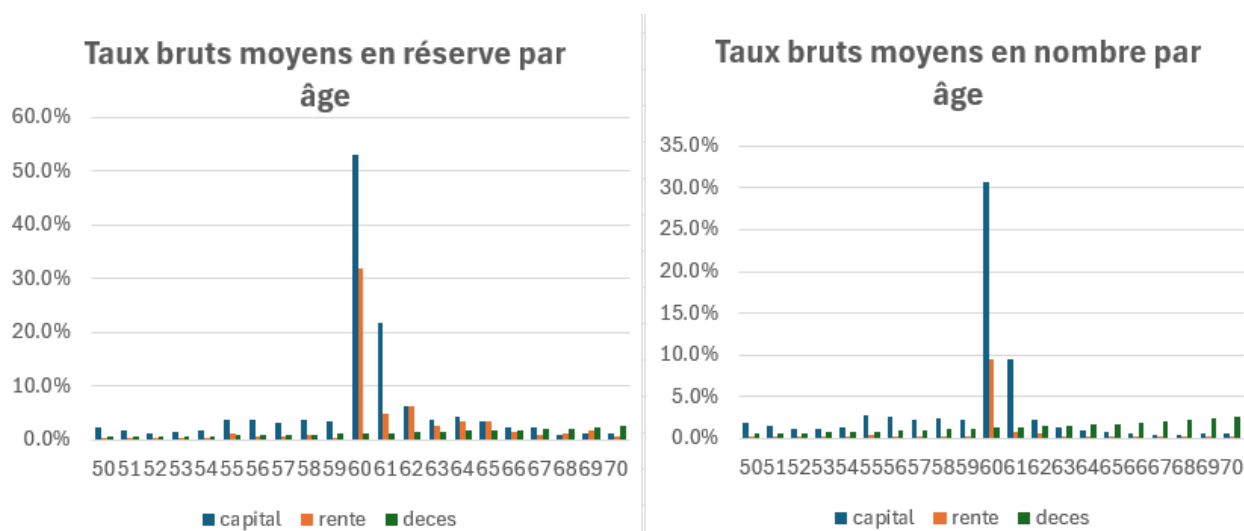


Figure 25: Taux bruts moyens en réserve et en nombre par âge¹⁹.

Les ratios de mortalité paraissent être une fonction croissante de l'âge. Quant aux taux de sortie en rente et en capital, ils reflètent une même allure similaire à celle des constats de l'analyse descriptive.

De plus, les pourcentages bas en dehors de l'âge de 60 ans pour ces deux types de sorties nous indiquent que ces valeurs ne changent pas significativement au fil du temps. Les taux des intervalles [50 ans, 59 ans] et [61 ans, 70 ans] sont donc à considérer comme stables, peu importe l'année de projection prise en considération.

¹⁸ Tableau établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité.

¹⁹ Graph établi par nos soins sous SAS Entreprise Guide et retracé sous Excel pour plus de lisibilité

D'autre part, nous supposons que l'âge de 60 ans est essentiel pour appréhender le comportement des membres affiliés. Il convient donc d'analyser les évolutions annuelles des assurés à cet âge pour évaluer les taux probables pour les années à venir. Dans cette optique, afin de définir les tables de sortie en capital et en rente, il est nécessaire de :

- Ajuster les taux bruts pour les personnes âgées de 50 à 70 ans, à l'exception de celles de 60 ans ;
- Prévoir les taux pour les membres de 60 ans pour les années à venir.

Dans la section suivante, nous exposerons en détail quelques méthodes de lissage et la méthode de Makeham, célèbre pour son utilisation dans la création de tables de mortalité d'expérience.

2.4 Lissage des taux

2.4.1 Définition du lissage

Si les valeurs préliminaires obtenues d'une première estimation des taux bruts sont un peu irrégulières, on peut penser qu'elles ne sont pas fidèles au phénomène sous-jacent que nous voulons mesurer, mais qu'elles sont le résultat de l'imperfection des conditions de l'expérience. De cette façon, les variations d'échantillonnage entraînent une variation « parasite » des valeurs estimées.

Nous voulons donc « ajuster » ou « lisser » ces valeurs brutes pour rendre la loi que nous voulons estimer plus fidèle.

Formellement, et dans le cadre habituel de l'estimation des taux d'incidence (taux de mortalité, taux de sortie en rente ou en capital, etc.), la procédure d'estimation initiale entraîne une valeur pour estimer \hat{q}_x , et donc une erreur q_x . La révision de cette estimation vise à réduire cette erreur, tout en élaborant une courbe des taux correspondant à $e_x = \hat{q}_x - q_x$ plus « lisse » que la courbe des taux bruts.

La révision de l'estimation initiale peut être réalisée de diverses façons :

- Lissage par modèle simple ou généralisé linéaire;
- Lissage par moyenne mobile ;
- Lissage exponentiel ;
- Double lissage exponentiel.

Dans ce qui suit, nous nous concentrerons sur les techniques de lissage sélectionnées lors de la conception et de la réalisation de notre étude. Ainsi, nous utiliserons les méthodes de régression linéaire simple (RLS) et les modèles linéaires généralisés (GLM), c'est-à-dire les méthodes utilisées pour ajuster les courbes. Ainsi, les prochains titres procureront une explication exhaustive de ces deux approches.

2.4.2 La régression linéaire simple

La régression linéaire simple a pour objectif d'étudier la dépendance, sous forme linéaire, entre deux grandeurs en trouvant la droite approximative où s'aligne le nuage de points.

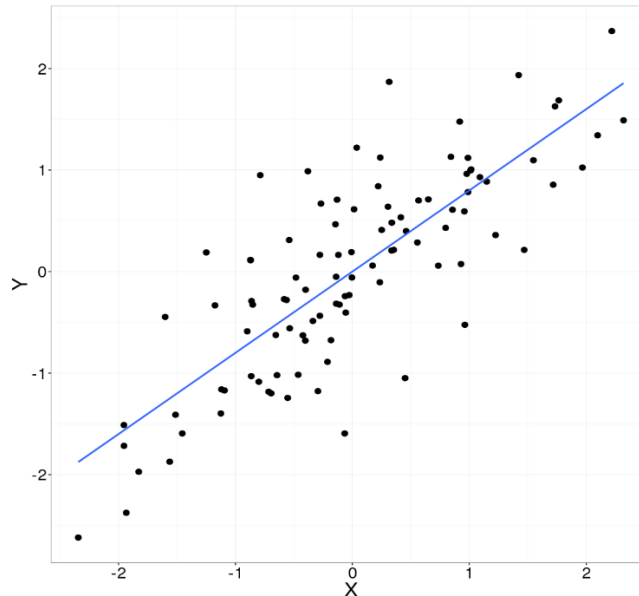


Figure 26: illustration d'une courbe lissée selon une régression linéaire simple.

Cela dit, un modèle de régression linéaire simple est défini par une équation de la forme :

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} \quad y_i = \beta_1 + \beta_2 \times x_i + \varepsilon_i$$

Avec :

- n : La taille de l'échantillon ;
- y_i : La variable qu'on cherche à expliquer;
- x_i : La variable explicative ;
- β_1 et β_2 : Paramètres de la régression ;
- ε_i : Erreur ou bruit de la régression.

2.4.2.1 Estimation des paramètres du modèle de régression :

Pour trouver la droite qui passe au plus près de tous les points, il faut se donner un critère d'ajustement.

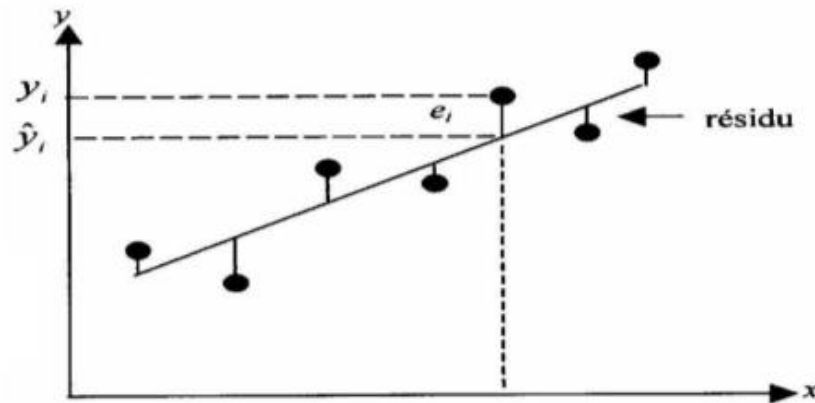


Figure 27: Projection des points de l'échantillon sur la droite de régression.

La droite qui passe le plus près de tous les points est déterminée en minimisant la somme des carrés des écarts (SCE) des points observés par rapport à la droite solution.

Ce processus est connu sous le nom de méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO). En mathématiques, cela signifie que :

$$\text{ArgMin}_{(\beta_1, \beta_2)} \sum_{i=1}^n (y_i - (\beta_1 + \beta_2 \times x_i))^2$$

Un calcul montre que la valeur des estimations de β_1 et β_2 notées respectivement et sont égales à :

$$\widehat{\beta}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Avec :

- $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$: la moyenne de la variable réponse;
- $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$: la moyenne de la variable explicative.

2.4.2.2 Hypothèse de la régression linéaire simple

Afin d'assurer les caractéristiques attrayantes de nos estimateurs tout en restant en mesure de réaliser une inférence statistique adéquate, il est essentiel de formuler des hypothèses sur le modèle. Deux catégories d'hypothèses sont distinguées :

- **Hypothèses concernant les variables x et y :**

Les grandeurs numériques mesurées sans erreur sont x et y . x est une information extérieure au modèle, détectée sans erreur et supposée non aléatoire. Étant donné que y est aléatoire grâce à ε , la seule erreur sur y résulte des insuffisances de x à expliquer ses valeurs dans le modèle.

- **Hypothèses concernant le concept d'erreur ε :**

Les ε sont autonomes et distribués de manière identique (i.i.d.), c'est-à-dire :

◆ **Nullité de l'espérance mathématique de l'erreur $E(\varepsilon_i) = 0$;**

On utilise la moyenne $\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$ pour tester cette supposition. On sait que : $\bar{\varepsilon} \sim N(m, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$ soit $\frac{\bar{\varepsilon}-m}{\sigma} \sqrt{n} \sim N(0,1)$.

On construit alors le test de signification : **$H_0 \ll m = 0 \gg$ contre $H_1 \ll m \neq 0 \gg$.**

Si $\left| \frac{\bar{\varepsilon}-0}{\sigma} \right| \sqrt{n} < 1,96$ (le quantile à 95% de la loi normale centrée réduite).

Alors l'hypothèse H_0 est **vérifiée**.

Cette hypothèse ne joue pas un rôle important dans la régression puisqu'on sait que $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$ et donc par construction $\bar{\varepsilon} = 0$. Il s'agit donc d'une hypothèse ad hoc et l'utilité de ce test ne se justifie que dans d'autres applications (séries temporelles par exemple).

◆ **Non autocorrélation des erreurs $E[\varepsilon_t \varepsilon_{t'}] = 0$;**

L'autocorrélation des bruits suppose que ε_t est un processus auto régressif d'ordre 1 (AR(1)) tel que : $\varepsilon_t = \rho \times \varepsilon_{t-1} + \eta_t$ (*), avec $|\rho| < 1$ et η_t i.i.d.

Le test le plus utilisé est celui de Durbin-Watson. Ces auteurs proposent la statistique suivante :

$$DW = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i)}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}$$

Pour n assez grand, on peut faire l'approximation suivante :

$\sum_{i=1}^{n-1} \varepsilon_{i-1}^2 \approx \sum_{i=1}^{n-1} \varepsilon_i^2 \approx \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$, on obtient alors : **$DW = 2(1 - \hat{\rho})$** avec $\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \varepsilon_{i+1} \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}$ l'estimation de dans le modèle (*).

Valeur de $\hat{\rho}$	Diagnostic	Valeur correspondante de DW
Tend vers 0	Absence de corrélation entre les résidus.	2
Tend vers 1	Forte autocorrélation positive entre les résidus.	0
Tend vers -1	Forte autocorrélation négative entre les résidus.	4

Tableau 8: Charte de détection de corrélation suivant la valeur de ρ .

Il a été démontré par Durbin et Watson que la statistique DW était influencée par deux valeurs, d_1 et d_2 , qui étaient indépendantes de x_i ; ce sont des variables aléatoires fonction de ε_i . Ces valeurs ont été enregistrées pour n observations, k variables externes, ainsi que deux seuils, à savoir 5 % et 10 %. Une fois que la statistique DW_c a été calculée à l'aide de la formule non simplifiée, on lit le tableau ci-dessous pour interpréter le résultat du test :

0	d_1	d_2	2	$4-d_2$	$4-d_1$	4
Autocorrélation >0	Doute	indépendance	Doute	Autocorrélation <0		

Tableau 9: Récapitulatif des résultats du test de Durbin-Watson selon la valeur de DW.

◆ **Homoscédasticité des erreurs $E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2$;**

Les termes d'erreurs sont supposés de variance constante, ce qui se traduit, si l'hypothèse précédente est vérifiée, par $\forall i \in 1, \dots, n \quad E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2$.

Pour identifier la présence ou l'absence d'homoscédasticité, on s'appuiera sur le test de white. Il est fondé sur une relation significative entre le carré du résidu et une ou plusieurs variables explicatives en niveau et au carré au sein d'une même équation de régression :

$$\varepsilon_i^2 = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + \eta_i$$

Soit n le nombre d'observations disponibles pour estimer les paramètres du modèle et $R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2}{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}$ le coefficient de détermination.

Le test de signification à faire ici est : $H_0 \ll a_0 = a_1 = a_2 = 0 \gg$ contre $H_1 \ll \exists i \text{ tq } a_i = 0 \gg$. On a donc recourt à la statistique $LM = nR^2 \sim \chi^2(2)$. Si $LM < \chi^2(2)$, on accepte l'hypothèse d'homoscédasticité, dans le cas contraire, on peut dire qu'il y a hétéroscédasticité.

◆ **Normalité des erreurs $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$;**

Probablement, c'est l'hypothèse la plus forte. Elle consiste à dire que les termes

d'erreurs suivent une loi normale, centrées, de variance σ^2 soit $\varepsilon_i | x_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Pour vérifier cette hypothèse, on utilise le populaire **test de Shapiro-Wilk** qui se donne comme hypothèse nulle que la population $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$ est normalement distribuée.

La statistique de test W s'écrit ainsi : $W = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \varepsilon_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}$ avec :

- $\varepsilon_{(i)}$: désigne la -ième statistique d'ordre, i.e., le -ième plus petit nombre dans l'échantillon;
- $\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$: la moyenne de l'échantillon ;
- la constante a_i est donnée par $(a_1, a_2, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{\frac{1}{2}}}$ où m est la matrice

regroupant les espérances des statistiques d'ordre d'un échantillon de variables i.i.d suivant une loi normale, et V est la matrice de variance-covariance de ces statistiques d'ordre.

Plus la statistique W est élevée, plus la compatibilité avec la loi normale est crédible. La région critique, rejet de la normalité, s'écrit R.C. : $W < W_{crit}$

Les valeurs seuils W_{crit} pour différents risques α et effectifs n sont lues dans la table de Shapiro-Wilk.

Si les hypothèses précédemment citées sont approuvées, les estimateurs MCO vérifient les propriétés suivantes :

- Sans biais ;
- À variance minimale ;
- L'unicité.

2.4.2.3 Évaluation de la qualité de la régression :

Un avantage certain du critère des moindres carrés est de fournir une estimation de la qualité d'ajustement d'un modèle de régression fondé sur la décomposition de la variance de la variable dépendante y. Celle-ci correspond donc au rapport entre l'information totale sur y $[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})]$ et l'information effectivement reconstituée à partir de la connaissance procurée par la variable x $[\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})]$.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}$$

Plus le R^2 est proche de 1, plus le régresseur X explique bien Y.

2.4.2.4 Validation du modèle :

On se base sur trois critères pour valider un modèle RLS :

- **La qualité d'ajustement** : Si le R^2 est proche de 0 alors la variable x n'explique pas y ;
- La conformité aux hypothèses de la RLS, particulièrement celle de la normalité : L'absence des hypothèses compromet l'inférence statistique et annule tout résultat s'appliquant aux estimateurs.
- La significativité globale de la régression : On se base sur la statistique de Fisher F :

$$F = \frac{\frac{R^2}{1}}{\frac{1 - R^2}{n - 2}}$$

La statistique F indique si la variance expliquée est significativement supérieure à la variance résiduelle. Le test se présente comme suit : H_1 « Variance expliquée = Variance résiduelle » vs H_0 « Variance expliquée > Variance résiduelle ».

Sous H_0 , F est donc distribué selon une loi de Fisher (1, $n-2$) degrés de liberté. On rejette H_0 ou on accepte que le modèle soit significatif au seuil de 5% si $F_{calculé} > \mathcal{F}_{95\%}(1, n - 2)$.

2.4.3 Les modèles linéaires généralisés (GLM) :

2.4.3.1 Le cadre général des GLM

Les modèles linéaires généralisés sont une généralisation du modèle linéaire Gaussien, obtenu en autorisant d'autres lois (conditionnelles) que la loi Gaussienne. Les lois possibles doivent appartenir à la famille exponentielle, i.e. dont la densité (ou mesure de probabilité dans le cas discret) s'écrit :

$$f(\mathbf{y}|\boldsymbol{\theta}, \phi) = \exp \left[\frac{\mathbf{y}\boldsymbol{\theta} - \mathbf{b}(\boldsymbol{\theta})}{\phi} + c(\mathbf{y}, \phi) \right], \mathbf{y} \in \mathcal{S}$$

Où le support \mathcal{S} est un sous-ensemble de \mathbb{N} ou de \mathbb{R} . Le paramètre $\boldsymbol{\theta}$ est appelé paramètre naturel et ϕ est le paramètre de dispersion.

Souvent, une pondération est nécessaire, et on remplace ϕ par ϕ / ω , ou ω est un point connu a priori

2.4.3.2 Moyenne et variance

Pour une variable aléatoire Y dont la densité peut se mettre sous la forme (9.31), on peut exprimer les deux premiers moments de Y à l'aide des fonctions b et c . Pour ce faire,

notons

$$U = \frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(Y|\theta, \phi).$$

et

$$U' = \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln f(Y|\theta, \phi),$$

de sorte que l'information de Fisher vaut $\mathbb{V}[U] = -\mathbb{E}[U']$.

Proposition :

Pour une variable aléatoire Y dont la densité est de la forme (9.31), on a

$$\mathbb{E}[Y] = b'(\theta) \text{ et } \mathbb{V}[Y] = b''(\theta) \phi/w,$$

Où ' et '' désignent les dérivées premières et secondes par rapport à θ .

En notant $\mu = \mathbb{E}[Y]$, on voit que le paramètre θ est lié à la moyenne μ comme indiqué à la Proposition. La fonction variance peut donc être définie en fonction de μ ; nous la noterons dorénavant $\mathbb{V}(\mu)$.

La fonction variance est très importante dans les différents modèles, comme on peut le constater au Tableau. Il est important de noter que, le cas de la loi normale mis à part, la variance de Y est toujours fonction de la moyenne et croît en fonction de cette dernière pour les lois de Poisson, Gamma et Inverse Gaussienne (à paramètre ϕ fixé).

Loi de probabilité	$\mathbb{V}[\mu]$
Normale	1
Poisson	μ
Gamma	μ^2
Binomiale	$\mu(1 - \mu)$

Tableau 10: Fonctions variance associées aux lois de probabilité usuelles dont la densité est de la forme (9.31).

2.4.3.3 Modèle de régression

Considérons des variables aléatoires indépendantes mais non identiquement distribuées Y_1, Y_2, \dots, Y_n dont la densité est de la forme (9.31). Plus précisément, supposons que la densité de probabilité de Y_i est

$$f(y_i|\theta_i, \phi) = \exp \left[\frac{y_i \theta_i - b(\theta_i)}{\phi / \omega_i} + c(y_i, \phi) \right], y_i \in \mathcal{S}$$

Dès lors, la densité jointe de Y_1, Y_2, \dots, Y_n est

$$f(\mathbf{y}|\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi}) = \prod_{i=1}^n f(\mathbf{y}_i|\boldsymbol{\theta}_i, \boldsymbol{\phi})$$

$$= \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{y}_i \boldsymbol{\theta}_i - \sum_{i=1}^n b(\boldsymbol{\theta}_i)}{\boldsymbol{\phi} / \omega_i} + \sum_{i=1}^n c(\mathbf{y}_i, \boldsymbol{\phi}) \right], \mathbf{y}_i \in \mathcal{S}$$

Bien entendu, la vraisemblance vaut $\mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi}|\mathbf{y}) = f(\mathbf{y}|\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi})$. On suppose que les ; sont fonction d'un ensemble de $p + 1$ paramètres $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$, disons. Plus précisément, notant μ_i la moyenne de Y_i , on suppose que

$$\mathbf{g}(\boldsymbol{\mu}_i) = \boldsymbol{\beta}_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} = \mathbf{x}_i^t \boldsymbol{\beta} = \eta_i$$

où la fonction monotone et dérivable g est appelée fonction de lien, le vecteur x_i contient des variables explicatives relatives à l'individu i et le vecteur contient les $p + 1$ paramètres.

Ainsi, un modèle linéaire généralisé est composé de trois éléments, à savoir

- i. de variables à expliquer Y_1, Y_2, \dots, Y_n dont les densités sont de la forme (9.32);
- ii. d'un ensemble de paramètres $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^t$, appartenant à un ouvert non vide de \mathbb{R}^{p+1} et des variables explicatives $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$: la matrice X de dimension $n \times (p + 1)$ est supposée être de rang $p + 1$, i.e. la matrice carrée $X'X$ de dimension $(p + 1) \times (p + 1)$ est inversible;
- iii. d'une fonction de lien g telle que

$$\mathbf{g}(\boldsymbol{\mu}_i) = \mathbf{x}_i^t \boldsymbol{\beta} \text{ où } \boldsymbol{\mu}_i = \mathbb{E}(Y_i)$$

qui lie le prédicteur linéaire $\eta_i = \mathbf{x}_i^t \boldsymbol{\beta}$ à la moyenne ; de Y_i . La plupart du temps, les variables explicatives sont toutes catégorielles dans un tarif commercial. Considérons l'exemple donné à la Section 9.2 d'une compagnie segmentant selon le sexe, le caractère sportif du véhicule et l'âge de l'assuré (3 classes d'âges, à savoir moins de 30 ans, 30-65 ans et plus de 65 ans). Un assuré sera représenté par un vecteur binaire donnant les valeurs des variables ayant servi à coder les caractéristiques de l'individu.

On choisit comme niveau de référence (i.e. celui pour lequel tous les X_i valent 0) les modalités les plus représentées dans le portefeuille. Les résultats s'interpréteront ensuite comme une sur- ou sous-sinistralité par rapport à cette classe de référence. Ainsi, le vecteur $(0,1,1,0)$ représente un assuré masculin de moins de 30 ans conduisant un véhicule sportif. Le prédicteur linéaire (ou score) sera de la forme $\beta_0 + \sum_{j=1}^4 \beta_j X_j$ et le nombre ou le coût moyen de sinistre est en général une fonction non-décroissante du score. L'ordonnée à l'origine, ou intercept, β_0 représente donc le score associé à la classe de référence (i.e. celle pour laquelle $X_i = 0$ pour tout i , à savoir les hommes entre 30 et 65 ans dont le véhicule n'a pas de caractère sportif); si $\beta_j > 0$, cela indique que le fait de présenter la modalité traduite par X , est un facteur

aggravant la sinistralité par rapport à celle de l'individu de référence, au contraire $\beta_j < 0$ indiquera les classes d'assurés moins risqués que les individus de référence.

2.4.3.4 Fonction de lien canonique

Chacune des lois de probabilité de la famille exponentielle linéaire possède une fonction de lien spécifique, dite fonction de lien canonique, définie par $\theta = \eta$, où θ est le paramètre naturel. Le lien canonique est tel que $g(\mu_i) = \theta_i$; Or, $\mu_i = b'(\theta_i)$ d'où $g^{-1} = b'$. Les fonctions de lien canoniques sont reprises au Tableau :

<i>Loi de probabilité</i>	<i>Fonction de lien canonique</i>
<i>Normale</i>	$\eta = \mu$
<i>Poisson</i>	$\eta = \ln \mu$
<i>Gamma</i>	$\eta = 1/\mu$
<i>Binomiale</i>	$\eta = \ln \mu - \ln(1 - \mu)$

Tableau 11: Liens canoniques associés aux lois de probabilité usuelles dont la densité est de la forme.

2.4.3.5 Estimation des paramètres

Nous avons à notre disposition n observations des variables X et Y. La fonction de lien du modèle et la densité de la variable aléatoire Y sont connues puisqu'elles sont choisies.

Il reste donc à estimer θ . Pour cela, nous utilisons la méthode du maximum de vraisemblance.

Pour une observation, la log-vraisemblance est :

$$l_{\theta, \varphi}(y) = \frac{y\theta - b(\theta)}{\varphi} + c(y, \varphi)$$

L'estimation par maximum de vraisemblance conduit à résoudre les équations normales :

$$\frac{\partial}{\partial \beta_i} \sum_{i=1}^n l_{\theta, \varphi}(y_i) = 0$$

Dont on peut montrer après quelques calculs qu'elles peuvent se mettre sous la forme :

$$\sum_{i=1}^n \frac{\rho_i \times x_i}{\varphi} g'(\mu_i)(y_i - \mu_i) = 0$$

$$\text{Avec : } \rho_i = \frac{1}{V(\mu_i)} \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i}$$

2.4.3.6 Évaluation de la qualité d'ajustement :

On peut utiliser des critères basés sur l'erreur absolue moyenne réduite (EAMR) pour évaluer la qualité de l'ajustement d'une distribution à des observations de manière numérique, tels que celui proposé par Castillo et Hadi (1997). Ce critère se caractérise par :

$$EAMR = \frac{1 \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n (y_{(n)} - y_{(1)})}$$

Dans ce contexte, y_i , $(y_{(n)} - y_{(1)})$, et n sont respectivement les valeurs observées, ajustées, de l'étendue de l'échantillon observé et la taille de l'échantillon. Notons que l'on divise par $(y_{(n)} - y_{(1)})$ pour tenir compte du changement de la valeur de l'étendue de l'échantillon avec les paramètres du modèle postulé. **Plus l'EAMR est petit, plus le modèle est bien ajusté.**

2.4.3.6 Validation du modèle :

Pour mesurer la qualité d'ajustement d'un modèle GLM, on utilise souvent la déviance, égale par définition :

$$D = 2 \times (\ln L(Y|Y) - \ln(\hat{\mu}|Y))$$

La statistique D est positive et « petite » pour un modèle de haute qualité. En raison de résultats généraux sur les rapports de vraisemblance, cette statistique suit asymptotiquement une loi du χ^2 à $n - 2$ degrés de liberté. Par conséquent, un modèle est considéré comme significatif si $D > \chi_{n-2}^2$.

Pour une unité i^* nouvellement introduite, dont l'observation x_i^* est connue mais qui ne fait pas partie de l'échantillon initial utilisé pour l'estimation du modèle, il est envisageable de prédire sa valeur \hat{y}_i^* . Dans le cadre de la régression linéaire simple (RLS) :

$$\hat{y}_i^* = \hat{y}(x_i^*) = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \cdot x_i^*$$

Et, dans le cas de la GLM :

$$\hat{y}_i^* = \hat{y}(x_i^*) = g^{-1}(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \cdot x_i^*)$$

On peut vérifier facilement que la prévision est sans biais, c'est-à-dire $E(\hat{y}_i^*) = \hat{y}_i^*$.

2.5 Concrétisation des tables de sorties

Dans le présent segment, nous procéderons à une explicitation des résultats numériques obtenus par l'application des concepts antérieurement énoncés sur les données disponibles. Notre démarche s'appuiera de manière substantielle sur l'outil informatique statistique SAS Guide afin de réaliser les calculs requis.

2.5.1 Tables de sortie en rente

Avant de détailler l'approche qui nous a permis d'obtenir les résultats escomptés, il est nécessaire de souligner certains points essentiels :

- Le recours aux modèles linéaires généralisés (GLM) a été motivé par la violation d'une des hypothèses fondamentales de la régression linéaire simple ou par l'absence de significativité globale du modèle. Un exemple illustratif est présenté en Annexe V.
- Toute approche GLM adoptée repose sur une distribution gamma avec une fonction de liaison identité. Justification : Nous avons déjà établi qu'il existe quatre types de distributions applicables à un modèle GLM, chaque distribution étant utilisée dans des contextes spécifiques :

Loi de distribution	Son utilisation
Normale	Observations Y normalement distribuées.
Gamma	Valeurs de Y continues variant de 0 à ∞ .
Binomiale	Observations Y binaires qui ne prennent que deux valeurs 0 et 1.
Poisson	Données de comptages c'est à dire des variables à valeur entières positives.

Tableau 12: Récapitulatif des lois de distribution en GLM et de leurs utilisations.

Nous excluons les lois de Poisson et binomiale, car nous ne traitons pas de données binaires ou de comptage. Ensuite, nous utilisons le critère EAMR pour choisir entre la distribution normale et la distribution gamma, un exemple de ce critère étant présenté en Annexe V.

- En segmentant notre population âgée de 50 à 70 ans selon leur comportement, nous distinguons trois catégories :
 - **Groupe 1** : Assurés âgés de 50 à 59 ans.
 - **Groupe 2** : Assurés âgés de 60 ans.
 - **Groupe 3** : Assurés âgés de 61 à 70 ans.

La variable explicative pour les groupes 1 et 3 est l'âge. Pour le groupe 2, les taux dépendent de l'année de projection.

2.5.1.1 Table de sortie en rente :

Nous corrigeons les estimations initiales des taux bruts de sortie en rente suivant les approches résumées dans le tableau :

		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Sortie en rente	en réserve	GLM	RLS	GLM
	en nombre	GLM	RLS	RLS

Tableau 13: Récapitulatif des méthodes de lissages utilisées pour la loi de sortie en rente.

Afin de démontrer la validité des méthodes de lissage sélectionnées, nous avons mené une série de tests statistiques visant à vérifier les hypothèses fondamentales de la régression linéaire ainsi que des tests de significativité des modèles dans les cas de la GLM et de la RLS²¹. Cette analyse est illustrée par les taux de sortie en rente de réserve pour le groupe d'assurés âgés de 60 ans. Les taux lissés en nombre sont présentés en annexe V.

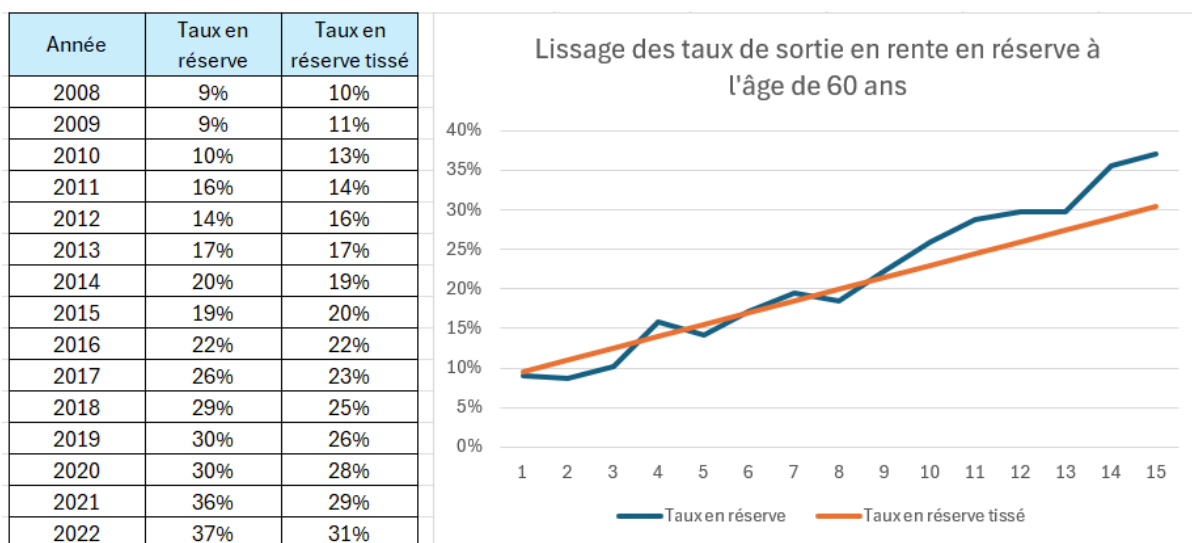


Figure 28:lissage des taux de sortie en rente en réserve à l'âge de 60 ans.

²¹ Voir l'annexe V.

Chapitre 3 : Appréciation des provisions techniques prudentielles

Afin qu'une compagnie d'assurance puisse respecter ses engagements envers ses clients tout en générant un résultat annuel positif, il est impératif qu'elle maintienne un seuil minimal de fonds propres, également désigné sous le terme de solvabilité basée sur le risque (SBR) des provisions techniques prudentielles. L'approche de solvabilité fondée sur le risque évalue ces provisions prudentielles en additionnant trois composantes essentielles : « une meilleure estimation des engagements », « une meilleure estimation des frais de gestion » et « une marge de risque ».

3.1 Évaluation du Best Estimate des engagements

La meilleure estimation des engagements se réfère à la valeur probabilisée et actualisée des flux de trésorerie futurs associés aux obligations de l'entreprise d'assurances et de réassurance résultant des contrats souscrits, cette valeur étant déterminée en fonction de la nature des opérations d'assurance. Dans le contexte des opérations d'assurance vie, la meilleure estimation des engagements est calculée selon la formule suivante :

BE des engagements = BE des garanties probabilisées (BEG) + les bénéfices discrétionnaires futurs (BDF)

On cherche par la suite à trouver une approximation numérique de chaque composante de l'expression établie.

3.1.1 La meilleure estimation des garanties

L'approche du best estimate des garanties vise principalement à établir un montant de référence pour évaluer les prestations de l'assureur. Cela donne l'opportunité de déterminer une partie du capital de solvabilité nécessaire pour répondre aux exigences de prudence.

En particulier, on peut calculer la meilleure estimation des garanties en utilisant l'expression suivante :

$$BE_{garanties} = \sum_{n=1}^{h-2023} \frac{\text{flux probabilisé (n + 2023)}}{(1 + i_n)^n}$$

Avec :

- h : l'horizon de projection ;

- i_n : Le taux d'actualisation pour un zéro coupon de maturité n, on gardera cette notation pour des ut ;
- flux probabilisé (n+2023) : la somme des sorties en montants de l'année n+2023.

3.1.1.1 Introduction aux flux de trésorerie

Les flux de trésorerie futurs probabilisés se rapportent aux paiements de toutes les prestations garanties au titre des contrats. Leur détermination prend en compte les engagements contractuels en vigueur et, le cas échéant, s'appuie sur les bases techniques suivantes :

- La table de mortalité, en l'occurrence la TV 88-90 ;
- Un taux de sortie en rente ;
- Un taux de sortie en capital.

Ces flux de trésorerie futurs probabilisés sont établis en tenant compte d'une période suffisante, adaptée aux engagements contractuels.

3.1.1.2 Démarche d'évaluation des flux de trésorerie futurs

Dans le cadre d'une recherche mathématique, le calcul du flux probabilisé s'articule autour de trois axes principaux :

❖ Estimation des montants de sortie des actifs en capital par année :

En s'appuyant sur la table de sortie en capital, il est possible de déterminer le montant théorique versé aux retraités ayant opté pour une sortie en capital à l'année n en appliquant la formule suivante :

$$\text{Sortie en capital}_n(x) = c_n(x) \times \text{La réserve constituée}_{n-1}(x - 1)$$

Avec :

- $c_n(x)$: le taux de sortie en capital pour un assuré d'âge x à l'année n ;
- $\text{La réserve constituée}_n(x) = (1 - c_n(x)) \times \text{La réserve constituée}_{n-1}(x - 1)$.

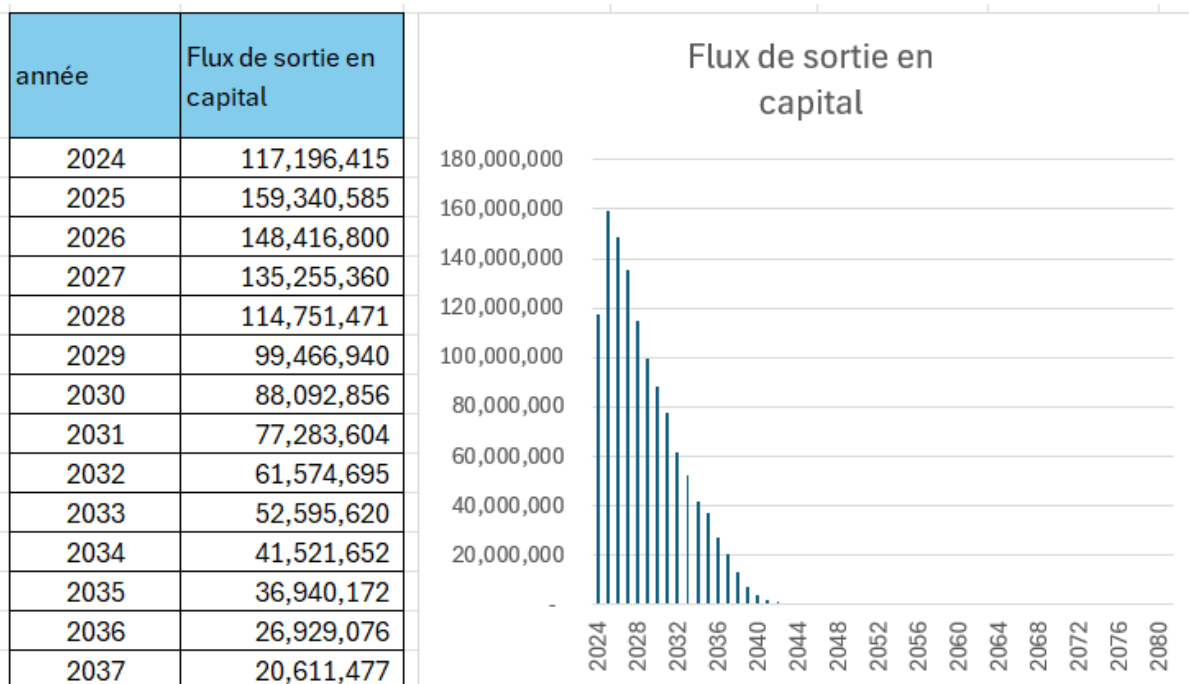


Figure 29: Flux des sorties en capital par année de projection.

Les résultats de l'approximation des prestations en capital révèlent une diminution progressive des montants versés annuellement. Cette tendance peut être expliquée par les facteurs suivants :

- La diminution substantielle des taux d'intérêt au fil du temps ;
- L'épuisement du stock de réserves accumulées par les affiliés, dans le contexte d'un système en Run-Off.

❖ **Estimation des montants de sortie des actifs en décès par année :**

Dans le cadre d'un système de prévoyance tel que la CIMR, en cas de décès d'un affilié, la compagnie d'assurance est tenue de verser les prestations dues aux bénéficiaires. Afin d'estimer la valeur de ces montants liquidés, on utilise l'expression suivante :

$$\text{sortie en décès}_n(x) = m(x) \times \text{La somme des cotisations}_{n-1}(x - 1)$$

Avec :

- $m(x)$: le taux de sortie en décès pour un assuré d'âge x à l'année n ;
- $\text{La somme des cotisations}_n(x) = (1 - m(x)) \times \text{La somme des cotisations}_{n-1}(x - 1)$.

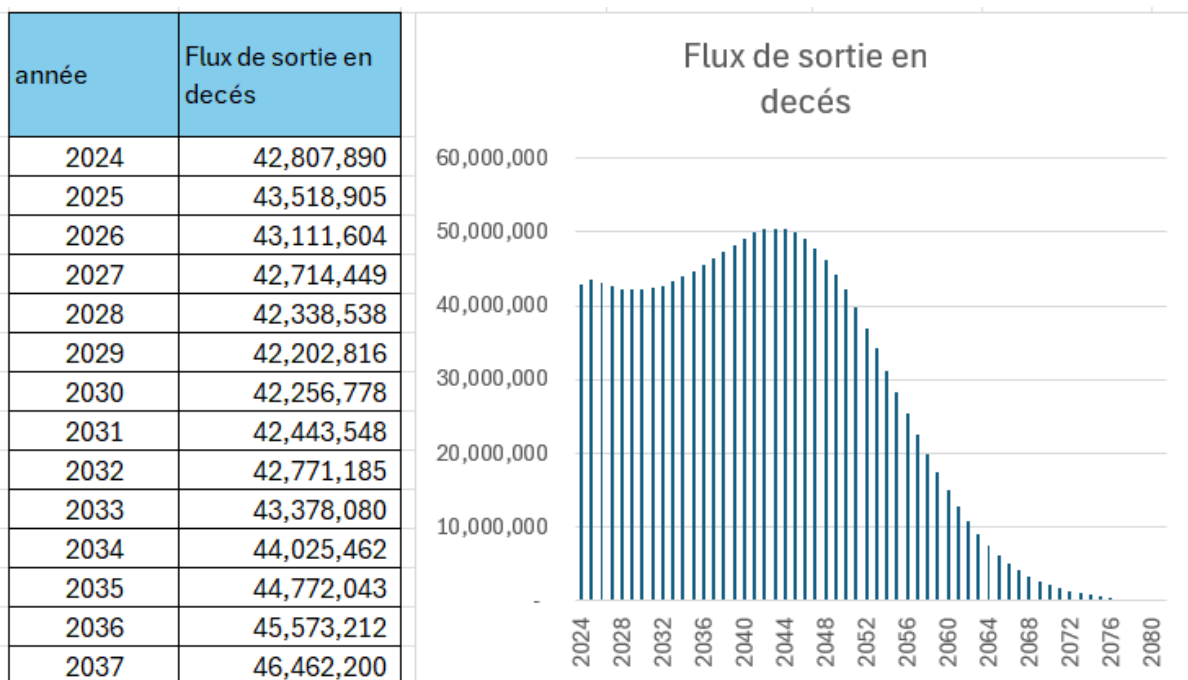


Figure 30: Flux des sorties en décès par année de projection.

Graphiquement, les sorties augmentent progressivement avant d’atteindre un pic en 2043 avec une valeur de 50,543,175 DH, suivi d’un déclin. Pour une population vieillissante comme la nôtre, le taux de mortalité applicable à la catégorie d’âge dominante, âgée de 93 ans en 2043 (correspondant à la cohorte ayant l’effectif maximal en 2023), est de 21%. De plus, les individus supposés actifs en 2043 auront des âges variant de 66 à 126 ans, ce qui renforce l’hypothèse d’une augmentation du nombre de décès.

En supposant qu’une majorité de nos affiliés décèdent durant les années précédant 2044 (année marquant le début de la descente), le nombre de bénéficiaires à qui l’assureur devra verser des prestations diminuera, expliquant ainsi la tendance à la baisse du graphique après 2044.

❖ Approximation des décaissements relatifs aux rentes

Cette variante du flux probabilisé est particulièrement complexe à évaluer. Son estimation pour une année n comporte trois composantes :

Les montants attribués aux actifs sortis en rente par exercice au titre de l’année n :

Cette composante se calcule de la même manière que pour les décès ou les sorties en capital. La formule de calcul est :

$$\text{Sortie en rente}_n(x) = r_n(x) \times \text{Rente totale}_{n-1}(x - 1)$$

Avec :

- $r_n(x)$: le taux de sortie en rente pour un assuré d’âge x à l’année n ;
- $\text{Rente totale}_n(x) = (1 - r_n(x)) \times \text{Rente totale}_{n-1}(x - 1)$

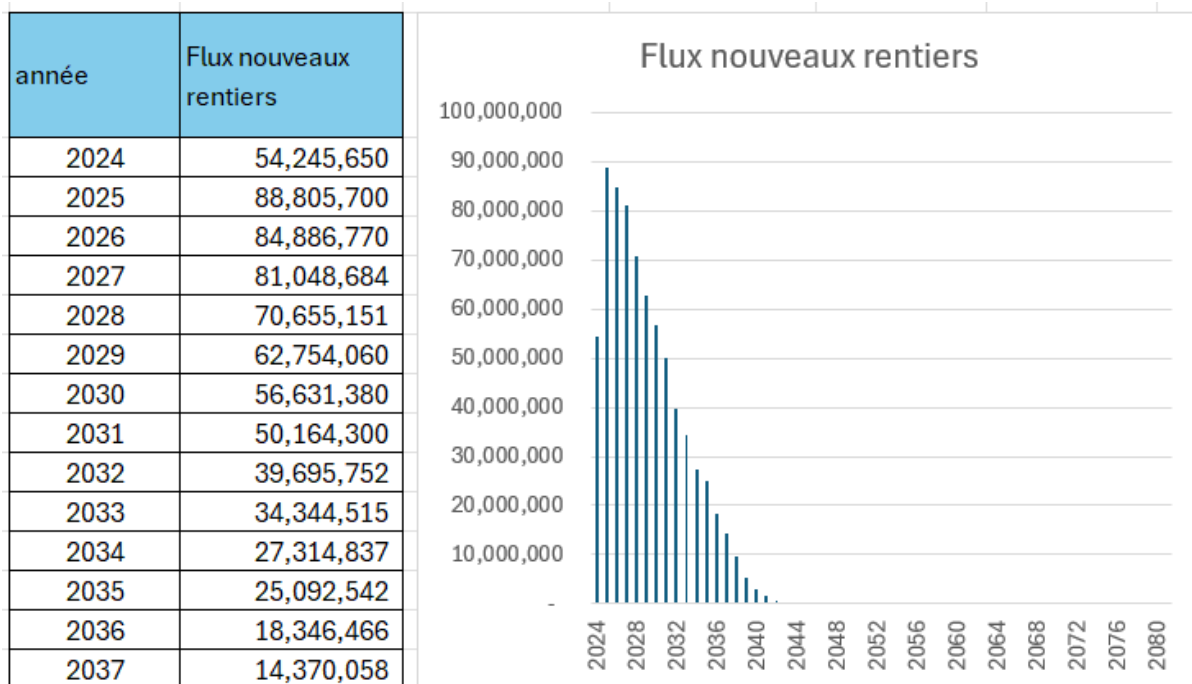


Figure 31: Flux des sorties des nouveaux rentiers par année de projection.

En raison de l'augmentation de la préférence des retraités pour la conversion de leur épargne en rentes, la valeur des rentes attribuées annuellement connaît une croissance rapide. Cette valeur atteint son maximum en 2025, avec un montant de 88,805,700 dirhams. Par la suite, les montants diminuent progressivement jusqu'à s'annuler en 2047. Ce déclin s'explique par le nombre réduit d'individus éligibles à la conversion en rentes à partir de 2025.

❖ Flux total des décaissements :

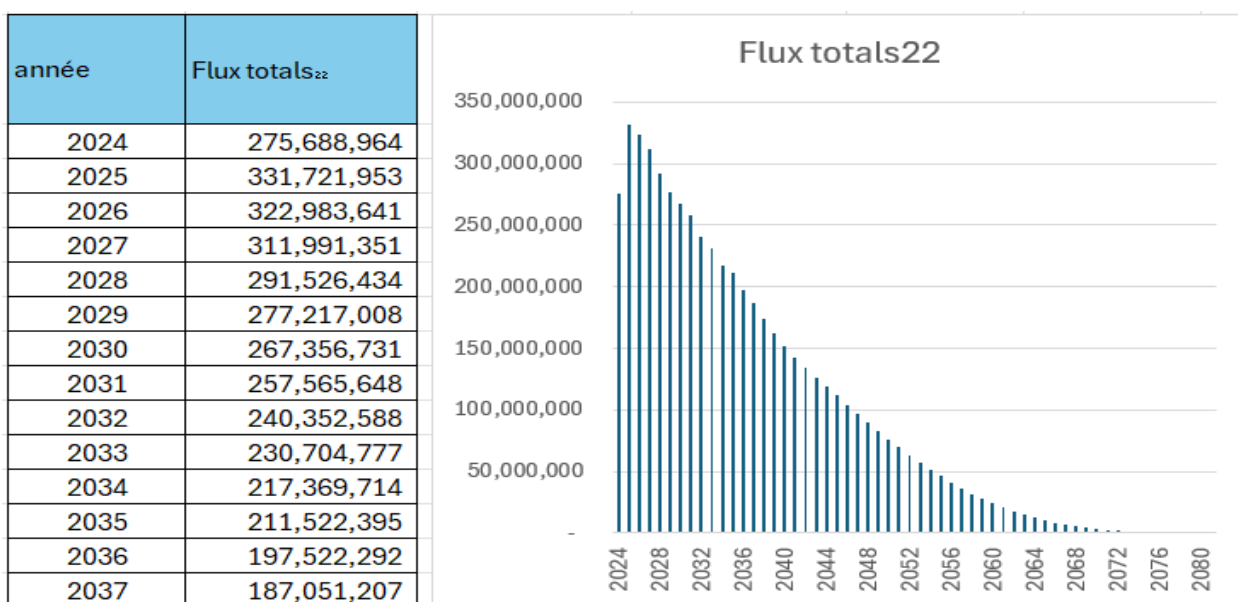


Figure 32: Flux total des sorties par année de projection.

²² Flux calculé sous SAS Entreprise Guide.

Globalement nous remarquons que les montants réglés décroissent plus ou moins linéairement d'année à l'autre pour les mêmes raisons déjà élaborées précédemment.

3.1.2 Les bénéfices discrétionnaires futurs

La participation aux bénéfices dans le domaine de l'assurance vie se réfère à la distribution des résultats financiers d'une compagnie d'assurance au profit de ses souscripteurs. La gestion des fonds collectés par les assureurs engendre des profits désignés sous le terme de bénéfices discrétionnaires.

L'assureur est tenu de redistribuer une partie de ces bénéfices. Le contrat d'assurance peut inclure une clause spécifiant les modalités de cette participation. Ce montant est également précisé lors de la publication du taux de rendement annuel.

Pour estimer les bénéfices discrétionnaires futurs, la formule suivante est appliquée :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{BDF} = & \mathbf{taux\ de\ PB\ moyen} \\
 & \times [(VM_A - VC_A) \\
 & + (RM + PSAP + FDG - (BE_{garanties} - BE_{frais\ gestion}) \times (1 \\
 & + Taux\ de\ changement) + PPB]
 \end{aligned}$$

Avec:

- VM_A : Valeur de marché d'actif ;
- VC_A : Valeur comptable d'actif ;
- RM : Réserve Mathématique;
- $PSAP$: Provisions pour sinistres passés ;
- FDG : Frais de gestion ;
- PPB : Provision pour PB ;
- $taux\ de\ PB\ moyen = \frac{\sum_{i=n-2}^n PPB^{23}(i)}{\sum_{i=n-2}^n Résultat\ technique(i)}$

3.2 Best Estimate des frais de gestion

L'estimation optimale des frais de gestion est obtenue en calculant la valeur probabilisée et actualisée des montants relatifs à la gestion des contrats, comme déterminé par les modèles appropriés.

$$BE_{frais\ gestion} = \sum_{n=1}^{h-2023} \frac{\mathbf{nombre\ de\ dossiers\ (n + 2023) \times coût\ moyen\ de\ gestion}}{(1 + i_n)^n}$$

Il est généralement possible d'estimer le nombre de dossiers gérés par une compagnie

d'assurance pour une année n en additionnant les deux composantes suivantes :

- **Le nombre de membres actifs de l'exercice n âgés de x ans** : Ce sont les individus qui avaient x-1 ans lors de l'année précédente et qui n'ont pas été soumis à une loi de sortie durant cette période. La formule explicite pour ce calcul est :

$$\begin{aligned} & \text{Nombre d'actifs}_n(x) \\ = & \begin{cases} (1 - m_x - r_{n,x} - c_{n,x}) \text{Nombre d'actifs}_{n-1}(x - 1) & \text{si } 1 - m_x - r_{n,x} - c_{n,x} \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \end{aligned}$$

- **Le nombre des rentiers de l'année n** : Il s'agit ici des rentiers de l'année n-1 qui ont survécué jusqu'à l'année n en leurs ajoutant la nouvelle génération de retraités sorties en rente pendant l'exercice n.

$$\begin{aligned} & \text{Nombre de rentiers}_n(x) \\ & = (1 - m_x) \times \text{Nombre de rentiers existants}_{n-1}(x - 1) \\ & + \text{nombre de nouveaux rentiers}_n(x) \end{aligned}$$

Avec :

- m_x : taux de mortalité à l'âge x ;
- $r_{n,x}$: taux de sortie en rente à l'année n-1 pour un assuré d'âge x-1 durant cette même année ;
- $c_{n,x}$: taux de sortie en capital à l'année n-1 pour un assuré d'âge x-1 durant cette même année.

PARTIE IV :

**LA DEUXIÈME PARTIE DE
L'APPLICATION CIMR : MISE EN
ŒUVRE DE LA NORME IFRS 17 SUR LE
PRODUIT CIMR**

Chapitre 1 : Comptabilisation par l'approche Variable Fee Approach (VFA)

Après avoir établi les lois de sorties et réalisé la projection du portefeuille sur un horizon spécifié, nous disposons des éléments suivants : Comptabilisation par l'approche Variable Fee Approach (VFA)

- Les flux de trésorerie sortants projetés, nécessaires pour le calcul du Best Estimate (BE), englobant les prestations et les frais par produit.
- Les réserves d'ouverture par produit.
- La valeur de marché des actifs.

Ces éléments permettent l'implémentation de la norme IFRS 17 sur le portefeuille du produit CIMR.

Ce chapitre se divise en trois parties distinctes. La première partie explore les différentes méthodes et approches pour déterminer les composantes de l'IFRS 17 selon la norme. La deuxième partie présente et analyse les résultats obtenus. La troisième partie examine l'impact des risques sur les trois blocs de l'IFRS 17.

La norme IFRS 17 couvre toutes les opérations d'assurance et de réassurance. Par conséquent, les compagnies doivent identifier avec précision toutes les composantes pertinentes pour son application. Une fois les composantes essentielles identifiées, les assureurs doivent suivre une procédure en trois étapes pour la mise en œuvre de la norme.

Regroupement des Contrats → Comptabilisation initiale → Comptabilisation ultérieure

Ainsi, les entreprises doivent d'abord regrouper les contrats selon des critères spécifiques tels que le type de produit, la cohorte, et la rentabilité. Ensuite, lors de l'étape de la comptabilisation initiale, l'entreprise doit procéder à une première évaluation du passif du groupe de contrats. Par la suite, l'assureur doit réévaluer la valeur du passif à la fin de chaque année, ce qui constitue la comptabilisation ultérieure et l'élaboration du compte de résultat.

1.1 Regroupement des contrats

Dans notre étude, nous avons adopté une approche axée sur les produits (par exemple, le produit CIMR). Cette décision est motivée par le fait que segmenter par cohortes et utiliser la même courbe d'actualisation pour agréger les composantes IFRS 17 équivaut essentiellement à calculer directement ces composantes pour chaque produit. En effet, ces calculs du bénéfice espéré, du revenu acquis et du solde de marge de contrat sont effectués sur l'ensemble du

portefeuille filtré par le produit CIMR.

Il convient de noter que les calculs conformes à la réglementation pour n'importe quel produit CIMR ou d'épargne-retraite sont automatisés grâce à l'application SAS. Par conséquent, il est possible de déterminer quels produits sont rentables ou susceptibles d'être coûteux en fonction de la valeur du solde de marge de contrat.

1.2 Comptabilisation lors de la transition

Après avoir consolidé les contrats, la compagnie d'assurance doit procéder à une comptabilisation initiale pour chaque ensemble contractuel. Dans le cas des contrats de retraite, capitalisation et d'épargne, la méthode optimale implique une évaluation initiale regroupant les nouvelles souscriptions à la date d'évaluation. Cependant, l'assureur a la possibilité d'évaluer le passif après cette date en utilisant un mécanisme de transition, lui permettant ainsi d'utiliser les données disponibles pour effectuer une évaluation initiale à la date de transition plutôt qu'à la date de souscription.

Lors de cette première comptabilisation, la compagnie évalue les deux éléments principaux requis par la norme, à savoir le bénéfice excédentaire (BE) et l'ajustement au risque. Ensuite, elle soustrait la somme de ces éléments de la valeur de marché des actifs, et en fonction du signe du montant obtenu, l'entité évalue l'ensemble contractuel. Si ce montant est positif, il s'agit d'un montant de marge de service contractuel (CSM) qui doit être présent dans le passif de l'entité. Sinon, ce montant est absorbé directement dans le résultat, constituant ainsi une composante de perte.

1.3 Évaluation des provisions mathématiques

Taux d'actualisation :

Dans le cadre de cette étude, nous abordons la nécessité de prendre en compte à la fois la valeur temporelle de l'argent et les risques financiers. Pour ce faire, la norme exige l'utilisation de deux méthodes distinctes, lesquelles sont intégrées dans une courbe d'actualisation. Dans notre analyse, nous avons opté pour l'approche Bottom-Up, en appliquant une prime de liquidité de 1,5%.

Calcul du Best-Estimate (BE) :

Le Best-Estimate représente une estimation de l'espérance des flux de trésorerie futurs, prenant en considération la valeur temporelle de l'argent. Cette valeur est calculée sur la base d'une courbe des taux sans risque appropriée :

$$BE = E^{Q^f \times p^a} \left(\sum_{t \geq 1} \delta(t) \times X(t) \right)$$

- Q^f : la probabilité liée au risque d'assurance ;
- p^a : la probabilité liée au risque assurantiel ;
- $\delta(t)$: le déflateur en date t ;
- $X(t)$: le flux de trésorerie du passif ;

Dans le domaine des contrats de retraite, d'épargne et de capitalisation, l'évaluation de la valeur économique (BE) se révèle souvent complexe en raison de la présence d'incertitudes financières et de la confluence entre le risque financier et le risque technique. Pour appréhender cette complexité, la méthode de Monte-Carlo émerge comme l'approche privilégiée pour modéliser une gamme de scénarios possibles.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons adopté une approche basée sur des taux déterministes pour les décès, les rachats et les liquidations. Ainsi, nous avons calculé la valeur économique en utilisant une méthode déterministe, comme suit :

$$BE = \sum_{n=AnnéeCalcul+1}^{horizon} \left[\frac{CF(i)}{(1+a(i))^{i-AnnéeCalcul}} + \frac{NB(i) \times CM}{(1+a(i))^{i-AnnéeCalcul}} \right]$$

Avec :

- $CF(i)$: Cash-flow sortants projetés à la date i ;
- $NB(i)$: nombre de dossiers ;
- CM : Coût moyen de gestion ;
- $a(i)$: Taux d'actualisation à la date i ;

Le calcul du BE pour l'année de transition 2019 pour le produit A est donné par :

	Année de calcul	BE garantie	BEFG	BE
1	2019	4,794,418,371	146,523,482	4,940,941,853

Figure 33: Valeur du BE pour produit A sous SAS .

1.4 Calcul de l'ajustement au titre de risque non financier

Le Risk Adjustment (RA) constitue la compensation requise par l'assureur pour faire face à l'incertitude liée aux flux futurs de trésorerie, engendrée par les risques techniques et non financiers des contrats d'assurance. Cet indicateur joue un rôle crucial dans la gestion des résultats IFRS 17 et de la Contractual Service Margin (CSM). Par conséquent, la méthodologie adoptée pour modéliser le RA représente un enjeu majeur pour les assureurs, leur permettant de choisir l'approche la plus efficace pour le pilotage des résultats IFRS, tout en évitant de réitérer les calculs en s'appuyant sur les travaux réalisés dans le cadre de Solvabilité II et de la

Directive SBR.

Il est important de noter que le RA est influencé par divers risques d'assurance vie, tels que la mortalité, la longévité, et le rachat, ainsi que par des risques non financiers, notamment ceux liés aux frais. Toutefois, le risque opérationnel n'est pas pris en compte dans ce contexte.

Dans cette étude, on va identifier plusieurs variables actuarielles susceptibles d'affecter significativement le calcul du RA, notamment :

- La mortalité ;
- La sortie rente ;
- La sortie en capital.

La norme IFRS 17 n'impose aucune méthode spécifique pour l'évaluation du RA, laissant ainsi le choix aux compagnies d'assurance. Néanmoins, ces dernières doivent communiquer le seuil de confiance associé au calcul effectué.

De nombreuses approches ont été proposées pour modéliser le RA. Dans notre travail, on va utiliser une approche principale qui est basée sur des chocs conformément à la directive SBR.

Risk Adjustment avec l'approche par choc de mortalité:

L'estimation prudentielle (Risk Adjustment, RA) constitue une majoration du Best Estimate (BE) afin d'intégrer des risques potentiellement omis lors du calcul du BE. L'approche par choc de mortalité est une méthode qui impose des stress tests sur le BE pour évaluer l'impact de risque de mortalité et déterminer RA correspondant pour ce scénario de risque. Le calcul du RA par choc se déroule généralement selon les étapes suivantes :

Initialement, il est nécessaire de convertir les chocs définis par le cadre de Solvabilité II en chocs conformes à la norme IFRS 17, en utilisant la relation suivante :

$$choc_{IFRS17} = \frac{quantille_{1-\alpha}}{quantille_{0.5\%}} \times \sqrt{D} \times choc_{S2}$$

Avec :

- $quantille_{1-\alpha}$: Le quantile d'ordre $1 - \alpha$ de la loi normale centré réduite ;
- $quantille_{0.5\%}$: Le quantile d'ordre 0.5% de la loi normale centré réduite ;
- $choc_{S2}$: Chocs annuels sur le risque de mortalité définis par S2 ;
- $choc_{IFRS17}$: Chocs sur toute la durée du contrat qu'on va utiliser dans le cadre IFRS 17 ;
- D : Duration du portefeuille ;

On applique le choc IFRS 17 au montant best-estimate du scénario de choc, à noter qu'il s'applique particulièrement au risque mortalité pour un portefeuille vie

$$RA = BE_{chocIFRS17} - BE_{central}$$

Résultat du RA :

	Année de calcul	$BE_{chocIFRS17}$	$BE_{central}$	RA
1	2019	4,740,457,336	4,794,418,371	56,017,633

Figure 34: Evaluation initial du RA par choc pour produit A sous SAS.

1.5 Evaluation de la CSM

La notion de CSM est très importante dans la norme IFRS 17, la CSM reflète en fait le stock des profits futurs de l'assureur, la norme donc empêche toute reconnaissance de profit à l'émission du contrat, autrement dit la reconnaissance des résultats au fur et à mesure que le service d'assurance est rendu.

1.5.1 Evaluation de la CSM à la transition

La Contractual Service Margin (CSM) dans la phase de transition IFRS 17 est une composante cruciale qui représente les bénéfices non réalisés d'un groupe de contrats d'assurance. Dans le cadre de la méthode VFA (Variable Fee Approach), la Contractual Service Margin (CSM) n'est pas désactualisée car l'effet de la valeur du temps est pris en compte dans la part de l'assureur dans la variation de valeur des actifs sous-jacents.

La CSM est ajustée de l'ensemble des changements d'estimation des flux relatifs aux services futurs, à l'exception de la part de l'assuré dans la variation de juste valeur des actifs sous-jacents, y compris ceux liés aux options et garanties. Elle est également ajustée de la part de l'assureur dans la variation de valeur des actifs sous-jacents.

Enfin, la CSM est allouée pour refléter le service rendu selon le passage du temps par l'approche des « coverage units ».

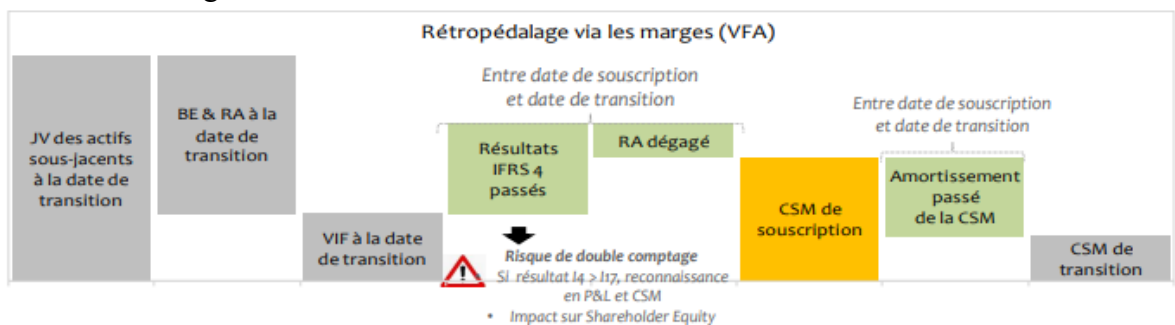


Figure 35:Rétropédalage par marge en VFA.

Calcul de $CSM_{transition}$:

On calcul d'abord le VIF à la date de transition (dans ce cas c'est 2019) qui est égale à la différence de la valeur du marché d'actif (VMA) moins la valeur de marché du passif (VMP), donc :

$$VIF_{2019} = VMA_{2019} - VMP_{2019}$$

Avec :

- $VMA = BE + RA$: la valeur du marché d'actif ;
- VMP : la valeur de marché du passif.

Par suite on retire les résultats IFRS 4 passés et les montants RA dégagé du VIF à la date de transition pour obtenir CSM de souscription :

$$CSM \text{ de souscription} = VIF_{2019} + \sum_{i=2019-Duration-1}^{2019} (\text{résultats IFRS } 4_i - RA \text{ dégagé}_i)$$

La duration correspond à la période à l'issue de laquelle la rentabilité d'un instrument financier à taux fixe n'est pas affectée par les variations de taux d'intérêt. Mathématiquement, elle est égale à :

$$Duration = \frac{\sum_{n=1}^{h-2019} \frac{n \times \text{flux probabilisé (n + 2019)}}{(1 + i_n)^n}}{\sum_{n=1}^{h-2019} \frac{\text{flux probabilisé (n + 2019)}}{(1 + i_n)^n}} = 5$$

Avec :

- h : l'horizon de projection ;
- i_n : Le taux d'actualisation pour un zéro coupon de maturité n , on gardera cette notation pour des ut ;
- flux probabilisé (n+2019) : la somme des sorties en montants de l'année n+2019.

Enfin, CSM de transition est la différence entre la CSM de souscription et les amortissements passés de la CSM entre date de souscription et date de transition :

$$CSM_N = CSM_{transition} = CSM_{N-1} + Charge \text{ d'interet}_N - Relachement_N$$

Avec :

- N : Année de transition ;
- $Charge \text{ d'interet}_N = i_N \times CSM_{N-1}$: Déactualisation;
- $Relachement \text{ CSM}_N = CSM_{N-1} \times (1 + i_N) \times UC_N$: Amortissement;
- i_N : taux d'actualisation de l'année de projection N (du courbe de taux d'actualisation de l'année $N - duration + 1$, car, on actualise le CSM de souscription qui correspond à l'année $N - duration + 1$) ;

- $UC_N = \frac{RM_N}{\sum RM}$: la part des réserves mathématiques de l'année N par rapport aux réserves mathématiques total

	CSM				
	2,015	2,016	2,017	2,018	2,019
CSM ouverture		1,058,366,313	1,038,256,882	1,026,174,920	1,015,300,241
Relâchement		(60,535,571)	(52,218,410)	(50,653,071)	(48,943,984)
Charge d'intérêt		40,426,140	40,136,448	39,778,393	39,417,239
CSM clôture	1,058,366,313	1,038,256,882	1,026,174,920	1,015,300,241	1,005,773,496

Tableau 14: résultat de CSM en adoptant l'approche par choc.

1.5.2 La CSM en évaluation ultérieure(Année de calcul > Année de transition)

Dans une perspective de recherche académique approfondie, la marge de service contractuelle (CSM) à une date de reporting ultérieure est ajustée pour incorporer l'ensemble des modifications des estimations relatives aux services futurs ainsi que la part de l'assureur dans les variations de valeur des actifs sous-jacents. En outre, la CSM est allouée de manière à refléter le service rendu en fonction du passage du temps, selon un amortissement calculé en unités de couverture.

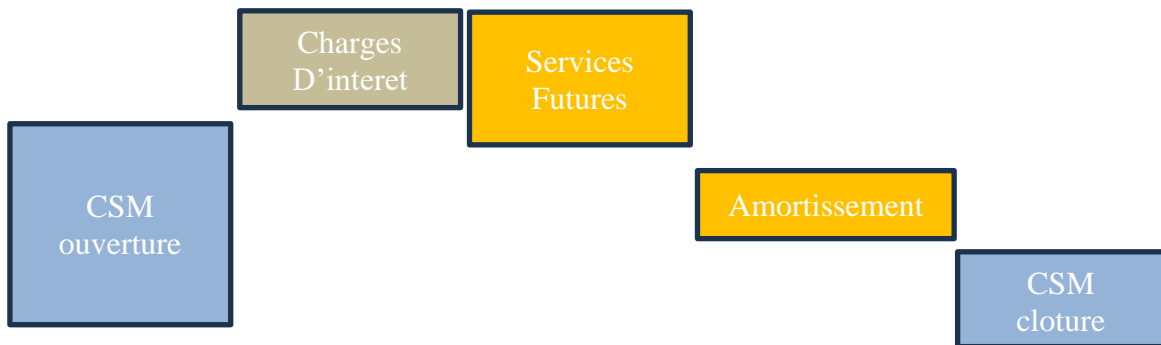


Figure 36:Analyse des variations impactant la CSM.

Pour les années après l'année de la transition on se base sur l'historique de la CSM, on importe le CSM de clôture de l'année précédente en tant que la CSM d'ouverture de l'année qu'on cherche à calculer, par suite on calcule la variation de CSM par la relation suivante :

$$CSM_N = CSM_{N-1} + \text{Charge d'intéret}_N - \text{Relachement}_N + \text{Services futures}_N$$

Avec :

- N : Année de calcul ;
- Charge d'intéret_N = $i_N \times CSM_{N-1}$: Déactualisation;
- Relachement $CSM_N = CSM_{N-1} \times (1 + i_N) \times UC_N$: Amortissement;
- Services futures_N : Changements d'hypothèse technique ;
- i_N : taux d'actualisation de l'année de projection N (du courbe de taux d'actualisation de l'année $N - duration + 1$, car, on actualise le CSM de souscription qui correspond

à l'année $N - duration + 1$) ;

- $UC_N = \frac{RM_N}{\sum RM}$: la part des réserves mathématiques de l'année N par rapport aux réserves mathématiques total.

	CSM				
	2,019	2,020	2,021	2,022	2,023
CSM ouverture	1,015,300,241	1,005,773,496	931,951,098	808,386,565	658,328,617
Relâchement	-48,943,984	-60,595,696	-56,534,902	-49,901,162	-41,498,098
Charge d'intérêt	39,417,239	39,220,586	36,730,603	32,355,178	26,755,775
Services Futur		-52,447,288	-103,760,234	-132,511,965	-148,798,811
CSM clôture	1,005,773,496	931,951,098	808,386,565	658,328,617	494,787,483

Tableau 15:: Variation de la CSM pour les 5 premières années.

D'après le tableau ci-dessus, on peut tirer que le portefeuille de produit CIMR est profitable puisqu'il a une CSM de 1,015 Milliards de DH.

1.6 BE à l'évaluation ultérieure

À la fin de l'année, le Best Estimate (BE) est augmenté par les nouvelles affaires et la réévaluation du BE initial, tout en étant diminué par les prestations effectuées au cours de l'année. Par ailleurs, il est impacté par les modifications des hypothèses financières et non financières, ainsi que par les variations de la courbe d'actualisation.

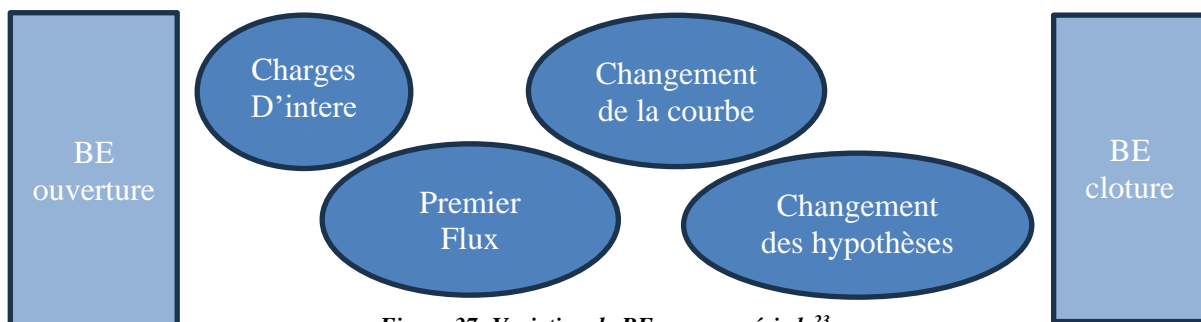


Figure 37: Variation de BE sur une période²³.

Le BE est projeté conformément à la formulation suivante :

$$BE_{N+1} = BE_N + \text{Changement de courbe}_N - \text{Changement des hypothèses}_N + \text{Charge d'interet}_N - \text{Premier Flux}_N$$

Avec :

- BE_{N+1} : BE cloture ;
- BE_N : BE ouverture ;
- $\text{Charge d'interet}_N = BE_N \times \text{taux actualisation}_N$;

²³ Preuve de cette décomposition de BE, voir annexe VI .

Décomposition des effets de BE					
	2,019	2,020	2,021	2,022	2,023
BE ouverture	-	4,794,418,371	4,763,371,779	4,727,397,252	4,689,913,211
Charge d'intérêt	-	183,131,140	181,945,261	180,571,152	179,139,384
Premier flux	-	(370,128,777)	(434,731,779)	(472,235,161)	(496,021,721)
Chgt des hyp	-	108,381,356	172,730,978	213,697,169	244,801,349
Chgt de courbe	-	47,569,689	44,081,013	40,482,799	37,173,457
BE clôture	4,794,418,371	4,763,371,779	4,727,397,252	4,689,913,211	4,655,005,680

Tableau 16: Variation du BE pour les 5 premières années.

De la même manière BE frais de gestion à l'ultérieure se calcul par :

$$BEFG_{N+1} = BEFG_N + \text{Changement de courbe}_N - \text{Changement des hypothèses}_N + \text{Charge d'interet}_N - \text{Premier Flux}_N$$

Avec :

- $BEFG_{N+1}$: BEFG cloture ;
- $BEFG_N$: BEFG ouverture ;
- $\text{Charge d'interet}_N = BEFG_N \times \text{taux actualisation}_N$;

Décomposition des effets de BEFG					
	2019	2020	2021	2022	2023
BEFG ouverture		146,523,482	140,886,833	134,524,538	126,707,235
CHARGE INTERET		5,596,719	5,381,417	5,138,398	4,839,803
PREMIER FLUX		(14,578,530)	(14,036,861)	(13,521,286)	(12,920,938)
CHGT HYP TECH		1,935,516	963,367	(665,459)	305,554
CHGT TAUX		1,409,646	1,329,782	1,231,043	1,150,269
BEFG clôture	146,523,482	140,886,833	134,524,538	126,707,235	120,081,923

Tableau 17: Variation du BEFG pour les 5 premières années.

1.7 RA à l'évaluation ultérieure

Les ajustements de risque (RA) à une date ultérieure seront capitalisés pour intégrer la valeur temporelle de l'argent. Ensuite, ces ajustements seront réévalués afin de tenir compte de l'incertitude propre à l'assureur. Enfin, ils seront amortis via le compte de résultats, conformément aux principes comptables en vigueur.

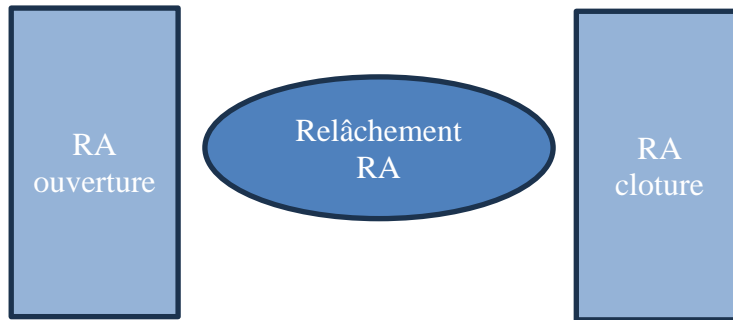


Figure 38: Analyse des variations impactant le RA.

Le RA est calculé selon la formule suivante :

$$RA_{N+1} = RA_N - \text{Relâchement}_N$$

Avec :

- Relâchement_N : Amortissement de RA entre N et N + 1.

	RA				
	2019	2020	2021	2022	2023
RA ouverture	-	56,017,633	56,443,651	56,688,970	56,250,420
Relâchement	-	426,018	245,319	(438,551)	(295,909)
RA clôture	56,017,633	56,443,651	56,688,970	56,250,420	55,954,511

Tableau 18: Variation du RA pour les 5 premières années.

Chapitre 2 : L'application sous SAS et analyse de résultats

2.1 Application SAS

Nous avons développé une application intégrée sous SAS Guide Entreprise, destinée à automatiser l'ensemble des calculs conformément à la norme IFRS 17. Cette application couvre tout le processus, depuis le traitement initial des données jusqu'à la génération des résultats de passif, en respectant scrupuleusement les directives édictées par la norme IFRS 17.

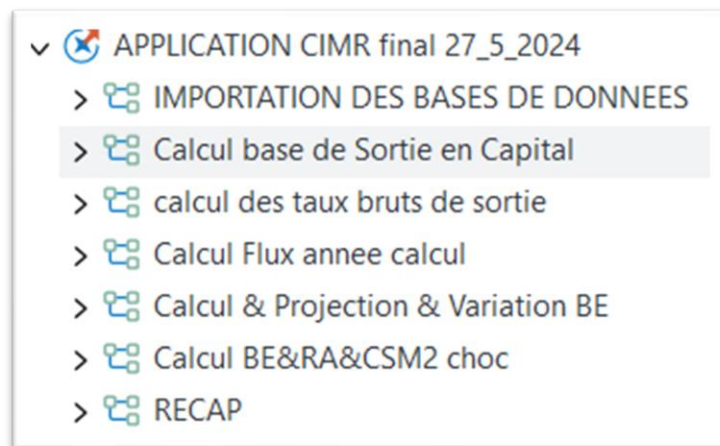


Figure 39: Arbre de projet intégré dans l'application SAS.

La figure ci-dessus montre la succession des étapes qui s'exécutent une fois on exécute l'application. Cet arbre contribue à l'enchaînement des processus partant du traitement de données, les lois de sortie, la réalisation des projections et enfin le calcul des composantes de la norme IFRS 17.

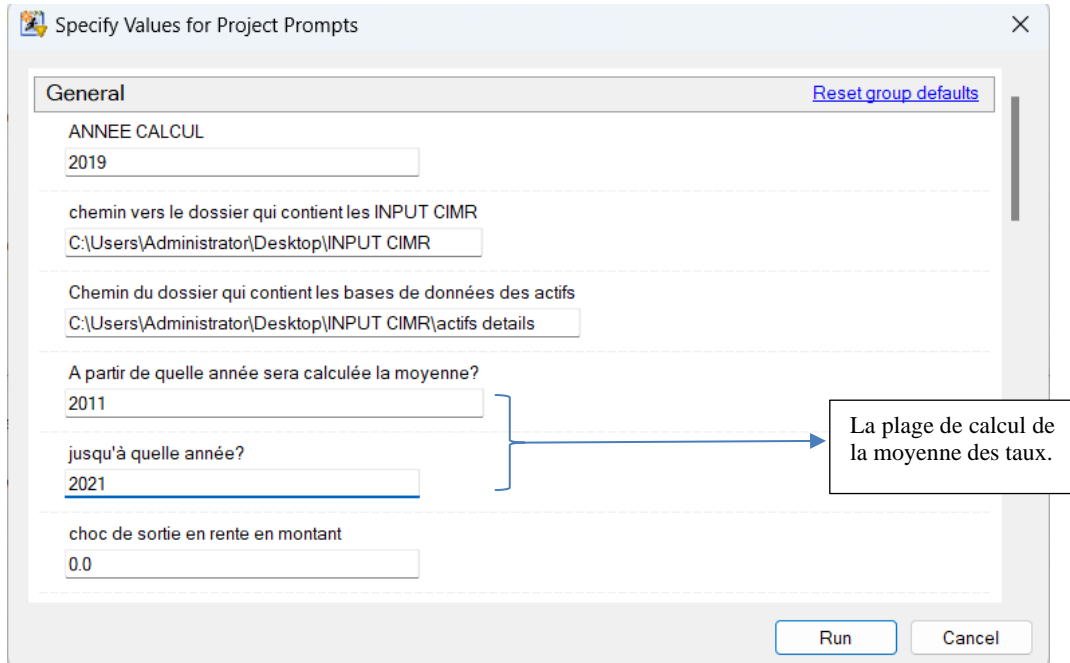


Figure 40: Extrait de l'entête de l'interface de l'application sous SAS GUIDE ENTREPRISE.

Dans ce travail, nous avons méthodiquement détaillé le processus d'élaboration des tables de sortie en rente/capital. Cela inclut le calcul des taux moyens, leur lissage, l'application des chocs pour divers scénarios, ainsi que la construction finale des tables.

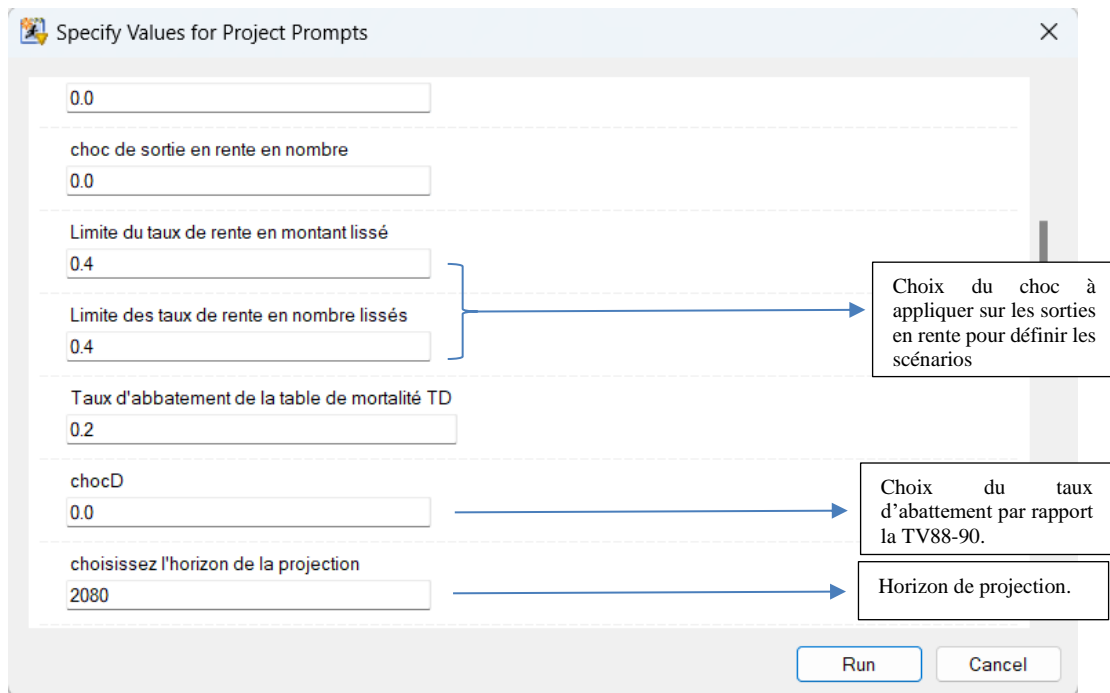


Figure 41: Extrait du milieu de l'interface d'application SAS.

Le flux de processus 5 se charge de donner les valeurs finales de la meilleure estimation ainsi que celles du capital de solvabilité requis pour les risques s'appliquant aux contrats vie. Pour mener à bien cette tâche, nous nous aidons d'une interface qui permet la saisie des paramètres centraux :

The screenshot shows a SAS application window with the following fields and values:

- ANNEE TRANSITION:** 2019
- Juste valeur:** La juste valeur des actifs de portefeuille pour calculer la CSM. Value: 10338549049.0
- alpha:** 0.9
- Choc de mortalité S2:** correspond à une VaR à 99,5% obtenue avec une loi normale. (Empty field)
- Volatilité taux annuel décès:** 0.058

Buttons: Run, Cancel

Figure 42: Extrait de bas de l'application SAS.

Cet extrait permet de préciser l'année de la transition. Elle permet aussi d'ajouter le niveau de confiance 'alpha', 'volatilité' pour calculer le RA par choc.

2.2 Résultats et analyses

Evaluation du BE et BEFG:

Année de projection	BE engagement	BEFG	BE
2,019	4,794,418,371	146,523,482	4,940,941,853
2,020	4,607,420,734	137,541,670	4,744,962,404
2,021	4,304,553,397	129,076,684	4,433,630,081
2,022	4,003,515,949	120,736,427	4,124,252,376
2,023	3,713,644,222	112,837,772	3,826,481,994
2,024	3,422,658,699	105,186,499	3,527,845,198
2,025	3,244,439,628	98,156,861	3,342,596,489
2,026	3,065,064,522	91,451,494	3,156,516,016
2,027	2,889,041,967	85,159,415	2,974,201,382
2,028	2,736,053,305	79,570,849	2,815,624,154
2,029	2,560,475,071	73,489,965	2,633,965,036

Tableau 19: Résultats sous SAS d'évaluation du BE et BEFG.

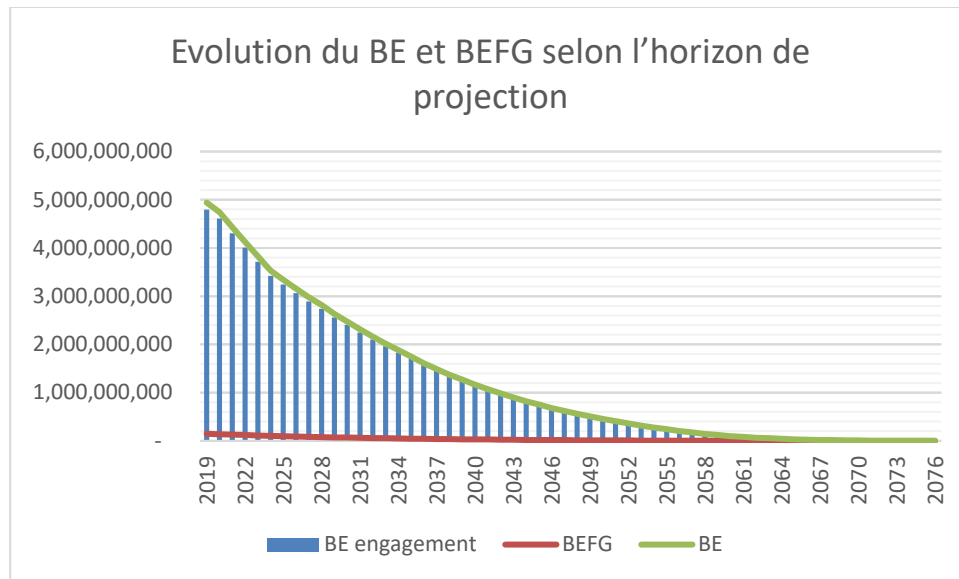


Figure 43: Evolution du BE et BEFG selon l'horizon de projection.

Le Best-estimate diminue d'une part en raison du projet de portefeuille en hypothèse de run-off, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de nouvelles souscriptions, et d'autre part en raison de l'ancienneté maximale de 58 ans du produit étudié.

Evaluation du RA :

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats de Risk Adjustment :

Année de projection	RA
2,019	56,017,633
2,020	57,978,947
2,021	59,641,104
2,022	60,866,828
2,023	61,890,333
2,024	62,633,784
2,025	63,324,322
2,026	63,796,372
2,027	64,134,904
2,028	64,637,454
2,029	64,341,655
2,030	64,301,025
2,031	64,120,698

Tableau 20: Résultats sous SAS d'évaluation du RA.

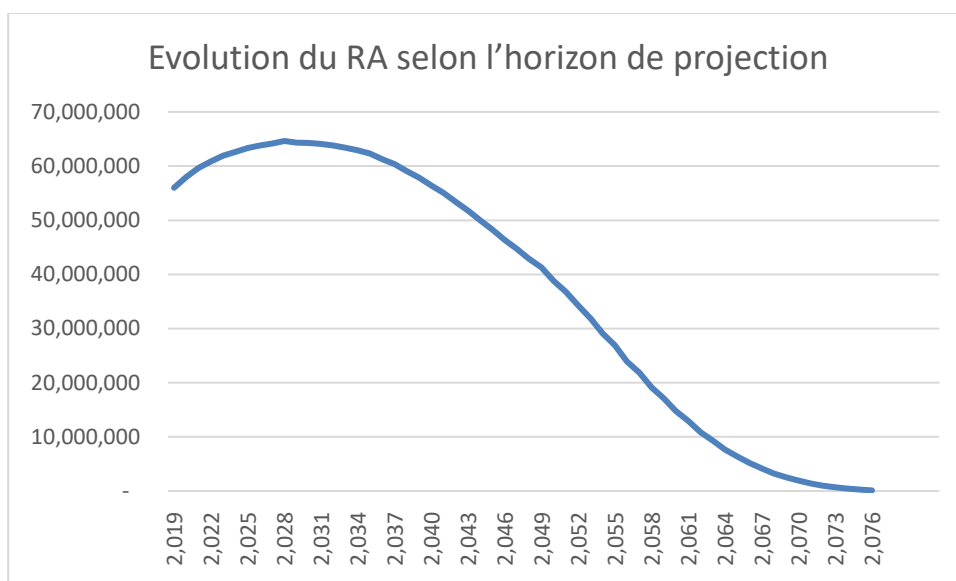


Figure 44: Evolution du RA selon l'horizon de projection.

Selon la figure ci-dessus, le RA augmente, car au fil des années, l'incertitude concernant les montants et les prestations diminue, ce qui entraîne une diminution du RA tout au long des années de projection.

Résultats des 2 méthodes appliquées pour évaluer le RA :

Année de projection	Méthode sans choc de mortalité				Méthode par choc de mortalité			
	BE	BEFG	RA1	CSM	BE	BEFG	RA	CSM
2,019	4,794,418,371	146,523,482	296,456,511	722,094,235	4,740,457,336	144,466,884	56,017,633	4,794,418,371
2,020	4,607,420,734	137,541,670	284,697,744	655,878,895	4,551,561,552	135,421,906	57,978,947	4,763,371,779
2,021	4,304,553,397	129,076,684	266,017,805	539,791,856	4,247,086,466	126,902,511	59,641,104	4,727,397,252
2,022	4,003,515,949	120,736,427	247,455,143	396,951,610	3,944,863,980	118,521,568	60,866,828	4,689,913,211
2,023	3,713,644,222	112,837,772	229,588,920	240,445,414	3,654,001,748	110,589,913	61,890,333	4,655,005,680
2,024	3,422,658,699	105,186,499	211,670,712		3,362,294,933	102,916,481	62,633,784	
2,025	3,244,439,628	98,156,861	200,555,789		3,183,404,962	95,867,206	63,324,322	
2,026	3,065,064,522	91,451,494	189,390,961		3,003,568,857	89,150,786	63,796,372	
2,027	2,889,041,967	85,159,415	178,452,083		2,827,212,973	82,853,505	64,134,904	
2,028	2,736,053,305	79,570,849	168,937,449		2,673,730,119	77,256,581	64,637,454	
2,029	2,560,475,071	73,489,965	158,037,902		2,498,425,281	71,198,100	64,341,655	
2,030	2,404,585,119	68,191,603	148,366,603		2,342,560,948	65,914,749	64,301,025	
2,031	2,249,137,186	63,242,092	138,742,757		2,187,272,741	60,985,838	64,120,698	

Tableau 21: Récapitulatif des deux méthodes utilisées.

Remarque : Pour la méthode sans choc de mortalité, il consiste simplement de multiplier le BE et BEFG par 60% pour obtenir RA :

$$RA = (BE + BEFG) \times 60\%$$

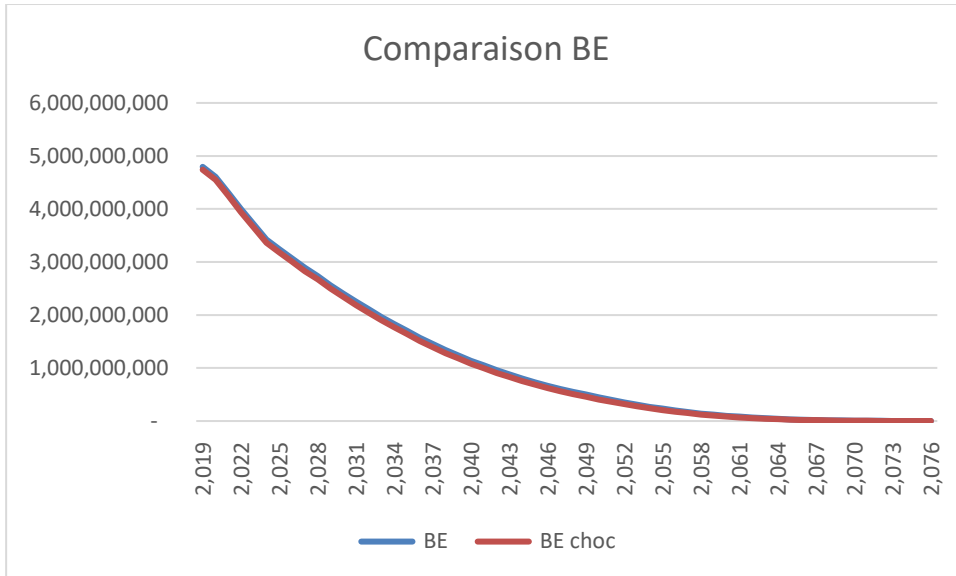


Figure 45: Impact de la mortalité sur BE.

La figure ci-dessus montre qu'un choc de mortalité engendre une diminution du BE à la transition puis durant les dates ultérieures, plus le taux est élevé plus le BE connaît une diminution, cela est généralement dû à l'augmentation des flux sortants de la mortalité.

Les résultats obtenus grâce à l'application en utilisant les deux méthodes offrent à la compagnie d'assurance la possibilité de gérer et de sélectionner la méthode appropriée en fonction de ses besoins. Effectivement, si l'assurance décide de faire une comptabilisation rentable pour le produit étudié, elle a la possibilité de opter pour la méthode choc de mortalité car elle offre la valeur la plus faible pour le montant lié aux risques techniques, ce qui entraînera une augmentation de la valeur de la CSM lors de la comptabilisation initiale. En revanche, si l'entreprise souhaite se protéger contre les divers risques techniques, elle a la possibilité de opter pour la méthode sans choc car elle offre la plus grande valeur du RA, ce qui est une valeur prudentielle. Cependant, cela entraînera également une diminution de la CSM et par conséquent une diminution de la rentabilité du produit.

Conclusion générale

La norme IFRS 17 vise à rendre plus simple et plus efficace la pratique de la comptabilisation des provisions dans le secteur de l'assurance, elle représente en effet une évolution majeure, elle reflète fidèlement la juste valeur des engagements de l'assureur, contribuant ainsi à améliorer la juste valeur des engagements de l'assureur. Transparence des états financiers des unités.

Ce rapport présente les différentes méthodes d'évaluation du bilan selon IFRS 17 pour un portefeuille du produit CIMR ainsi que les mécanismes d'évaluation des composants ultérieurs guidés par la norme. Le bilan IFRS 17 calculé au moment de la transition selon le modèle VFA est utilisé pour produire les différentes composantes de la norme. En effet, nous avons expliqué les méthodes d'évaluation initiales ainsi que les évolutions au fil du temps qui impactent principalement BE et CSM.

Dans la dernière partie de cette thèse, nous avons expliqué les fonctionnalités de l'application SAS ENTERPRISE GUIDE, analysé les différents résultats obtenus ainsi que l'impact des risques techniques en appliquant des chocs à la mortalité à travers les trois composantes de l'IFRS Bloc 17.

Bibliographie

- [1] Hervé DOUARD, Quentin GUIBERT, Zouhair EL ALAOUI : Formation à la norme IFRS 17, actuaris consulting, Casablanca, 24 & 25 Novembre 2021.
- [2] MCF Conseil : IFRS17 – Formation dispensée à la Société Centrale de Réassurance 26 octobre 2023.
- [3] F.MARRI : Assurance Vie , Support de cours INSEA.
- [4] Habib FAYE, Areski COUSIN : IFRS 17 RISK ADJUSTMENT une étude comparative, nexialog consulting, France, 2021.
- [5] Normes IFRS : IFRS 17 Contrats d'assurance, Mai 2017.
- [6] IASB, IFRS 17 : insurance contracts, London, United Kingdom, 2017.
- [7] L'ACAPS, Présentation de la « SBR », Réunion avec la FMSAR.
- [8] La CIMR, Rapport annuel d'activité, 2016.
- [9] L'ACAPS, Projet de circulaire concernant la SBR, document de consultation, version 11/12/2017.
- [10] Cours de mathématique et statistique 2, Module 4 : « Vérification des hypothèses d'application de la régression », Agence Universitaire de la Francophonie.
- [11] DEVOLDER, D., « Prévoyance et Assurance des groupes », Support de cours, INSEA, 2022/2023.
- [12] ACAPS : Directif concernant la méthode de construction de la courbe des taux zéro-coupon.
- [13] F.BADAOUY : Modèles linéaires généralisés, INSEA 2023-2024.
- [14] F.PLANCHET : Méthodes de lissage et d'ajustement, Support de cours ISFA.

Webographie

- [1] <http://www.rmaassurance.com/>
- [2] <http://www.acaps.ma/>
- [3] <https://www.actuarialab.net/>
- [4] <http://www.institutdesactuaire.com/>
- [5] <http://www.bkam.ma/>

Annexe I : Table de mortalité TV 88-90

x	lx	dx
0	100000	648
1	99352	58
2	99294	33
3	99261	25
4	99236	22
5	99214	20
6	99194	17
7	99177	16
8	99161	16
9	99145	16
10	99129	17
11	99112	16
12	99096	15
13	99081	19
14	99062	21
15	99041	23
16	99018	29
17	98989	34
18	98955	42
19	98913	44
20	98869	46
21	98823	45
22	98778	44
23	98734	45
24	98689	49
25	98640	50
26	98590	53
27	98537	55
28	98482	54
29	98428	57
30	98371	61
31	98310	63
32	98247	65
33	98182	71
34	98111	80
35	98031	89
36	97942	91
37	97851	98
38	97753	105
39	97648	114

Tableau 22: Extrait de la table de mortalité TV 88-90.

Annexe II : les différentes commutations utilisées

Les notations actuarielles fournissent un standard de représentation des contrats d'assurance-vie. Ce standard facilite l'expression des résultats de la tarification et du provisionnement basé sur les mathématiques financières et sur les tables de mortalité.

- i représente le taux d'intérêt effectif annuel.
- $v = \frac{1}{1+i}$ est utilisé pour l'actualisation
- l_x est le nombre de personnes vivantes, par rapport à une cohorte initiale, à l'âge
- d_x est le nombre de personnes qui meurent entre l'âge x et l'âge $x+1$. d_x peut être calculée en utilisant la formule $d_x = l_x - l_{x+1}$.
- $D_x = l_x \times v^x$
- $C_x = d_x \times v^{x+\frac{1}{2}}$
- $N_x = \sum_{k=0}^{w-x} D_{x+k}$
- $S_x = \sum_{k=0}^{w-x} N_{x+k}$
- $M_x = \sum_{k=0}^{w-x} C_{x+k}$
- $R_x = \sum_{k=0}^{w-x} M_{x+k}$

Ces coefficients ou commutations établies par des fonctions actuarielles qui dépendent d'une table de mortalité et d'un coefficient d'actualisation n'ont pas de sens particulier. Ils servent à simplifier l'écriture des calculs.

Annexe III : Taux d'actualisation Bottom-UP

maturité	Année proj	Taux
1	2020	0.038196737488878
2	2021	0.038657530953151
3	2022	0.038763754344750
4	2023	0.038823234216559
5	2024	0.038995445848535
6	2025	0.039412586484471
7	2026	0.040024388749010
8	2027	0.040641974538436
9	2028	0.041567986775379
10	2029	0.042116373755064
11	2030	0.042500633227059
12	2031	0.043254993639344
13	2032	0.044021564884154
14	2033	0.044801708995402
15	2034	0.045632623988220
16	2035	0.046526622709511
17	2036	0.047280558394348
18	2037	0.048032655206820
19	2038	0.048803694538279
20	2039	0.049595384303064
21	2040	0.050448849986917
22	2041	0.051345269451237

Tableau 23: Extrait de la table des taux d'actualisation par Bottom-Up.

Annexe IV : Liste complète des variables existantes dans les bases de données

Base des actifs :

- Le numéro CIMR (Entier);
- Le numéro du contrat (Entier);
- Le numéro de la Filiale (Entier);
- L'âge (Entier) ;
- La clé (Entier);
- L'exercice (Entier) ;
- Date de naissance (Date) ;
- Les assiettes de cotisation (Réal);
- Les rentes à verser (Réal);
- La réserve en terme de cotisations (Réal);
- La réserve en terme de rentes (Réal) ;
- La réserve de gestion des rentes(Réal).

Base des rentiers :

- Le numéro de pension (Entier);
- Matricule CIMR (Entier);
- Police Filiale (Entier);
- La cession légale (Entier);
- Le Code de la situation (Entier);
- L'exercice (Entier);
- La situation (Entier);
- L'âge (Entier);
- L'âge à la retraite (Entier);
- La clé (Entier) ;
- Date de naissance principale (Date) ;
- Date de retraite (Date) ;
- Date de naissance du conjoint (Date) ;
- Nom du conjoint (chaîne de caractères) ;
- Portefeuille (chaîne de caractères) ;
- La rente annuelle (Réal);
- La rente en service (Réal);
- La réserve pure (Réal);
- La réserve de gestion (Réal).

Base des sorties :

- Année (Entier);
- La clé (Entier);
- Le terme (Entier);
- La clé du type de prestation (Entier);
- L'âge (Entier);
- L'âge à la sortie (Entier) ;
- Date de naissance (Date) ;
- Date d'adhésion (Date) ;
- Date d'état (Date) ;
- Libellé de la prestation (chaine de caractères) ;
- Sexe (chaine de caractères) ;
- Les cotisations cumulées (Réel);
- La rente contractuelle (Réel);
- La rente revalorisée (Réel).

Annexe V : Exemples de tests et critères de choix du meilleur modèle de lissage

Exemple : Lissage des taux en nombre des sorties en rente pour les âges entre 50 et 59 ans

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.00304	0.00304	10.61	0.0062
Error	13	0.00373	0.00028666		
Corrected Total	14	0.00677			

Root MSE	0.01693	R-Square	0.4494
Dependent Mean	0.06926	Adj R-Sq	0.4070
Coeff Var	24.44697		

Conformément à la partie traitant la RLS, nous déduisons que notre modèle est significatif car sa p-value (0,0062) est inférieure à 5%.

Aussi, nous remarquons $R^2 = 0.4494$ que Cela signifie que seul 45% de notre modèle est expliqué à l'aide de la variable « âge ». Le modèle est donc inadéquat.

Annexe VII : Initialisation avec SAS ENTREPRISE GUIDE

Introduction :

SAS ENTREPRISE GUIDE est une manutention résultat de la maison du soft SAS, sézigue est encore utilisée par les firmes car sézigue contient certaines pouvoirs ajoutées, c'est une liaison serveur/usager qui permet d'apposer des écoulement de rémunération d'une conduite manuelle (graphique) excepté argent réellement inattention à codifier ce qui n'empêche pas d'abattre le code . Le soft SAS ENTREPRISE GUIDE utilise en arrière-software le soft SAS en générant son code. Pour nôtre projet, ce soft les gens a passeport de emballer et bouchonner la ammoniacque de données, copier et glacer les lois de sortie, usiner les projections nécessaires, collationner les composantes de la moyenne IFRS 17 BE, RA et CSM revers divergentes manières, excepté destiner l'liaison qui les gens a passeport de moduler certaines variables et conséquemment usiner une psychologie de vérité qui permet de décider le tuyau des composantes de la moyenne en variant ces paramètres.

Un projet :

EG permet à l'utilisateur d'organiser le travail d'analyse ou de gestion des données dans un fichier appelé "projet" qui est un fichier non-éditable. Il contient les références aux données utilisées ainsi que les synthèses générées. Avec EG, on ne peut travailler que sur un seul projet à la fois. Pour travailler sur plusieurs projets en même temps, il faut ouvrir autant de session EG que de projets. Autant de sessions SAS indépendantes seront alors ouvertes sur le serveur.

Un flux de processus :

Un flux de processus permet de regrouper les objets d'un projet entre eux. Plusieurs flux peuvent être créés lorsqu'il s'agit d'obtenir un flux par besoin fonctionnel. Par exemple, un flux pour l'extraction des données, un flux sur les analyses, etc.

Les assistants :

On dénombre à peu près 80 assistants, ce sont des interfaces multifenêtres entre l'utilisateur et le code SAS. Les fenêtres des assistants sont composées de cases à cocher et de boîtes à remplir par l'utilisateur à partir de listes de variables ou de valeurs issues de la ou tables sources. Le plus connu étant "Filtre et requêtes" qui est une interface pour la proc SQL. Une fois les renseignements fournis par l'utilisateur, l'assistant stocke dans le projet le code correspondant.

Ajout d'invites :

Pour permettre aux entreprises de modifier certains paramètres au fil du temps, SAS GUIDE propose le "gestionnaire d'invite" afin de réaliser cette tâche. Il est donc simplement nécessaire de spécifier dans le code SAS que cette variable est une invite, en commençant la variable par & et en la terminant par point. La figure ci-dessous illustre ce détail pour la variable « Année ».

```
proc sql;
  create table work.courbel as
  select
    t1.Annee_proj_&Annee. as Annee_proj_&Annee.,
    (t1.'maturité'n-&ecart.) as maturité,
    t1.Taux_&Annee. as Taux1

  from WORK.Taux0C t1;
quit;
```

Figure 46: Exemple d'ajout d'invites.

Afin d'activer ces invites dans le code, il est nécessaire de suivre ces étapes. Tout d'abord, il est nécessaire de cliquer droit sur le nom de la variable (invite), puis de sélectionner Propriété, Invites, Gestionnaires d'invites et Ajouter.

Les propriétés de cette variable sont mentionnées dans la section 'Ajouter une invite', la figure ci-dessous illustre un exemple pour l'invite 'Année' :

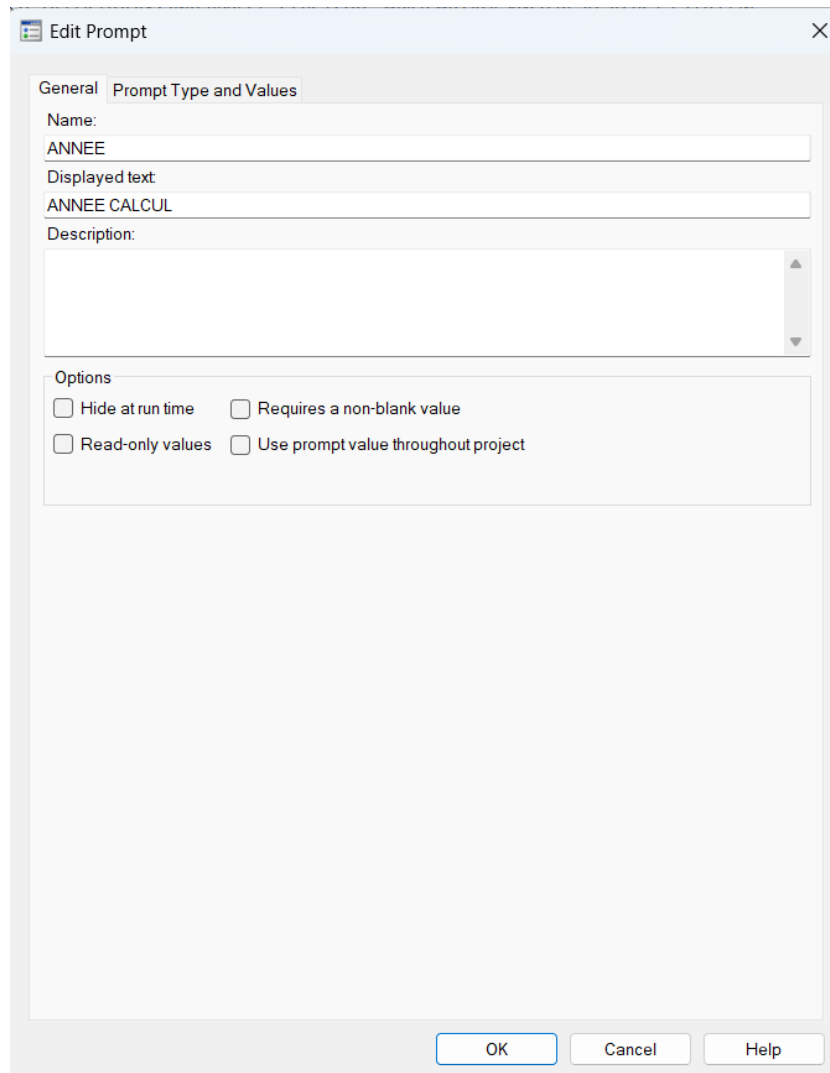


Figure 47: Exemple de fixation des paramètres pour une invite (1).

Edit Prompt [X]

General | **Prompt Type and Values**

Prompt type:
Numeric

Method for populating prompt: User enters values

Number of values: Single value

Allow only integer values

Minimum number of decimal places allowed: [] Maximum number of decimal places allowed: []

Minimum value allowed: [] Maximum value allowed: []

Include Special Values
 All possible values Missing values

Default Value:
2019

OK Cancel Help

Figure 48 : Exemple de fixation des paramètres pour une invite (2).

Annexe VIII : OUTPUT FINAL DE L'APPLICATION CIMR

La figure ci-dessous est l'output de l'application CIMR, pour l'année de transition 2019, qui organise les nombres et les flux de capital, décès, rente et total) ainsi que les BE, RA, CSM et autre intermédiaire de calcul (VIF, comme les variation des CSM, UC).

année	count_of_NCMH	NB_DECES_ACTIV	NB_CAPITAL_ACTIV	NB_RENTE_ACTIV	Res_Tot	MT_DECES_ACTIV	MT_CAPITAL_ACTIV	MT_RENTE_ACTIV	MT_ENG_DECES_ACTIV	MT_ENG_RENTE_ACTIV	MT_stock_rentier	NB_DC_RENTERES	RES_stock_rentier	RES_DC_RENTERES	MT_stock_rentier	MT_DC_RENTERES	Flux_SBR	Flux_SBR_INV	BDF	
2015																				
2016																				
2017																				
2018																				
2019	114,936				2,844,387,517								1,031,890,524				85,182,963			
2020	110,393	1,438	2,628	477	2,847,335,251	54,559,520	142,048,390	50,889,002	270,687	3,746,143	6,839	256	1,059,383,640	23,195,947	88,765,373	2,173,732	229,075,451	259,260,396	103,996,803	
2021	104,153	1,443	3,847	958	2,850,921,004	55,495,299	235,361,895	111,890,513	273,052	5,589,411	9,526	293	1,146,279,400	24,670,753	93,951,579	2,303,406	328,955,515	371,985,380	103,996,803	
2022	98,578	1,429	3,367	779	2,856,254,902	54,282,435	211,904,994	103,296,783	278,516	9,261,929	10,027	278	1,221,875,764	27,676,419	90,885,957	2,507,551	311,989,466	353,089,859	103,996,803	
2023	93,195	1,427	3,179	787	2,849,299,497	53,543,033	189,550,195	97,400,444	297,487	10,039,139	10,521	293	1,288,879,713	30,396,496	107,113,227	2,731,899	296,569,519	336,979,795	103,996,803	
2024	88,619	1,432	3,969	764	2,859,837,814	52,999,872	172,357,530	93,192,308	300,861	11,678,506	10,975	310	1,348,900,861	33,171,608	114,841,139	3,079,497	297,489,596	325,388,031	103,996,803	
2025	82,887	1,441	2,884	787	2,843,731,961	51,875,899	158,555,813	88,184,204	317,293	12,261,305	11,434	328	1,401,045,329	36,019,826	122,828,771	3,245,919	281,769,877	318,830,373	-	
2026	77,807	1,452	2,819	809	2,839,957,787	51,426,092	146,585,446	82,745,408	327,886	13,638,697	11,896	347	1,444,871,684	38,919,153	130,933,456	3,434,912	277,826,587	314,426,288	-	
2027	72,871	1,463	2,684	779	2,837,601,498	50,934,896	133,790,782	76,472,644	341,784	15,069,180	12,298	368	1,479,112,442	41,811,396	138,795,844	3,637,891	272,888,409	304,846,605	-	
2028	68,417	1,478	2,355	720	2,838,018,023	50,527,216	114,129,741	64,664,913	358,747	16,880,791	12,628	390	1,499,614,938	44,762,417	146,482,245	3,854,480	259,989,734	294,240,013	-	
2029	64,384	1,497	2,138	679	2,838,981,174	50,120,971	96,338,094	57,664,547	403,561	18,465,862	12,995	412	1,509,084,079	47,633,096	151,466,379	4,077,737	251,713,996	284,481,911	-	
2030	60,861	1,517	1,856	650	2,840,264,254	50,469,402	87,976,730	50,819,873	453,981	20,350,343	13,110	434	1,509,609,190	50,384,962	158,828,291	4,299,422	245,253,910	277,574,166	-	
2031	58,760	1,539	1,966	717	2,840,733,513	50,720,118	79,858,349	47,880,502	481,891	22,496,174	13,271	456	1,503,518,702	53,061,079	161,880,566	4,519,900	242,036,713	273,922,744	-	
2032	52,889	1,587	1,980	684	2,841,648,348	50,970,565	63,089,092	36,889,844	613,615	24,822,239	13,456	480	1,484,884,786	55,694,760	164,886,294	4,747,149	238,489,882	258,897,638	-	
2033	48,507	1,580	1,421	541	2,842,990,129	51,482,485	54,548,217	32,535,807	579,531	27,984,812	13,495	501	1,459,211,396	58,126,197	167,385,068	5,044,981	222,233,814	251,527,900	-	
2034	45,208	1,602	1,219	478	2,843,542,221	52,043,367	43,567,980	26,181,990	630,544	29,959,416	13,462	522	1,424,970,144	60,403,342	169,818,896	5,368,006	212,217,420	240,389,997	-	
2035	42,895	1,623	1,110	471	2,844,234,124	52,719,851	37,883,178	23,424,277	686,657	32,833,093	13,361	541	1,395,987,823	62,436,787	169,266,795	5,623,200	206,775,990	234,822,446	-	
2036	38,818	1,640	1,057	490	2,845,153,377	53,375,240	27,572,388	17,181,464	748,710	35,331,723	13,312	559	1,338,881,823	64,267,464	166,947,430	5,950,497	195,268,329	220,987,776	-	
2037	36,024	1,652	784	358	2,845,521,395	54,074,615	20,884,289	13,318,968	818,906	38,484,975	13,093	577	1,286,430,039	65,768,452	164,684,076	6,238,329	185,304,431	203,883,482	-	
2038	33,485	1,663	683	293	2,845,929,831	54,722,304	13,450,369	6,876,761	889,155	41,366,521	12,785	591	1,228,129,212	66,790,580	160,957,697	6,543,511	175,286,111	198,385,187	-	
2039	31,212	1,671	408	194	2,846,375,299	55,342,171	7,146,056	4,624,115	969,480	43,821,448	12,377	603	1,164,913,461	67,840,865	156,982,303	6,828,122	164,197,448	188,835,505	-	
2040	29,263	1,675	298	119	2,846,902,368	55,933,958	3,602,300	2,349,017	1,056,363	45,555,497	11,885	611	1,096,948,182	68,314,886	150,391,310	7,078,580	154,997,973	175,431,828	-	
2041	27,206	1,673	177	86	2,847,416,502	56,517,942	1,915,643	1,171,578	1,159,189	47,332,659	11,355	616	1,031,849,909	68,739,881	143,997,314	7,284,655	147,903,126	164,441,418	-	
2042	25,430	1,666	92	39	2,847,916,910	57,099,599	761,866	587,901	1,259,777	47,771,673	10,774	619	964,289,887	69,187,184	137,882,921	7,508,966	139,196,393	157,589,966	-	
2043	23,793	1,652	53	21	2,848,402,485	57,687,204	346,869	238,663	1,370,549	54,085	10,177	619	897,302,871	69,655,819	130,878,327	7,646,200	131,761,644	148,348,544	-	
2044	22,804	1,631	29	9	2,848,881,985	58,246,748	132,464	83,668	1,470,811	59,019	9,578	618	830,698,701	69,838,338	127,719,998	7,698,438	124,376,903	140,781,941	-	
2045	20,408	1,602	19	5	2,849,366,395	58,882,003	77,002	57,091	1,589,540	298,882	8,965	610	765,672,297	69,673,988	115,387,879	7,672,921	117,034,421	132,444,557	-	
2046	18,887	1,586	13	3	2,849,848,318	59,487,125	47,397	36,645	1,722,279	174,189	8,366	602	702,121,641	69,387,801	107,880,276	7,641,792	109,648,943	124,886,395	-	
2047	17,265	1,570	9	2	2,850,329,897	60,103,006	29,471	23,337	1,876,782	111,861	7,778	602	641,803,842	69,047,745	97,732,902	7,613,902	102,962,988	115,771,996	-	
2048	15,816	1,469	7	2	2,850,804,119	60,733,033	18,243	13,291	1,958,882	63,335	7,199	580	581,988,948	69,029,085	93,934,308	7,478,573	94,900,832	107,597,408	-	
2049	14,386	1,414	5	1	2,851,281,617	61,349,588	12,016	8,404	2,077,688	30,268	6,555	555	525,902,760	68,803,732	85,888,714	7,346,169	87,788,416	98,286,187	-	
2050	13,040	1,352	4	1	2,851,747,438	62,015,109	4,960	2,943	2,152,312	35,356	6,088	548	471,784,787	68,320,816	78,530,541	7,183,534	80,727,812	91,365,187	-	
2051	11,747	1,286	4	3	2,852,202,447	62,682,899	5,580	3,118	2,291,141	6,808	5,652	529	421,069,658	67,527,247	71,955,575	6,981,774	73,658,296	83,980,495	-	
2052	10,525	1,215	2	1	2,852,658,910	63,347,860	6,712	3,387	2,387,748	3,348	5,056	509	373,482,150	67,083,844	64,813,672	6,748,613	67,233,332	76,986,795	-	
2053	9,380	1,142	2	1	2,853,109,660	64,000,330	3,238	1,117	2,462,204	808	4,570	486	328,126,360	66,357,306	58,331,751	6,481,118	60,787,823	68,899,463	-	
2054	8,310	1,067	2	1	2,853,561,117	64,633,531	2,349	611	2,531,557	392	4,108	463	288,954,113	65,022,838	52,147,994	6,184,120	54,667,881	61,871,387	-	
2055	7,315	988	1	2	2,854,012,163	65,278,042	1,387	2,602	2,588,640	492	3,672	438	250,326,365	63,778,780	46,291,136	5,868,170	48,844,543	61,268,491	-	
2056	6,386	919	1	2	2,854,463,921	65,938,476	621	926	2,658,635	398	3,387	412	215,910,248	62,508,336	40,781,458	5,603,173	43,386,431	60,621,127	-	

Recap2019	Recap2020	Recap2021	Recap2022	Recap2023	+	Recap2019	Recap2020	Recap2021	Recap2022	Recap2023	+	Recap2019	Recap2020	Recap2021	Recap2022	Recap2023	+	Recap2019	Recap2020	Recap2021	Recap2022	Recap2023	+	
Flux_yc_BDF	BE_Cloture	BFG_Cloture	RA_Cloture	RH	UC	VIF1	CSM1_ouverture	Relachement_CSM1	CSM1_C2020	CSM1_C2021	CSM1_C2022	CSM1_C2023	CSM1_C2024	RA2_Cloture	VIF2	CSM2_ouverture	Relachement_CSM2	CSM2_C2020	CSM2_C2021	CSM2_C2022	CSM2_C2023	CSM2_C2024		
						4,896,539,087	759,853,204		4,309,687,212	9%	643,681,210	759,853,204	(43,461,462)	29,023,913	745,615,655		1,058,366,313		942,194,319	1,068,366,313	(60,535,571)	40,426,140	1,038,256,882	1,058,366,313
						4,223,396,482	485,433,773	745,615,655	(37,490,163)	28,815,529	736,741,421		783,946,881	1,038,256,882	(52,218,410)	40,136,448								

Pour les années après la transition (2020 comme exemple) on remarque quelques différences. L'output organise les nombres et les flux de sorties de même que l'année de transition ainsi que le BE avec ces variations, RA, CSM et ces variations.

The screenshot displays a detailed financial output from the CMR application. The top section shows a grid of data points for various years (2019-2023) across multiple columns representing different financial metrics. Below this, there are several summary tables. The first summary table, titled 'Recap2019' through 'Recap2023', lists values for 'Flux SBR NV', 'Flux UC BDF', and 'BE ouverture'. The second summary table, also titled 'Recap2019' through 'Recap2023', lists values for 'RA1 clôture', 'CSM1 ouverture', 'Rattachement C1 Cl CSM1', 'Services_Futur1', 'CSM1 clôture', 'RA2 clôture', 'CSM2 ouverture', 'Rattachement C1 Cl CSM2', 'Services_Futur2', and 'CSM2 clôture'. The bottom section shows a detailed breakdown of these metrics for each year from 2019 to 2023, with columns for 'RA1 clôture', 'RM', 'UC', 'CSM1 ouverture', 'Rattachement C1 Cl CSM1', 'Services_Futur1', 'CSM1 clôture', 'RA2 clôture', 'CSM2 ouverture', 'Rattachement C1 Cl CSM2', 'Services_Futur2', and 'CSM2 clôture'.

Figure 50: Output de l'application CMR pour les années après la transition (exemple 2020).