

Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du
Diplôme d'Actuaire EURIA
et de l'admission à l'Institut des Actuares

le 08 Septembre 2023

Par : Amine Moutaouakil

Titre : Le rachat: vision dans un contexte chahuté

Confidentialité : Oui - (Durée: 2 ans)

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

**Membre présent du jury de l'Institut
des Actuares :**

Pierre Corrége

David Graiz

Emmanuel Berthélé

Signature :

Entreprise :

Allianz France

Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA : Directeur de mémoire en entreprise :

Daniel Boivin

Sébastien Col

Signature :

Invité :

Signature :

**Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion
de documents actuariels**

(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :

Résumé

Mots clefs: Rachat, Rachat structurel, Rachat conjoncturel, Assurance vie, Solvabilité II, ALM, Modèle interne

La période actuelle est marquée par plusieurs événements imprévus impactant fortement le marché de l'assurance vie. Ce nouveau paradigme met sous tension les indicateurs financiers des assureurs sur le périmètre épargne. La conjoncture actuelle altère fortement le comportement des assurés, en particulier leur décision de rachat. Le risque de rachat étant l'un des risques les plus importants, il demeure nécessaire d'en accroître sa connaissance et sa maîtrise. Les lois de rachat ont un rôle charnière pour l'assureur, elles sont implémentées dans les modèles ALM et permettent l'évaluation de plusieurs métriques. Le cadre installé par la réforme Solvabilité II, sous lequel le passif est évalué par la meilleure estimation, donne aux assureurs des orientations quant à la distinction des rachats. Aujourd'hui, il est nécessaire de distinguer les rachats dits structurels des rachats dits conjoncturels. Lors des phases de modélisation, les assureurs doivent être en mesure de modéliser les deux phénomènes.

L'objectif du mémoire sera, dans un premier temps, de mettre en concurrence des méthodes de modélisation du rachat total structurel afin de prédire les rachats totaux observés en 2022. Cette première étude permettra de prendre une décision quant à la méthode de modélisation des rachats structurels au sein d'Allianz France et permettra également de voir si l'année 2022 est une année marquée par un surplus de rachat dû aux rachats conjoncturels.

Dans un second temps, la déviation des rachats observés en ce début d'année 2023 sera analysée, permettant ainsi de challenger la méthode utilisée pour modéliser le rachat conjoncturel en préconisant une nouvelle méthode de calibrage.

Une dernière partie se concentrera sur la méthode de calibrage des chocs liés au rachat dans le cadre d'un modèle interne et donnera une vision des mesures d'impact à travers différentes approches.

Abstract

Keywords: Surrender, Structural Surrender, Conjunctural Surrender, Life Insurance, Solvency II, ALM, Internal Model

The current period is marked by several unforeseen events strongly impacting the life insurance market. This new paradigm strains the financial indicators of insurers in the savings scope. The current situation significantly alters the behavior of policyholders, especially their decisions regarding surrender. Given that surrender risk is one of the most important risks, it remains necessary to enhance its understanding and control. Surrender laws play a pivotal role for insurers, they are implemented in ALM models and allow the evaluation of various metrics. The framework established by Solvency II reform, under which the liability is valued using the best estimate, provides insurers with guidelines on distinguishing surrenders. Nowadays, it is essential to differentiate between structural surrenders and conjunctural surrenders. During the modeling phases, insurers must be able to model both phenomena.

The objective of this thesis will be, first, to compare methods for modeling total structural surrender in order to predict the observed total surrenders in 2022. This initial study will lead to a decision on the modeling method for structural surrenders at Allianz France and will also determine whether 2022 is a year marked by an excess of surrenders due to conjunctural factors.

In a second step, the deviation of observed surrenders in the beginning of 2023 will be analyzed, thus challenging the method used to model conjunctural surrenders and suggesting a new calibration method.

A final section will focus on the method of calibrating surrender-related shocks within an internal model and will provide insight into impact measurements across different approaches.

Remerciements

Avant tout, j'aimerais exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire. En particulier, je tiens à adresser mes remerciements à l'équipe études transverses, et plus spécifiquement à Anita Cathelineau et Stéphane Bourguelle. Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers mon manager et directeur de mémoire en entreprise, Sébastien Col, pour son soutien infaillible tout au long de ce projet.

Je souhaite également adresser mes remerciements les plus sincères à Anne Phelep-Le-Poutre et Chloé Nicolas, mes encadrantes précédentes, pour leur suivi attentif et leur disponibilité tout au long de cette période. Leurs conseils avisés ont été d'une grande aide pour répondre à toutes mes interrogations.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance envers mon tuteur académique, Dominique Abgrall et le corps enseignant du Master 2 Actuariat de l'EURIA pour la qualité exceptionnelle de leur enseignement et leur contribution essentielle à ma formation.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien. Merci infiniment à tous pour votre soutien et votre aide précieuse qui m'a permis d'atteindre mon objectif.

Note de synthèse

Contexte

Ce mémoire a pour but d’approfondir la compréhension du rachat et des risques associés. Le souhait est d’explorer l’intégralité du spectre du rachat, en tirant parti du contexte tumultueux dans lequel nous nous trouvons et des premières observations disponibles.

La structure de ce mémoire sera la suivante. Tout d’abord, nous présenterons les prérequis de l’assurance vie ainsi que le portefeuille étudié. Ensuite, nous aborderons la justification du maintien de la méthode de modélisation des rachats structurels. Nous procéderons ensuite à une analyse approfondie des rachats conjoncturels, accompagnée de recommandations pour leur modélisation, en tirant parti des premières observations dans ce contexte instable. Enfin, nous nous pencherons sur le calibrage des chocs liés aux rachats en proposant des améliorations visant à définir plus précisément les métriques assurant la solvabilité d’une compagnie d’assurance.

Le rachat total structurel en 2022

La modélisation du rachat total peut être considérée comme un problème binaire, où l’assuré peut choisir de racheter ou non son contrat. Dans le but de remettre en question la méthode en cours, il semblait naturel d’adopter une approche de régression logistique pour modéliser ce phénomène. Cependant, un calibrage direct sur les données brutes a soulevé certaines problématiques, auxquelles nous avons remédié en optant pour une régression logistique avec une classification des données quantitatives. Parallèlement, notre objectif était de déterminer si l’année 2022 se caractérisait par un excès de rachat dû à des facteurs conjoncturels. Pour répondre à cette question, nous avons segmenté les données entre la base d’apprentissage et la base de test en fonction de leur temporalité. Ainsi, la base d’apprentissage inclut les observations entre 2019 et 2021, tandis que la base de test regroupe les observations de 2022.

Afin de déterminer la qualité prédictive du modèle étudié le ratio A/E est exposé :

	Maille	Actual / Expected
Régression logistique	Contrat	108%
Régression logistique avec classification	Contrat	101%
Méthode Allianz	Réseau de distribution	104%

FIGURE 1 – Résultats des modèles - *Actual/Expected*

Le ratio offre une perspective globale de la qualité des modèles. Il paraît également instructif de confronter les estimations aux réalisations sous un angle différent. Pour identifier les zones où les modèles présentent les plus grandes variations par rapport aux observations, une analyse comparative entre les taux estimés et observés par ancienneté se révèle pertinente.

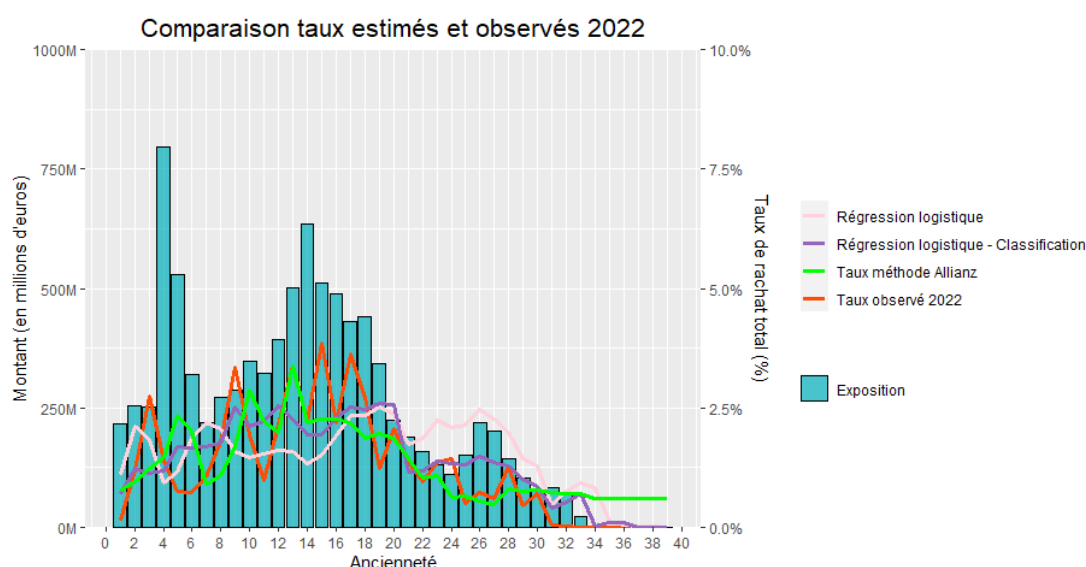


FIGURE 2 – Résultats des modèles par ancienneté

Chacun des modèles présente une plage privilégiée en termes de prédiction, mais tous les trois semblent fournir une bonne estimation. Les avantages et les limites de chaque modèle jouent également un rôle dans la décision de choisir un modèle. La simplicité de la méthode Allianz et le fait que toutes les variables explicatives choisies dans les régressions logistiques ne soient pas incluses dans les modèles points incitent à maintenir la méthode actuelle pour modéliser les rachats structurels.

Le rachat conjoncturel

La hausse rapide des taux a eu un impact significatif sur les rachats, entraînant de nombreux rachats conjoncturels en ce début de l'année 2023. Cette situation s'explique principalement par la différence entre le taux servi proposé par l'assureur, qui dépend fortement des performances de ses actifs financiers, et le taux que l'assuré pourrait obtenir sur le marché. La composition même du portefeuille d'investissement des assureurs, majoritairement constitué d'obligations, exerce une forte influence sur cette disparité. Les premières observations analysées en ce début d'année ont permis de cibler les populations les plus sensibles à ce changement brusque et soudain de paradigme économique. Cette analyse a donc facilité la proposition d'un nouveau paramétrage..

La modélisation des rachats conjoncturels dans le cadre du modèle ALM Allianz repose sur l'hypothèse que la loi de rachat conjoncturel agit comme un multiplicateur des rachats structurels. Cela équivaut à supposer que si les assurés rachètent peu de manière structurelle, ils rachèteront également peu conjoncturellement, et vice versa.

$$RT(R, TA, \bullet) = RS(\bullet) \times (1 + deviation(TA, R))$$

Cette équation dont les paramètres sont rappelés en partie 1.4.5 permet donc d'obtenir :

$$RC(R, TA) = RS(\bullet) \times deviation(TA, R)$$

Le calibrage est donc effectué sur la fonction *deviation*.

L'analyse des premières observations de 2023 a permis d'observer que la part des encours détenus par les personnes morales influait sur l'évolution des rachats dans une période marquée par un écart entre le taux servi et le taux benchmark. En outre, plus le poids en termes d'encours des personnes morales est élevé, plus la hausse des rachats est marquée.

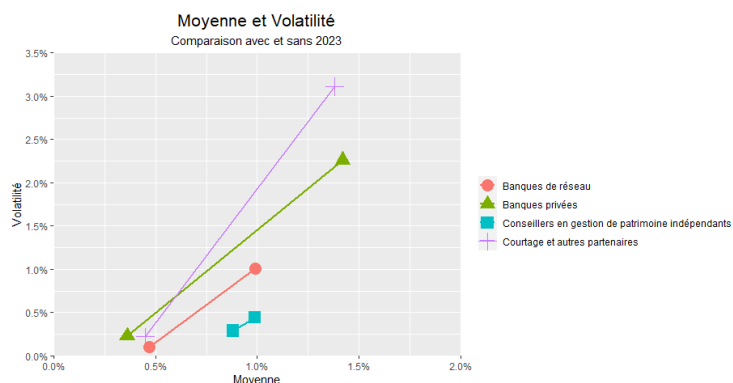


FIGURE 3 – Comparaison du couple moyenne et volatilité des taux de rachat euro avec et sans 2023

Cette analyse a facilité la proposition d'un nouveau paramétrage dépendant de la part d'encours détenus par les personnes morales. Ainsi, le paramètre `Surr_incr_max` est désormais calibré en introduisant λ la proportion d'encours détenus par les personnes morales avec $\lambda \in [0, 1]$.

$$\text{Surr_incr_max} = \lambda \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{max}} + (1 - \lambda) \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{min}}$$

La hausse rapide des taux a été si soudaine qu'elle n'a pas permis d'obtenir des observations exploitables pour déterminer le seuil à partir duquel les assurés rachètent davantage. La période d'observation est actuellement trop courte, et l'écart observé n'est pas suffisamment important pour déterminer à partir de quel seuil l'écart de taux cesse d'expliquer le comportement des assurés. Les paramètres reflétant la baisse ont été désactivés.

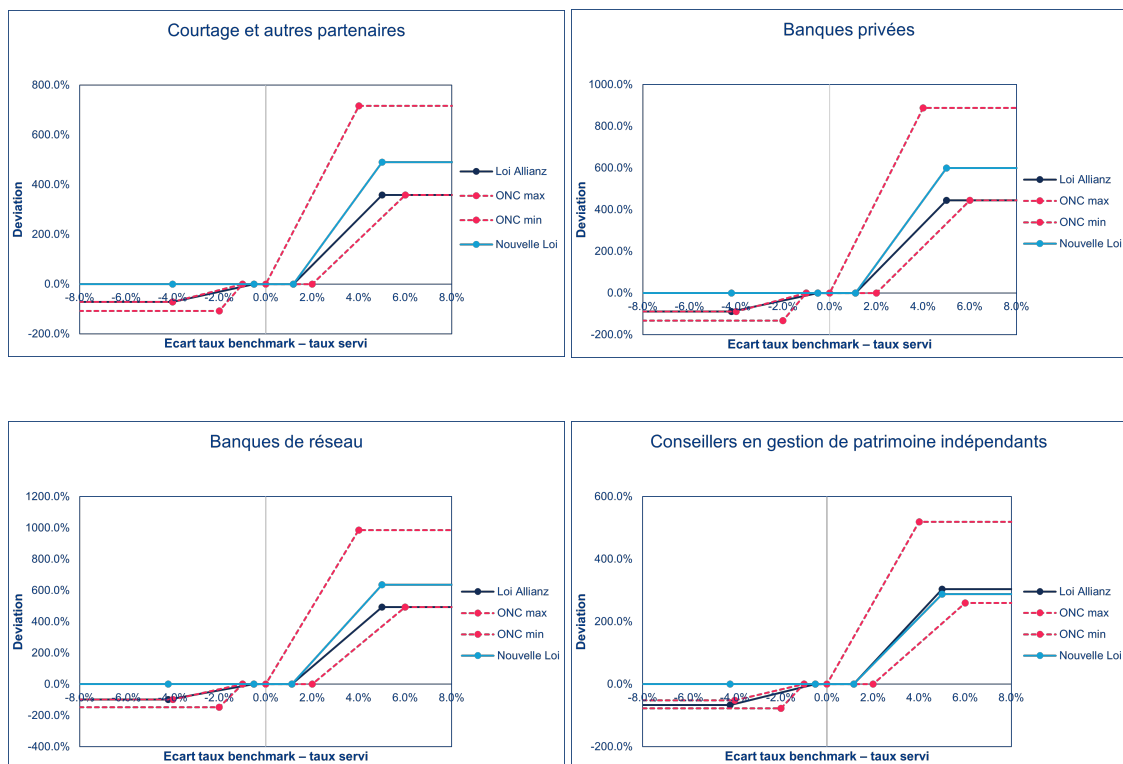


FIGURE 4 – Fonctions de *deviation* obtenues par la méthode nouvelle

L'année 2023 n'étant toujours pas terminée, il a été décidé de mettre en place certaines prévisions permettant d'évaluer un montant de référence des rachats pour cette année. Le scénario central repose sur un principe de moyenne mobile sur trois ans, garantissant une vision équilibrée. En revanche, les scénarios extrêmes, comme leur nom l'indique, se basent sur les coefficients d'annualisation minimum et maximum observés jusqu'à aujourd'hui. Cette approche permet de prendre en compte un large éventail de

possibilités, évitant ainsi de se limiter à une seule prévision.

Cette approche a permis d'évaluer des proxys de ratios A/E , permettant ainsi d'avoir les résultats suivants :

		Désactivation des rachats dynamiques	ONC min	Méthode Allianz	Méthode Nouvelle	ONC max
A/E	Scénario min	125%	105%	91%	80%	52%
	Scénario central	168%	141%	122%	108%	70%
	Scénario max	230%	194%	168%	148%	96%
O&G (Mn€)		68 Mn€	256 Mn€	312 Mn€	356 Mn€	525 Mn€

FIGURE 5 – Résultats selon les différents modèles de rachats dynamiques testés

La nouvelle méthode présente l'avantage d'estimer assez précisément le montant attendu dans le scénario central, tout en maintenant un montant d'O&G assez proche de celui actuellement affiché. De plus, cette méthode évite les écarts aberrants dans des scénarios extrêmes.

Chocs liés au rachat

L'impact des estimations présentées précédemment est directement reflété dans les métriques visant à évaluer la solvabilité d'une compagnie d'assurance vie. En effet, les chocs appliqués dépendent de la série temporelle des ratios A/E . Dans la méthode actuelle, l'évaluation de l'*Expected* dépend uniquement de l'estimation des rachats structurels. Considérer l'estimation de la sorte convient en période où les taux sont stables et relativement bas. Une préconisation visant à "nettoyer" les données des rachats conjoncturels a donc été proposée. Enfin une comparaison du SCR rachat selon les différentes approches a été proposée.

	SCR rachat
Formule Standard	140 832 688
Modèle interne dernier calibrage	67 795 752
Modèle interne prévision du prochain calibrage	74 309 775
Modèle interne amélioration en vue du prochain calibrage	67 149 703

FIGURE 6 – Résultats du SCR rachat selon les différentes approches

La méthode préconisée permet de calibrer les chocs en prenant en compte de manière effective les erreurs d'estimation constatées par le passé concernant le montant annuel des rachats. Les impacts sur le ratio de solvabilité des divers chocs appliqués dans le modèle sont également analysés.

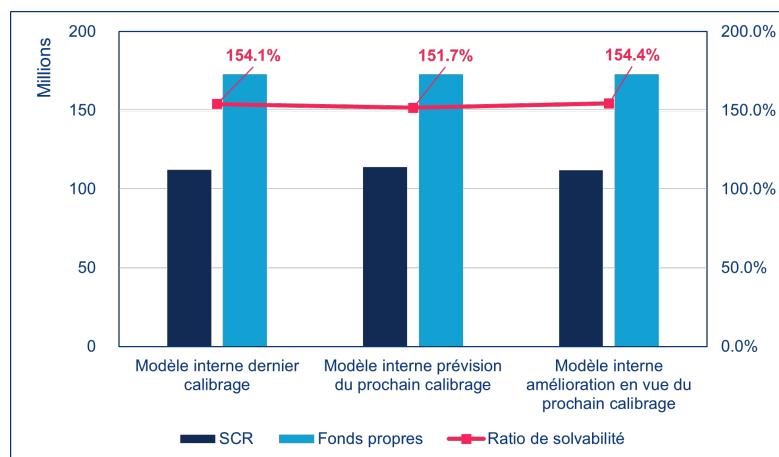


FIGURE 7 – Résultats du ratio de solvabilité selon les différentes approches

En raison des effets de diversification et de la part significative du SCR liée à la catégorie Marché, les impacts semblent être assez faibles. Tout de même, persévérer dans le calibrage des chocs selon l'ancienne méthode entraînerait une chute du ratio de solvabilité non justifiée lors d'une année marquée par un montant élevé de rachats conjoncturels.

Summary

Context

The purpose of this thesis is to deepen the understanding of surrenders and the associated risks. The aim is to explore the entire spectrum of surrenders, leveraging the tumultuous context in which we find ourselves and the initial observations available.

The structure of this thesis will be as follows. Firstly, we will present the prerequisites of life insurance as well as the studied portfolio. Then, we will address the justification for maintaining the method of modeling structural surrenders. Next, we will conduct an in-depth analysis of conjunctural surrenders, accompanied by recommendations for their modeling, capitalizing on the initial observations in this unstable context. Finally, we will delve into calibrating the shocks related to surrenders by proposing enhancements aimed at defining the solvency metrics of an insurance company more accurately.

The total structural surrender in 2022

The modeling of total surrender can be regarded as a binary problem, where the policyholder can choose to surrender their policy or not. To challenge the existing method, adopting a logistic regression approach to model this phenomenon seemed natural. However, direct calibration on raw data raised certain issues, which we addressed by opting for a logistic regression with quantitative data classification. Simultaneously, our goal was to determine if the year 2022 exhibited an excess of surrenders due to conjunctural factors. To address this question, we segmented the data between the training and testing datasets based on their temporality. Thus, the training dataset encompasses observations from 2019 to 2021, while the testing dataset comprises observations from 2022.

In order to assess the predictive quality of the studied model, the A/E ratio is presented :

	Maille	Actual / Expected
Régression logistique	Contrat	108%
Régression logistique avec classification	Contrat	101%
Méthode Allianz	Réseau de distribution	104%

FIGURE 8 – Results of the models - *Actual/Expected*

The ratio provides an overall perspective on the quality of the models. It also appears insightful to juxtapose the estimates against actual outcomes from a different angle. To identify areas where the models exhibit the greatest deviations in comparison to observations, a comparative analysis between the estimated and observed rates by policy duration proves relevant.

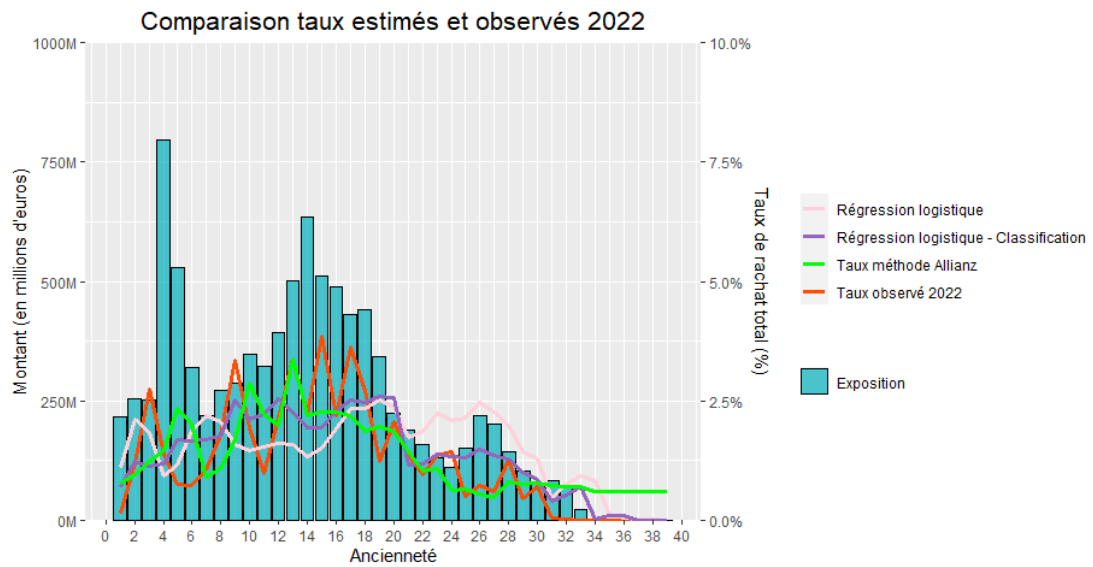


FIGURE 9 – Results of the models by policy duration

Each of the models has a preferred range in terms of prediction, but all three seem to provide a good estimate. The advantages and limitations of each model also play a role in the decision to choose a model. The simplicity of the Allianz method and the fact that not all explanatory variables chosen in the logistic regressions are included in the point models suggest maintaining the current method for modeling structural surrenders.

The conjunctural surrender

The rapid increase in interest rates had a significant impact on surrenders, leading to numerous conjunctural surrenders in the early months of 2023. This situation is primarily explained by the disparity between the guaranteed rate offered by the insurer, which heavily relies on the performance of its financial assets, and the rate the policyholder could potentially obtain in the market. The very composition of insurers' investment portfolios, mainly consisting of bonds, strongly influences this disparity. The initial observations analyzed at the beginning of the year enabled the identification of the populations most sensitive to this abrupt and sudden shift in the economic paradigm. Consequently, this analysis facilitated the proposal of a new parameterization.

The modeling of conjunctural surrenders within the framework of the Allianz ALM model is based on the assumption that the law governing conjunctural surrenders acts as a multiplier of structural surrenders. This is akin to supposing that if policyholders surrender infrequently in a structural sense, they will also surrender infrequently in a conjunctural context, and vice versa.

$$RT(R, TA, \bullet) = RS(\bullet) \times (1 + deviation(TA, R))$$

This equation, the parameters of which are recalled in section 1.4.5, allows us to obtain :

$$RC(R, TA) = RS(\bullet) \times deviation(TA, R)$$

The calibration is thus carried out on the function *deviation*.

The analysis of the initial observations in 2023 revealed that the share of holdings held by legal entities influenced the trend of surrenders during a period characterized by a gap between the guaranteed rate and the benchmark rate. Furthermore, the higher the weight of legal entities in terms of holdings, the more pronounced the increase in surrenders.

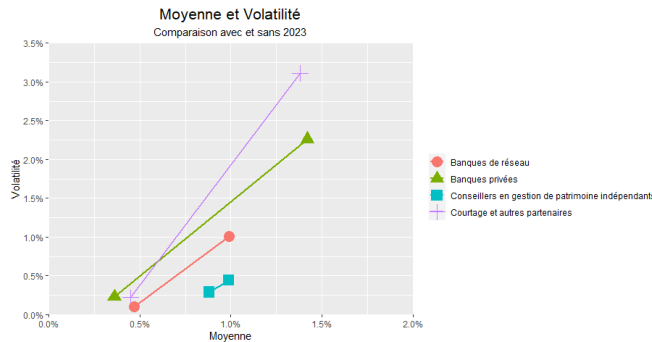


FIGURE 10 – Comparison of the mean and volatility of euro surrender rates with and without 2023

This analysis facilitated the proposal of a new parameterization that depends on the share of holdings held by legal entities. Consequently, the parameter Surr_incr_max is now calibrated by introducing λ , the proportion of holdings held by legal entities, with $\lambda \in [0, 1]$.

$$\text{Surr_incr_max} = \lambda \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{max}} + (1 - \lambda) \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{min}}$$

The rapid increase in interest rates was so sudden that it did not allow for obtainable observations to determine the threshold at which policyholders surrender more frequently. The observation period is currently too short, and the observed gap is not significant enough to determine from which threshold the rate gap stops explaining policyholders' behavior. Parameters reflecting the decrease have been deactivated.

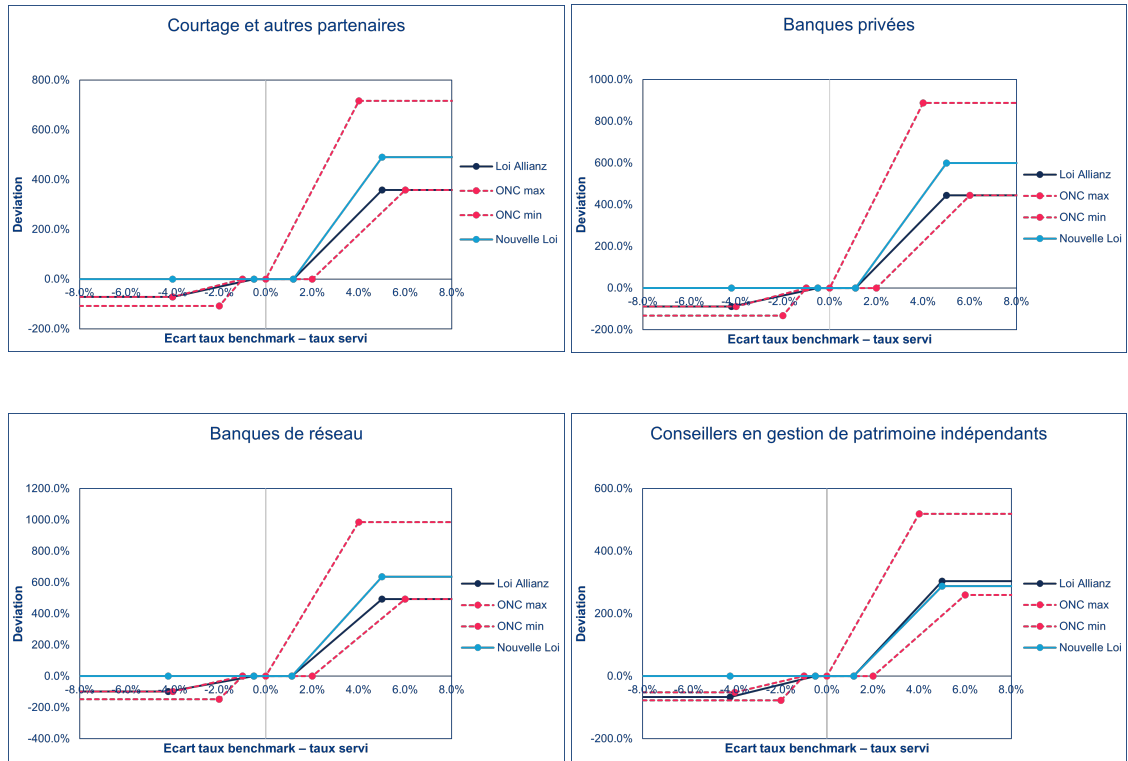


FIGURE 11 – *deviation* functions obtained using the new method

As the year 2023 is still ongoing, it has been decided to establish certain forecasts to assess a reference amount of surrenders for this year. The central scenario is based on a three-year moving average principle, ensuring a balanced perspective. On the other hand, extreme scenarios, as their name suggests, rely on the minimum and maximum annualization coefficients observed up to the present day. This approach allows for the consideration of a broad range of possibilities, avoiding the limitation to a single forecast.

This approach has enabled the evaluation of proxies for the A/E ratios, yielding the following results :

		Désactivation des rachats dynamiques	ONC min	Méthode Allianz	Méthode Nouvelle	ONC max
A/E	Scénario min	125%	105%	91%	80%	52%
	Scénario central	168%	141%	122%	108%	70%
	Scénario max	230%	194%	168%	148%	96%
O&G (Mn€)		68 Mn€	256 Mn€	312 Mn€	356 Mn€	525 Mn€

FIGURE 12 – Results according to the different tested dynamic surrender models

The new method has the advantage of accurately estimating the expected amount in the central scenario while maintaining a value for O&G that is quite close to the currently displayed one. Moreover, this method prevents drastic deviations in extreme scenarios.

Surrender-related shocks

The impact of the previously presented estimates is directly reflected in the metrics aimed at assessing the solvency of a life insurance company. Indeed, the applied shocks depend on the time series of the A/E ratios. In the current method, the evaluation of the *Expected* is solely reliant on the estimation of structural surrenders. Such an estimation approach is suitable in periods of stable and relatively low interest rates. A recommendation to "cleanse" the data from conjunctural surrenders has thus been proposed. Finally, a comparison of the surrender SCR using different approaches was suggested.

	SCR rachat
Formule Standard	140 832 688
Modèle interne dernier calibrage	67 795 752
Modèle interne prévision du prochain calibrage	74 309 775
Modèle interne amélioration en vue du prochain calibrage	67 149 703

FIGURE 13 – Results of the surrender SCR according to the different approaches

The recommended method allows for calibrating the shocks by effectively accounting for estimation errors observed in the past regarding the annual surrender amounts. The impacts on the solvency ratio of various shocks applied in the model are also analyzed.

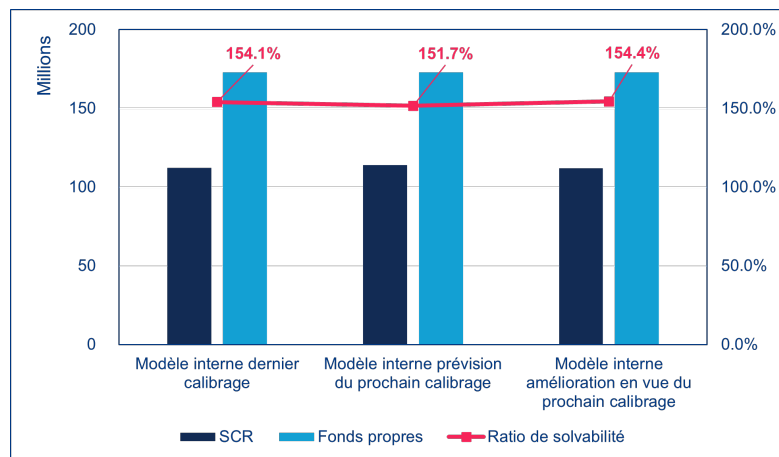


FIGURE 14 – Results of the solvency ratio according to the different approaches

Due to the effects of diversification and the significant share of the SCR related to the Market category, the impacts appear to be relatively minor. However, persisting in calibrating the shocks using the old method would result in an unjustified drop in the solvency ratio during a year marked by a high amount of conjunctural surrenders.

Table des matières

Introduction	1
1 Le rachat en assurance vie	3
1.1 La comptabilité	3
1.1.1 Règles pour la comptabilité d'un assureur	3
1.1.2 Le bilan	4
1.1.3 Les provisions	5
1.2 La Réglementation	6
1.2.1 Mise en contexte de Solvabilité II	6
1.2.2 Le Pilier I	7
1.2.3 Le Pilier II	8
1.2.4 Le Pilier III	9
1.3 Les contrats d'épargne	9
1.3.1 Supports et contrats	10
1.3.2 Les différents acteurs	11
1.3.3 Les versements	11
1.3.4 La gestion du contrat	11
1.3.5 Produit vie ou capitalisation	12
1.4 Le Rachat	13
1.4.1 Définition générale de l'option	13
1.4.2 La fiscalité	13
1.4.3 Distinction des rachats	16
1.4.4 Les rachats structurels	17
1.4.5 Les rachats conjoncturels	17
1.4.6 Risques pesant sur les rachats	21
2 Portefeuille Partenariat	23
2.1 Les partenariats dans l'assurance	23
2.1.1 Les différents canaux de distribution	23
2.1.2 Le partenariat chez Allianz	24
2.2 Description du portefeuille à date	25
2.2.1 Le contrôle des données	25
2.2.2 La vision du portefeuille à fin 2022	26

3	Le rachat total	31
3.1	Préparation de l'étude	31
3.1.1	Présentation de la base de données	31
3.1.2	Ajout d'informations complémentaires	33
3.1.3	Échantillonnage	33
3.1.4	Analyses multi-variées	34
3.2	Méthodes utilisées	41
3.2.1	La régression logistique	41
3.2.2	La méthode Allianz	43
3.2.3	Résultats et comparaison des méthodes	47
4	Le rachat conjoncturel	61
4.1	La modélisation du rachat conjoncturel chez Allianz	62
4.1.1	Présentation générale	63
4.1.2	Le calibrage de la loi	64
4.2	Analyses en période de forte remontée des taux	70
4.2.1	Explications théoriques des impacts d'une remontée brutale des taux	70
4.2.2	Les premières observations de 2023	71
4.2.3	Le taux servi et le taux benchmark	78
4.3	Contraste entre plusieurs paramétrages	81
4.3.1	Lois obtenues avec la méthode actuelle et ONC	81
4.3.2	Proposition novatrice de paramétrage	83
4.3.3	Résultats et indicateurs clés	85
4.3.4	Résultats dans différents contextes économiques	88
5	Les chocs de rachat	91
5.1	Le SCR rachat : approche formule standard	91
5.2	Le SCR rachat : approche modèle interne	93
5.3	Le calibrage des chocs de rachat	95
5.3.1	Le choc de niveau	96
5.3.2	Le choc de volatilité	96
5.3.3	Le choc de masse	96
5.4	Analyse des chocs dans un contexte chahuté	97
5.4.1	Présentation du dernier calibrage	97
5.4.2	Prévision du prochain calibrage	99
5.4.3	Amélioration en vue du prochain calibrage	100
5.4.4	Résultats et analyses	101
	Conclusion	103
	Annexes	106
A	Stabilisation de la durée de ROI	107

B Tests statistiques	109
Bibliographie	114

Table des figures

1	Résultats des modèles - <i>Actual/Expected</i>	viii
2	Résultats des modèles par ancienneté	viii
3	Comparaison du couple moyenne et volatilité des taux de rachat euro avec et sans 2023	ix
4	Fonctions de <i>deviation</i> obtenues par la méthode nouvelle	x
5	Résultats selon les différents modèles de rachats dynamiques testés	xi
6	Résultats du SCR rachat selon les différentes approches	xi
7	Résultats du ratio de solvabilité selon les différentes approches	xii
8	Results of the models - <i>Actual/Expected</i>	xiv
9	Results of the models by policy duration	xiv
10	Comparison of the mean and volatility of euro surrender rates with and without 2023	xv
11	<i>deviation</i> functions obtained using the new method	xvi
12	Results according to the different tested dynamic surrender models	xvii
13	Results of the surrender SCR according to the different approaches	xvii
14	Results of the solvency ratio according to the different approaches	xviii
1.1	Bilan d'assurance simplifié	4
1.2	Bilan d'assurance détaillé	5
1.3	Les piliers de Solvabilité II	7
1.4	Imposition des intérêts	14
1.5	Étude France Assureurs - Taux de rachat par ancienneté	14
1.6	Étude France Assureurs - Taux de rachat total et partiel par ancienneté .	15
1.7	Exemple de loi - Loi de rachat en nombre et en montant par ancienneté .	15
1.8	Règles fiscales	16
1.9	Rendement de l'OAT 10 ans	18
1.10	Paramètres des lois min et max de rachat conjoncturel	19
1.11	Lois min et max de rachat conjoncturel	20
1.12	Exemple d'allocation d'actif d'un assureur	21
2.1	Résultats du contrôle de cohérence des données	25
2.2	Comparaison des taux technique et comptable	26
2.3	Les différentes phases d'un portefeuille	26
2.4	Encours et part UC par réseau de distribution - 2022	27

2.5	Chiffres clés du portefeuille	27
2.6	Histogramme des âges	28
2.7	Encours et part UC par type de contrat - 2022	28
2.8	Histogramme de l'ancienneté	29
2.9	Répartition du log des encours par ancienneté	30
2.10	Répartition du log des encours supérieurs à 1Mn€ par ancienneté	30
3.1	Liste des variables	32
3.2	Exposition et taux de rachat total entre 2019 et 2022	35
3.3	Exposition et taux de rachat total par type de support entre 2019 et 2022	35
3.4	Répartition du log des rachats totaux par ancienneté	37
3.5	Exposition et taux de rachat total par ancienneté	38
3.6	Exposition et taux de rachat total par âge	39
3.7	Répartition du log des encours - segmentation personnes morales/physiques	40
3.8	Exposition et taux de rachat total - physiques/morales	40
3.9	Processus de calibrage des lois de rachat - [Allianz, 2022]	43
3.10	Prolongement des taux de rachat	44
3.11	Historique des taux de rachat total par ancienneté	46
3.12	Courbe ROC - régression logistique	49
3.13	<i>Odds ratio</i> - régression logistique	50
3.14	Courbe ROC - régression logistique avec classification	55
3.15	<i>Odds ratio</i> - régression logistique avec classification	55
3.16	Taux de rachat total des trois dernières années par réseau de distribution	56
3.17	Lois de rachat total par réseau de distribution	57
3.18	Résultats des modèles - <i>Actual/Expected</i>	57
3.19	Résultats des modèles par ancienneté	58
4.1	Approche déterministe	61
4.2	Approche stochastique	62
4.3	Fonction <i>deviation</i>	63
4.4	Calcul <i>Surr_incr_end</i>	66
4.5	Évolution de l'exposition et du taux de rachat €	71
4.6	Évolution de l'exposition et du taux de rachat € - Vision mensuelle	72
4.7	Évolution de l'exposition et du taux de rachat € - Vision par réseau de distribution	73
4.8	Répartition du log des rachats euros par ancienneté - 2023	74
4.9	Répartition du log des rachats euros par ancienneté - segmentation personnes morales/physiques - 2023	75
4.10	Part des rachats euros - segmentation personnes morales/physiques	75
4.11	Part des encours euros détenus par les personnes morales	76
4.12	Moyenne et volatilité des taux de rachat euro - période 06M 2021 et 2022	76
4.13	Moyenne et volatilité des taux de rachat euro - période 06M 2021, 2022 et 2023	77

4.14	Comparaison du couple moyenne et volatilité des taux de rachat euro avec et sans 2023	77
4.15	Évolution du taux de PB moyen pondéré par la provision mathématique	79
4.16	Évolution du taux zéro-coupon 1 an	80
4.17	Comparaison des simulations de taux zéro-coupon 1 an	80
4.18	Comparaison des simulations de taux zéro-coupon 1 an - Projection à 1 an	81
4.19	Fonctions de <i>deviation</i> obtenues par la méthode actuelle	82
4.20	Fonctions de <i>deviation</i> obtenues par la méthode nouvelle	84
4.21	Prévisions de montant cumulé des rachats 2023	86
4.22	Résultats selon les différents modèles de rachats dynamiques testés	87
4.23	Sensibilité des résultats à une hausse de +50bps des taux	88
4.24	Sensibilité des résultats à une baisse de -50bps des taux	89
5.1	Cartographie des risques : approche formule standard	92
5.2	Cartographie des risques : approche modèle interne	94
5.3	Ratios A/E - dernier calibrage	97
5.4	Tests statistiques - dernier calibrage	99
5.5	Ratios A/E - prévision du prochain calibrage	99
5.6	Tests statistiques - prévision du prochain calibrage	100
5.7	Ratios A/E - amélioration en vue du prochain calibrage	100
5.8	Tests statistiques - amélioration en vue du prochain calibrage	101
5.9	Résultats du SCR rachat selon les différentes approches	101
5.10	Résultats du ratio de solvabilité selon les différentes approches	102
B.1	Normalité - dernier calibrage	109
B.2	Normalité - prévision du prochain calibrage	109
B.3	Normalité - amélioration en vue du prochain calibrage	109
B.4	Indépendance - dernier calibrage	110
B.5	Indépendance - prévision du prochain calibrage	110
B.6	Indépendance - amélioration en vue du prochain calibrage	110
B.7	Tendance - dernier calibrage	111
B.8	Tendance - prévision du prochain calibrage	111
B.9	Tendance - amélioration en vue du prochain calibrage	111

Liste des abréviations

ACPR : Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution

ALM : *Asset and Liability Management*

ALIM : *Asset and Liabilities Interaction Management*

ANC : Autorité des normes comptables

AUC : *Area Under the Curve*

BE : *Best Estimate*

CE : Capital économique

EIOPA : *European Insurance and Occupational Pensions Authority*

GSE : Générateur de Scénarios Economiques

MCEV : *Market Consistency Embedded Value*

MCR : *Minimum Capital Requirement*

OAT : Obligations Assimilables du Trésor

ONC : Orientations Nationales Complémentaires

OR : *Odds ratio*

ORSA : *Own Risk and Solvency Assessment*

PB : Participation aux Bénéfices

PM : Provision Mathématique

PPB : Provision pour Participation aux Bénéfices

PPE : Provision pour Participation aux Excédents

PRE : Provision pour Risque d'Exigibilité

PVFP : *Present Value of Future Profits*

QIS : *Quantitative Impact Studies*

ROC : *Recevier Operating Characteristic*

RSR : *Regular Supervisory Report*

SCR : *Solvency Capital Requirement*

SFCR : *Solvency and Financial Conditions Report*

TMG : Taux Minimum Garanti

TVFOG : *Time Value of Financial Options and Guarantees*

UC : Unité de compte

VaR : *Value at Risk*

ZC : Zéro-coupon

06M : Les six premiers mois de l'année

Introduction

Les dernières années ont été marquées par plusieurs événements significatifs pour les assureurs du marché français. Si nous devons les citer chronologiquement, nous commencerions par la reprise de l'économie après une crise épidémiologique, suivie de la guerre en Ukraine et enfin de la période inflationniste avec la remontée des taux. Chacun de ces événements a eu un impact important sur le marché de l'assurance, bien que leurs répercussions n'aient pas été uniformes.

Lors de cette période, les assureurs ont été confrontés à une succession d'événements imprévus qui ont mis à rude épreuve leur capacité à gérer les risques. Chacune de ces crises a eu un impact différent sur l'ensemble des risques couverts par les assureurs. Après la crise de la COVID-19, il a été possible d'analyser les retours d'expérience par segment de risque. Cependant, les effets de la guerre en Ukraine et de la période inflationniste persistent encore aujourd'hui et continuent de peser sur les activités des assureurs. Les multiples spécialités présentes dans le domaine de l'assurance vie font que ce secteur d'activité est très impacté par les deux derniers événements. L'épargne, en particulier, est une activité sensible à l'instabilité des conditions macroéconomiques. Le comportement des assurés peut être considérablement altéré par la conjoncture actuelle. Le risque comportemental le plus impactant et le plus étudié par les compagnies d'assurance vie est le risque de rachat.

Les assureurs cherchent souvent à mieux comprendre le rachat afin de :

- maîtriser au mieux ce risque.
- adapter au mieux la gestion actif-passif.
- concevoir des produits plus attractifs.

Certains freins aux rachats sont facilement observables statistiquement, tels que la fiscalité en assurance vie, les pénalités de rachat ou encore les bonus de fidélité.

L'option de rachat n'a pas toujours existé dans le secteur de l'assurance vie, elle apparaît au début du XX^e siècle. Les consommateurs ont reçu positivement l'ajout de l'option de rachat dans les contrats d'assurance vie, car cela leur a permis d'avoir une plus grande flexibilité et une liquidité accrue. Au fil du temps, les options de rachat sont devenues de plus en plus fréquentes dans les contrats jusqu'à devenir aujourd'hui un élément standard

des contrats d'assurance vie.

Conscients de l'existence d'un risque important de part cette option, les assureurs sont soumis à plusieurs exigences normatives sur ce sous module de risque. En effet, la différence entre les rachats observés et les rachats anticipés par l'assureur peut perturber l'équilibre entre l'actif et le passif de l'entreprise, ce qui peut entraîner un risque de liquidité. En d'autres termes, si les rachats effectifs diffèrent significativement des rachats prévus, cela peut causer des problèmes de solvabilité pour l'assureur.

Ce mémoire vise à fournir une analyse approfondie des rachats. Pour une compréhension solide, les fondements de l'assurance vie seront exposés en premier lieu, suivis d'une description du portefeuille étudié. Le premier objectif de cette étude sera de valider le modèle employé pour la modélisation des rachats structurels, en comparant différentes approches. Le deuxième volet s'attachera à réaliser une analyse approfondie des rachats conjoncturels. Cette analyse repose sur les premières observations suivant une période de hausse rapide des taux, ce qui permettra de recommander une nouvelle méthode de calibrage des lois de rachat conjoncturel. Des mesures d'impact seront également exposées. Enfin, la dernière section se centrera sur la méthodologie de calibrage en modèle interne des chocs liés au rachat, employée pour évaluer le capital requis en accord avec la norme Solvabilité II. Une amélioration de cette méthode sera présentée, accompagnée des répercussions sur le capital requis.

Chapitre 1

L'assurance vie, regard fin sur le rachat

L'activité d'un assureur consiste à fournir des prestations financières et des services à ses assurés en cas de réalisation d'un événement aléatoire, souvent redouté par le client lors de la souscription du contrat d'assurance. En d'autres termes, les assureurs s'engagent à compenser les pertes financières subies par leurs assurés dans des situations imprévues, telles que des accidents, des maladies, des dommages matériels, ou encore le décès de l'assuré. L'objectif de l'assurance est donc de fournir une protection financière et une tranquillité d'esprit à ses assurés en cas de circonstances imprévues et souvent difficiles à anticiper. L'assurance vie est un domaine spécifique qui englobe divers aspects, notamment l'épargne, qui occupe une place prépondérante de nos jours.

L'épargne représente un enjeu extrêmement important pour les assureurs français. Durant la période de crise sanitaire, les Français ont constaté une augmentation significative de leur épargne, marquée par une forte croissance en 2020. Cette tendance s'est ensuite atténuée en 2021 et 2022, tout en maintenant un niveau supérieur à celui d'avant la crise. Parallèlement, la part de marché de l'assurance vie a connu un déclin.

Par la suite, différentes notions essentielles à la bonne compréhension de ce mémoire seront présentées.

1.1 La comptabilité

1.1.1 Règles pour la comptabilité d'un assureur

Les articles L123-12 à L123-22 du code du commerce imposent que tout commerçant procède à l'enregistrement comptable chronologique des mouvements affectant le patrimoine de son entreprise et de contrôler par un inventaire annuel l'existence et la valeur des éléments d'actif et de passif. Il lui est demandé d'établir des comptes annuels à la

clôture de l'exercice comprenant bilan, compte de résultat et annexe. L'assureur n'est pas exempté des règles générales, cependant le code des assurances et le règlement ANC 2015-11 fixent des règles spécifiques à l'assurance. Certaines des règles en question sont :

- Une comptabilité différente en fonction du type d'opérations. (vie ou non-vie)
- Les opérations en devises et les documents comptables y afférant sont définis et tenus dans chacune des devises utilisées, selon les prescriptions comptables de l'Autorité des Normes Comptables. (R 341-7)
- L'article A 343-1 souligne l'importance de la piste d'audit.

1.1.2 Le bilan

Le bilan peut être défini comme un état financier reflétant la situation patrimoniale de l'assureur à un moment donné. Il est décomposé en deux parties, l'actif et le passif. L'actif est le reflet de tout ce que l'entité possède. Le passif représente ce que l'entité doit ou ce qu'elle pourrait devoir à plus ou moins long terme. Le bilan est toujours équilibré, c'est-à-dire l'actif est égal au passif. Le passif est vu comme la somme de la valeur des passifs et celle des capitaux propres.

Une structure simplifiée du bilan d'assurance peut être présentée sous la forme suivante :

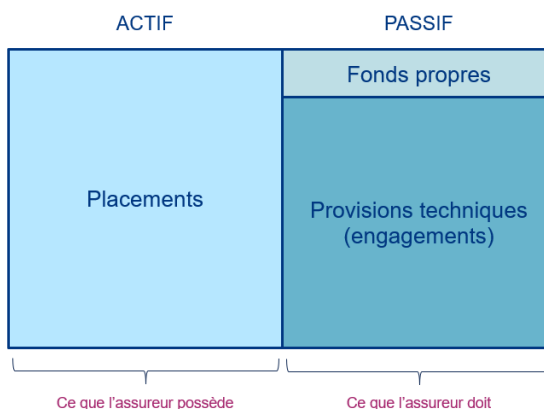


FIGURE 1.1 – Bilan d'assurance simplifié

1.1.3 Les provisions

Une provision peut être définie comme une réserve d'argent bloquée en vue d'un engagement de montant équivalent.

Les entreprises d'assurance sont tenues de justifier d'un niveau suffisant de provisions techniques pour honorer de manière complète leurs engagements vis-à-vis des assurés, des bénéficiaires de contrats et des entreprises réassurées. Les provisions techniques non vie ne seront pas mentionnées lors de cette partie. [Kerhaignon, 2023]

Il existe dix catégories de provisions techniques vie identifiées par l'article R 343-3 du code des assurances :

- La provision mathématique,
- La provision pour participation aux bénéfices,
- La réserve de capitalisation,
- La provision de gestion,
- La provision pour aléas financiers,
- La provision pour risque d'exigibilité,
- La provision pour frais d'acquisition reportés,
- La provision pour égalisation,
- La provision pour diversification,
- La provision collective de diversification différée.

Le bilan d'assurance peut désormais être détaillé de la façon suivante :

ACTIF	PASSIF
Incorporels	Fonds propres
Placements	Quasi Fonds propres
Provisions techniques cédées	PM
Trésorerie	PPB
	PRE
	...
Autres créances	Autres dettes
Ce que l'assureur possède Ce que l'assureur doit	

FIGURE 1.2 – Bilan d'assurance détaillé

Le compte de résultat est un document comptable présentant le résultat financier d'une entreprise sur une période donnée. Cette période est généralement une année fis-

cale. Il a pour but de mesurer la performance économique d'une entreprise. Il permet d'expliquer comment l'on passe d'un bilan d'une année N au bilan de l'année suivante $N + 1$. La lecture du document donne des informations sur la façon dont la richesse de l'entreprise a évolué durant la période.

Il est nécessaire pour toute bonne compréhension de ces états financiers de toujours connaître le référentiel avant la lecture. En effet en se plaçant dans une vision French GAAP, Solvabilité II ou encore IFRS 17, le bilan et le compte de résultat peuvent différer.

1.2 La Réglementation

1.2.1 Mise en contexte de Solvabilité II

Depuis son entrée en vigueur le 1^{er} Janvier 2016, la réforme Solvabilité II a remplacé Solvabilité I. Un manque était ressenti quant à la pertinence de la norme Solvabilité I ce qui facilita le passage à Solvabilité II, introduisant ainsi un changement majeur pour les acteurs présents sur le marché de l'assurance en Europe. Pour être soumise à la réforme, l'entreprise doit satisfaire l'une des conditions suivantes :

- Les primes brutes émises sont supérieures à 5 millions d'euros.
- Les provisions techniques brutes de réassurance sont supérieures à 25 millions d'euros
- L'entreprise appartient à un groupe prudentiel (cette condition est une spécificité française)
- L'entreprise possède des activités de type activités de responsabilité civile, crédit ou caution...

La réforme Solvabilité II repose sur trois piliers incontournables :

- **Pilier I** : Exigences quantitatives
- **Pilier II** : Pilotage des risques
- **Pilier III** : Communication financière

La réforme Solvabilité II est une réglementation complexe et technique. De nombreux acteurs, parmi lesquels les actuaires, s'impliquent activement dans la conformité aux règles découlant de cette norme. De plus, cette norme a engendré une charge de travail accrue pour les compagnies d'assurance, les obligeant à étendre considérablement leurs activités. [Dommange et Toubon, 2023]

Afin de faciliter la compréhension des idées de la réforme, il est primordial de procéder à une étape préliminaire de résumé et de représentation schématique des piliers concernés.

Il convient ainsi d'accorder une attention particulière à chaque pilier, en mettant en exergue les points primordiaux de la norme. Cette démarche permet d'identifier les aspects fondamentaux et les enjeux majeurs associés à chaque pilier.

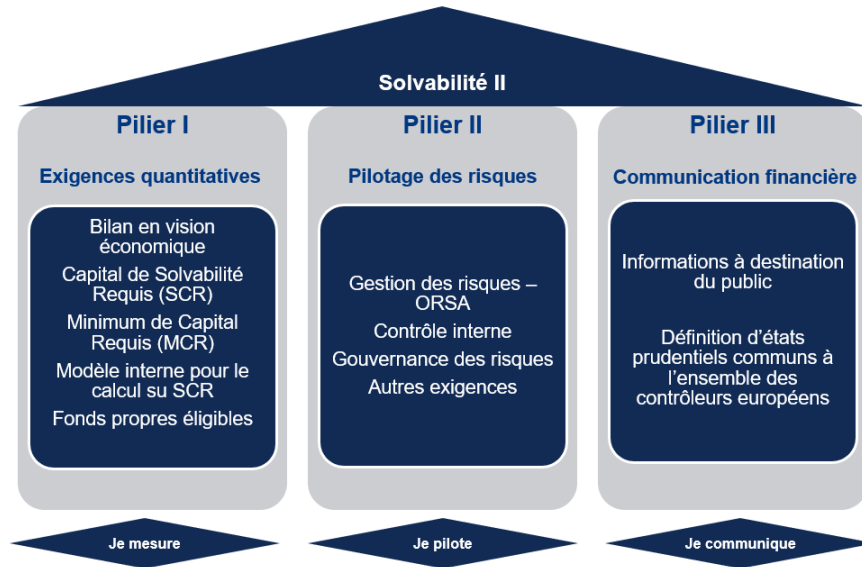


FIGURE 1.3 – Les piliers de Solvabilité II

1.2.2 Le Pilier I

Le Pilier I installe un cadre sous lequel l'actif doit être valorisé en valeur de marché, le passif est lui évalué selon la meilleure estimation possible, plus communément appelée le *Best Estimate*. Le *Best Estimate* correspond à la valeur actualisée des *cash-flows* de passifs.

$$BE_0 = \mathbb{E}^{\mathbb{Q} \times \mathbb{P}} \left[\sum_{u=0}^T D(0, u) \cdot F_u \right]$$

Avec :

- F_u : Les *cash-flows* de passifs
- $D(0, u) = e^{-\int_0^u r_s ds}$: Le facteur d'actualisation
- $\mathbb{Q}$: La probabilité risque neutre
- $\mathbb{P}$: La probabilité historique

La norme impose également aux assureurs de calculer deux métriques permettant d'évaluer leur solvabilité :

- **SCR** : *Solvency Capital Requirement* -> Niveau de capital amenant à l'intervention du superviseur

Le SCR est basé sur un concept de VaR à 99,5% à 1 an. C'est le niveau minimum de fonds propres dont doit disposer une compagnie d'assurance pour faire face à une situation de ruine économique à horizon 1 an et avec un niveau de confiance de 99,5%. Il est vulgarisé en capital permettant d'absorber un choc bi-centenaire. Le régulateur propose deux types d'approches pour évaluer cette métrique. L'approche modulaire appelée "**Formule Standard**" qui est une approche basée sur des stress-tests par module de risque. Pour chaque risque un calcul de besoin en capital élémentaire est effectué. Les SCR sont obtenus par la formule $SCR = NAV_0^{centrale} - NAV_0^{choc}$. La NAV ou *Net Asset Value* est définie comme la différence entre la valeur de marché de l'actif et le montant de BE. Les SCR sont ensuite agrégés de façon intra-modulaire puis de façon inter-modulaire afin d'obtenir un SCR global.

La compagnie peut également décider de calculer le SCR avec l'approche "**Modèle interne**" qui est elle basée sur le calcul d'un quantile sur les pertes du portefeuille à horizon 1 an. Cette approche consiste à générer des scénarios économiques décrivant l'évolution de l'ensemble des facteurs de risque à horizon 1 an, par la suite une distribution de la NAV à 1 an est construite. Le quantile à 0,5% est sélectionné de sorte à ce que le capital économique puisse être déduit en utilisant la formule suivante :

$$CE = NAV_0 - D(0, 1) \cdot q_{0,5\%}(NAV_1)$$

- **MCR** : *Minimum Capital Requirement* -> Niveau de capital amenant au retrait d'agrément

Le MCR représente le capital minimum dont doit disposer une compagnie d'assurance pour faire face à une situation de ruine économique à horizon 1 an mais cette fois-ci avec un niveau de confiance à 80%. Généralement, le MCR représente entre 25% et 45% du SCR. [Juillard, 2023]

Une marge de prudence sera ajoutée au *Best Estimate* afin d'obtenir les provisions techniques, c'est la *Risk Margin*. Son calcul dépend de la valeur des SCR futurs. La marge pour risque correspond au coût d'immobilisation des fonds propres.

1.2.3 Le Pilier II

Le Pilier II vise lui à compléter les exigences du premier Pilier. Il repose sur deux principes : la gouvernance et la supervision. Le système de gouvernance des risques doit protéger le compte de résultat de l'assureur ainsi que les fonds propres. Le système de

gouvernance peut être défini comme l'ensemble des éléments mis en place par une entreprise afin de s'assurer que les principaux risques auxquels elle peut être exposée soient identifiés, mesurés, gérés et suivis.

L'ORSA qui est une évaluation interne des risques et de la solvabilité, se retrouve être un élément central du Pilier II. L'exercice qui est un exercice annuel, conduit à l'évaluation suivante :

- Évaluation du besoin global de solvabilité
- Le respect permanent des exigences réglementaires
- L'analyse de l'adéquation du profil de risque avec la formule standard.

1.2.4 Le Pilier III

Le Pilier III vient compléter les deux premiers piliers. La notion de transparence vis-à-vis du public est introduite. Cette notion permet de vérifier qu'un niveau d'information suffisant est mis à disposition des clients, des intermédiaires ou encore des analystes. Les informations sont mises à disposition à travers un rapport sur la solvabilité et la situation financière appelé **SFCR** (*Solvency and Financial Conditions Report*) qui est mis à jour annuellement.

La demande d'un rapport détaillé aux autorités de contrôle **RSR** (*Regular Supervisory Report*), harmonisé au plan européen entre également dans le périmètre du Pilier III.

1.3 Les contrats d'épargne

L'épargne consiste à mettre de côté une partie de ses revenus ou de ses ressources financières plutôt que de les dépenser immédiatement. Il s'agit de conserver ou d'accumuler de l'argent ou d'autres actifs afin de les utiliser plus tard pour payer des dépenses futures, réaliser des projets ou fournir une sécurité financière. L'objectif principal de l'épargne est de constituer une réserve de valeur et de fournir des ressources financières pour les besoins futurs. L'épargne peut prendre différentes formes :

- **Comptes d'épargne** : Compte traditionnel auprès de sa banque (Livret A)
- **Les placements financiers** : Investissement sur les marchés financiers (Actions, ETF...)
- **Investissements immobiliers** : L'achat d'un appartement loué pour générer des revenus locatifs réguliers.
- **Un contrat d'assurance vie** : Produit financier qui combine une composante d'assurance avec une dimension d'épargne.

Le contrat d'assurance vie se distingue par plusieurs caractéristiques.

1.3.1 Supports et contrats

Le contrat d'assurance vie offre la possibilité à l'assuré d'investir son capital sur deux familles de supports :

- **Les supports en euro** : Les supports en euro font référence à des placements effectués dans des fonds en euros. Ces fonds sont généralement investis dans des obligations et offrent une garantie de capital exprimée en euro.
- **Les supports en unité de compte (UC)** : Les supports en unités de compte font référence à des investissements dans des fonds communs de placement ou des produits financiers diversifiés. La valeur des UC varie en fonction de la performance des actifs sous-jacents. Les supports en UC sont sujets aux fluctuations du marché et comportent un niveau de risque plus élevé. La garantie s'exprime en nombre d'UC, sans aucun engagement sur la valeur des UC. Ils offrent cependant un potentiel de rendement plus élevé à long terme.

L'assuré détenant un contrat d'assurance vie se retrouve à posséder soit :

- **Un contrat mono-support** : Contrats où l'assuré investit uniquement sur du support en euro ou uniquement sur du support en UC.
- **Un contrat multi-supports** : Contrats où l'assuré investit une part sur du support en euro et le reste sur de l'UC.

Dans le cadre d'un contrat multi-supports, la répartition entre les supports en euro et les supports en UC peut varier selon les préférences de l'investisseur et son appétence au risque. Lors de la phase où le prospect compare les offres, les règles établies par le devoir de conseil obligent les conseillers à effectuer un questionnement projet qui permet ensuite de définir un profil d'investissement pour le futur client. À partir de ce profil d'investissement, il est généralement recommandé une certaine allocation.

Les profils d'investissement vont du niveau 1 au niveau 5 :

- 1 **Sécuritaire**
- 2 **Défensif**
- 3 **Équilibré**
- 4 **Dynamique**
- 5 **Offensif**

1.3.2 Les différents acteurs

Les différents acteurs d'un contrat d'assurance sont généralement :

- **L'assuré** : L'assuré désigne la personne sur laquelle repose le risque aléatoire couvert.
- **Le souscripteur** (ou l'adhérent) : Le souscripteur, également appelé preneur d'assurance, qu'il soit une personne physique ou morale, est la seule partie du contrat qui signe la police d'assurance et s'engage à payer les primes. Il est le titulaire du contrat et assume la responsabilité exclusive de celui-ci. Le souscripteur a le pouvoir de désigner les bénéficiaires du contrat et peut demander des opérations telles que le rachat, l'arbitrage ou le versement d'une avance.
- **Le bénéficiaire** : Le bénéficiaire est la personne physique ou morale désignée dans le contrat d'assurance, à laquelle l'assureur versera le capital ou la rente selon les modalités prévues dans le contrat.
- **L'assureur** : L'assureur est la partie du contrat qui s'engage à fournir une prestation à l'assuré en cas de réalisation du risque assuré. L'assureur est nécessairement une compagnie d'assurance agréée par l'État.

1.3.3 Les versements

Un contrat d'assurance offre aux assurés plusieurs options de versements :

- **Versement initial** : Premier versement effectué lors de la souscription du contrat. Il permet à l'assuré de démarrer son épargne.
- **Versement périodique** : Également appelé versement régulier, il consiste à effectuer des dépôts de manière périodique. Son objectif est d'alimenter l'épargne de manière régulière, favorisant ainsi la croissance du placement.
- **Versement libre** : C'est un versement ponctuel effectué à tout moment, en dehors du premier apport. Il offre à l'assuré une certaine flexibilité en lui permettant d'alimenter son épargne selon ses besoins et disponibilités.

1.3.4 La gestion du contrat

Lors de la phase de souscription du contrat, le titulaire peut faire le choix d'opter pour l'un des types de gestion proposés par l'assureur. La gestion est importante dans le sens où elle peut permettre à l'assuré de déterminer comment les fonds de son contrat sont investis. La gestion peut ainsi être définie comme :

- **Gestion libre** : L'assuré possède la liberté de choisir les supports d'investissement dans lesquels il souhaite allouer ses fonds. L'assureur peut lui proposer une gamme de supports en fonction de son profil de risque et de ses objectifs. Lors de la vie de son contrat, seul lui aura la possibilité d'effectuer des ajustements sur son allocation. Cette gestion peut être intéressante pour une personne ayant une connaissance solide des marchés financiers.
- **Gestion sous mandat** : La gestion sous mandat consiste à déléguer entièrement la gestion du contrat à un professionnel. Elle vise donc à offrir une gestion plus spécialisée tout en considérant le niveau de risque souhaité par l'assuré, les préférences d'investissement et l'aspect temporel de l'investissement. Le gestionnaire peut également adapter la stratégie d'investissement en effectuant divers mouvements lors de la vie du contrat. Cette gestion peut engendrer des frais supplémentaires liés aux honoraires des gestionnaires.
- **Gestion à horizon** : La gestion à horizon est basée sur une approche qui tient compte de la durée restante du contrat. L'assureur ajuste la répartition de l'épargne en fonction de l'horizon temporel prévu pour la sortie. Ainsi, lorsque la sortie est considérée comme éloignée, la gestion pourra être orientée vers des investissements plus rémunérateurs mais en parallèle plus risqués. A mesure que l'horizon se rapproche, la gestion évolue vers une gestion plus prudente pour préserver les rendements déjà acquis.

1.3.5 Produit vie ou capitalisation

Dans le cadre d'un produit dit vie, le contrat offre une sécurité financière aux bénéficiaires désignés en cas de décès de l'assuré pendant la période couverte par le contrat. Le versement d'un capital ou d'une rente permet de faire face aux dépenses liées au décès ou de fournir un soutien financier à la famille.

Le contrat de capitalisation, également connu sous le nom d'assurance vie en capitalisation, a pour objectif principal la constitution d'un capital à long terme. Cette épargne bénéficie d'une croissance au fil du temps grâce aux intérêts (mécanisme de PB) ou aux gains réalisés sur les investissements sous-jacents du contrat. Elle offre des avantages fiscaux et la possibilité de protéger ses proches en cas de décès.

La principale différence réside dans le fait que le contrat de capitalisation n'est pas dénoué à la suite du décès du souscripteur. Les bénéficiaires peuvent donc conserver le contrat pour ainsi profiter de son antériorité fiscale. Une différence est également notable lors de la donation d'un contrat de capitalisation qui profite d'abattements liés au régime des donations. En outre, une assurance vie et un contrat de capitalisation présentent de nombreuses similitudes et sont identiques sur :

- Les supports d'investissement
- L'imposition sur les rachats
- Les garanties sur le capital
- L'assujettissement aux prélèvements sociaux

1.4 Le Rachat

1.4.1 Définition générale de l'option

À chaque date, l'épargne constituée d'un assuré correspond à son investissement capitalisé avec les taux garantis et la participation aux bénéfices distribuée. Dès la souscription d'un contrat d'assurance vie, l'assuré peut récupérer une partie ou la totalité de son épargne constituée et ce à tout moment avant la date d'échéance prévue du contrat. Ce droit est appelé **le rachat**. Il est possible pour l'assuré de disposer de la totalité de son épargne constituée, dans ce cas, il s'agit d'un rachat total. Le rachat total met fin au contrat d'assurance vie de l'assuré. L'assuré peut aussi disposer d'une partie de son épargne constituée, dans ce cas, il s'agit d'un rachat partiel. Un assuré peut également décider à partir de la souscription de son contrat d'effectuer des rachats partiels programmés (rpp). Le rachat partiel programmé est un droit offert à l'assuré, lui permettant de récupérer sur un intervalle de temps, avec une certaine périodicité des parts de son épargne.

Lorsqu'un contrat possède l'option d'avance, l'assuré a la possibilité de demander une avance financière sur la valeur de son contrat. Cette avance est accordée par l'assureur et peut être assimilée à un prêt temporaire octroyé à l'assuré. Elle peut permettre à l'assuré de combler un besoin ponctuel de liquidité sans pour autant avoir besoin d'effectuer un rachat. L'avance est temporaire et payante.

1.4.2 La fiscalité

Les contrats d'assurance vie et de capitalisation sont soumis à un cadre fiscal complexe et évolutif. Ils bénéficient généralement d'un régime fiscal avantageux, ce qui les rend aussi attractifs auprès des Français. Les intérêts générés au sein de ces contrats peuvent bénéficier d'une fiscalité réduite, voire différée, jusqu'au moment du rachat. Toutefois, cela dépend de l'ancienneté du contrat associé.

Lors d'un rachat, qu'il soit partiel ou total, seuls les intérêts sont imposables, le capital investi est quant à lui exonéré d'impôt.

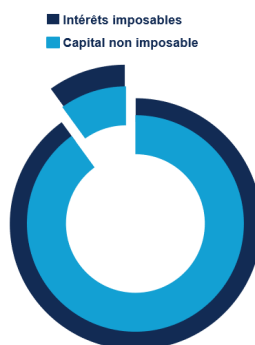


FIGURE 1.4 – Imposition des intérêts

Le détail des règles fiscales appliquées au contrat d'assurance vie et de capitalisation permet de comprendre certains phénomènes observables lors de l'analyse des lois de rachat modélisées ou des taux de rachat observables chez les assureurs français. Avoir à l'esprit qu'il existe un avantage fiscal conséquent au bout de 8 ans est nécessaire lors des études effectuées sur les rachats en assurance vie. Quantitativement, cet effet est notamment observable en analysant les données du marché français à travers une étude réalisée en 2021 par France Assureurs. [France Assureurs, 2022b]

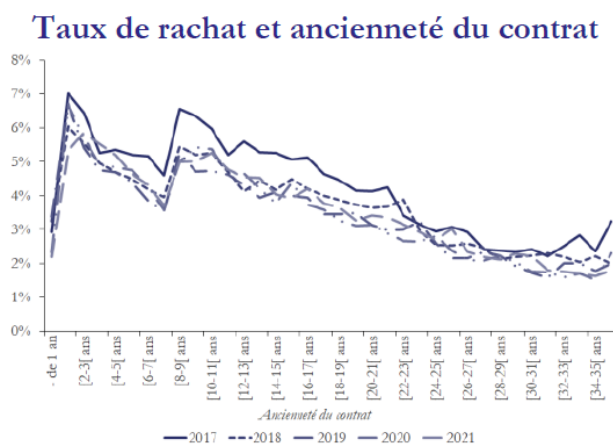


FIGURE 1.5 – Étude France Assureurs - Taux de rachat par ancienneté

Une fois les 8 ans d'ancienneté dépassés, les taux de rachat augmentent considérablement. Ce phénomène est généralement observable sur tous les portefeuilles épargne des assureurs français et ce depuis un certain moment. Une étude identique réalisée par France Assureurs en 2014 montre également que ce phénomène est indépendant du fait

que le rachat soit partiel ou total. [France Assureurs, 2015]

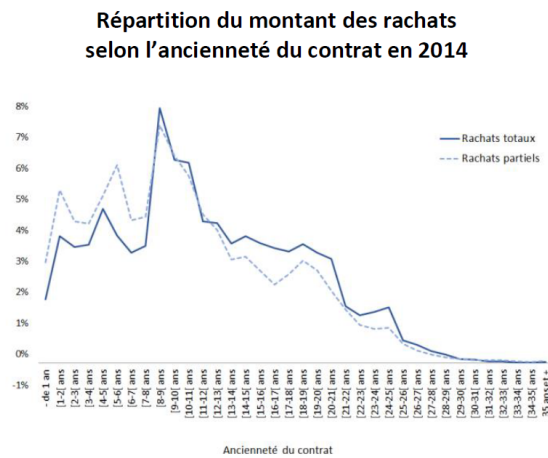


FIGURE 1.6 – Étude France Assureurs - Taux de rachat total et partiel par ancienneté

De la même façon, l'effet lié à l'avantage fiscal après les 8 ans d'ancienneté paraît être indépendant du fait qu'une loi de rachat soit calibrée en nombre ou en montant. Un exemple de loi de rachat en nombre et en montant permet d'observer ce phénomène.

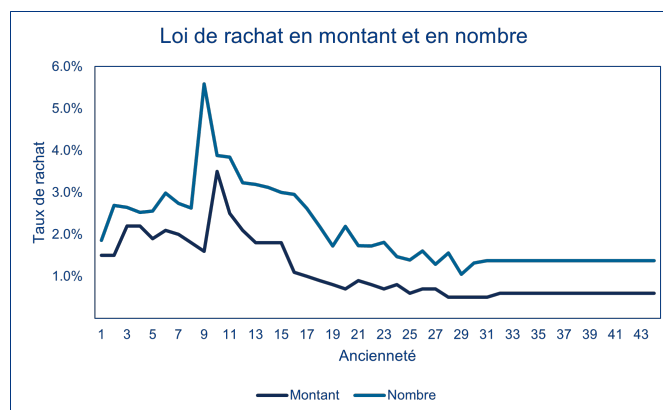


FIGURE 1.7 – Exemple de loi - Loi de rachat en nombre et en montant par ancienneté

Le détail des règles fiscales peut être résumé schématiquement afin de simplifier la compréhension.

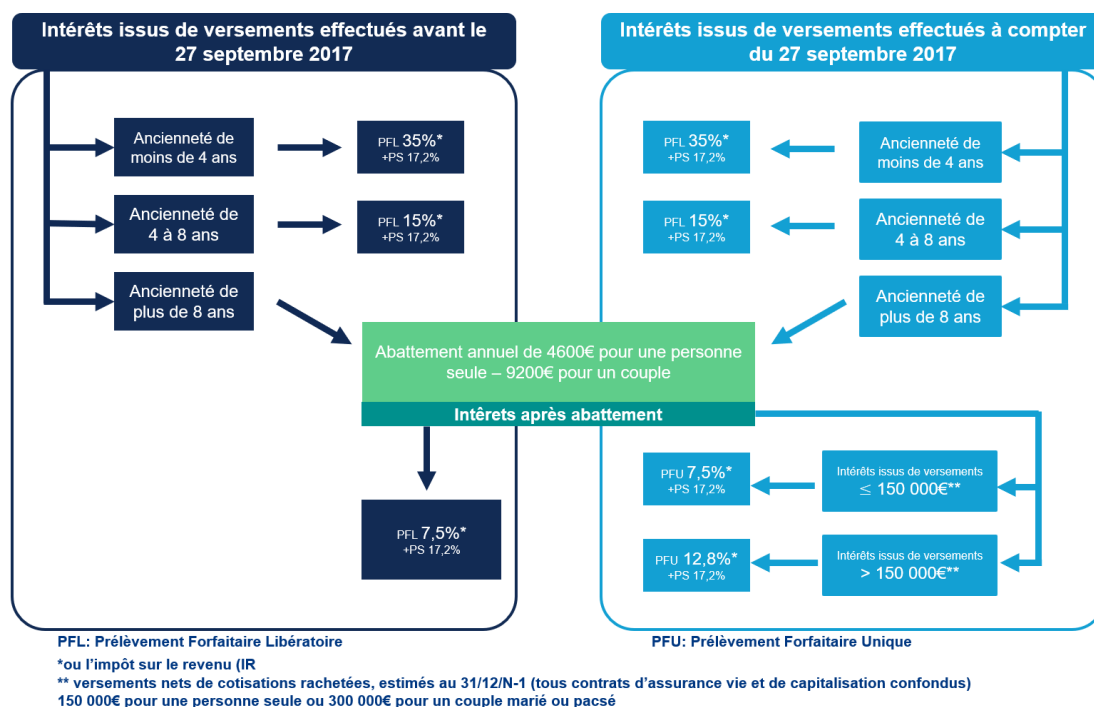


FIGURE 1.8 – Règles fiscales

La différence d'imposition liée à cet effet d'ancienneté du contrat est l'une des raisons principales pour lesquelles aujourd'hui une grande partie des assureurs modélise leurs lois de rachat en fonction de l'ancienneté.

1.4.3 Distinction des rachats

Pour bien comprendre comment et pourquoi le rachat fait émerger deux catégories sous-jacentes, il convient tout d'abord de réfléchir aux raisons pour lesquelles un assuré peut racheter une partie ou la totalité de son contrat.

En effet, plusieurs événements peuvent être à l'origine d'un rachat. L'assuré peut tout d'abord effectuer un rachat afin d'acquérir un bien quelconque. Un assuré peut également être satisfait des placements financiers réalisés et souhaiter récupérer son capital initial ainsi que les gains obtenus. Le fait d'avoir des inquiétudes concernant son placement lors de crises constitue une autre raison fréquente de recourir au rachat, bien que cela dépende fortement de la stabilité financière de la compagnie d'assurance. La fiscalité au travers des règles présentées dans la partie précédente est une raison des rachats. La réputation ou les positions prises par les assureurs peuvent motiver certains rachats. Naturellement,

la concurrence qu'elle soit chez un assureur, chez une banque ou même à travers un autre type de placement peut également être un motif de rachat. Cette concurrence peut être influencée par le niveau des frais proposés par la compagnie ou par l'étendue des options et garanties offertes. En analysant les différentes raisons citées précédemment, un regroupement assez naturel apparaît. Il va de soi que certains rachats dépendent de déviations sur le marché financier, et d'autres dépendent d'une décision propre des assurés motivée par certaines caractéristiques propres à chacun.

Après avoir porté une réflexion propre sur les motivations possibles du rachat, la compréhension de Solvabilité II concernant cette option paraît naturelle.

Le cadre installé par la réforme Solvabilité II sous lequel le passif est évalué par la meilleure estimation prolongée par le QIS 5 (*Quantitative Impact Studies*) donne aux assureurs des orientations quant à la distinction des rachats. Aujourd'hui il est nécessaire de distinguer les rachats dits **structurels** des rachats dits **conjoncturels**. Lors des phases de modélisation, les assureurs doivent être en mesure de modéliser les deux phénomènes.

1.4.4 Les rachats structurels

Les rachats structurels peuvent être définis comme l'ensemble des rachats régulièrement observés dans un environnement économique stable. Ils sont principalement liés à la structure du portefeuille et dépendent de nombreux paramètres tels que l'âge, le montant de l'encours, le réseau de distribution, le sexe, la CSP, etc. Cependant, l'ancienneté demeure le paramètre le plus impactant pour les comportements structurels en raison des avantages fiscaux des contrats d'assurance vie décrits plus haut.

Dans le cadre de leur modélisation, l'ACPR demande aux assureurs d'utiliser des lois d'expérience établies à partir des observations passées, ou à défaut, de se baser sur des données de marché [ACPR, 2013]. La modélisation de la partie structurelle se fait principalement en s'appuyant sur des études statistiques. Les assureurs ont la possibilité de segmenter leur portefeuille en utilisant une loi de rachat spécifique pour chaque maille. Cependant, leur modélisation peut également être limitée par certains aspects, tels que les difficultés d'implémentation dans le modèle.

1.4.5 Les rachats conjoncturels

Les rachats conjoncturels, également appelés rachats dynamiques, peuvent être définis comme des rachats additionnels aux rachats structurels, liés à une déviation des conditions économiques.

Ils demeurent très difficiles à calibrer en l'absence de données liées à la profondeur d'historique. En raison de la chute des taux entre 2009 et 2021 sur le marché français, la validité des modèles utilisés peut être remise en question.

Cela est illustré par le taux de rendement de l'obligation française à 10 ans.

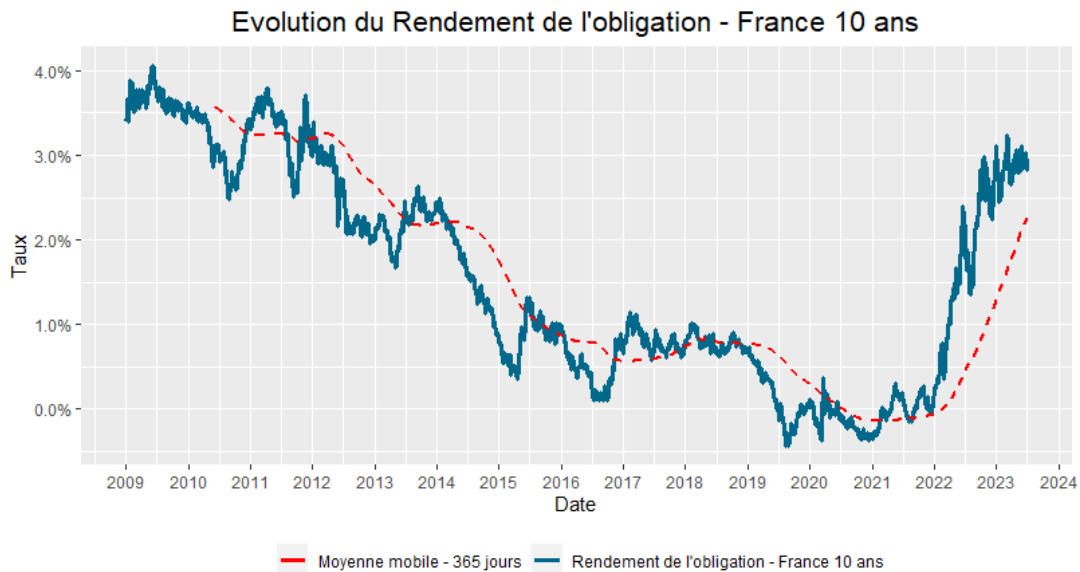


FIGURE 1.9 – Rendement de l'OAT 10 ans

La hausse des taux, amorcée courant 2022, représente un phénomène sans précédent ayant un impact sur les rachats conjoncturels, ce qui pourrait pousser les assureurs à revoir leurs modèles établis.

L'ACPR a fait des recommandations aux assureurs quant à leur modélisation. La modélisation des rachats conjoncturels s'effectue uniquement sur la partie **épargne euro** et fait intervenir une fonction qui dépend uniquement de la différence entre le taux servi et un taux benchmark. Le taux benchmark dépend de l'environnement économique et est également appelé le taux de rendement espéré par l'assuré.

Introduisons des notations :

Note : Des notations différentes peuvent apparaître dans la littérature

- **RC** : Taux de rachat conjoncturel
- **R** : Taux servi par l'assureur
- **TA** : Taux benchmark ou taux attendu par l'assuré
- **RS** : Taux de rachat structurel

- **RT** : Taux de rachat total

Le taux de rachat conjoncturel peut être modélisé avec une fonction sous la forme :

$$RC(R) = \begin{cases} RC_{max}, & \text{si } R - TA < \alpha \\ RC_{max} \times \frac{(R-TA-\beta)}{\alpha-\beta}, & \text{si } \alpha < R - TA < \beta \\ 0, & \text{si } \beta < R - TA < \gamma \\ RC_{min} \times \frac{(R-TA-\gamma)}{\delta-\gamma}, & \text{si } \gamma < R - TA < \delta \\ RC_{min}, & \text{si } R - TA < \delta \end{cases}$$

L'ACPR recommande aux acteurs d'avoir des paramètres compris entre le **plafond maximum** et le **plafond minimum**.

	α	β	γ	δ	RC_{min}	RC_{max}
Plafond maximum	-4%	0%	1%	4%	-4%	40%
Plafond minimum	-6%	-2%	1%	2%	-6%	20%

FIGURE 1.10 – Paramètres des lois min et max de rachat conjoncturel

Cette recommandation vise principalement à instaurer un cadre et ainsi être en mesure de limiter les pratiques des différents organismes permettant de simplifier les contrôles.

Graphiquement, cela se traduit par le fait que la courbe représentant la loi de rachat conjoncturel doit être située entre la courbe du plafond maximum et la courbe du plafond minimum.

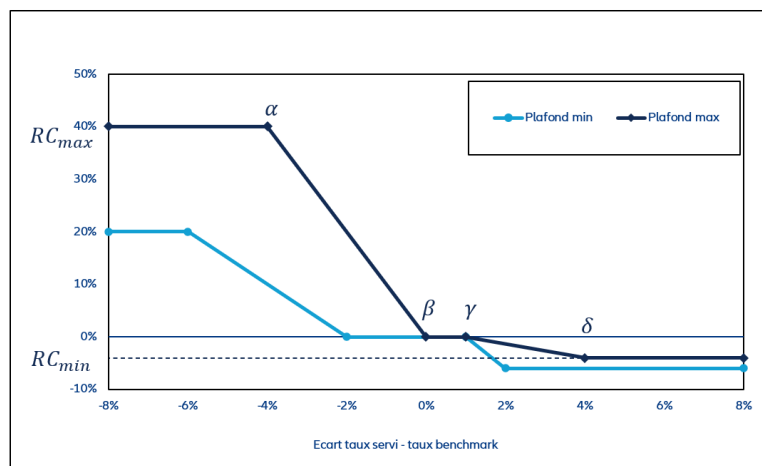


FIGURE 1.11 – Lois min et max de rachat conjoncturel

Il va de soi que si l'assureur dispose d'observations pertinentes sur son portefeuille, résultant d'un écart significatif entre un taux servi et un taux benchmark observable sur le marché, cela lui offre la possibilité de calibrer une loi dont la forme diffère de celle recommandée par les ONC (Orientations Nationales Complémentaires) de l'ACPR. Dans ce cas, l'utilisation d'une loi spécifique et justifiée semble plus pertinente.

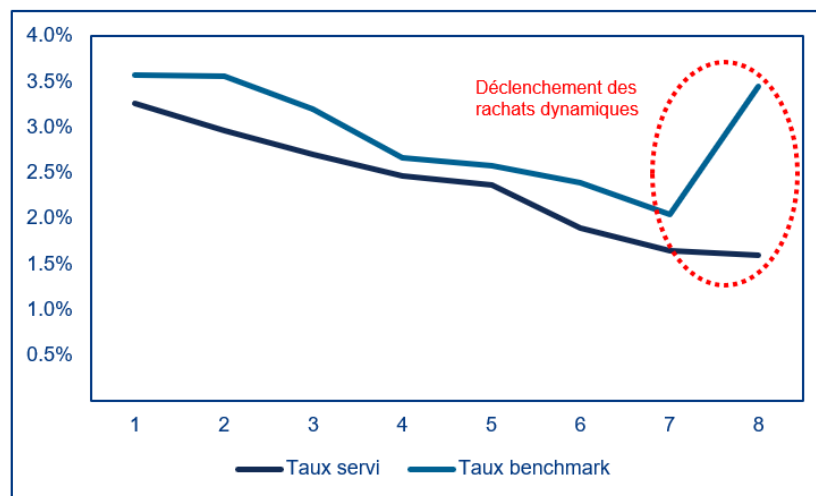
L'ACPR a formulé une interprétation pour chaque paramètre.

- Lorsque le seuil α est atteint ou dépassé, les rachats conjoncturels demeurent constants et fixés à la valeur RC_{max} . Dans ce cas, il n'y a pas de rachats additionnels.
- Les seuils d'indifférence à la baisse et à la hausse du taux servi sont définis comme β et γ . Lorsque le taux se situe entre ces deux seuils, le comportement de l'assuré n'est pas affecté.
- δ est le seuil au-delà duquel la diminution du taux de rachat conjoncturel demeure constante et fixée à RC_{min} . Dans ce cas, l'écart de taux n'explique plus le comportement des assurés.

Finalement, le taux de rachat total s'exprime comme :

$$RT(R, TA, \bullet) = \min(1, \max(0, RS(\bullet) + RC(R, TA)))$$

La période actuelle, inédite, peut être schématisée de la façon suivante :



1.4.6 Risques pesant sur les rachats

Certains risques financiers peuvent avoir un impact considérable sur les rachats.

Sur un portefeuille épargne, le **risque de hausse de taux** est principalement lié au comportement des assurés. Un décalage peut survenir entre le taux de rendement pouvant être servi par l'assureur, dépendant grandement du taux des obligations déjà en stock, et celui attendu par les assurés dans un environnement de taux élevés.

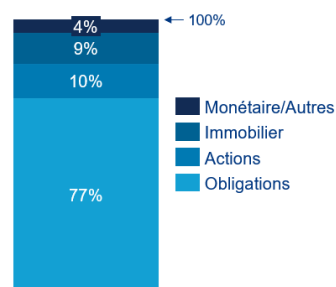


FIGURE 1.12 – Exemple d'allocation d'actif d'un assureur

Le décalage se matérialise généralement par une vague de rachats anticipés des contrats. Si l'assureur était contraint de céder des actifs, notamment obligataires, en moins values latentes (ce qui engendrerait des pertes pour l'assureur) le taux de rendement du portefeuille s'en trouverait diminué, avec le risque de déclenchement de nouvelles

vagues de rachats.

Le risque de baisse de taux pèse sur la rentabilité des investissements avec un impact éventuel sur le résultat de la compagnie si le rendement courant du portefeuille de placements ne permet plus de servir les taux garantis et de prélever les marges sur les contrats. Un assuré possédant un contrat avec un TMG (Taux minimum garanti) demeure satisfait, puisqu'il est dans une situation où son contrat est plus intéressant que les investissements qu'il retrouve sur le marché. Ce phénomène limite les rachats.

Le risque de baisse des taux est un danger qui a déjà conduit à la faillite de plusieurs assureurs. Au total, durant les décennies 1990 et 2000, sept assureurs vie japonais ont fait faillite. [ACPR, 2014]

Chapitre 2

Présentation du périmètre d'étude

Ce chapitre vise à présenter le périmètre d'étude et ses spécificités, afin de permettre au lecteur de comprendre clairement le type de portefeuille sur lequel cette étude porte. Il s'agit d'une étape indispensable dans toutes les études actuarielles. La présentation sera divisée en deux parties : une première partie qualitative et une seconde partie quantitative.

2.1 Les partenariats dans l'assurance

2.1.1 Les différents canaux de distribution

Les assureurs utilisent divers canaux de distribution afin de mettre leurs produits à disposition des clients potentiels. Les principaux moyens de distribution dans le secteur de l'assurance sont :

- **Les agents généraux** : L'agent général d'assurance est un entrepreneur indépendant. C'est un intermédiaire en assurance qui représente une ou plusieurs compagnies d'assurance en tant que mandataire et à ce titre, il engage la compagnie dans sa relation avec les clients. L'agent général est un conseiller qui est à l'écoute de ses clients.
- **Les apporteurs salariés** : Les apporteurs salariés possèdent le même rôle que les agents généraux, cependant ils travaillent exclusivement avec une seule compagnie d'assurance. Leur statut est également différent, il ne sont pas considérés comme indépendants mais comme salariés de la compagnie qui les engage.
- **Courtiers d'assurance** : Les courtiers d'assurance sont des commerciaux indépendants servant d'intermédiaires dans une opération commerciale entre une compagnie d'assurance et un client. Ils agissent au nom des clients. Ils travaillent avec plusieurs compagnies d'assurance et aident les clients à trouver les meilleures

offres en fonction de leurs besoins spécifiques. Les courtiers d'assurance fournissent des conseils impartiaux et aident les clients à comparer les produits de différentes compagnies.

- **Les partenariats** : Les assureurs peuvent établir des partenariats avec d'autres entités telles que des banques de réseaux, des conseillers en gestion de patrimoine, des banques privées, etc. Ils permettent aux assureurs de distribuer leurs produits d'assurance.

2.1.2 Le partenariat chez Allianz

Les partenariats jouent désormais un rôle crucial dans le secteur de l'assurance, ils offrent la possibilité aux assureurs d'acquérir de nouvelles parts de marché en s'associant avec des partenaires dont la clientèle est différente des autres canaux de distribution. Au sein d'Allianz, les apporteurs d'affaires sont distingués en quatre réseaux :

- **Les banques de réseau**
- **Les banques privées**
- **Les conseillers en gestion de patrimoine indépendants (CGPI)**
- **Le courtage et autres partenaires**

Les réseaux de distribution mentionnés présentent des spécificités propres. En effet les contrats dont l'apporteur d'affaires est un conseiller en gestion de patrimoine indépendant sont différents des contrats dont l'apporteur d'affaires est une banque privée. Les contrats issus de la banque privée se caractérisent par une prime moyenne plus élevée, la clientèle est considérée comme étant de haut de gamme, en comparaison avec les clients provenant d'un conseiller en gestion de patrimoine indépendant.

Le portefeuille des partenariats désigne un ensemble de contrats dans lesquels les clients n'ont pas de relation directe avec un interlocuteur d'Allianz. Au lieu de cela, ils passent par un intermédiaire qui leur propose plusieurs offres de contrats. Dans ce contexte, c'est généralement l'intermédiaire qui informe et conseille le client. Il revient au distributeur du contrat, et non à Allianz, d'assurer le devoir de conseil envers l'assuré. Ainsi, le distributeur doit présenter les différents produits issus des partenaires avec lesquels il collabore, afin de proposer un produit adapté aux besoins du client.

Certaines spécificités pourront être apparentes lors de la présentation des données.

2.2 Description du portefeuille à date

La gestion des données du portefeuille des partenariats chez Allianz France est faite par deux délégataires de gestion. Les études actuarielles nécessitent d'avoir accès à des données propres.

2.2.1 Le contrôle des données

Certains contrôles que l'on retrouve aujourd'hui chez les acteurs financiers, ont été mis en place à la suite des différents scandales financiers révélés aux États-Unis au début des années 2000. Les plus connus sont ceux d'Enron et Worldcom. En 2002, aux États-Unis, la loi Sarbanes-Oxley a été adoptée. La loi Sarbanes-Oxley (Sox) implique plusieurs obligations de conformité qui impactent plusieurs fonctions de l'entreprise.

En ce qui concerne la qualité des données, l'enjeu principal réside dans leur fiabilité. La fiabilité d'une donnée repose sur plusieurs aspects, tels que son exactitude, le niveau de confiance qu'elle inspire, ainsi que sa capacité à représenter ou reproduire fidèlement une information brute. Il est essentiel d'avoir une vision objective des limites et des faiblesses inhérentes à tout jeu de données, ce qui vient compléter leur utilisation.

Lors des études portant sur les lois de rachat chez Allianz, un contrôle nommé **C1** est mis en place. Le contrôle a pour objectif de comparer les données techniques (données utilisées par les équipes techniques) aux données comptables. Ce contrôle porte directement sur le taux de rachat annuel du périmètre étudié. Pour valider le contrôle, l'écart de taux de rachat doit être inférieur à 50bps (0,5%).

Lors de la campagne 2023 de mise à jour des lois comportementales, le contrôle des données s'effectue sur les données de l'année $N - 1$, soit l'année 2022.

	[A] Taux comptable 2022	[B] Taux technique 2022	C1 [B-A]
Rachats totaux	1.76%	1.82%	0.06%
Rachats Partiels €	9.31%	9.66%	0.35%
Rachats Partiels UC	2.75%	2.69%	-0.07%
Rachats	7.04%	7.18%	0.14%

FIGURE 2.1 – Résultats du contrôle de cohérence des données

En effectuant un comparatif des deux bases les écarts demeurent non significatifs. Le seuil pour valider le contrôle C1 est respecté pour l'ensemble des rachats observés lors de

l'année 2022.

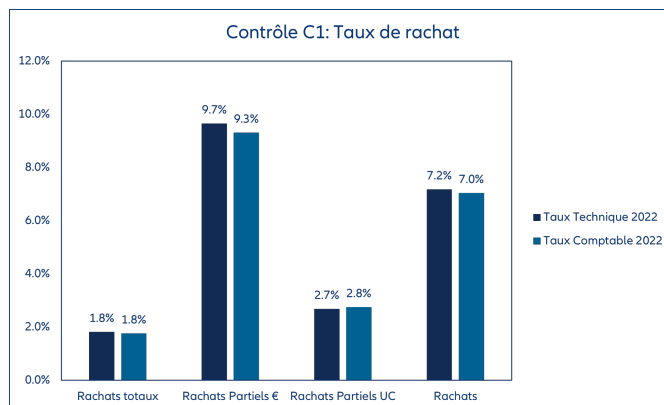


FIGURE 2.2 – Comparaison des taux technique et comptable

Les écarts constatés dans les données peuvent souvent être justifiés, il peut s'agir d'erreurs humaines, de différence dans la période d'enregistrement, ou d'autres facteurs. Cependant, lorsque ces écarts sont maîtrisables et peu significatifs, il est généralement admis que les données sont fiables.

2.2.2 La vision du portefeuille à fin 2022

De manière analogue à un produit, un portefeuille peut comporter plusieurs phases. Les études ne s'articulent pas de la même façon pour un portefeuille en *run-off* et pour un portefeuille dont la plupart des produits sont en phase de lancement. Le portefeuille sur lequel le présent mémoire se base est un portefeuille qui a atteint la phase d'âge de maturité.

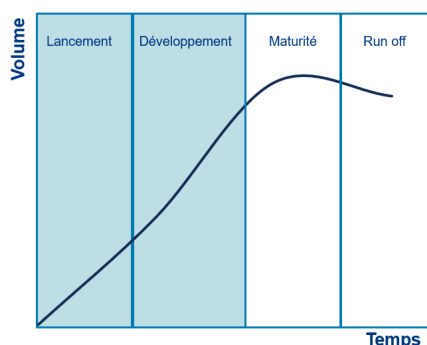


FIGURE 2.3 – Les différentes phases d'un portefeuille

Un portefeuille partenariat est très souvent segmenté par réseau de distribution. La répartition des encours de notre portefeuille ainsi que la part d'encours en UC sont représentés.

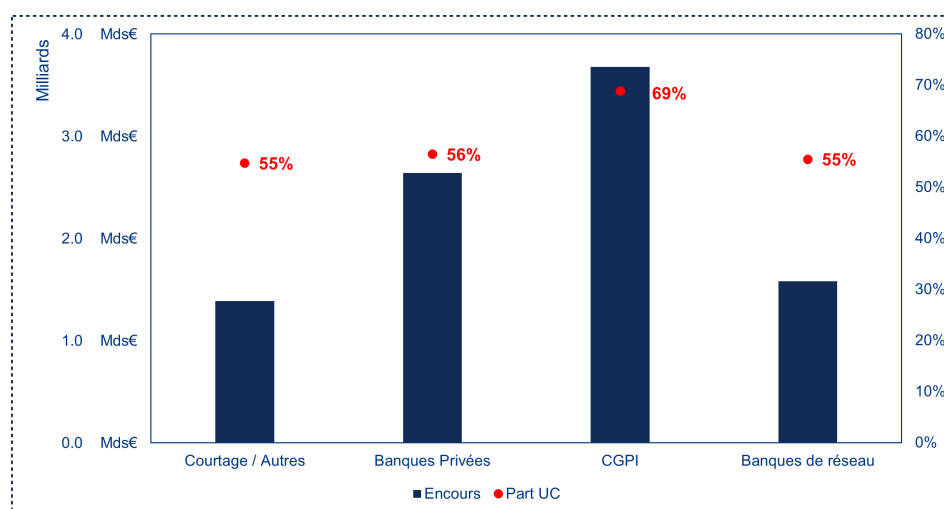


FIGURE 2.4 – Encours et part UC par réseau de distribution - 2022

Les conseillers en gestion de patrimoine indépendants sont plus exposés en UC que les autres apporteurs. Quelques chiffres clés nous permettent de mieux comprendre la répartition du portefeuille.

	Courtage/Autres	Banques Privées	CGPI	Banques de réseau	Total
Nombre de contrats	10k	8k	40k	4k	61k
Encours moyen	143k	327k	93k	475k	153k
Age moyen *	69 ans	67 ans	62 ans	66 ans	64 ans
Ecart type de l'âge *	16,4	16,6	15,8	17,2	16,3

FIGURE 2.5 – Chiffres clés du portefeuille

* Les personnes morales sont exclues du calcul des métriques où l'âge intervient.

L'âge moyen pour les CGPI permet de mieux comprendre la prédominance des clients à investir sur des UC au sein de ce réseau. L'encours moyen tous réseaux confondus est également extrêmement élevé, le portefeuille est un portefeuille haut de gamme.

L'âge est une variable pertinente à prendre en compte lors d'études comportementales. En effet, le comportement des clients peut fluctuer en fonction de leur âge, et il est important de noter que l'objectif de placement ainsi que l'aversion aux risques ne sont pas des comportements figés tout au long de la détention du contrat.

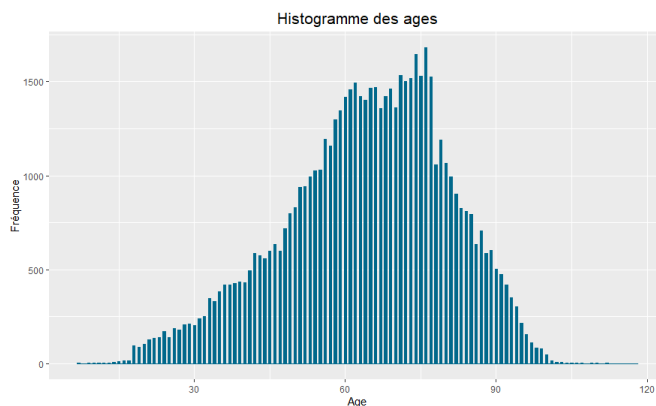


FIGURE 2.6 – Histogramme des âges

La répartition de notre portefeuille par âge d'assurés, permet de visualiser en amont des études comment le portefeuille est structuré. Elle permet également d'avoir une vision sur la clientèle ciblée. Le portefeuille partenariat est composé principalement d'assurés dont l'âge est compris entre 50 et 80 ans.

La répartition des encours et la part de placement en UC selon que le contrat soit un contrat d'assurance vie ou un contrat de capitalisation peut être un élément intéressant à observer.

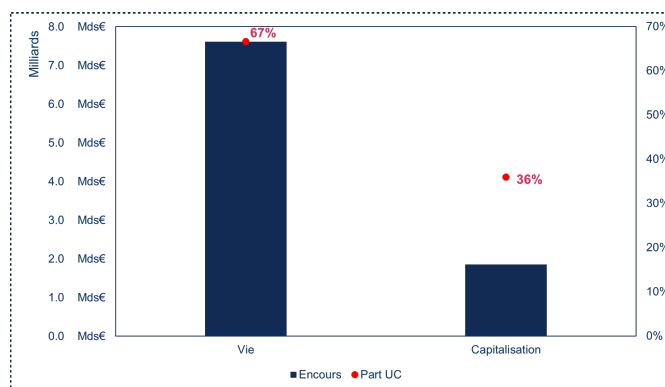


FIGURE 2.7 – Encours et part UC par type de contrat - 2022

Les contrats d'assurance vie pèsent plus en termes de volume d'encours au sein de

notre portefeuille. Ils représentent également une proportion plus importante de placements en UC. Les contrats de capitalisation possèdent une très faible part de placement en UC, justifiée par une proportion significative de personnes morales détenant principalement des encours élevés très orientés vers l'euro.

L'ancienneté, la variable la plus importante à étudier lors des différentes études comportementales en raison des avantages fiscaux peut également être un élément permettant la compréhension de la structure du portefeuille étudié.

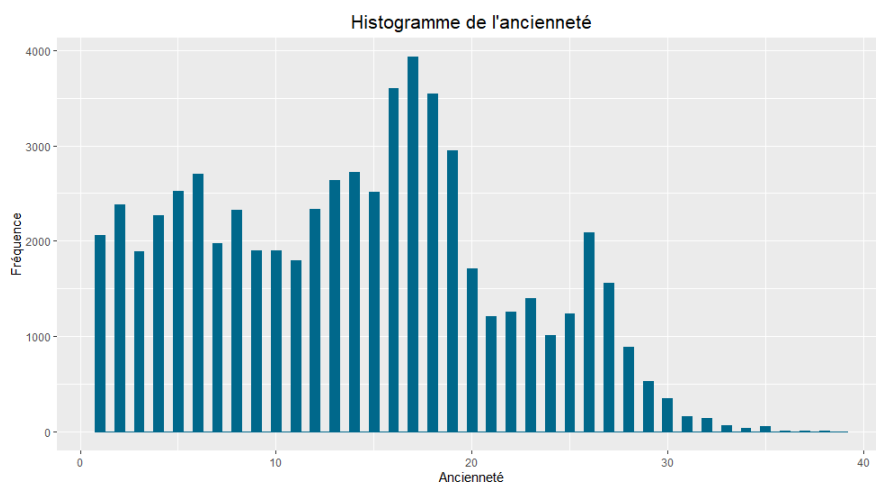


FIGURE 2.8 – Histogramme de l'ancienneté

L'histogramme présenté précédemment est très intéressant, et il est possible d'en déduire certains éléments concernant les différentes décisions de gestion. Une sur-représentation de contrats avec une ancienneté de 15 à 20 ans est notable. Allianz a adopté une approche plus agressive en termes de *new business* pendant cette période. On observe une baisse significative lors de la troisième année d'ancienneté, principalement due à la pandémie de la COVID-19. Cette constatation est cohérente avec les diverses études menées sur la collecte nette en assurance vie. En effet, une nette décélération a été observée sur le marché de l'assurance français en 2020 en ce qui concerne la collecte nette.[France Assureurs, 2022a]

Les encours peuvent également être représentés à une maille plus fine. En effectuant une analyse bi-variée faisant intervenir la répartition des encours contrat par contrat et par ancienneté, il devient possible de déterminer de nombreuses informations. Cette analyse permet dans un premier temps d'observer la dispersion des encours et si celle-ci est homogène par ancienneté. La dispersion par ancienneté peut également nous donner des informations sur la politique de souscription actuelle et l'évolution annuelle de la politique de souscription. C'est exact qu'un portefeuille avec des encours très homogènes, proches de la moyenne, et inversement un portefeuille avec des encours très hétérogènes n'auront absolument pas le même comportement.

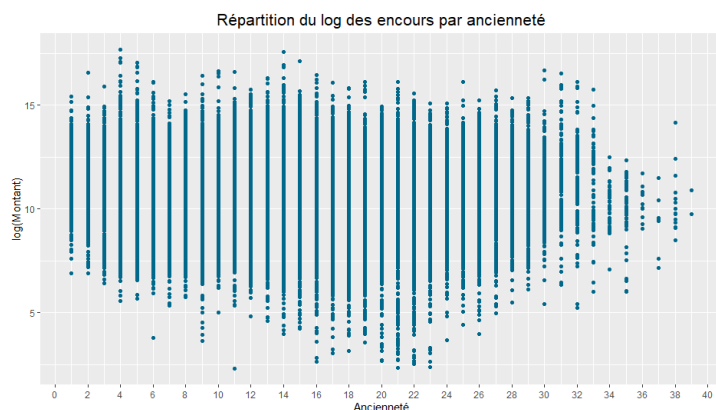


FIGURE 2.9 – Répartition du log des encours par ancienneté

La répartition des encours par ancienneté fait ressortir quelques informations assez intéressantes :

- Sur les 3 premières années d'ancienneté, la dispersion est moins marquée.
- À partir de 34 ans d'ancienneté, le nombre de contrats devient négligeable, une question de robustesse de données peut se poser lors d'une éventuelle phase de modélisation.

Un zoom sur les très gros contrats est également effectué.

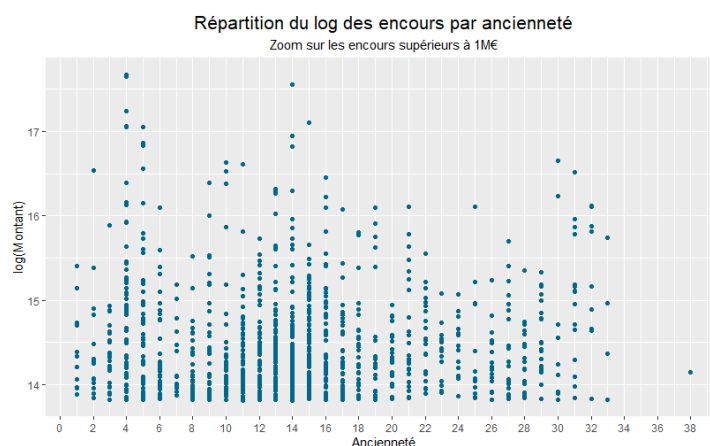


FIGURE 2.10 – Répartition du log des encours supérieurs à 1Mn€ par ancienneté

Chapitre 3

Modélisation des rachats totaux structurels

L'objectif de ce chapitre est dans un premier temps de présenter des méthodes permettant de modéliser le rachat total. Les méthodes présentées seront testées sur le portefeuille présenté dans le chapitre précédent. Une analyse visant à évaluer la qualité des modèles sera effectuée, et enfin, les avantages et les limites de chaque modèle seront exposés.

Ce chapitre se limitera à la modélisation des taux de rachat en montant. Effectivement, il est également possible de modéliser les taux de rachat en nombre. L'appellation demeure identique, d'où la nécessité de préciser ce qui sera présenté dans cette partie.

Cette première étude permettra de confronter différents modèles et de vérifier si le modèle actuellement utilisé est un bon modèle prédictif.

3.1 Préparation de l'étude

Avant de présenter les méthodes préconisées pour modéliser la partie structurelle du rachat total en montant sur notre portefeuille, il est nécessaire de présenter les étapes préalables à la modélisation.

Le contrôle des données a été effectué sur l'ensemble des données qui seront utilisées lors de ce chapitre. Les données sont ainsi considérées comme fiables.

3.1.1 Présentation de la base de données

Les délégataires de gestion fournissent chaque année des bases de données contenant un grand nombre d'informations. Deux bases de données sont fournies :

- **Base encours** : une première contient les provisions mathématiques à la date du 31/12/ N , détaillant l'encours des contrats par maille de support. De nombreuses

informations peuvent être déduites de cette base, notamment l'ancienneté fiscale, qui est calculée à partir de la date d'effet du contrat.

- **Base mouvements** : une seconde base contient les données sur les différents mouvements effectués au cours de l'année N . Cette base est également à la maille support. Les montants de rachats ainsi que la distinction entre le rachat total et le rachat partiel apparaissent dans cette base.

Préalablement, il a été jugé utile d'agréger les bases à la maille contrat. Des premières manipulations ont été effectuées pour pouvoir obtenir une unique base de données exploitable et nettoyée.

Le tableau ci-dessous résume les informations disponibles dans cette base et le nom associé à chacune des variables qui seront utilisées.

Nom des variables	Description des variables	Modalités
Contrat	Numéro de contrat	
Code.nat	Code nature du produit	
Lib_prod	Libellé produit	
V_C	Contrat de vie ou de capitalisation	Vie,Capi
Anc	Ancienneté fiscale du contrat	[1,40]
Type	Personne morale ou personne physique	P,M
Profil	Gestion libre ou gestion sous mandat	GL,GSM
Res	Réseau de distribution	ACA,BP,BR,CGPI
Age	Age si personne physique	20,21...
PM_clo_Euro	PM € vu au 31/12/N	Montants en €
PM_clo_UC	PM UC vu au 31/12/N	Montants en €
PM_clo	Montant de l'encours vu au 31/12/N	Montants en €
Mtt_RT_Euro	Montant de rachat total €	Montants en €
Mtt_RT_UC	Montant de rachat total UC	Montants en €
Mtt_RT	Montant de rachat total	Montants en €
Mtt_RP_Euro	Montant de rachat partiel €	Montants en €
Mtt_RP_UC	Montant de rachat partiel UC	Montants en €
Mtt_RP	Montant de rachat partiel	Montants en €
PM_ouv	$PM_{ouv} = PM_{clo} + Mtt_{RT} + Mtt_{RP}$	Montants en €
Rachat	L'assuré a-t-il effectué un rachat total ?	Oui,Non
D_effet	Date d'effet du contrat	Date
D_rac	Date du rachat total	Date

FIGURE 3.1 – Liste des variables

Plusieurs méthodes existent pour l'approximation de la provision mathématique d'ouverture (exposition). La méthode utilisée pour déterminer la PM ouverture pour une ancienneté k sera :

$$PM_k = PM_{cloture,k} + RachatsTotaux_k + RachatsPartiels_k$$

3.1.2 Ajout d'informations complémentaires

La préparation des données pour une étude sur le rachat total est très similaire à une étude sur la mortalité. En effet, dans la pratique l'observation des durées de détention d'un contrat est souvent partielle et sélective. Les données présentées précédemment sont incomplètes. De façon analogue à une étude sur la mortalité, dans le cadre classique des études sur le rachat, l'observation est soumise aux phénomènes de :

- **Troncatures à gauche** : On dit qu'il y a troncature gauche lorsque la variable d'intérêt T n'est observable que si elle est supérieure à zéro : $T > 0$.
- **Censure à droite** : Une durée de détention de contrat aléatoire X est dite censurée par une variable aléatoire de censure C quand la connaissance de la durée considérée n'est que partielle pour certaines observations, de la forme $X > C$.

La période d'observation est annuelle, une exposition centrale au risque est donc déduite pour chaque contrat en considérant préalablement :

- **La date de début d'observation** = $\max(\text{Date d'effet}, \text{Date de début de période})$
- **La date de fin d'observation** = $\min(\text{Date décès}, \text{Date de rachat total}, \text{Date de fin de période})$

Seuls les contrats pour lesquels la date de début d'observation est strictement inférieure à la date de fin d'observation seront conservés.

3.1.3 Échantillonnage

Dans le domaine de l'apprentissage automatique, lorsque l'on souhaite mettre en place un modèle, la division des données en bases de test et d'apprentissage est une pratique nécessaire pour évaluer les performances du modèle prédictif.

La base d'apprentissage est utilisée pour entraîner le modèle qui servira à prédire les valeurs. Elle est constituée d'un ensemble d'observations pour lesquelles la variable d'intérêt est connue. Le modèle utilise l'ensemble des données d'apprentissage pour apprendre les relations et les motifs entre les variables d'entrée et la variable d'intérêt afin de généraliser et de prédire sur de nouvelles données. La base d'apprentissage doit être

représentative du comportement de la population que l'on souhaite modéliser. Idéalement, les profils ne doivent pas tous être identiques et la base d'apprentissage doit être suffisamment conséquente pour des questions de robustesse.

La base de test est utilisée pour évaluer les performances du modèle une fois qu'il a été entraîné sur la base d'apprentissage. Elle est composée d'un ensemble distinct d'observations pour lesquels les valeurs cibles sont également connues. Les données de test sélectionnées n'ont pas été utilisées pendant l'apprentissage du modèle. Le modèle prédictif est appliqué à la base de test pour générer des prédictions, et ces prédictions sont comparées à la variable d'intérêt réelle pour évaluer les performances du modèle.

Dans le cas de la présente étude, la décision a été d'effectuer une division des données en prenant en compte l'aspect temporel. Généralement, les composantes liées aux marchés financiers évoluent dans le temps. L'ordre temporel des données est donc important, de plus le souhait est d'essayer de minimiser la prise en compte des rachats conjoncturels dans le cadre de la modélisation des rachats totaux structurels.

La segmentation des données sera donc effectuée de la sorte :

- **La base d'apprentissage** : données des clients du portefeuille des partenariats de 2019 à 2021.
- **La base de test** : données des clients du portefeuille des partenariats en 2022.

3.1.4 Analyses multi-variées

Dans cette sous-partie, nous mettrons principalement l'accent sur la variable d'intérêt, à savoir le rachat total. Pour ce faire, nous présenterons les données sur la période d'observation de notre étude, qui comprend à la fois la base de test et la base d'apprentissage. Certaines analyses seront spécifiquement centrées sur l'année la plus récente, car il a été jugé inutile de présenter toutes les analyses pour chaque année de la période d'observation.

Une première analyse pertinente consiste à étudier les taux de rachat total par année. Cette analyse nous permettra d'évaluer la stabilité des taux d'une année à l'autre ou, au contraire, leur volatilité.

En examinant les taux de rachat total sur plusieurs années, nous pourrions déterminer s'ils suivent une tendance constante ou s'ils présentent des variations significatives d'une année à l'autre. Cette information sera essentielle pour comprendre la dynamique des rachats et évaluer leur impact sur l'ensemble de notre étude. Lorsque l'on étudie des séries temporelles, il est également important de détecter les schémas et les variations

cycliques qui se répètent à intervalles réguliers, tels que les variations saisonnières.

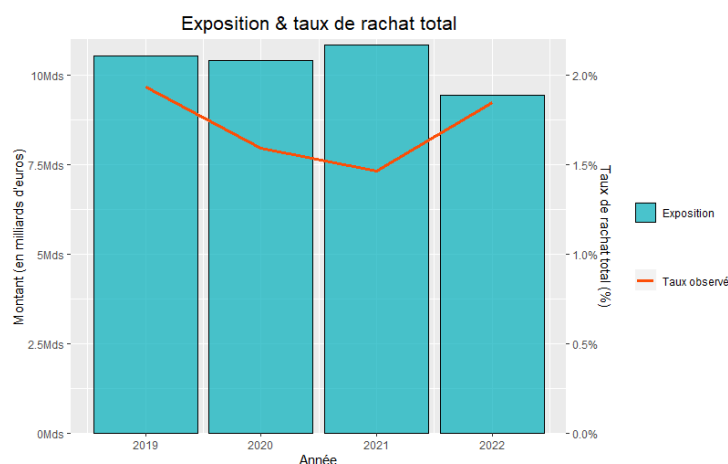


FIGURE 3.2 – Exposition et taux de rachat total entre 2019 et 2022

Les taux restent relativement stables, se situant entre 1,5% et 2% sur la période d'observation. Cependant, une légère baisse est observée au cours de l'année 2021.

Cette analyse peut être approfondie en différenciant les taux de rachat total en euros des taux de rachat total en UC. En examinant séparément ces deux indicateurs, nous pourrions obtenir une vision plus précise du rachat total dans chaque catégorie.

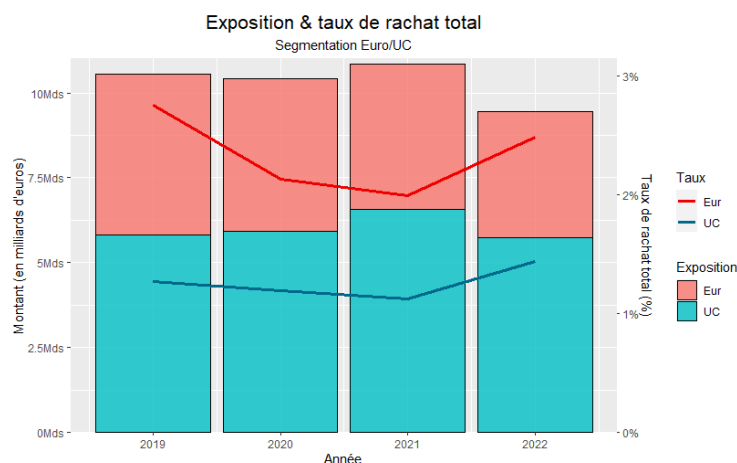


FIGURE 3.3 – Exposition et taux de rachat total par type de support entre 2019 et 2022

En analysant les deux segments séparément, nous constatons que les rachats totaux en UC présentent une plus grande cohérence et une stabilité relativement élevée dans leur évolution. Cela suggère que les fluctuations des rachats en UC sont moins marquées et plus prévisibles au fil du temps que ceux en euros.

En plus de cette observation, deux autres points intéressants peuvent être déduits du graphique précédemment présenté.

- La part des UC dans le portefeuille est plus élevée que la part en euros. Cela permet de déduire que les clients ont une préférence plus marquée pour les UC par rapport à l'euro ou que la compagnie a eu une politique de souscription plus orientée UC durant les dernières années en raison de la période des taux bas.
- Les taux de rachat total en UC sont nettement inférieurs à ceux en euros. Cette différence indique que les rachats effectués dans le cadre des UC sont relativement moins fréquents ou de moindre importance que ceux réalisés en euros.

Pour éviter d'avoir une vision trop agrégée et manquer des informations essentielles, il est intéressant de réaliser une analyse des montants de rachats à la maille contrat. Cette approche permettra de détecter la présence éventuelle de gros rachats atypiques au cours de l'exercice.

L'analyse sera réalisée annuellement sur la période d'observation. Elle vise tout d'abord à observer si la concentration des rachats totaux demeure constante d'une année à l'autre, ou si au contraire, une absence de stabilité se manifeste d'une année à l'autre.

En utilisant des graphiques en nuages de points, nous pourrions également évaluer la dispersion des rachats totaux. Cette approche nous permettra de comprendre si les taux élevés sont justifiés par de nombreux petits rachats totaux ou bien par un nombre restreint de rachats totaux de montants élevés.

Dans un second temps, une approche intéressante consiste à combiner l'exposition et les taux de rachat total en fonction de l'ancienneté. Cette analyse nous permet de visualiser à la fois la concentration de l'exposition par ancienneté d'une année à l'autre, ainsi que la distribution des taux de rachat total selon l'ancienneté. En examinant ces deux aspects conjointement, nous pouvons observer les variations des taux de rachat total en fonction de l'ancienneté des contrats. Cela nous aide à comprendre si certaines cohortes de contrats présentent des niveaux de rachat total plus élevés ou plus faibles que d'autres et si chaque année, des comportements similaires à une ancienneté donnée peuvent être déduits.

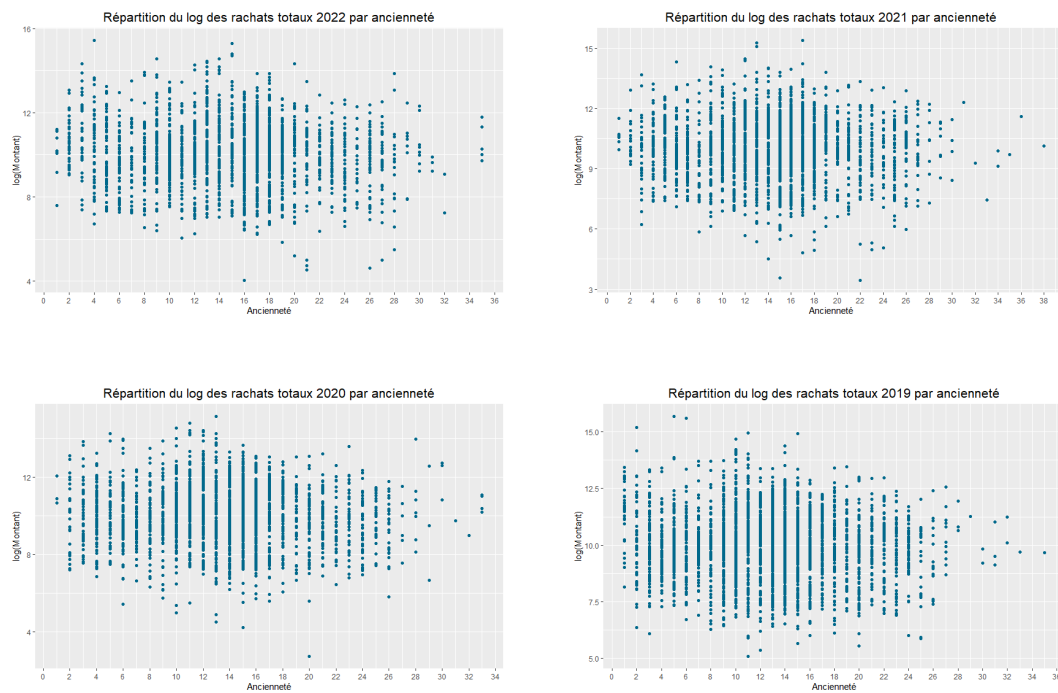


FIGURE 3.4 – Répartition du log des rachats totaux par ancienneté

En analysant la répartition du logarithme des rachats totaux, certains points paraissent communs aux différentes années :

- Les rachats sont moins présents les premières ainsi que les dernières années d'ancienneté.
- La concentration des rachats après les 8 ans d'ancienneté paraît également présente.
- La dispersion des montants de rachats totaux paraît très similaire d'une année à l'autre.

Cette analyse, bien qu'informative, nécessite une prise en compte supplémentaire pour en tirer des conclusions significatives. Il est essentiel de rapporter les montants rachetés à l'exposition. En effet, si l'exposition est plus importante après les 8 ans, cela peut fausser la perception de la concentration des rachats au-delà de cette ancienneté. Le fait de ne pas prendre en compte l'exposition peut introduire un biais et donc faire que le lecteur tire des conclusions hâtives de cette analyse.

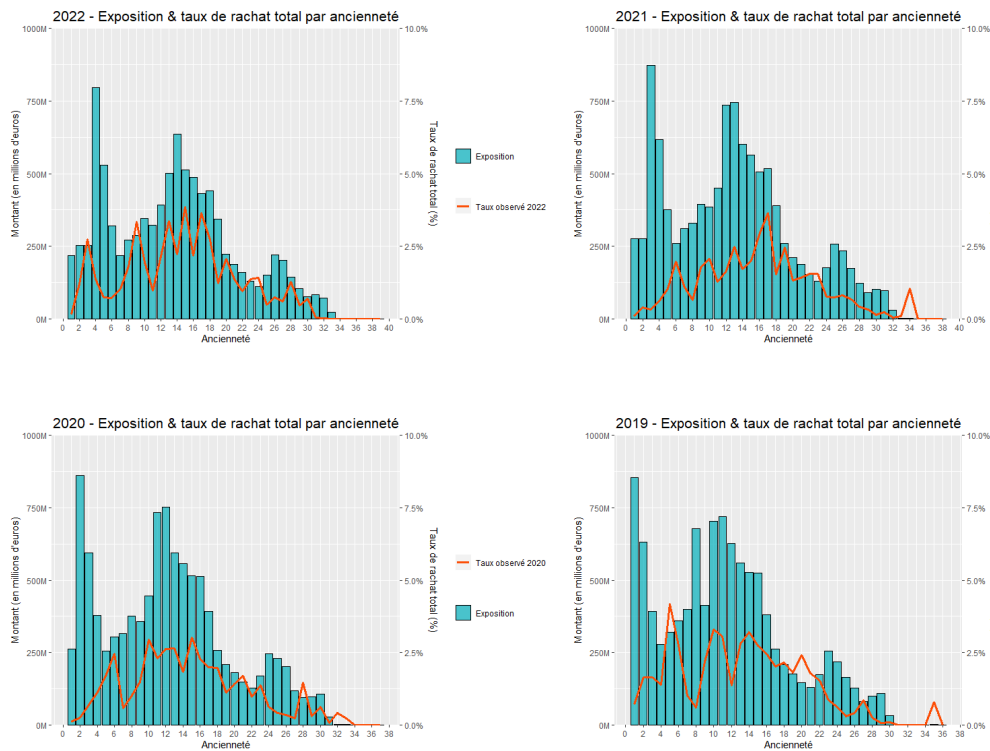


FIGURE 3.5 – Exposition et taux de rachat total par ancienneté

Plusieurs informations peuvent être déduites :

- Une grosse collecte sur le portefeuille a été effectuée en 2019.
- Chaque année, un pic au-delà des 8 ans est bien observable.
- Les rachats semblent être moins importants en 2021.
- Au bout d'une certaine ancienneté, les taux diminuent drastiquement.

Outre l'analyse basée sur l'ancienneté, il est également pertinent d'explorer l'âge comme un facteur influençant les rachats. En adaptant notre analyse en fonction de l'âge de l'assuré, nous pouvons examiner si certains comportements spécifiques liés à l'âge se répètent au cours des quatre années d'observation. Cela nous permettra de déterminer si certains comportements de rachat sont plus fréquents dans certaines tranches d'âge, et si ces comportements sont cohérents d'une année à l'autre. De manière équivalente, prendre en compte l'exposition permet de réduire le biais introduit lors de l'analyse des montants de rachats isolés.

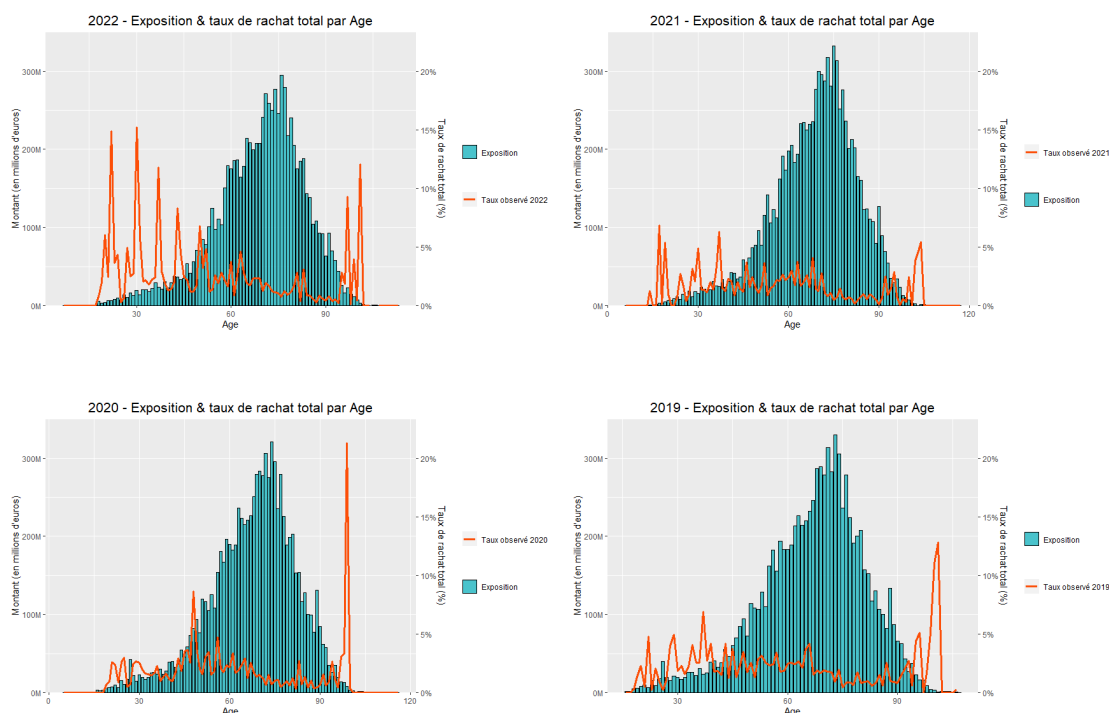


FIGURE 3.6 – Exposition et taux de rachat total par âge

Les taux semblent stables pour les âges compris entre 60 ans et 90 ans d'une année à l'autre. En revanche, pour les âges inférieurs à 30 ans et supérieurs à 90 ans, les taux semblent plus volatils d'une année à l'autre. Les évolutions constatées d'une année à l'autre sur ces tranches d'âges peuvent être expliquées par plusieurs facteurs, le facteur le plus marquant a semblé être :

- L'exposition qui est plus faible sur les âges inférieurs à 30 ans et les âges supérieurs à 90 ans. Les observations ne sont ainsi pas suffisantes annuellement pour pouvoir déduire de manière robuste un comportement spécifique de ces tranches d'âge. Dans la situation actuelle, la simple occurrence d'un seul assuré appartenant à ces tranches d'âge effectuant un rachat au cours d'une année peut engendrer une variation significative du taux de rachat total.

Cependant, cette analyse n'est pas complète, car les contrats souscrits par des personnes morales ne sont pas pris en compte. Il convient ainsi d'effectuer une analyse sur les taux de rachat en distinguant les personnes morales des personnes physiques. Mais au préalable, il semble intéressant de voir la répartition des encours en distinguant les deux populations.

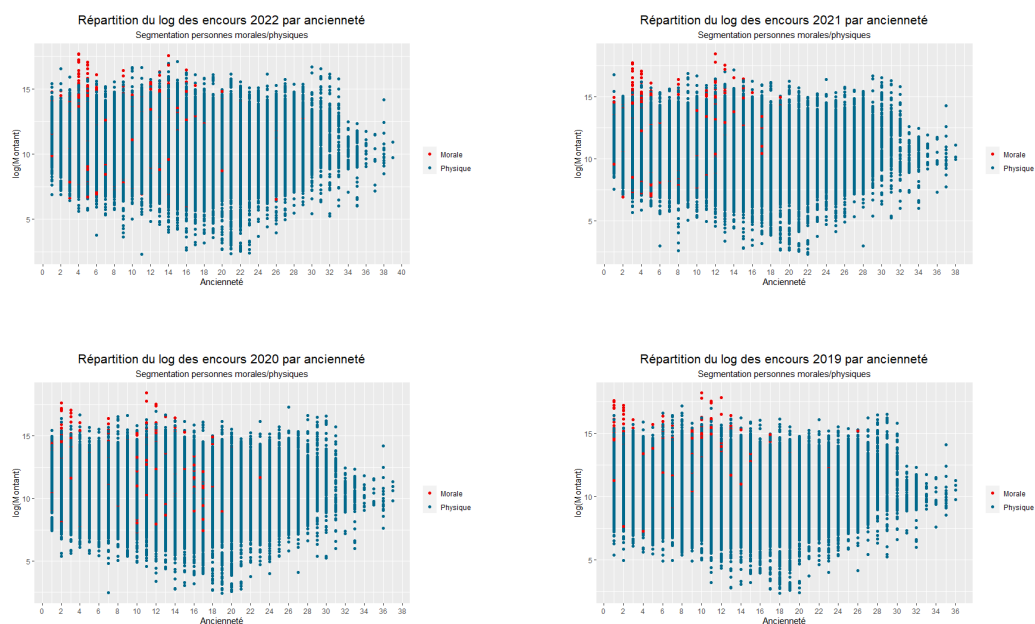


FIGURE 3.7 – Répartition du log des encours - segmentation personnes morales/physiques

Le nombre de contrats des personnes morales est bien plus faible que celui des personnes physiques. Cependant, les encours les plus élevés sont très souvent des personnes morales.

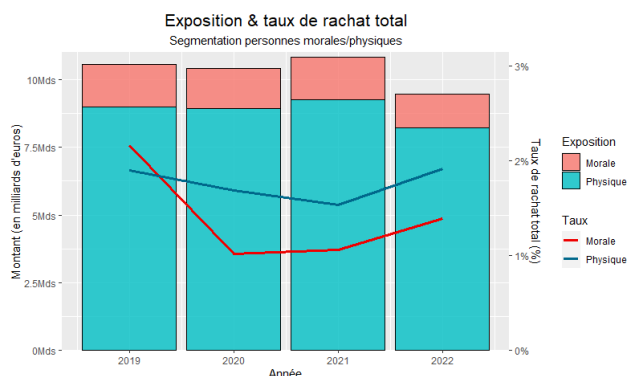


FIGURE 3.8 – Exposition et taux de rachat total - physiques/morales

Certes, l'exposition n'est pas aussi élevée chez les personnes morales que chez les personnes physiques, mais on peut observer une plus forte volatilité des taux de rachat total des personnes morales annuellement. Entre 2020 et 2022, les taux de rachat total des personnes physiques sont supérieurs à ceux des personnes morales. Pour l'année 2019, l'effet inverse est observable en raison de gros contrats qui ont été rachetés.

3.2 Méthodes utilisées

Cette partie aura pour but de présenter les méthodes utilisées afin de modéliser le rachat total structurel. Après avoir présenté les méthodes utilisées, l'objectif sera de *back-tester* le modèle sur une année d'observation et de mettre en concurrence les méthodes. La finalité sera de décider de la loi de rachat total qui sera intégrée au modèle de projection d'Allianz France. L'étude fait partie de la mise à jour des hypothèses comportementales.

3.2.1 La régression logistique

Le comportement des assurés peut être modélisé de plusieurs façons, pour le rachat total l'assuré possède deux choix durant la détention de son contrat. Soit il décide de :

- Racheter son contrat totalement.
- Ne pas racheter son contrat totalement.

Cela revient à modéliser une décision binaire à laquelle on peut affecter :

- **1** : L'assuré a décidé de racheter son contrat au cours de l'année d'étude.
- **0** : L'assuré a décidé de ne pas racheter son contrat au cours de l'année d'étude.

L'objectif est de trouver les facteurs qui influent cette décision. On cherche donc à expliquer une variable aléatoire $Y \in \{0, 1\}$ par un ensemble de variables explicatives $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$. La régression logistique est un cas particulier des modèles linéaires généralisés (GLM). Le modèle est utilisé dans le cadre des régressions binomiales.

Soit Ω notre échantillon de taille n , pour un individu ω_i , la **probabilité a posteriori** de racheter son contrat, tout en sachant les caractéristiques de cet individu peut être écrite :

$$\mathbb{P}(Y(\omega_i) = 1 | X(\omega_i)) = \pi(\omega_i)$$

La probabilité a posteriori est la probabilité que l'on cherche à modéliser. L'équation du modèle est décrite par :

$$g(\mathbb{P}(Y(\omega_i) = 1 | X(\omega_i))) = \beta_0 + \beta_1 X_1(\omega_i) + \dots + \beta_p X_p(\omega_i) = z(\omega_i)$$

- g : La fonction de lien.
- $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)^t$: Le vecteur des paramètres.
- z : Le prédicteur linéaire.

Dans le cadre d'une régression logistique, la fonction de lien est $g(\pi(\omega_i)) = \ln\left(\frac{\pi(\omega_i)}{1-\pi(\omega_i)}\right)$, également appelée la transformation *Logit*.

$$\text{Logit}(\pi(\omega_i)) = \beta_0 + \beta_1 X_1(\omega_i) + \dots + \beta_n X_p(\omega_i)$$

Cela permet d'obtenir l'égalité :

$$\mathbb{P}(Y(\omega_i) = 1 | X(\omega_i)) = \frac{1}{1+e^{-z(\omega_i)}} = \frac{e^{z(\omega_i)}}{1+e^{z(\omega_i)}}$$

Cette fonction est très utile dans le sens où elle permet d'obtenir une image dans l'intervalle $[0, 1]$ à partir d'un antécédent à valeur dans $\mathbb{R}$.

Pour la suite les notations seront simplifiées, $Y(\omega_i) = Y_i$, $X(\omega_i) = X_i$, $z(\omega_i) = z_i$ et $\pi(\omega_i) = \pi_i$. Ainsi pour l'individu i , la probabilité de rachat total est modélisée en utilisant la loi binomiale $\mathcal{B}(1, \pi_i)$, ce qui permet d'écrire :

$$\mathbb{P}(Y_i | X_i) = \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{1-y_i}$$

Les observations y_i peuvent prendre deux valeurs et lorsque :

- $y_i = 1$, cela permet d'avoir $\mathbb{P}(Y_i = 1 | X_i) = \pi_i$
- $y_i = 0$, cela permet d'avoir $\mathbb{P}(Y_i = 0 | X_i) = 1 - \pi_i$

Les paramètres du modèle sont estimés en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance.

Par définition, pour une loi binomiale la vraisemblance est égale à :

$$\mathcal{L}(\beta, X) = \prod_{i=1}^n \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{1-y_i}$$

La log-vraisemblance est usuellement utilisée, elle permet de simplifier les calculs. Elle est rendue possible par la monotonie de la fonction logarithme.

$$\ln(\mathcal{L}(\beta, X)) = \sum_{i=1}^n y_i \ln(\pi_i) + (1 - y_i) \ln(1 - \pi_i)$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance $\hat{\beta}$ est calculé en résolvant :

$$\frac{\partial \ln(\mathcal{L}(\beta, X))}{\partial \beta} = 0$$

Il peut également être réécrit sous la forme :

$$\hat{\beta} = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}}(\ln(\mathcal{L}(\beta, X))) = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}}\left(\sum_{i=1}^n y_i \ln(\pi_i) + (1 - y_i) \ln(1 - \pi_i)\right)$$

Il demeure compliqué de résoudre le système d'équations à l'aide de formule fermée. Le système est généralement résolu en utilisant des algorithmes d'optimisation, dont le plus connu est celui de Newton-Raphson.

Note : L'hypothèse d'indépendance entre les variables aléatoires reste une hypothèse contestable. [Milhaud, 2011]

3.2.2 La méthode Allianz

De prime abord, la méthode utilisée actuellement chez Allianz semble beaucoup plus simple à mettre en oeuvre. Elle repose sur une segmentation des lois de rachat par réseau de distribution, avec des taux dépendants de l'ancienneté du contrat. Il y a donc 4 lois de rachat total qui sont modélisées :

- Loi pour les banques de réseau
- Loi pour les banques privées
- Loi pour les conseillers en gestion de patrimoine indépendants (CGPI)
- Loi pour le courtage et autres partenaires

La méthodologie de l'exercice de calibrage des lois de rachat peut être résumée sous la forme suivante :

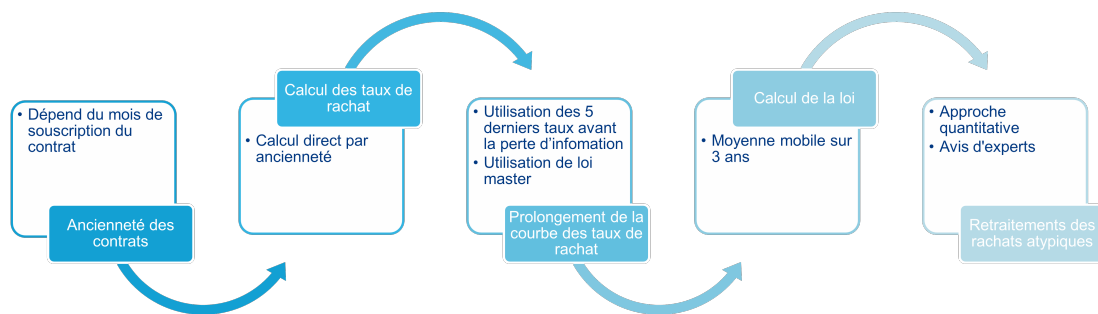


FIGURE 3.9 – Processus de calibrage des lois de rachat - [Allianz, 2022]

La première étape consiste à déterminer l'ancienneté associée à chaque contrat entrant dans le périmètre de l'étude. L'ancienneté est un entier naturel (à valeur dans $\mathbb{N}$). Le calcul des taux de rachat est ensuite effectué avec un calcul direct par ancienneté, qui consiste à préalablement définir une provision mathématique d'ouverture pour chaque ancienneté k :

$$PM_k = PM_{cloture,k} + RachatsTotaux_k + RachatsPartiels_k$$

Puis on définit le taux de rachat total annuel associé à une ancienneté k par :

$$\tau_k = \frac{RachatsTotaux_k}{PM_k}$$

Les taux doivent ensuite être prolongés pour les anciennetés où l'information est manquante ou insuffisante. Plusieurs méthodes sont possibles, celle utilisée consiste à extrapoler les taux en effectuant la moyenne des taux des 5 dernières anciennetés précédant la perte d'information. Visualisons la méthode sur les taux observés en 2022 de notre portefeuille.

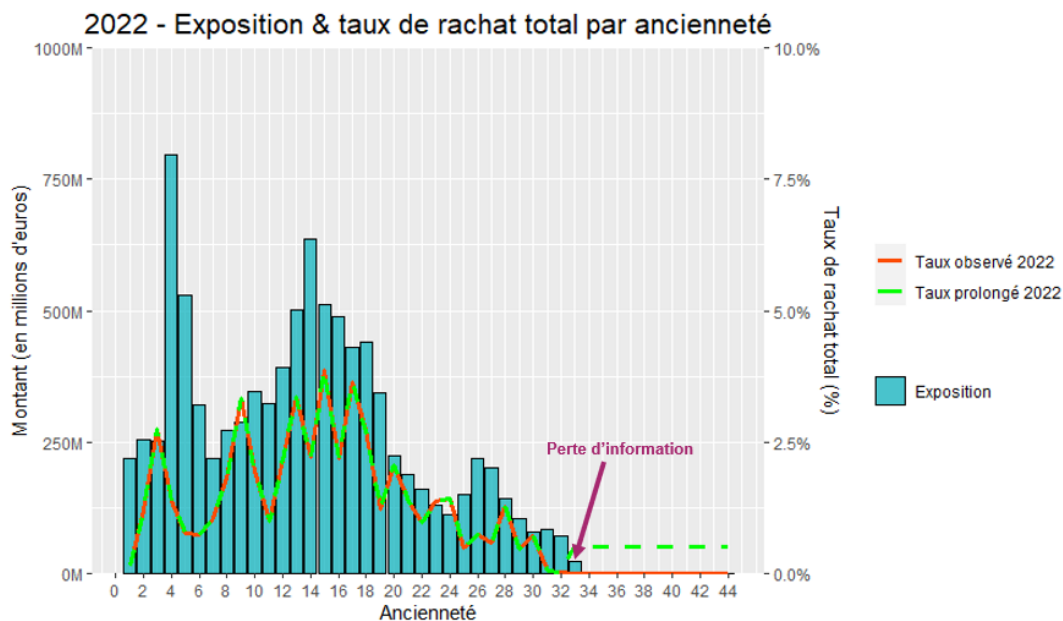


FIGURE 3.10 – Prolongement des taux de rachat

A partir de l'ancienneté 33, l'exposition n'est plus suffisante afin de mutualiser le risque, les données ne sont pas assez suffisantes pour pouvoir établir un taux robuste

pour les anciennetés suivantes. Ainsi, le principe repose sur une extrapolation constante.

α est introduit, c'est l'ancienneté où la perte d'information est constatée, en outre le moment où l'exposition n'est plus suffisante pour en déduire un taux robuste pour les anciennetés suivantes. α est généralement déduit par avis d'expert.

Le calcul des taux de rachat total avec prolongement devient :

$$\tau_k = \begin{cases} \frac{RachatsTotaux_k}{PM_k}, & \text{si } k < \alpha \\ \frac{1}{5} \times \sum_{i=1}^5 \tau_{\alpha-i}, & \text{si } k \geq \alpha \end{cases}$$

Cette méthode est possible uniquement si l'information est disponible pour plusieurs anciennetés, il est donc nécessaire que α soit assez grand.

Une seconde méthode peut être utilisée, elle consiste à utiliser une loi dite "Master", en résumé, lorsque les observations ne sont pas suffisantes ou lorsqu'une ressemblance des chroniques de taux est observée entre deux mailles sur les anciennetés disponibles et identiques, modulo un certain coefficient multiplicatif. Il devient alors possible de prolonger les taux de rachat indisponibles de la maille par les taux de rachat de l'autre maille pondérés par le coefficient de proportionnalité.

Soit :

- **A** : La maille dont l'information est indisponible à partir d'une certaine ancienneté.
- **B** : La loi dite "Master".
- λ : Le coefficient de proportionnalité entre les taux de rachat de A et de B.

Les taux de rachat prolongés de A sont donnés pour $k \geq \alpha$:

$$\tau_k(A) = \lambda \times \tau_k(B)$$

Cette méthode est moins évidente dans le sens où il est nécessaire de trouver une loi candidate, ce qui n'est pas toujours aisé. Il est également recommandé d'effectuer certaines études statistiques pour pouvoir être en mesure de justifier le choix de l'utilisation de la loi "Master".

Lorsque les taux de l'année sont établis, il est désormais possible de passer au calcul de la loi.

L'exercice étant effectué annuellement, les taux historiques sont conservés à la maille réseau de distribution. Ainsi pour chaque maille, les taux de rachat total forment un tableau dont la chronique dépend de l'ancienneté.

Ancienneté	Taux 2022	Taux 2021	Taux 2020	Taux 2019
1	0.3%	0.1%	0.2%	0.2%
2	1.4%	0.4%	0.2%	1.6%
3	3.4%	0.3%	0.7%	4.2%
4	1.6%	1.2%	1.6%	5.0%
5	1.3%	2.1%	2.3%	5.8%
6	1.2%	2.7%	3.2%	4.0%
7	1.6%	1.9%	1.7%	2.7%
8	1.6%	1.2%	4.0%	2.3%
9	6.2%	2.3%	6.6%	3.5%
10	4.7%	2.6%	3.3%	4.1%
11	3.3%	2.3%	4.7%	6.9%
12	2.1%	3.3%	3.4%	2.3%
13	3.3%	2.3%	2.3%	3.6%
14	3.2%	2.2%	1.8%	3.4%
15	3.2%	2.6%	2.4%	3.1%
...	...	...	...	...
42	1.0%	1.2%	0.6%	0.8%
43	1.0%	1.2%	0.6%	0.8%
44	1.0%	1.2%	0.6%	0.8%

FIGURE 3.11 – Historique des taux de rachat total par ancienneté

La loi de rachat de la campagne $N + 1$ est ensuite déterminée en effectuant une moyenne mobile par ancienneté sur les 3 dernières années observées.

$$\tau_k^{loi} = \frac{\tau_k^N + \tau_k^{N-1} + \tau_k^{N-2}}{3}$$

Il a été considéré qu'un lissage de moins de 3 ans serait très volatil et inversement un lissage plus long pourrait ne pas refléter la situation actuelle. Lorsque la loi est déterminée, une analyse permet de détecter des éventuels taux aberrants.

Le poids de certains contrats dans l'encours de la maille qui les concerne est en effet tel qu'en cas d'événement de rachat survenant sur ceux-ci, la loi de rachat en serait fortement affectée. Pour éviter de prendre en compte des comportements atypiques dans la modélisation des comportements futurs des assurés, nous sommes donc amenés à effectuer des retraitements.

La méthode de retraitement effectuée en cas de taux aberrants, consiste à retraiter un rachat réunissant les conditions suivantes :

- Le mouvement de rachat représente plus de 5% de l'encours exposé,
- Le montant de rachat considéré est supérieur ou égal à 1 M€,

- La prise en compte de ce rachat entraîne une variation du taux de rachat de plus de 2% par rapport aux séries des deux années précédentes.

Lorsque ces trois conditions sont réunies, le rachat est à retraiter, sur la partie en-cours comme sur la partie rachat, en le supprimant au niveau du périmètre de l'étude. Bien entendu, le jugement d'expert pourra toujours intervenir pour retraiter les données en-dehors des conditions prévues.

3.2.3 Résultats et comparaison des méthodes

Pour la modélisation des rachats totaux en utilisant la régression logistique, deux approches ont été retenues :

- Une première méthode consiste à laisser les données quantitatives de la sorte.
- La seconde consiste à classer à priori les données quantitatives à l'aide des analyses multi-variées. La classification des variables quantitatives se fera par tranche, par exemple il ne sera pas possible de regrouper deux âges trop éloignés.

Pour la sélection des variables explicatives, plusieurs méthodes existent. Le choix s'est porté sur une recherche ascendante et descendante afin de sélectionner les variables les plus pertinentes dans le modèle en utilisant le critère d'information d'Akaike, (en anglais *Akaike information criterion* ou AIC).

Le critère AIC est évalué comme suit :

$$AIC = 2k - 2\ln(\mathcal{L})$$

- k représente le nombre de paramètres à estimer du modèle.
- $\mathcal{L}$ représente le maximum de la fonction de vraisemblance du modèle.

Cette métrique permet d'évaluer la probabilité que le modèle utilisé soit le modèle qui minimise la perte d'information. Le critère vise à trouver un équilibre entre la complexité du modèle et son ajustement aux données.

La méthode ascendante-descendante consiste à combiner la méthode ascendante et la méthode descendante. Les deux méthodes sont définies comme suit :

- La méthode ascendante commence par un modèle vide, puis ajoute séquentiellement les variables une par une en choisissant celle qui améliore le plus le modèle en termes d'AIC. De manière itérative, une variable est ajoutée si elle réduit l'AIC

de façon significative.

- La méthode descendante procède dans le sens inverse de la méthode ascendante.

En sélectionnant les variables puis en implémentant le modèle sur la base de données d'apprentissage, les résultats en sortie du modèle sont :

Description	Coefficient	Ecart-type	z value	Pr(> z)	
Constante	-1.3674	0.0829	-16.49	< 2e-16	***
Ancienneté	0.0091	0.0018	4.95	6.37e-08	***
Age	-0.0076	0.0008	-9.99	< 2e-16	***
Proportion d'UC	-0.8182	0.0291	-28.14	< 2e-16	***
Encours	-2.46e-06	0.0000	-20.75	< 2e-16	***
Capitalisation (ref.)					
Assurance vie	-0.4470	0.0503	-8.89	< 2e-16	***
Gestion libre (ref.)					
Gestion sous mandat	-0.9387	0.1086	-8.64	< 2e-16	***
Personne morale (ref.)					
Personne physique	-0.3056	0.0925	-3.30	0.0010	***

TABLE 3.1 – Coefficients régression logistique

La première étape consiste à évaluer le modèle sur la base de test. La courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*) permet d'évaluer la précision des prévisions d'un modèle de classification binaire. Dans notre étude, le principe de la courbe ROC consiste à représenter la sensibilité en fonction de (1 - la spécificité). La sensibilité mesure la capacité du modèle à détecter correctement les assurés ayant racheté totalement leur contrat, tandis que la spécificité mesure la capacité du modèle à détecter correctement les assurés n'ayant pas racheté leur contrat.

La courbe ROC est généralement accompagnée d'une métrique, l'AUC (*Area Under the Curve*), qui permet d'évaluer les capacités discriminatoires du modèle. L'AUC évalue la capacité du modèle à classer correctement les observations dans leurs catégories respectives (Rachat, Pas de rachat). Un AUC proche de 1 signifie que le modèle possède d'excellentes capacités discriminatoires. Un AUC proche de 0,5 signifie que le modèle ne possède aucune capacité discriminatoire.

La finalité de la modélisation du rachat total est de pouvoir estimer le **montant** annuel des rachats totaux en fonction de la répartition du portefeuille. Ainsi, comparer pour l'année de test les réalisations aux estimations (*Actual* versus *Expected*) peut également être une métrique qui témoigne de la qualité de prédiction du modèle. Généralement la comparaison se fait sous la forme d'un ratio :

$$A/E = Actual/Expected$$

La courbe ROC du modèle et l'AUC associé sont représentés comme suit :

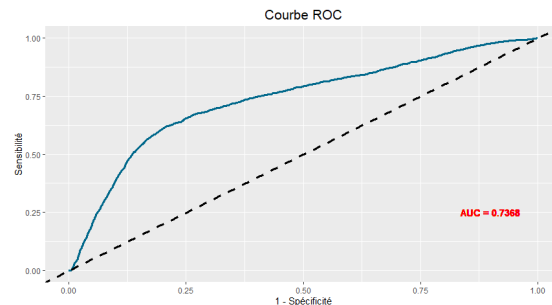


FIGURE 3.12 – Courbe ROC - régression logistique

A première vue, l'AUC paraît être satisfaisant, il sera intéressant de le challenger par la suite.

Bien que les variables soient statistiquement significatives, il est important de pouvoir expliquer les coefficients associés à chaque variable. Cette analyse des coefficients permettra de comprendre d'une part l'influence de la variable sur la décision de rachat et d'autre part l'ampleur de cette influence. L'interprétabilité des paramètres se fait généralement en utilisant le *Odds ratio*. L'*Odds ratio* n'est rien d'autre que les coefficients exponentiés. Dans le cas d'une variable qualitative, l'*Odds ratio* est comparé à 1 et permet de savoir si la modalité étudiée fait que l'assuré est plus ou moins propice à racheter son contrat que la modalité de référence. Il est également important de rappeler que, dans le cadre d'une régression logistique, les variables qualitatives sont discrétisées et exprimées au moyen d'indicateurs associées à leurs différentes modalités. En résumé, l'*Odds ratio* ou **OR** d'une variable qualitative étudiée est analysé comme tel :

- **OR** < 1 : La présence de la modalité étudiée fait qu'un assuré possédant cette caractéristique a moins de chance de racheter son contrat qu'un assuré possédant la caractéristique de la modalité de référence.
- **OR** > 1 : La présence de la modalité étudiée fait qu'un assuré possédant cette caractéristique a plus de chance de racheter son contrat qu'un assuré possédant la caractéristique de la modalité de référence.
- **OR** = 1 : La décision pour un assuré de racheter son contrat est indépendante des deux modalités de cette variable.

Dans le cas d'une variable quantitative le principe est identique cependant il peut être vu comme : Plus la variable quantitative est élevée, plus le risque que l'assuré rachète son contrat augmente ou diminue en fonction de si l'OR > 1 ou l'OR < 1 .

Analyser l'*Odds ratio* revient également à analyser le signe du coefficient, en effet supposons la modalité γ , le coefficient associé est noté β_γ , on a :

$$OR_\gamma > 1 \iff \exp(\beta_\gamma) > 1 \iff \beta_\gamma > 0$$

De façon complémentaire on a :

$$OR_\gamma < 1 \iff \exp(\beta_\gamma) < 1 \iff \beta_\gamma < 0$$

La constante n'est généralement pas analysée, elle n'apporte pas d'information quant à la décision de rachat.

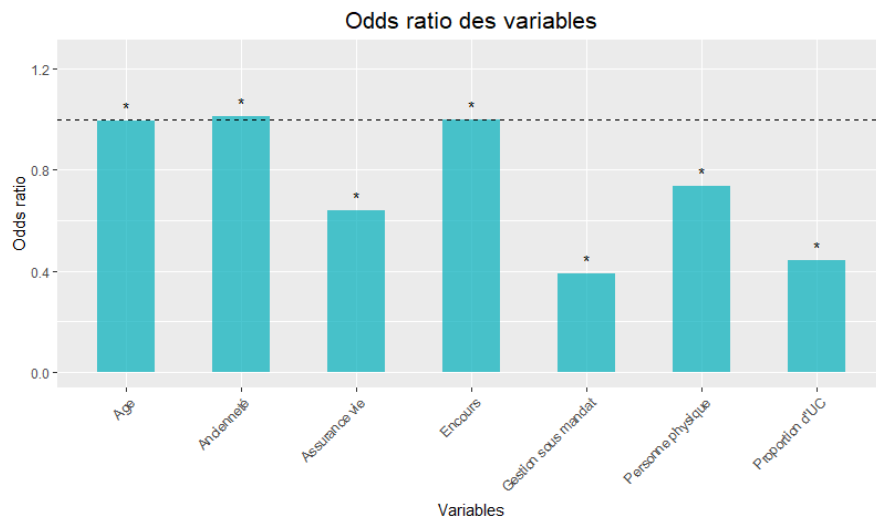


FIGURE 3.13 – *Odds ratio* - régression logistique

Le graphique représente les *Odds ratio* des variables, donc les coefficients exponentiés ainsi que la significativité des variables.

Les autres variables hormis l'ancienneté ont un *Odds ratio* inférieur à 1, ce qui peut être décrit comme suit :

- **Ancienneté** : Plus un contrat est ancien, plus l'assuré détenteur du contrat a de chance de le racheter.

- **Age** : Plus un assuré est âgé, moins il a de chance de racheter son contrat.
- **Proportion d'UC** : Plus un assuré est exposé sur les UC, moins il a de chance de racheter son contrat.
- **Encours** : Plus un assuré possède un encours élevé, moins il a de chance de racheter son contrat.
- **Assurance vie** : Un assuré possédant un contrat d'assurance vie a moins de chance de racheter son contrat qu'un assuré possédant un contrat de capitalisation.
- **Gestion sous mandat** : Un assuré possédant un contrat incluant l'option gestion sous mandat a moins de chance de racheter son contrat qu'un assuré étant en gestion libre.
- **Personne physique** : Une personne physique a moins de chance de racheter son contrat qu'une personne morale.

Conserver les variables ainsi revient à dire que l'effet des variables quantitatives est monotone. Cette vision est clairement contestable. Il suffit de regarder les taux de rachat des quatre dernières années selon l'ancienneté pour constater qu'au-delà d'un certain seuil d'ancienneté, une décroissance drastique est observée.

Le second modèle permet d'avoir une valeur ajoutée avec la mise en place d'une classification des variables quantitatives.

Plusieurs méthodes de classification existent, cependant dans la présente étude, le souhait est de pouvoir avoir des caractéristiques qui expliquent le rachat de l'assuré. Il a donc été décidé d'effectuer une classification a priori en analysant les tendances observées lors des analyses multi-variées. Plusieurs modèles ont été étudiés, le modèle présenté est le modèle dont les variables sont statistiquement significatives et dont les classes peuvent être facilement interprétables, sans que leur nombre soit disproportionné.

La classification de l'ancienneté permet de segmenter la variable pour pouvoir représenter :

- Les anciennetés où le rachat est considéré comme précoce.
- Les anciennetés précédant le pic fiscal.
- Les anciennetés suivant le pic fiscal.

- Les anciennetés longues.
- Les anciennetés très longues.



La classification de l'âge est désormais plus complète car elle permet désormais de distinguer les personnes morales des personnes physiques. Les classes sont structurées comme suit :

- Les très jeunes, moins de 25 ans.
- Les jeunes actifs, compris entre 25 et 40 ans.
- Les actifs, compris entre 40 et 60 ans.
- Les personnes âgées, compris entre 60 et 90 ans.
- Les très vieux, supérieurs à 90 ans.
- Les personnes morales.



Le schéma est identique pour les encours, la structure des classes est :

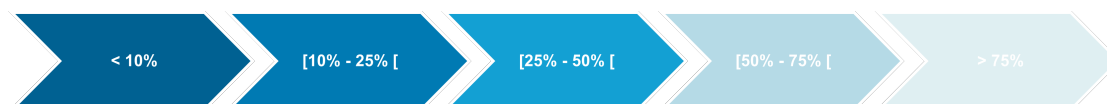
- Les encours très faibles, moins de 25k€.
- Les encours faibles, compris entre 25k€ et 50k€.
- Les encours compris entre 50k€ et 100k€.
- Les encours compris entre 100k€ et 500k€.
- Les encours compris entre 500k€ et 1M€.
- Les encours compris entre 1M€ et 5M€.

- Les encours supérieurs à 5M€.



La proportion d'UC est également classifiée pour avoir des classes sous la forme :

- La quasi-totalité est investie sur l'euro, proportion d'UC < 10%.
- Une majorité est investie sur l'euro, proportion d'UC comprise entre 10% et 25%.
- La proportion d'UC comprise entre 25% et 50%.
- La proportion d'UC comprise entre 50% et 75%.
- Une majorité est investie sur les UC, proportion d'UC supérieure à 75%.



Après la présentation de la classification des variables quantitatives retenue, les résultats du modèle seront maintenant présentés.

Description	Coefficient	Ecart-type	z value	Pr(> z)	
Constante	-1.66752	0.09132	-18.261	< 2e-16	***
Ancienneté < 4 (ref.)					
Ancienneté < 8 & >4	0.3194	0.0542	5.889	3.88e-09	***
Ancienneté < 12 & >8	0.8390	0.0495	16.950	< 2e-16	***
Ancienneté < 20 & >12	0.7439	0.0467	15.948	< 2e-16	***
Ancienneté > 20	0.1755	0.0561	3.132	0.00174	**
Age - Morale (ref.)					
Age < 25	-1.0475	0.1283	-8.163	3.27e-16	***
Age < 40 & > 25	-0.4981	0.0895	-5.566	2.61e-08	***
Age < 60 & > 40	-0.5619	0.0831	-6.758	1.40e-11	***
Age < 90 & > 60	-0.5837	0.0821	-7.114	1.12e-12	***
Age > 90	-0.7544	0.1099	-6.865	6.66e-12	***
Proportion d'UC < 10% (ref.)					
Proportion d'UC <25% & >10%	-0.2543	0.0549	-4.630	< 3.65e-06	***
Proportion d'UC <50% & >25%	-0.4720	0.0414	-11.412	< 2e-16	***
Proportion d'UC <75% & >50%	-0.6458	0.0422	15.320	< 2e-16	***
Proportion d'UC > 75%	-0.6742	0.0285	-23.631	< 2e-16	***
Encours < 20k (ref.)					
Encours < 50k & > 20k	-0.4441	0.0301	-14.754	< 2e-16	***
Encours < 100k & > 50k	-0.8035	0.0361	-22.241	< 2e-16	***
Encours < 500k & > 100k	-1.1711	0.0370	-31.692	< 2e-16	***
Encours < 1M & > 500k	-1.7908	0.1192	-15.020	< 2e-16	***
Encours < 5M & > 1M	-1.7878	0.1463	-12.222	< 2e-16	***
Encours > 5M	-3.2276	0.7124	-4.531	5.88e-06	***
Capitalisation (ref.)					
Assurance vie	-0.4600	0.0510	-9.025	< 2e-16	***
Gestion libre (ref.)					
Gestion sous mandat	-0.9471	0.1092	-8.677	< 2e-16	***

TABLE 3.2 – Coefficients régression logistique avec classification

Les variables sont statistiquement significatives. La qualité du modèle est évaluée selon la même méthode que le premier modèle, cela permet également de classer les modèles en fonction de leur qualité. L'interprétation des coefficients sera également présentée en utilisant les *Odds ratio*.

La courbe ROC du modèle avec classification des variables quantitatives et l'AUC permettent d'obtenir :

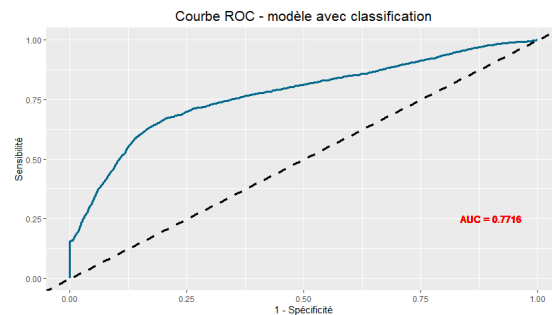


FIGURE 3.14 – Courbe ROC - régression logistique avec classification

L'AUC est satisfaisant, tout en étant plus élevé que le premier modèle. Les *Odds ratio* permettent de retrouver certains points préalablement relevés.

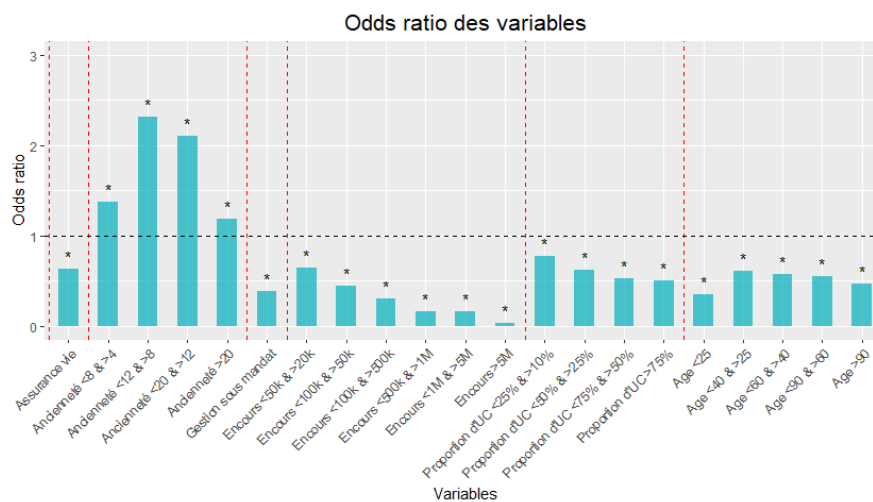


FIGURE 3.15 – *Odds ratio* - régression logistique avec classification

Les *Odds ratio* des différentes classes d'ancienneté paraissent très intéressants. Il en ressort que les rachats précoces sont les moins fréquents, à l'inverse les rachats après le pic fiscal des 8 ans sont les plus fréquents. Une tendance non monotone est clairement notable.

Après avoir présenté le modèle de régression logistique sans classification des variables puis le modèle de régression logistique avec la classification des variables quantitatives, les lois d'expériences construites en utilisant la méthode Allianz seront désormais présentées puis les résultats seront comparés.

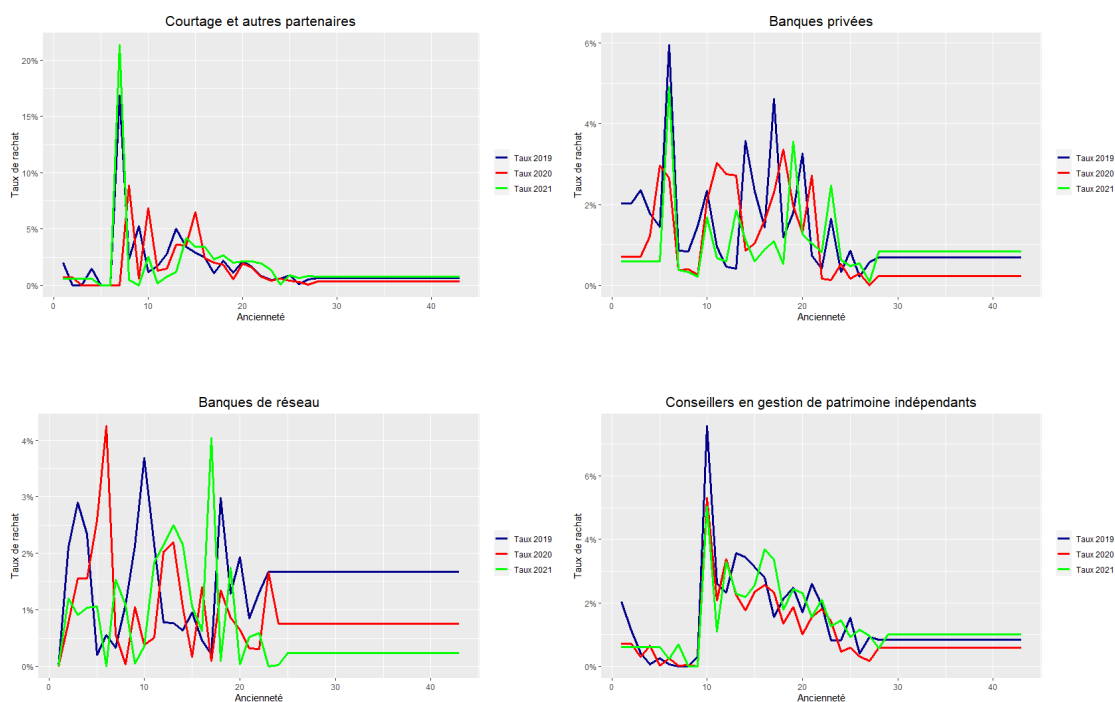


FIGURE 3.16 – Taux de rachat total des trois dernières années par réseau de distribution

L'allure des taux par ancienneté semble ne pas trop varier d'une année à l'autre sur les mailles :

- Courtages et autres partenaires
- Conseillers en gestion de patrimoines indépendants (CGPI)

Les taux paraissent plus volatils d'une année à l'autre sur les autres mailles, l'écart semble être un peu plus prononcé sur la maille des **banques de réseau**. Ce phénomène est principalement lié à un nombre d'observations plus faible, ce qui entraîne une exposition moins importante que sur la maille des CGPI, par exemple.

Après avoir présenté l'évolution des taux par ancienneté pour les années 2019, 2020 et 2021, les lois 2022 pour les différentes mailles peuvent être déduites en appliquant la méthode Allianz présentée dans les sections précédentes. Pour donner du sens aux résultats, il est préférable de toujours présenter une loi accompagnée de l'exposition qui lui est associée.

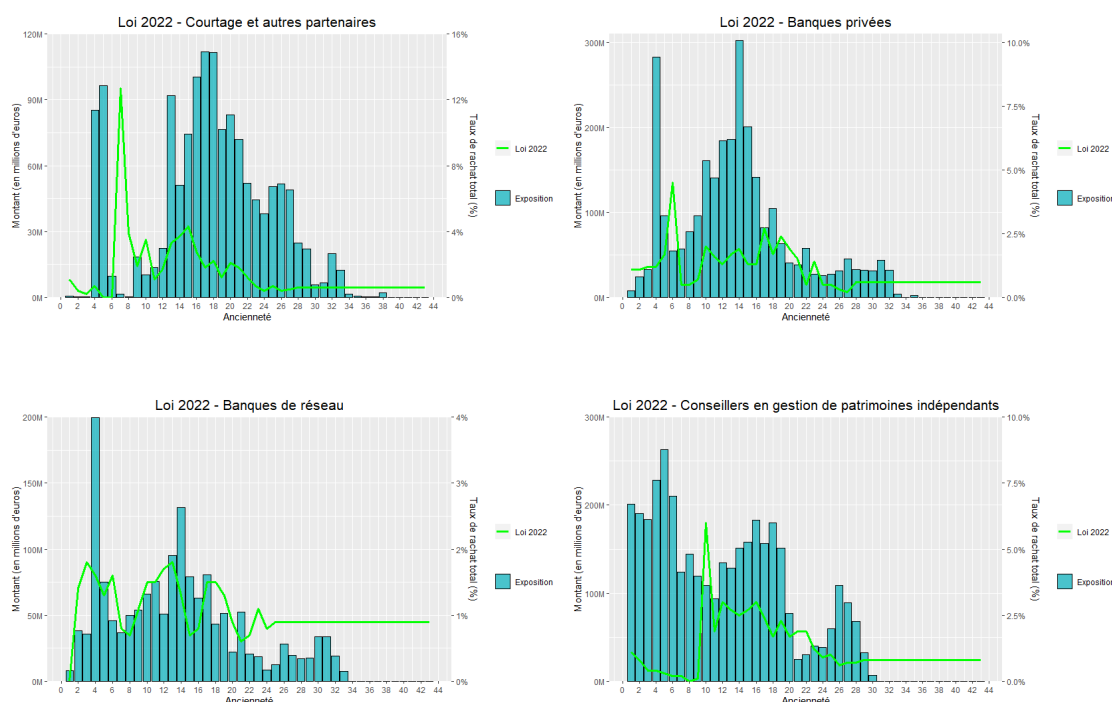


FIGURE 3.17 – Lois de rachat total par réseau de distribution

Maintenant que le calibrage des lois de rachat structurel a été effectué pour les trois modèles, il est possible de mettre en place une comparaison afin d'évaluer la qualité prédictive de chacun d'entre eux. Il convient également de présenter les avantages et inconvénients des différents modèles utilisés.

	Maille	Actual / Expected
Régression logistique	Contrat	108%
Régression logistique avec classification	Contrat	101%
Méthode Allianz	Réseau de distribution	104%

FIGURE 3.18 – Résultats des modèles - *Actual/Expected*

Les trois modèles sous-estiment plus ou moins les rachats. La méthode de régression logistique avec classification est celle qui se rapproche le plus de ce qui a été réellement observé, ce qui se traduit par un ratio $Actual/Expected = 101\%$. Les conclusions tirées ne doivent pas être précipitées, car le ratio A/E ne prend pas en compte un phénomène important. Les rachats provenant des données techniques qui alimentent l'*Actual* comprennent à la fois des rachats structurels et des rachats conjoncturels. Il est impossible de

les distinguer les uns des autres. Le ratio permet d'avoir une vision globale de la qualité des modèles. Il est également intéressant de comparer les estimations aux réalisations sous un autre prisme.

L'ancienneté étant souvent la principale variable explicative retenue, la comparaison entre les taux estimés et observés peut être présentée comme suit :

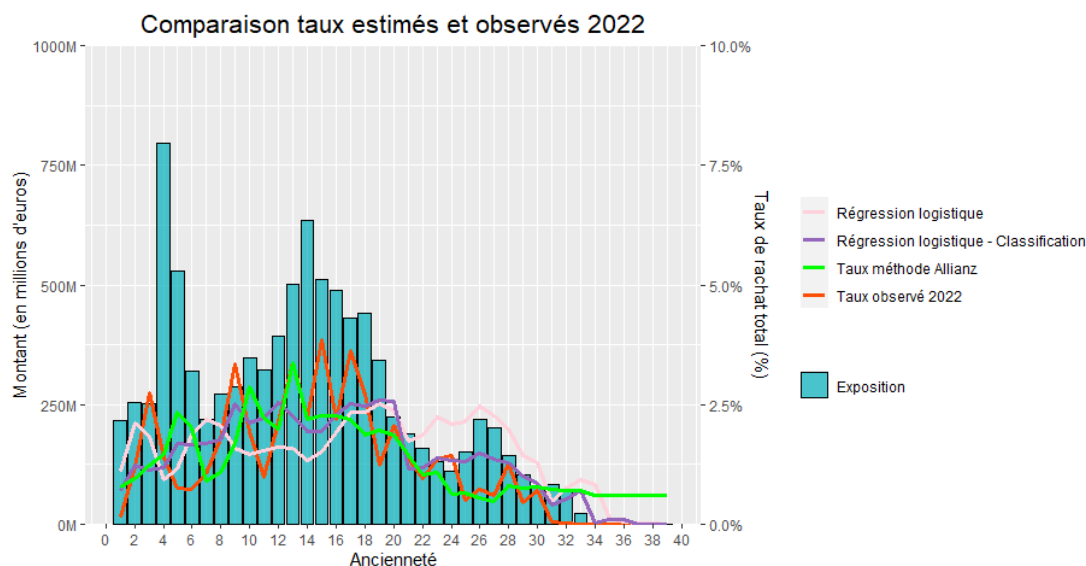


FIGURE 3.19 – Résultats des modèles par ancienneté

On observe clairement que chacun des modèles possède une zone de prédilection quant à la prédiction.

Il semble important de présenter les avantages et limites des différents modèles.

Régression logistique

Avantages : La mise en place du modèle est simple, les données sont prises telles quelles et nécessitent peu ou pas de retraitement. L'analyse des résultats du modèle est détaillée et précise. Les variables explicatives sont sélectionnées en fonction de leur significativité, ce qui apporte une justification statistique à leur utilisation dans le modèle. Le modèle est facile à expliquer et permet d'évaluer la capacité discriminante sur le rachat d'une variable explicative.

Limites : La principale limite du modèle est de supposer la monotonie de la discrimination du rachat d'une variable explicative quantitative. Cela signifie que l'effet de la variable explicative est soit entièrement positif, soit entièrement négatif, sans inversion de

tendance. Dans de nombreuses situations, cette hypothèse n'est pas vérifiée, par exemple parfois l'impact d'une variable explicative peut dépendre d'un seuil spécifique. Une autre limite réside dans la complexité de l'intégration au modèle de projection, toutes les variables souhaitées ne sont pas présentes dans les modèles points. Modifier les modèles points revient également à revoir les règles d'agrégation et modifier plusieurs parties du code.

Régression logistique avec classification

Avantages : L'avantage principal est que ce modèle permet de surmonter la limite rencontrée dans le modèle précédent. Les résultats sont également plus précis, car ils sont désormais disponibles par classe. De plus, son interprétabilité est améliorée.

Limites : Dans les limites du modèle, une partie est identique au premier modèle, en effet l'intégration du modèle au modèle de projection est complexe. Il convient de noter qu'il existe des limites quant à la complexité pour déterminer le nombre optimal de classes et la segmentation idéale des classes. L'historique de données doit également être robuste sur les différentes classes.

Méthode Allianz - Loi d'expérience

Avantages : Le modèle proposé est simple dans son implémentation, il dépend uniquement de l'ancienneté et de la granularité associée. La moyenne mobile sur 3 ans est utilisée pour éviter un lissage excessivement volatil tout en reflétant au mieux la situation actuelle. Cela n'aurait pas été le cas avec un lissage trop long.

Limites : Des limites peuvent se présenter quant à l'utilisation des groupes présentant des comportements homogènes, dont la véracité peut ne plus être garantie. De plus, il est possible de considérer que le modèle ne dispose pas d'un nombre suffisant de variables explicatives.

La simplicité de l'approche adoptée par Allianz, ainsi que le fait que toutes les variables explicatives sélectionnées dans les régressions logistiques ne soient pas intégrées dans les modèles points, plaident en faveur du maintien de la méthode actuelle pour la modélisation des rachats structurels. De plus, les résultats et analyses divers permettent de conclure que l'année 2022 n'est pas marquée par un excès significatif de rachats attribuables aux rachats conjoncturels.

Chapitre 4

Analyse du rachat conjoncturel

Après avoir présenté quelques modèles permettant d'estimer les rachats structurels, qui n'incluent donc aucune variable liée de près ou de loin aux marchés financiers, il est désormais nécessaire de se pencher sur la partie excédentaire des rachats liée à l'évolution des marchés.

Cette partie s'appuiera sur des données récentes, observées jusqu'à la fin du mois de juin 2023. Cela permettra d'analyser des données provenant d'une conjoncture économique exceptionnelle, marquée par une forte remontée des taux.

Cette partie nécessitera l'utilisation du modèle ALM d'Allianz, **ALIM** (*Asset and Liabilities Interaction Management*). L'utilisation d'un modèle stochastique est nécessaire pour valoriser les options et garanties incluses dans l'évaluation du *Best Estimate*.

Pour bien comprendre cette nécessité, un exemple simplifié sera présenté à travers la valorisation d'un taux minimum garanti (TMG).

Soit r le taux sans risque, supposons un contrat fictif avec un $TMG = 2\%$. Une approche déterministe revient à avoir une unique trajectoire économique.

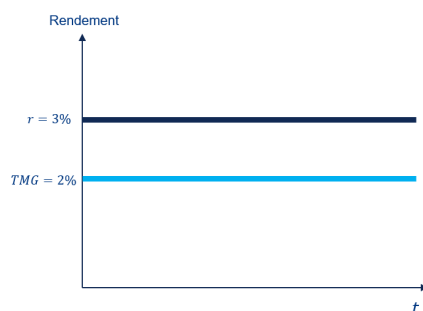


FIGURE 4.1 – Approche déterministe

Dans l'exemple, le scénario central a un taux sans risque de 3% et le TMG est égal à 2%, ainsi le coût de la garantie $TMG = \max(2\% - 3\%, 0) = 0$. Le coût de la garantie TMG n'est donc pas pris en compte dans un scénario déterministe.

Une approche stochastique peut être schématisée par :

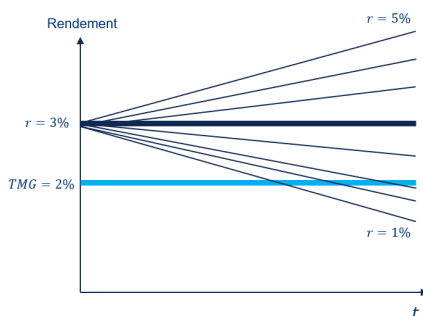


FIGURE 4.2 – Approche stochastique

Les différentes trajectoires sont issues d'un GSE risque neutre. Pour chaque simulation, le coût de la garantie TMG est calculé en utilisant :

$$\text{coût de la garantie } TMG = \max(2\% - r, 0)$$

Lorsque le coût de la garantie est déterminé pour chaque scénario, la méthode de Monte-Carlo permet d'obtenir la juste valeur du coût de la garantie.

4.1 La modélisation du rachat conjoncturel chez Allianz

Allianz utilise aujourd'hui une loi propre permettant d'estimer les rachats conjoncturels qui est assez proche de celle préconisée par les Orientations Nationales Complémentaires (ONC) de l'ACPR. L'objectif des ONC est d'instaurer un cadre afin de limiter l'hétérogénéité des pratiques des organismes.

La méthodologie Allianz utilise une fonction qui dépend de la différence entre un taux benchmark et le taux servi, ce qui constitue une première différence par rapport aux ONC qui recommandent une fonction basée sur la différence dans le sens contraire, donc entre le taux servi et un taux benchmark. Une seconde différence réside dans le fait de considérer que les rachats conjoncturels sont un multiple des rachats structurels.

4.1.1 Présentation générale

En conservant les notations présentées dans la partie 1.4.5, la loi finale de rachat modélisée dans ALIM s'obtient par :

$$RT(R, TA, \bullet) = RS(\bullet) \times (1 + deviation(TA, R))$$

Cette équation permet donc d'obtenir :

$$RC(R, TA) = RS(\bullet) \times deviation(TA, R)$$

L'allure de la fonction *deviation* comprend six paramètres, graphiquement cela est illustré par :

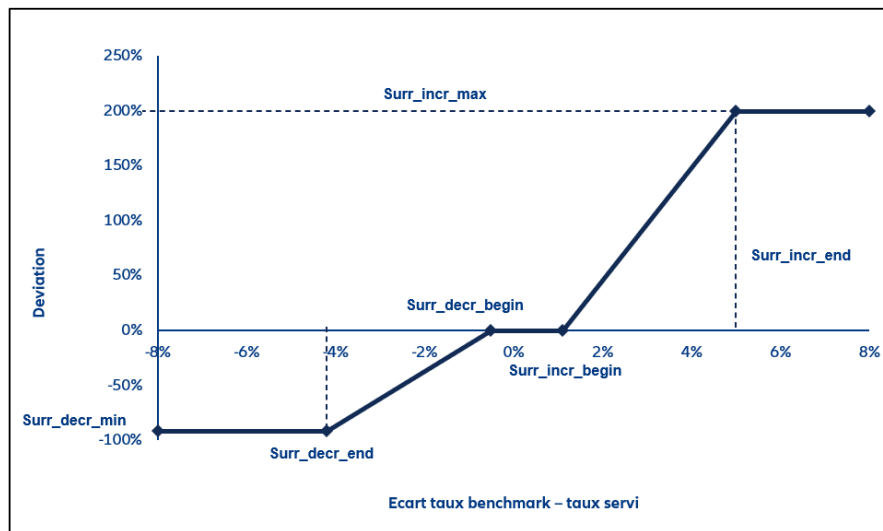


FIGURE 4.3 – Fonction *deviation*

Les paramètres de la représentation graphique de cette fonction sont donnés à titre d'exemple. La forme arc tangente de la fonction est assez semblable à celle des ONC. Il convient maintenant d'expliquer les différents paramètres :

Pour la partie des rachats dynamiques à la baisse :

- **Surr_decr_min** : La déviation permettant d'obtenir le taux de rachat minimum :

$$Taux_{min} = RS(\bullet) \times (1 + Surr_decr_min)$$

- **Surr_decr_end** : Le seuil où la déviation est constante et fixée à la valeur *Surr_decr_min*. Une fois le seuil dépassé à la baisse, l'écart de taux n'explique

plus le comportement des assurés.

- **Surr_decr_begin** : Le seuil d'activation d'une déviation faisant baisser les rachats. Ce cas là arrive quand le client a un taux servi bien plus intéressant que le taux benchmark.

Pour la partie des rachats dynamiques à la hausse :

- **Surr_incr_begin** : Le seuil d'activation d'une déviation faisant augmenter les rachats. Ce cas là arrive quand le client a un taux servi bien moins intéressant que le taux benchmark.
- **Surr_incr_end** : Le seuil où la déviation est constante et fixée à la valeur $Surr_incr_max$. Une fois le seuil dépassé à la hausse, l'écart de taux n'explique plus le comportement des assurés.
- **Surr_incr_max** : La déviation permettant d'obtenir le taux de rachat maximum :

$$Taux_{max} = RS(\bullet) \times (1 + Surr_incr_max)$$

L'explication des abréviations utilisées peut permettre une meilleure compréhension, les abréviations proviennent de mots anglais.

- **Surr** : *Surrender* (Rachat)
- **decr** : *Decrease* (Baisse)
- **incr** : *Increase* (Hausse)

Les paramètres des ONC $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ jouent le même rôle que les paramètres présentés précédemment, à un signe près.

4.1.2 Le calibrage de la loi

Les mailles utilisées pour le calibrage de la loi de rachat dynamique sont identiques à celles utilisées pour le rachat structurel. Dans le cas du portefeuille étudié, il s'agit donc du réseau de distribution. Les inputs ALIM se font par produit, lors de la mise à jour des hypothèses comportementales, les nouveaux paramètres sont intégrés dans le modèle conformément à des règles d'agrégation spécifiées.

Surr_incr_begin

En raison d'un manque apparent de données, **Adrien SURU** [Suru, 2011] définit dans son mémoire la méthode de calcul utilisée pour déterminer le paramètre `Surr_incr_begin`. Le calcul relève d'une analogie faite entre la résistance des matériaux et ce qui peut être considéré comme la résistance des assurés au rachat. Cette idée vient du fait que racheter son contrat d'assurance pour l'investir de nouveau sur un produit considéré plus avantageux entraîne un certain nombre de frais, mais également des actions à réaliser par l'assuré.

La condition de résistance au rachat peut s'écrire :

$$\frac{(TA-R)}{1+R} \leq Res(i)$$

$Res(i)$ fait intervenir f_{acq} les frais d'acquisition d'un nouveau produit, $PS(i)$ le total des taxes à l'ancienneté i , K la durée de *Return On Investment* (ROI) considérée comme acceptable par l'assuré et λ une prime de risque, qui par avis d'expert a été fixée à 1%.

$$Res(i) = (1 + \lambda) \times \sqrt[K]{\frac{1}{(1-f_{acq})(1-PS(i)(1-\frac{1}{(1+R)^i}))}} - 1$$

Désormais il est possible de déterminer à quelle différence de taux $\Delta = (TA - R)$ on a l'égalité suivante :

$$\Delta(i, R) = Res(i) \times (1 + R)$$

Une approche prudente est ensuite sélectionnée avec N l'ancienneté maximale, elle consiste à définir :

$$Surr_incr_begin = \min_{1 \leq i \leq N, R_{hist.}} \Delta(i, R)$$

$R_{hist.}$ est vu comme les taux servis observés historiquement.

Surr_decr_begin

A la baisse, le paramètre `Surr_decr_begin` est calibré en introduisant :

- La perte acceptée annuelle : $(1 + \lambda)$, avec $\lambda = -0,5\%$. Cette hypothèse sur la prime découle d'un des phénomènes étudiés en économie comportementale, l'aversion à la perte est d'environ la moitié de la propension au gain [Kahneman et Tversky, 1979]
- Évolution annuelle du capital en cas de rachat : $(1 + R + \Delta)$

- Évolution annuelle du capital sans rachat : $(1 + R)$

Alors :

$$\text{Surr_decr_begin} = (1 + R) \times \lambda$$

Surr_incr_end

Pour déterminer le paramètre Surr_incr_end, il a été décidé de chercher la première valeur de Δ qui lorsqu'on lui ajoute 0,2% entraîne une déformation de moins de 5% de la durée de ROI. Cette condition, dont les détails sont exposés en annexe A, peut être notée comme suit :

$$\frac{ROI(\Delta+0,2\%) - ROI(\Delta)}{ROI(\Delta)} \geq -5\%$$

Identiquement à ce qui est fait pour la partie Surr_incr_begin, une mesure de prudence est prise.

$$\text{Surr_incr_end} = \min_{R_{hist.}} (\text{Surr_incr_end}(R))$$

Graphiquement cela peut être vu comme :

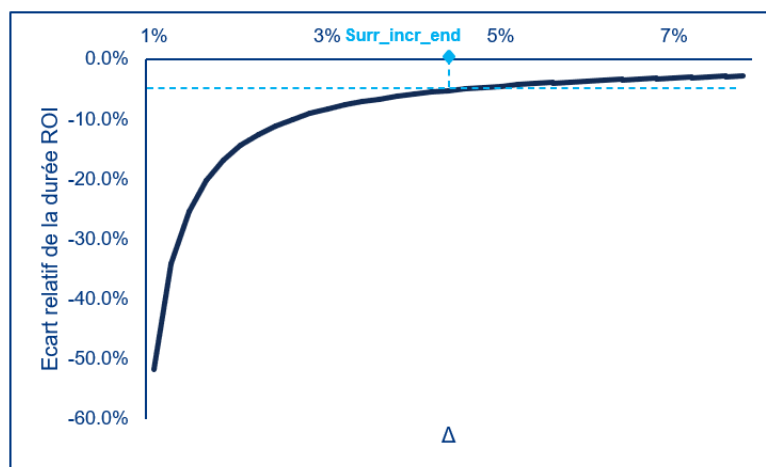


FIGURE 4.4 – Calcul Surr_incr_end

Surr_decr_end

Le calibrage de Surr_decr_end repose sur le même principe. Il repose sur l'étude de l'hyperbole symétrique.

Surr_incr_max

Le paramétrage de Surr_incr_max nécessite l'introduction du modèle de taux de Vasicek. En effet, sur les données mensuelles euros (taux de rachat), un processus de Vasicek est calibré. Il a été supposé que les taux de rachat ont tendance à revenir vers une moyenne à long terme lorsqu'ils s'en éloignent.

En se plaçant dans un espace probabilisé $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$, selon le modèle de Vasicek, l'équation de diffusion du taux de rachat r_t est la suivante :

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t$$

θ représente la moyenne long terme et κ la vitesse de retour à la moyenne. En appliquant le lemme d'Itô au processus $Y_t = r_t e^{\kappa t}$, on retrouve :

$$dY_t = dr_t e^{\kappa t} + \kappa e^{\kappa t} r_t dt$$

En intégrant entre s et t puis en divisant par $e^{\kappa t}$ cela permet d'obtenir :

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

L'espérance et la variance sont déduites, ainsi :

$$\mathbb{E}(r_t | \mathcal{F}_s) = r_s e^{-\kappa(t-s)} + \theta(1 - e^{-\kappa(t-s)})$$

$$\mathbb{V}(r_t | \mathcal{F}_s) = \frac{\sigma^2}{2\kappa} (1 - e^{-2\kappa(t-s)})$$

En prenant la limite quand $t \rightarrow +\infty$:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \mathbb{E}(r_t | \mathcal{F}_s) = \theta$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \mathbb{V}(r_t | \mathcal{F}_s) = \frac{\sigma^2}{2\kappa}$$

Afin de rester prudent, il a été décidé d'estimer θ par $\max_{1 \leq t \leq N} (r_t)$ avec N qui représente le nombre de mois observés, cela revient à dire que l'estimateur $\hat{\theta}$ est le taux de rachat mensuel maximum observé.

Pour estimer la volatilité instantanée σ , l'approche consiste à calculer la variance long terme sur les données historiques. Par avis d'expert, il a été introduit que la variance long terme est calculée comme le maximum des variances sur 24 mois observées et que la force de rappel vers la moyenne $\kappa = 5$.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{2\hat{\kappa}\hat{V}(r_t)}$$

Le maximum et minimum à un niveau de confiance $1 - \alpha$ des taux mensuels de rachat peuvent être écrits :

$$r^{max} = \theta + \frac{\sigma}{\sqrt{2\kappa}} z_{1-\alpha/2}$$

$$r^{min} = \max(0, \theta - \frac{\sigma}{\sqrt{2\kappa}} z_{1-\alpha/2})$$

Avec :

- $z_{1-\alpha/2}$: Le quantile de la loi normale centrée réduite.

Deux approches peuvent être retenues pour déterminer le taux de rachat annuel conservé :

- La première repose sur un principe de prudence, on considère que le pire taux annuel serait répété chaque mois :

$$r_{an}^{max} = K \cdot r^{max} \text{ avec } K = 12$$

- La seconde repose sur une approche historique dont l'objectif est de déterminer le coefficient multiplicatif maximum observé entre le pire taux mensuel d'une année N et le taux annuel de cette même année. Cela se traduit par :

$$r_{an}^{max} = K \cdot r^{max} \text{ avec } K = \max_{N \in \mathcal{A}} \left(\min_{m \in \{1 \dots 12\}} \left(\frac{r_{an,N}}{r_{m,N}} \right) \right)$$

Avec $N \in \mathcal{A}$, $\mathcal{A}$ représente l'ensemble des années observées et $m \in \{1, \dots, 12\}$:

- $r_{an,N}$ Le taux de rachat annuel de l'année N
- $r_{m,N}$ Le taux de rachat du mois m au cours de l'année N

Selon la maille et l'année, la personne en charge du calibrage des lois conjoncturelles décide et justifie de la méthode utilisée afin de déterminer le K .

Enfin Surr_incr_max est déterminé par :

$$\text{Surr_incr_max} = \frac{r_{an}^{max}}{\frac{K}{N} \sum_{t=1}^N r_t} - 1$$

La moyenne $\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N r_t$ est censée représenter le taux de rachat structurel mensuel. Elle est ensuite multipliée par le coefficient de passage au taux annuel. Cette estimation permet d'approximer la déviation maximale en se référant à l'équation suivante :

$$deviation_{max} = \frac{RT^{max}}{RS} - 1$$

Surr_decr_min

Surr_decr_min est déterminé en utilisant le même principe que Surr_incr_max , les quelques points de différence sont :

- L'estimateur de θ est déterminé comme $\hat{\theta} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N r_t$
- Afin de ne pas introduire dans le modèle une déviation à la baisse trop importante et non représentative il a été décidé de calculer la variance de $\max_{0 < t < N} (r_t, \hat{\theta})$ sur les données historiques.

Une fois Surr_decr_min et Surr_incr_max déterminés, il est possible d'effectuer un retraitement en suivant les ONC. En d'autres termes, il est possible de décider de s'aligner sur l'une des ONC pour une ou plusieurs mailles. La décision relève de l'avis d'expert de la personne en charge de la mise à jour des hypothèses.

Le taux benchmark utilisé pour évaluer la déviation est le taux zéro-coupon 1 an. Ce choix est basé sur une analyse qui examine la corrélation entre les taux de rachat observés

et la différence entre le taux servi et différents taux benchmark. Le taux zéro-coupon 1 an était la meilleure corrélation trouvée.

4.2 Analyses en période de forte remontée des taux

Cette partie aura pour objectif principal de dresser un bilan de ce qui a été observé au cours des six premiers mois de 2023. Cette analyse sera ensuite comparée aux six premiers mois des deux années précédentes afin d'obtenir un point de référence pour les niveaux de rachats observés.

La forte remontée des taux a débuté en 2022, cependant l'impact ne commence à être ressenti qu'à partir de 2023 en raison de la date de l'annonce des taux servis aux assurés. Les taux servis au titre de l'année 2021 (respectivement 2022) ont été annoncés courant janvier 2022 (respectivement janvier 2023).

4.2.1 Explications théoriques des impacts d'une remontée brutale des taux

Le bilan des assureurs vie est majoritairement composé d'obligations. En règle générale, la valorisation des obligations demeure très sensible à un phénomène de hausse des taux. En effet, la valorisation d'une obligation est déterminée par :

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{F_{t_i}}{(1+r)^{t_i}}$$

Avec :

- r : Le taux actuariel
- F_{t_i} : Les flux monétaires de t_i

Lorsque les taux montent, la valeur de l'obligation diminue, cela est dû à l'actualisation des flux futurs qui devient plus importante. Les obligations en stock se retrouvent donc dans une situation de moins-value latente.

Pour rappel, une situation de moins-value latente intervient dès lors que la valeur de marché de l'obligation se trouve inférieure à la valeur comptable de celle-ci.

La remontée des taux a également un impact sur les nouvelles obligations. Le taux de coupon des nouvelles obligations devient beaucoup plus attractif. À première vue, on pourrait penser que l'assureur aurait tout intérêt à renouveler son stock d'obligations. Cependant, la situation est plus complexe. Supposons qu'il décide de vendre les actifs

obligataires détenus en portefeuille. Étant donné que ces actifs présentent une moins-value latente, cela entraînerait des pertes pour l'assureur, ce qui affecterait le rendement global de son portefeuille.

Une période d'incertitude survient entre le moment où le portefeuille obligataire de l'assureur lui permet de proposer des taux compétitifs, notamment en achetant des obligations à taux de coupon attractifs, et le moment où une hausse brutale des taux se produit. L'incertitude est principalement liée aux comportements dits dynamiques des assurés : vont-ils choisir de racheter leurs contrats ou non ? Le risque principal lors d'une telle situation est de contraindre l'assureur, pour des raisons de liquidité à vendre une partie de son actif en moins-value.

4.2.2 Les premières observations de 2023

L'objectif ici est de déterminer si, à partir des premières observations, il existe réellement une tendance prononcée des rachats en ce début d'année 2023, ou si au contraire, le phénomène n'est pas aussi marqué qu'il n'y paraît.

Les rachats conjoncturels étant modélisés uniquement sur la part en euros du portefeuille, il est décidé d'analyser uniquement les mouvements des contrats d'assurance vie épargne euro.

Afin de rester sur une certaine continuité, la PM d'ouverture sera établie en conservant la méthode utilisée dans les parties précédentes. Cela revient à avoir :

$$PM_{ouverture} = PM_{30/06/N} + RachatsTotaux_{\leq 30/06/N} + RachatsPartiels_{\leq 30/06/N}$$

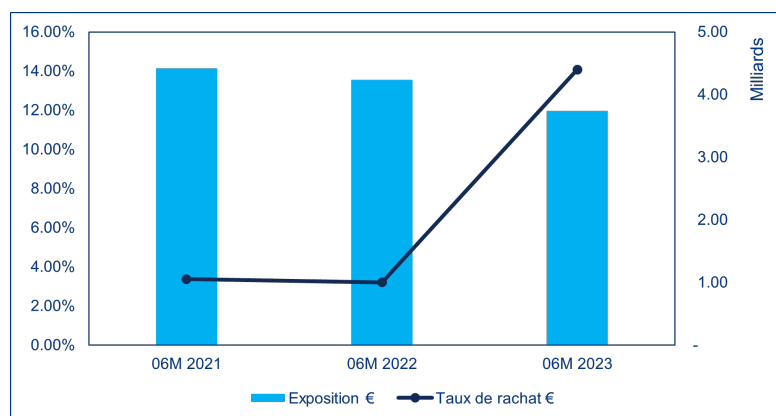


FIGURE 4.5 – Évolution de l'exposition et du taux de rachat €

Une forte hausse des taux de rachat euro est observable sur la période 06M 2023. Au cours des deux dernières années, les niveaux sont restés relativement stables à la même période. Il est évident que cette hausse est justifiée par les taux servis qui sont bien inférieurs à ceux que les assurés peuvent obtenir sur le marché.

Après avoir confirmé l'existence d'une réelle tendance à la hausse des rachats en ce début d'année 2023, il est maintenant intéressant de comprendre comment cette hausse se manifeste. En d'autres termes, l'objectif est de déterminer si l'ensemble du portefeuille réagit de la même manière à cette augmentation des taux, ou s'il existe des populations plus à risque qu'il convient d'identifier.

Dans un premier temps, l'analyse peut être affinée en examinant les taux de rachat en euros par mois. Cela permettra de déterminer si la date à laquelle les taux de participation aux bénéfices (PB) sont annoncés a un impact sur les rachats. Chez Allianz, l'annonce des taux de PB est effectuée entre janvier et février.

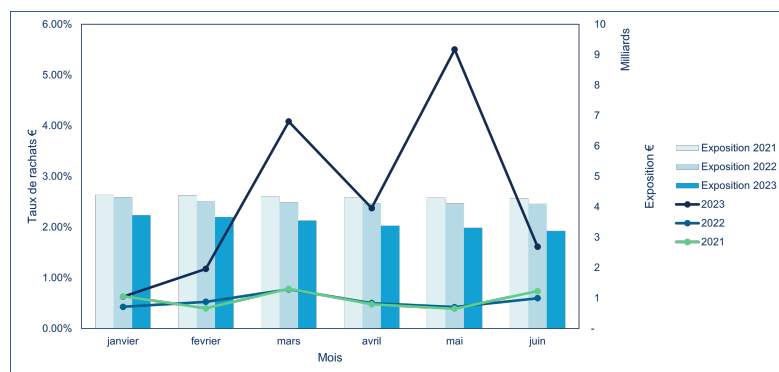


FIGURE 4.6 – Évolution de l'exposition et du taux de rachat € - Vision mensuelle

Le phénomène observé est particulièrement intéressant, car à partir du mois de février, on constate une nette augmentation des taux de rachat en euros. Cette observation confirme nos anticipations. Il semble que cette tendance à la hausse observée en 2023 tende à se stabiliser à un niveau similaire à celui des deux dernières années au mois de juin.

Deux trajectoires différentes peuvent désormais être envisagées :

- Les personnes très mécontentes de leur taux de PB et désirant racheter leur contrat afin de placer cette somme dans une épargne plus rémunératrice ont quitté le portefeuille.
- Cette baisse est exclusivement attribuable à un effet saisonnier des taux de rachat.

Désormais cette analyse est étendue en observant ce qu'il se passe à un niveau plus fin, la maille des lois de rachat :

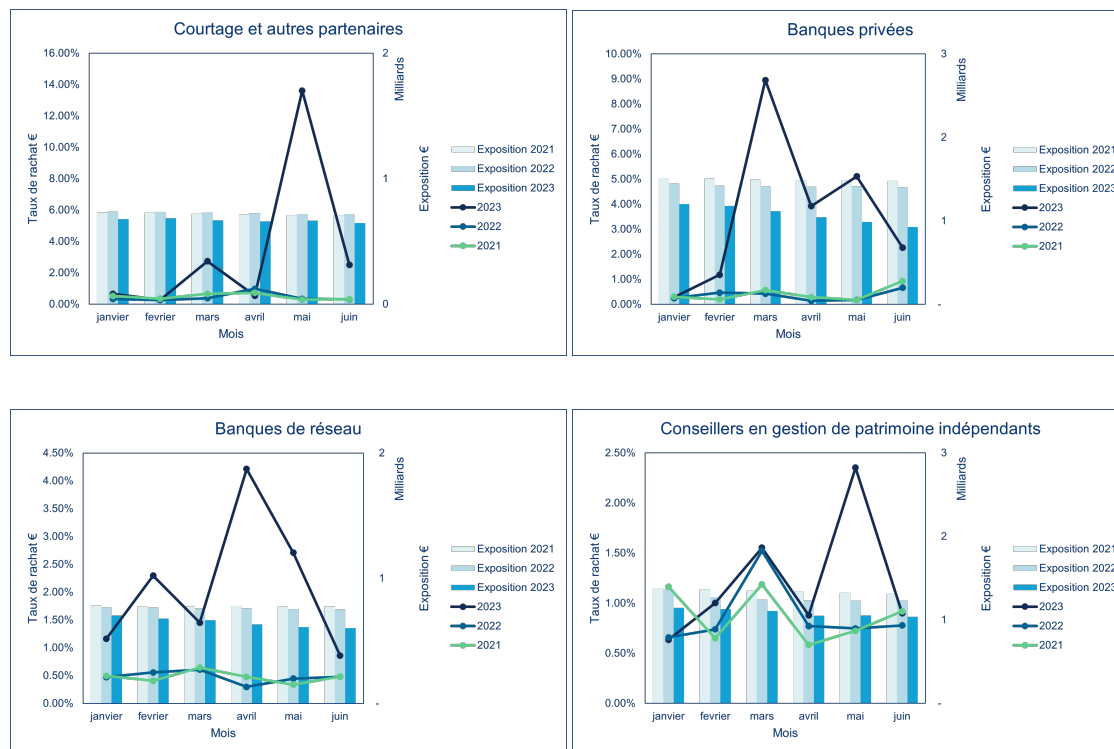


FIGURE 4.7 – Évolution de l'exposition et du taux de rachat € - Vision par réseau de distribution

Le comportement n'est pas identique selon le réseau de distribution, malgré une hausse générale. La déviation observée est très prononcée sur les banques privées et le courtage, tandis que la hausse est un peu plus modérée sur les banques de réseau, tout en restant significative. Enfin, les CGPI connaissent une hausse globalement moins marquée.

L'analyse peut également s'étendre en se posant la question suivante :

La hausse des taux de rachat euro est-elle due à des sorties importantes de gros en-cours ou à un grand nombre de sorties ?

Idéalement, afficher les rachats sur les supports en euros des six premiers mois de 2023 sous la forme d'un nuage de points, avec une granularité au niveau des contrats, permettrait en partie de répondre à cette question.

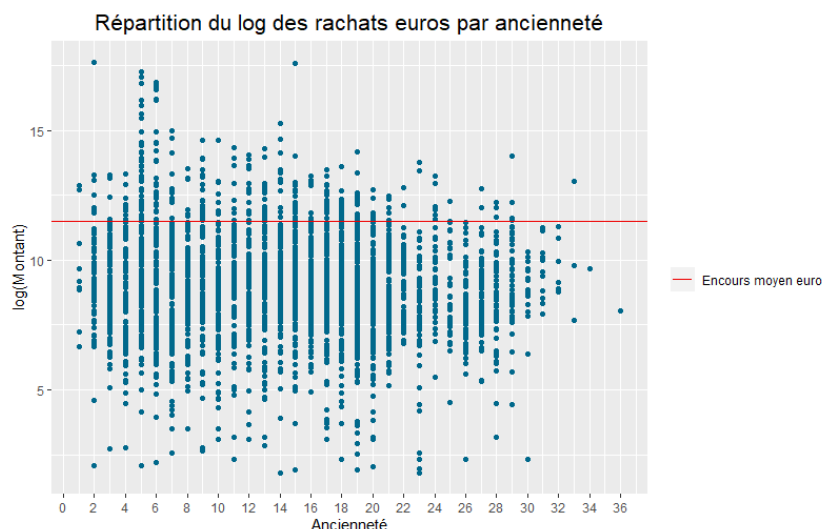


FIGURE 4.8 – Répartition du log des rachats euros par ancienneté - 2023

Avoir à la fois le montant de rachat par ancienneté et l'encours moyen euro à la date du 31/12/2022 permet de mettre en évidence deux points importants :

- En 2023, des assurés détenant des encours très importants ont effectué des rachats sur leurs contrats.
- L'avantage fiscal au bout des 8 ans ne semble pas être un frein aux rachats en ce début d'année. Il suffit d'observer les importantes sorties des contrats ayant 5 ans d'ancienneté.

Compte tenu du fait que l'avantage fiscal au bout des 8 ans ne semble pas être un frein aux rachats, il semble intéressant de segmenter l'analyse par typologie d'assurés en distinguant les personnes physiques des personnes morales.

Cette idée rejoint l'écart de comportement observé dans un premier temps dans la modélisation du rachat total structurel réalisée dans le chapitre précédent. Dans un document publié le 8 juin 2023 par **l'Institut des Actuaire**s [Institut des Actuaire, 2023], qui présente les travaux du groupe BEL Vie, une suggestion est faite quant à la possibilité de différencier les rachats dynamiques en fonction des caractéristiques des assurés. À titre d'exemple, ils mentionnent une distinction possible entre les personnes physiques et les personnes morales, ce qui soutient l'idée exposée.

Il est souligné que les personnes morales ne bénéficient pas d'avantages fiscaux. Cependant une pratique de marché est d'intégrer des pénalités de rachat pendant les quatre premières années.

Désormais, le nuage de points fait apparaître si le rachat est effectué par une personne morale ou une personne physique.

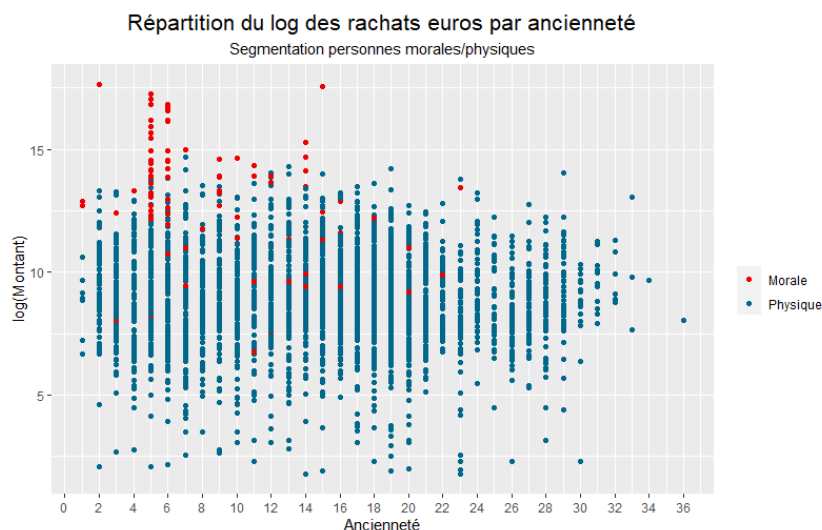


FIGURE 4.9 – Répartition du log des rachats euros par ancienneté - segmentation personnes morales/physiques - 2023

La quasi-totalité des rachats euros d'un montant élevé sont effectués par des personnes morales. Il semble que la déviation du taux de rachat euro soit en partie due à ces gros contrats rachetés.

Pour avoir une vue plus claire, il est pratique de présenter le nuage de points en utilisant une échelle logarithmique. Cependant, il n'est pas naturel de faire directement une interprétation quantitative. Pour cette raison, le tableau suivant présente la répartition des rachats euros selon la même segmentation.

	06M 2021	06M 2022	06M 2023
Morale	18.8%	14.7%	77.0%
Physique	81.2%	85.3%	33.0%

FIGURE 4.10 – Part des rachats euros - segmentation personnes morales/physiques

La tendance a clairement changé. Au cours des deux dernières années, une proportion élevée des rachats en euros était effectuée par des personnes physiques. Cependant, au cours des six premiers mois de 2023, la tendance s'est totalement inversée.

Afin de mieux comprendre les variations de comportement, il est important d'examiner la part en montant des encours détenus par les personnes morales dans les différentes mailles.

Le tableau suivant présente la situation à la fin de l'année 2022.

	% Encours détenus par les personnes morales
Courtage et autres partenaires	37%
Banques de réseau	29%
Banques privées	35%
Conseillers en gestion de patrimoine indépendants	11%

FIGURE 4.11 – Part des encours euros détenus par les personnes morales

Pour bien marquer la déviation observée en 2023, un graphique un peu similaire aux graphiques rendement/risque utilisés afin de déterminer l'allocation d'actifs optimale est tracé avec et sans l'ajout des données 2023.

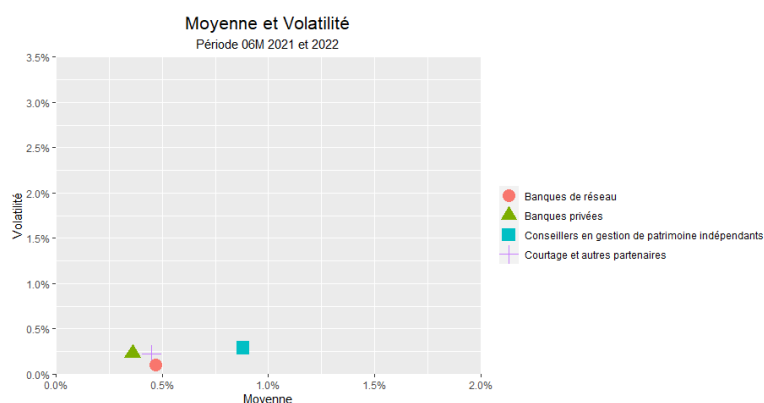


FIGURE 4.12 – Moyenne et volatilité des taux de rachat euro - période 06M 2021 et 2022

Sur les six premiers mois de 2021 et 2022, les taux de rachat mensuels en euros sont restés relativement stables, et il y a eu peu de variations dans les couples de moyenne et de volatilité entre les différentes mailles.

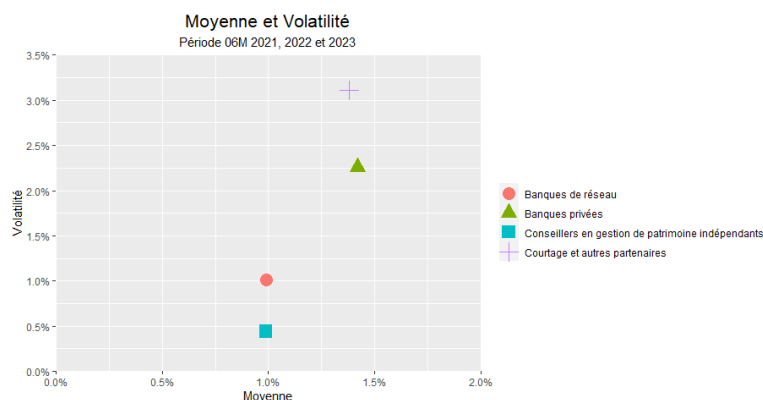


FIGURE 4.13 – Moyenne et volatilité des taux de rachat euro - période 06M 2021, 2022 et 2023

L'ajout des premières observations de 2023 confirme ce qui a été observé précédemment, avec un décalage plus ou moins marqué selon la maille. Pour faciliter la lecture, nous avons décidé d'afficher un graphique complet afin de mieux visualiser le décalage.

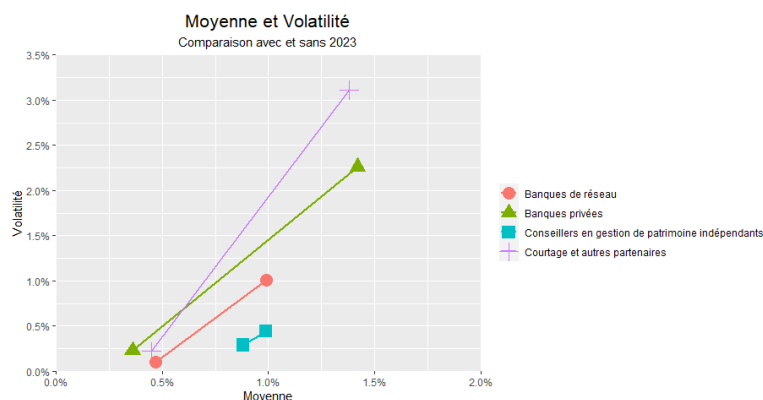


FIGURE 4.14 – Comparaison du couple moyenne et volatilité des taux de rachat euro avec et sans 2023

Une remarque peut être faite suite à cette observation, la déviation est d'autant plus marquée que la part d'encours détenus par les personnes morales est élevée. Cette information vient confirmer ce qui était présagé dans un premier temps, le comportement lié à la conjoncture est différent entre les personnes morales et les personnes physiques.

Les premières observations confirment un surplus de rachats en période de remontée des taux. Il sera désormais intéressant d'analyser l'impact que cette remontée des taux a eu sur la différence entre le taux servi et le taux benchmark, étant donné que la modélisation des rachats conjoncturels dépend de cette différence.

4.2.3 Le taux servi et le taux benchmark

La forte remontée des taux a un impact significatif sur les taux servis par les assureurs. Cet impact peut être expliqué par différents facteurs :

Tout d'abord, les réglementations en vigueur, les assureurs doivent redistribuer aux assurés au moins **85%** de leurs résultats financiers et **90%** du résultat technique (Article A132-11 du Code des Assurances). Pendant une période de remontée des taux, les assureurs peuvent acquérir de nouveaux titres qui offrent des rendements plus élevés. Cependant, l'impact de ces acquisitions n'est pas immédiatement retranscrit sur les taux servis, car les assureurs ont la possibilité de mettre une partie des bénéfices générés en réserve, notamment dans la **provision pour participation aux excédents (PPE)** également appelée **provision pour participation aux bénéfices (PPB)**. Cette mise en réserve permet de lisser la distribution des résultats d'une année à l'autre. Sans ce lissage, le comportement des assurés pourrait être affecté. Par exemple, si un assuré bénéficie d'un taux de participation aux bénéfices élevé une année, mais reçoit un taux beaucoup plus faible l'année suivante, cela pourrait entraîner de la déception. En respectant le délai réglementaire de 8 ans de reversement de la PPE, l'assureur finit par partager une partie de ses bénéfices avec les assurés.

L'impact peut également s'expliquer par des raisons de concurrence. Comme dans tout secteur d'activité, l'assurance est soumise à une forte concurrence. Les assureurs doivent donc être en mesure de proposer des taux compétitifs aux assurés, alignés sur ceux du marché. Cela contribue à maintenir un équilibre et à répondre aux attentes des assurés en termes de rendement. Pour pouvoir proposer des taux compétitifs, les assureurs disposent de leviers, parmi lesquels la PPE joue un rôle important. L'assureur peut décider d'utiliser une partie de sa PPE afin d'offrir des taux attractifs aux assurés. Cette stratégie lui permet de s'aligner sur les conditions du marché et de rester compétitif.

Les deux explications conduisent à la même conclusion : lors d'une remontée brutale des taux, les taux servis par les assureurs sont censés augmenter. Cependant, la question qui se pose est de savoir si cette augmentation est suffisante pour inciter les assurés à rester dans le portefeuille.

Les assureurs possèdent un levier supplémentaire pour inciter une part de ses assurés à rester en portefeuille, en effet ils ne sont pas soumis à des règles concernant la répartition de la PB. Le calcul du montant de la participation aux bénéfices est fait au niveau de la compagnie puis la distribution par produit est laissée entre les mains de l'assureur. Ce système offre à l'assureur une flexibilité en matière de revalorisation des produits, lui permettant ainsi de choisir avec précision comment chaque produit est traité. La répartition des bénéfices est généralement soigneusement alignée avec la stratégie commerciale de l'entreprise.

Le périmètre étudié connaît une nette croissance en matière de taux de PB 2023. Cette croissance est observable sur le graphique suivant, qui représente l'évolution du taux de PB moyen pondéré par la provision mathématique selon le réseau de distribution.

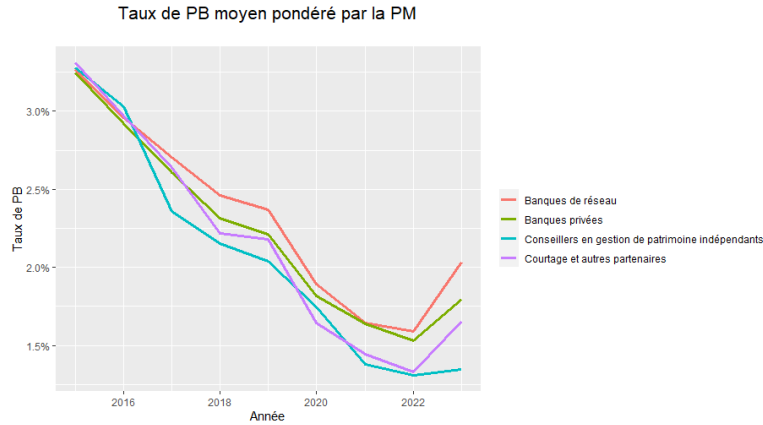


FIGURE 4.15 – Évolution du taux de PB moyen pondéré par la provision mathématique

Après avoir présenté l'impact que la remontée des taux peut avoir sur les taux servis, l'impact sur le taux benchmark sera présenté.

Le taux benchmark utilisé, le taux zéro-coupon 1 an fait d'abord intervenir la notion d'obligation zéro-coupon (ZC). Une obligation zéro-coupon de maturité T peut être définie comme un actif garantissant à son détenteur le paiement d'1€ à l'instant T sans autre paiement intermédiaire. $P(t, T)$ représente la valeur de cette obligation à un instant t tel que $t < T$ et $P(T, T) = 1$.

En notant $R(t, T)$ le taux d'intérêt d'un zéro-coupon composé en continu, l'équation du prix d'un zéro-coupon peut s'écrire :

$$P(t, T) = e^{-R(t, T)(T-t)}$$

Ce qui permet d'obtenir :

$$R(t, T) = -\frac{\ln(P(t, T))}{(T-t)}$$

En analysant l'historique des observations, la remontée des taux début 2022 est très nettement marquée.

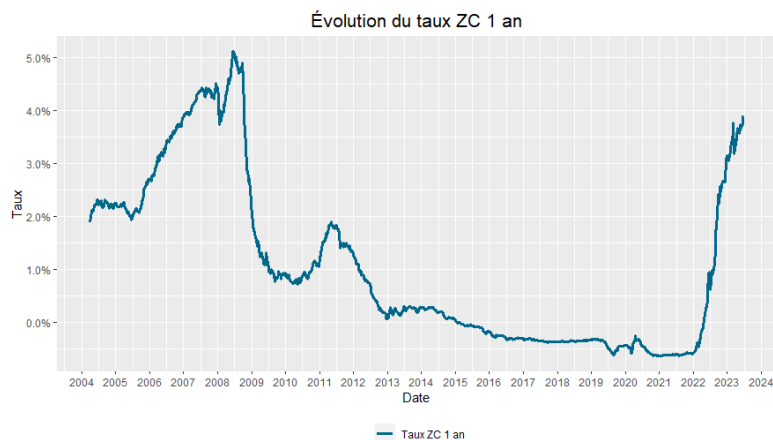


FIGURE 4.16 – Évolution du taux zéro-coupon 1 an

Cette hausse est directement retranscrite dans les générateurs de scénarios économiques. Les scénarios en sortie du générateur ont donc également été impactés. Pour assurer une parfaite harmonisation entre toutes les entités, le groupe Allianz transmet les sorties du générateur de scénarios économiques. Afin de mieux appréhender cet impact, une comparaison sera effectuée entre les simulations générées à fin 2021 et celles générées à fin 2022. Dans les deux cas, le nombre de simulations projetées s'élève à 1 000.

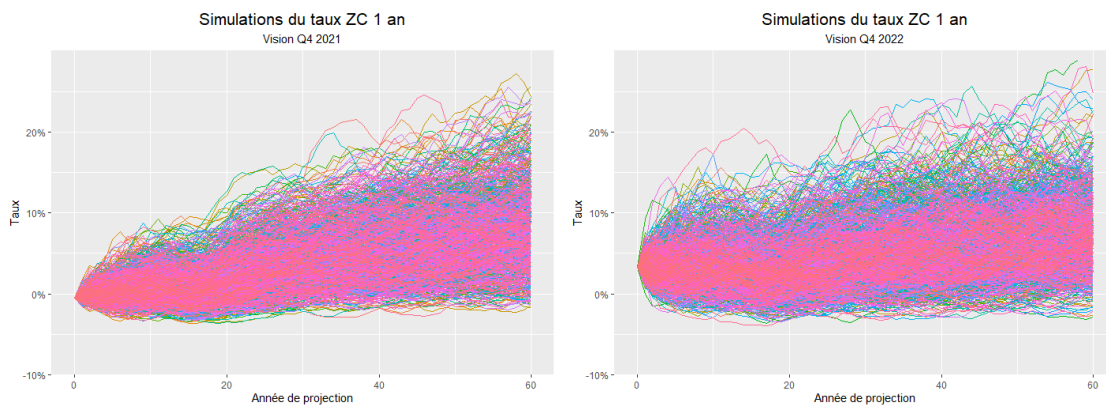


FIGURE 4.17 – Comparaison des simulations de taux zéro-coupon 1 an

Le point de base vision fin 2021 est bien en dessous de celui à vision fin 2022.

- A fin 2021, $R(0, 1) = -0,5\%$
- A fin 2022, $R(0, 1) = 3,3\%$

De plus, l'intervalle des taux zéro-coupon 1 an projetés à 1 an est nettement plus large à fin 2022, passant de $[-1,6\%; 1,8\%]$ à fin 2021 à $[0\%; 9,2\%]$ à fin 2022.

Graphiquement ce phénomène est très visible en réduisant la période de projection à 1 an et en conservant une échelle identique pour les deux périodes.

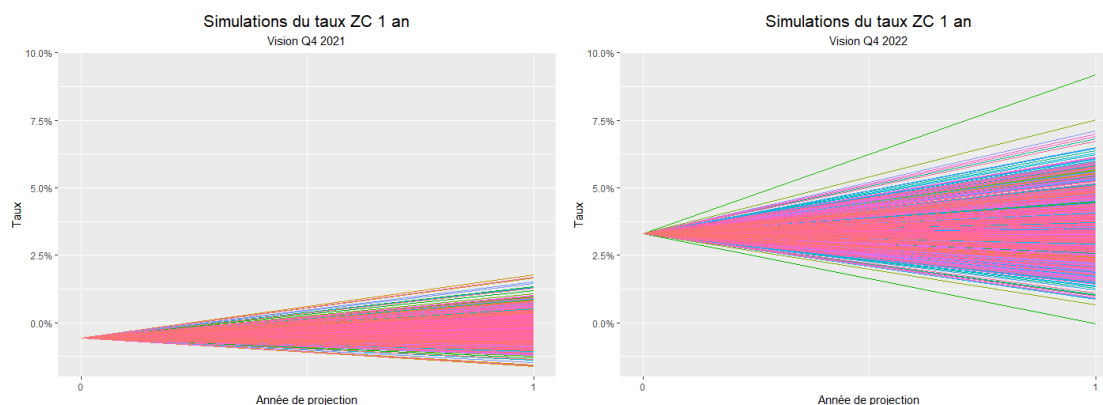


FIGURE 4.18 – Comparaison des simulations de taux zéro-coupon 1 an - Projection à 1 an

La remontée brutale des taux a eu un double impact significatif sur le taux benchmark. Premièrement, le taux benchmark a connu une augmentation notable de plusieurs points de base. Ensuite contrairement à la période de taux bas, les simulations du taux benchmark générées par le générateur de scénarios économiques d'Allianz ont montré des trajectoires beaucoup plus extrêmes, en raison du recalibrage de certains paramètres intégrés dans les modèles de diffusion.

4.3 Contraste entre plusieurs paramétrages

Après avoir exposé la modélisation des rachats conjoncturels dans le modèle ALM d'Allianz, ainsi que la méthode actuelle de calibrage des paramètres et une analyse des différents impacts liés au contexte actuel, nous aborderons désormais une étude comparative entre plusieurs paramétrages. Cette analyse nous permettra de mieux appréhender les différences et les effets de chaque configuration, et d'essayer d'identifier celle qui s'adapte le mieux à notre contexte spécifique.

4.3.1 Lois obtenues avec la méthode actuelle et ONC

Le calibrage des fonctions de déviation a été réalisé en suivant la méthodologie Allianz, telle que présentée dans la partie 4.1. De plus, une retranscription des ONC à

la fonction de déviation a été mise en place pour chaque maille. Les résultats obtenus peuvent être présentés graphiquement :

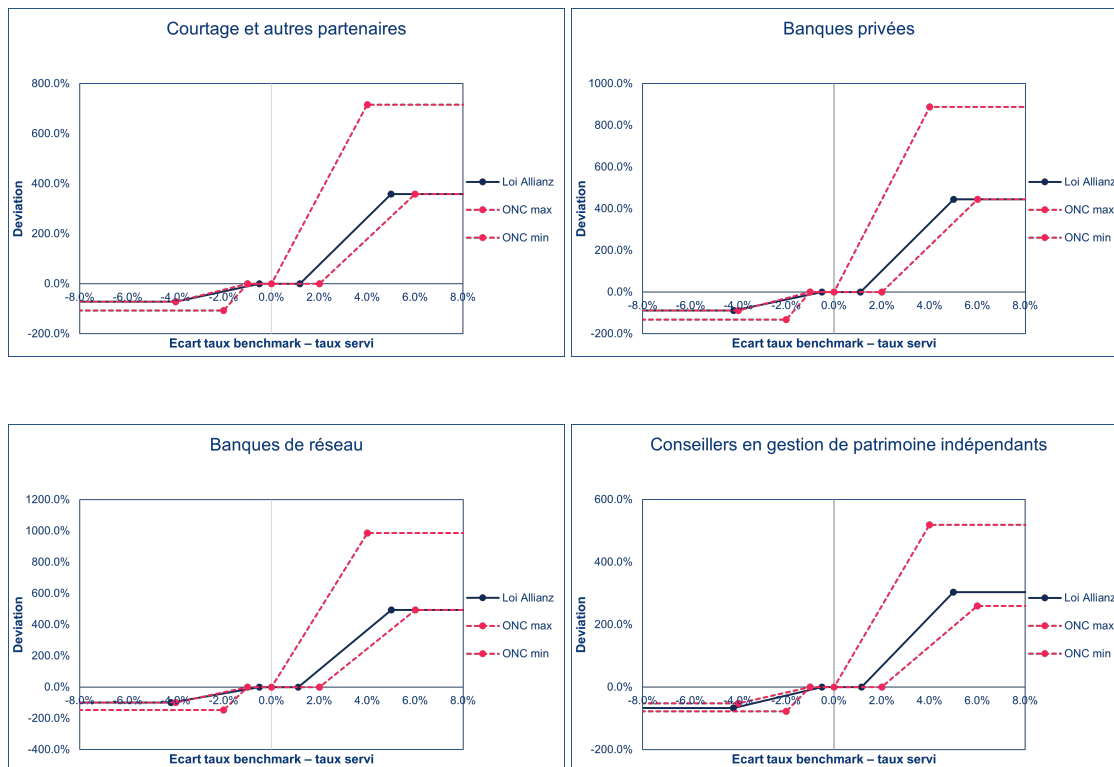


FIGURE 4.19 – Fonctions de *deviation* obtenues par la méthode actuelle

L'application de la méthodologie Allianz conduit à des résultats qui se rapprochent de l'ONC min sur la partie droite de la courbe (correspondant aux rachats dynamiques à la hausse) et de l'ONC max sur la partie gauche de la courbe (correspondant aux rachats dynamiques à la baisse). Les décalages de niveau de $Surr_incr_max$ et de $Surr_decr_min$ observés sur les différentes mailles sont causés par les taux annuels de rachat structurel estimés.

Par exemple :

- Pour la maille Banques de réseau : $Surr_incr_max = 493\%$
- Pour la maille Courtagage et autres partenaires : $Surr_incr_max = 358\%$

Cette différence signifie que le taux de rachat structurel estimé pour la maille Banques de réseau est bien moins élevé que celui de la maille Courtagage et autres partenaires.

Il est important de souligner que la méthode a été recommandée dans un contexte de taux bas. Les données historiques disponibles ne permettaient donc pas un calibrage exhaustif. De plus, l'ACPR assure une surveillance attentive pour s'assurer que la loi utilisée pour le calcul se situe correctement entre les deux corridors prédéfinis.

4.3.2 Proposition novatrice de paramétrage

Désormais, une nouvelle méthode de paramétrage sera présentée, en exposant le raisonnement derrière le choix de chaque paramètre.

La décision est de maintenir la méthode actuelle pour calibrer les paramètres reflétant les seuils pour la hausse `Surr_incr_begin` et `Surr_incr_end`. En effet, la hausse rapide des taux a été si soudaine qu'elle n'a pas permis d'obtenir des observations exploitables pour déterminer le seuil à partir duquel les assurés rachètent davantage. La période d'observation est actuellement trop courte, et l'écart observé n'est pas suffisamment important pour déterminer à partir de quel seuil l'écart de taux cesse d'expliquer le comportement des assurés.

La décision prise consiste à empêcher toute baisse dynamique des rachats en ramenant le paramètre `Surr_decr_min` à zéro. Dans ce cas là il ne sera plus nécessaire de calibrer les différents seuils relatifs à la baisse `Surr_decr_begin` et `Surr_decr_end`. Cette décision est motivée par plusieurs raisons. Tout d'abord, la structure des portefeuilles d'investissements des assureurs joue un rôle important. En général, les assureurs ont des portefeuilles d'investissements exposés de manière assez similaire sur différentes classes d'actifs, avec une part importante investie dans les obligations. Cette similitude dans la structure des portefeuilles entraîne généralement des résultats comparables pour la plupart des assureurs. En effet, il suffit de comparer les taux servis par différents assureurs en 2023 pour constater cette similarité. De plus, le fait que l'assureur puisse également provisionner une partie en PPE signifie qu'avant de constater un décalage avec le taux benchmark, il peut également être amené à revoir sa politique de distribution de PB et à allouer une plus grande part en PPE.

Enfin le paramètre le plus déterminant, `Surr_incr_max`, sera désormais calibré en prenant en compte le facteur impactant le plus les rachats en période de remontée des taux. En effet, l'idée est de prendre en compte l'information sur la typologie des clients dans le calibrage de ce paramètre. Afin d'atteindre cet objectif, nous procéderons à une adaptation des valeurs entre les ONC en fonction de la proportion d'encours détenus par les personnes morales pour chaque maille considérée. Pour rappel, comme évoqué précédemment dans le mémoire, dans les modèles points d'Allianz, l'information permettant de savoir si un assuré est une personne morale ou une personne physique n'apparaît pas. Ajouter l'information dans les modèles points serait très coûteux en termes de temps, il faudrait d'abord modifier les règles d'agrégation puis modifier le code implémenté dans le modèle ALM.

Désormais, en introduisant λ la proportion d'encours détenus par les personnes morales avec $\lambda \in [0, 1]$.

$$\text{Surr_incr_max} = \lambda \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{max}} + (1 - \lambda) \times \text{Surr_incr_max}^{ONC_{min}}$$

En conservant les notations présentées dans la partie 1.4.5, $\text{Surr_incr_max}^{ONC_{max}}$ et $\text{Surr_incr_max}^{ONC_{min}}$ sont obtenus par :

- $\text{Surr_incr_max}^{ONC_{max}} = \frac{RC_{max}^{ONC_{max}}}{RS} = \frac{40\%}{RS}$
- $\text{Surr_incr_max}^{ONC_{min}} = \frac{RC_{max}^{ONC_{min}}}{RS} = \frac{20\%}{RS}$

La représentation graphique des résultats obtenus est la suivante :

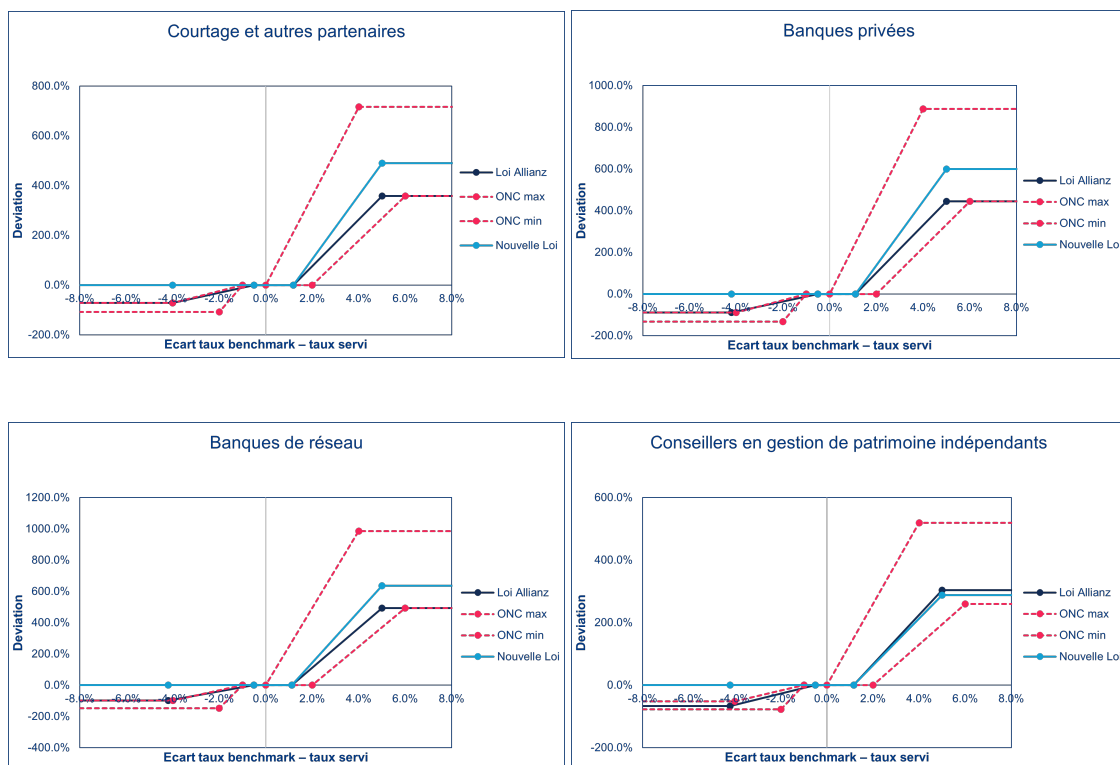


FIGURE 4.20 – Fonctions de *deviation* obtenues par la méthode nouvelle

4.3.3 Résultats et indicateurs clés

Dès que les lois sont implémentées, le modèle ALM génère différentes sorties permettant le calcul de diverses métriques. Ainsi, la comparaison des différentes lois de rachat conjoncturel peut être effectuée en utilisant les différents indicateurs. Avant de présenter les indicateurs de comparaison sélectionnés pour mettre en évidence les différences entre les méthodes utilisées, il est nécessaire de présenter les scénarios attendus choisis. Pour cela, il faut projeter le montant des rachats observés au cours des six premiers mois de 2023 afin d'obtenir une estimation du cumul des rachats à la fin de l'année 2023.

La décision est de sélectionner trois scénarios : un scénario considéré comme central et deux scénarios considérés comme extrêmes. En raison de la temporalité des rachats au cours d'une année, les scénarios seront obtenus sur la base des coefficients permettant d'annualiser le montant des rachats observés lors du 06M des années précédentes. Notons ρ_N le coefficient permettant de passer du montant de rachats observés lors du 06M/N au montant de rachats de l'année N, avec $N \in \mathcal{A}$. Ici, $\mathcal{A}$ représente l'ensemble des années observées.

$$\rho_N = \frac{Rachats_{06M/N}}{Rachats_N}, \rho_N \in]0, 1]$$

Désormais, le montant annuel de rachats peut être défini selon chaque scénario.

- **Scénario central** : $Rachats_{2023}^{central} = \frac{Rachats_{06M/2023}}{\frac{\rho_{2022} + \rho_{2021} + \rho_{2020}}{3}}$

- **Scénario min** : $Rachats_{2023}^{min} = \frac{Rachats_{06M/2023}}{\max_{N \in \mathcal{A}}(\rho_N)}$

- **Scénario max** : $Rachats_{2023}^{max} = \frac{Rachats_{06M/2023}}{\min_{N \in \mathcal{A}}(\rho_N)}$

Le scénario central repose sur un principe de moyenne mobile sur trois ans, garantissant une vision équilibrée. En revanche, les scénarios extrêmes, comme leur nom l'indique, se basent sur les coefficients d'annualisation minimum et maximum observés jusqu'à aujourd'hui. Cette approche permet de prendre en compte un large éventail de possibilités, évitant ainsi de se limiter à une seule prévision.

Les scénarios peuvent être représentés graphiquement comme suit :

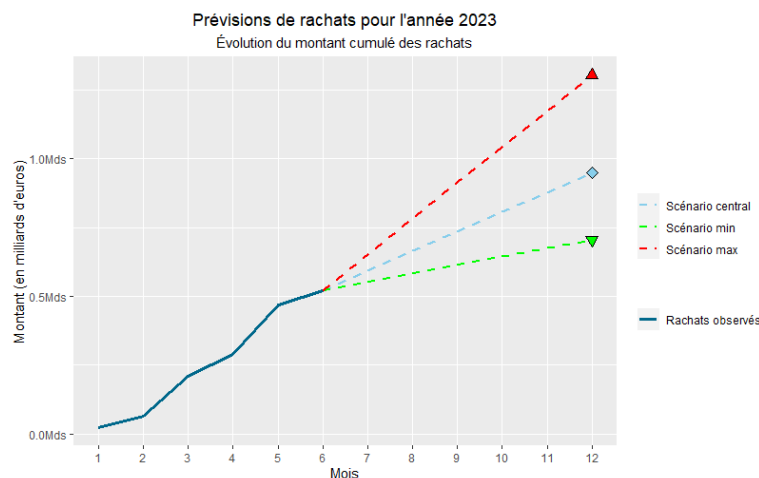


FIGURE 4.21 – Prévisions de montant cumulé des rachats 2023

La mise en place des scénarios vise à analyser comment les différents modèles estiment les rachats en fonction d'un scénario donné. L'écart d'expérience sera ainsi présenté pour chaque scénario, en fonction du modèle utilisé pour estimer les rachats dynamiques.

La prise en compte d'autres métriques s'avère essentielle lors des études sur les rachats dynamiques. Le calcul de ces métriques est effectué dans un environnement **MCEV** (*Market Consistency Embedded Value*), qui permet la valorisation des compagnies d'assurance vie. Parmi les différentes métriques liées à la MCEV, on trouve la **PVFP** (*Present Value of Future Profits*) et la **TVFOG** (*Time Value of Financial Options and Guarantees*).

Tout d'abord la PVFP représente la valeur actualisée des profits futurs attendus générés par les contrats en stock. Le calcul de la PVFP se fait comme suit avec i un scénario :

$$PVFP_i = \sum_{u=1}^T \frac{Resultat_u}{(1 + T_u)^u}$$

Avec :

- $Resultat_u$: Résultat de l'année u net d'impôt
- T_u : Taux d'actualisation de l'année u

Dans le cadre d'un calcul déterministe, la $PVFP_{deterministe}$, également connue sous le nom d'Equivalent Certain (EC), est directement égale à la PVFP du seul scénario

déterministe.

La $PVFP_{stochastique}$ est obtenue en utilisant la méthode de Monte-Carlo, ainsi pour N simulations :

$$PVFP_{stochastique} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N PVFP_i$$

La TVFOG, fréquemment abrégée par l'acronyme **O&G** (Options and Guarantees), est calculée de la manière suivante :

$$O\&G = PVFP_{deterministe} - PVFP_{stochastique}$$

Enfin, nous examinerons les ratios A/E pour l'année 2023 en fonction des trois scénarios présentés. L'*Actual* représentera le montant cumulé prévisionnel pour chaque scénario, tandis que l'*Expected* indiquera le montant estimé en sortie du modèle pour l'année 2023. Cet indicateur devra être interprété avec prudence, car l'*Actual* est actuellement basé sur des estimations uniquement, étant donné que l'année 2023 n'est pas encore terminée.

Les scénarios et les métriques comparatives étant maintenant présentés, les résultats selon les différents modèles testés peuvent être exposés.

		Désactivation des rachats dynamiques	ONC min	Méthode Allianz	Méthode Nouvelle	ONC max
A/E	Scénario min	125%	105%	91%	80%	52%
	Scénario central	168%	141%	122%	108%	70%
	Scénario max	230%	194%	168%	148%	96%
O&G (Mn€)		68 Mn€	256 Mn€	312 Mn€	356 Mn€	525 Mn€

FIGURE 4.22 – Résultats selon les différents modèles de rachats dynamiques testés

Désactivation des rachats dynamiques

Sans prendre en compte une loi de rachat conjoncturel, l'estimation des rachats par le modèle semble être sous-estimée dans les trois scénarios. Le montant d'O&G du modèle avec désactivation des rachats dynamiques donne une idée approximative de la part d'O&G attribuée aux rachats dynamiques lors de l'utilisation des autres modèles.

ONC min

Bien que l'ONC min affiche un montant inférieur d'O&G, le surplus de rachat qu'elle ajoute ne semble pas être suffisant dans les trois scénarios.

Méthode Allianz

La méthode utilisée actuellement au sein d'Allianz paraît sous estimer le montant des rachats dans le scénario central et l'écart paraît être un peu fort dans le scénario max.

Méthode Nouvelle

La nouvelle méthode présente l'avantage d'estimer assez précisément le montant attendu dans le scénario central, tout en maintenant un montant d'O&G assez proche de celui actuellement affiché. De plus, cette méthode évite les écarts aberrants dans des scénarios extrêmes.

ONC max

Dans les trois scénarios, l'ONC max semble ajouter un surplus de rachat beaucoup trop élevé. Le montant d'O&G affiché en utilisant le modèle ONC max est également très élevé.

4.3.4 Résultats dans différents contextes économiques

Les inputs du modèle ALM ont été modifiés afin de voir comment évoluent les différentes métriques dans des contextes économiques différents. La décision est d'impacter les taux de plus ou moins **50bps** (0,5%).

Dans un premier temps l'augmentation de 50bps des taux donne les résultats suivants :

		Désactivation des rachats dynamiques	ONC min	Méthode Allianz	Méthode Nouvelle	ONC max
A/E	Scénario min	125%	98%	84%	73%	47%
	Scénario central	168%	131%	113%	98%	63%
	Scénario max	230%	180%	155%	135%	87%
O&G (Mn€)		47 Mn€	255 Mn€	313 Mn€	359 Mn€	527 Mn€

FIGURE 4.23 – Sensibilité des résultats à une hausse de +50bps des taux

L'impact de cette hausse sur le montant d'O&G, lorsque les rachats dynamiques sont désactivés, est significatif, principalement en raison de la baisse du coût de la garantie TMG. Dans ce contexte, le modèle recommandé prédit davantage de rachats, le montant d'O&G, lui, ne montre pas de déviation invraisemblable non plus.

		Désactivation des rachats dynamiques	ONC min	Méthode Allianz	Méthode Nouvelle	ONC max
A/E	Scénario min	125%	112%	98%	87%	58%
	Scénario central	168%	151%	131%	117%	78%
	Scénario max	230%	208%	181%	161%	108%
O&G (Mn€)		92 Mn€	267 Mn€	319 Mn€	361 Mn€	531 Mn€

FIGURE 4.24 – Sensibilité des résultats à une baisse de -50bps des taux

A l'inverse, en cas de baisse des taux et lorsque les rachats dynamiques sont désactivés, le montant d'O&G augmente en raison de l'augmentation du coût de la garantie TMG. Le modèle préconisé prédit moins de rachats et conserve un niveau d'O&G comparable à celui d'aujourd'hui.

La méthode préconisée pour calibrer les lois de rachat conjoncturel en tenant compte de la typologie des clients semble donner des résultats satisfaisants. Cependant, ces résultats sont actuellement basés sur des estimations. Lorsque les données de l'année 2023 seront disponibles, il sera intéressant de procéder à un *backtesting* du modèle pour vérifier si les résultats sont réellement satisfaisants. Si les résultats se révèlent concluants, l'objectif sera de progressivement étendre cette méthode de calibrage au reste du portefeuille.

Chapitre 5

Les chocs de rachat

Le présent chapitre vise à analyser la méthode actuelle de calibrage des chocs de rachat chez Allianz, et ensuite à évaluer l'impact potentiel de la hausse des taux sur le capital économique en utilisant une approche modèle interne. Nous procéderons également à une comparaison avec l'approche formule standard qui est la méthode de calcul proposée par le régulateur.

Le calcul du capital économique est spécifique à chaque compagnie, c'est pourquoi il a été décidé de restreindre le portefeuille sur lequel les études précédentes ont été menées. Ainsi, l'analyse sera basée sur l'ensemble des contrats de la compagnie étudiée. La compagnie est une entreprise d'assurance vie codétenue par Allianz, représentant environ 5 milliards d'euros d'encours et 42 000 contrats.

5.1 Le SCR rachat : approche formule standard

Dans le cadre du calcul du SCR (*Solvency Capital Requirement*) en utilisant une approche formule standard, l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*) fournit aux acteurs du secteur des assurances les directives à suivre. Cette approche se base sur des stress-tests appliqués à chaque facteur de risque individuellement, permettant ainsi d'obtenir un SCR spécifique à chaque risque élémentaire. Les chocs à appliquer sont spécifiés dans le règlement délégué de l'Union européenne 2015/35. [Commission européenne, 2014]

Une fois les SCR pour chaque risque élémentaire obtenus, une première agrégation intra-modulaire est réalisée en utilisant une matrice de corrélation fournie par l'EIOPA. Ensuite, une seconde agrégation inter-modulaire est effectuée en utilisant une seconde matrice de corrélation, également fournie par l'EIOPA. Les deux agrégations ont pour objectif de saisir la dépendance entre les risques en se basant sur un principe de corrélation linéaire. Ce processus d'agrégation permet d'obtenir le SCR final pour l'entreprise, visant à refléter l'ensemble des risques auxquels elle est exposée. [Bennouna, 2023]

La cartographie des risques proposée par l'EIOPA est la suivante :

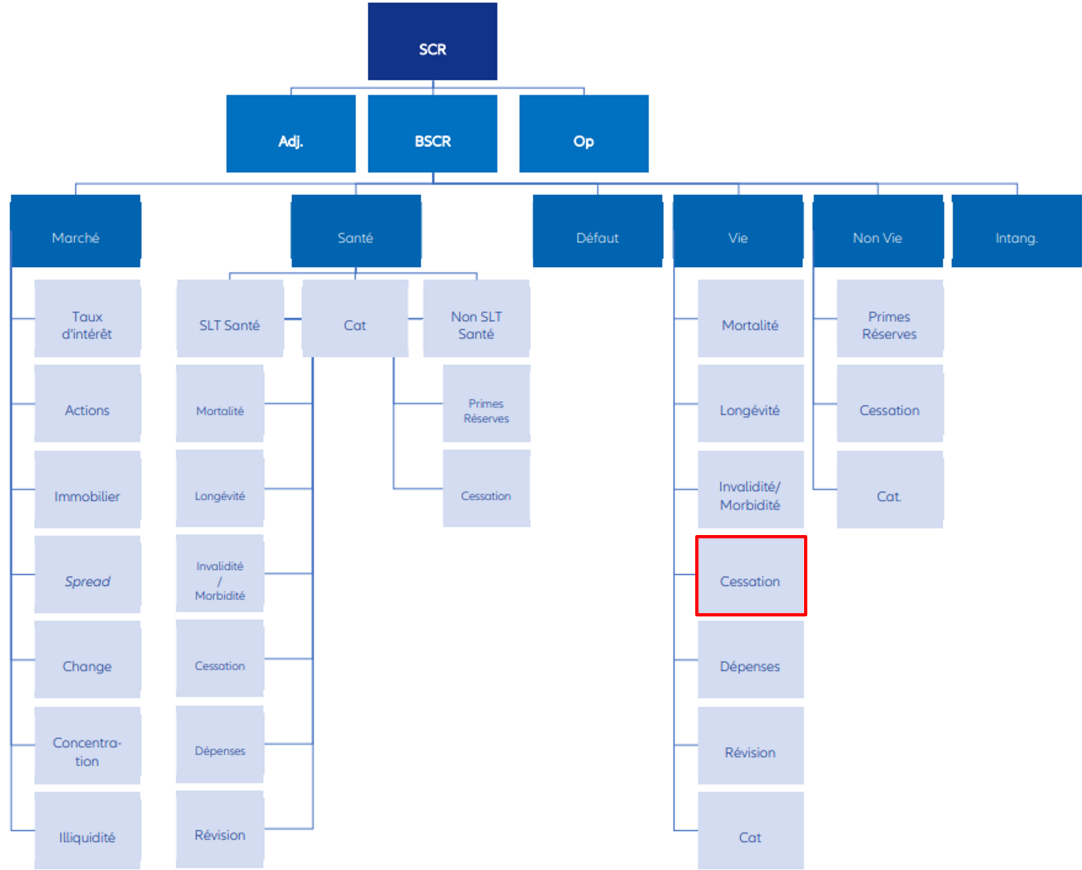


FIGURE 5.1 – Cartographie des risques : approche formule standard

Le SCR de chaque module de risque est déterminé en appliquant :

$$SCR_m = \sqrt{\sum_{(i,j) \in R_m^2} \rho_{i,j} \times C_i \times C_j}$$

Avec :

- $\rho_{i,j}$: Le coefficient de corrélation entre les sous modules de risques i et j
- C_i : Le capital associé au risque élémentaire i
- SCR_m : Le capital associé au module de risque m

Le risque élémentaire de rachat, aussi appelé risque de cessation, est englobé dans les risques liés à la souscription vie. Le SCR relatif à ce risque est obtenu en considérant l'exigence de capital maximum résultant des chocs suivants :

- **Up** : Une hausse instantanée et permanente du taux de rachat de **50%** sans que le taux ne dépasse les 100%
- **Down** : Une baisse instantanée et permanente du taux de rachat de **50%** sans que le taux ne dépasse 20 points de pourcentage
- **Mass** : Un renoncement instantané des contrats à hauteur de **70%** pour les produits *non-retail* et **40%** pour les produits *retail*

Les chocs sont appliqués s'ils entraînent une augmentation des provisions techniques sans la marge de risque. [Momafi, 2023]

Pour des raisons de simplifications, les termes utilisés dans le choc Mass sont contrats *non-retail* et contrats *retail*, en réalité, le renoncement instantané de 70% est appliqué aux contrats visés à l'article 2, paragraphe 3, points b) iii) et iv), de la directive 2009/138/CE et le renoncement instantané de 40% est appliqué aux autres contrats.

Le calibrage du choc Mass est basé sur des avis d'experts du régulateur pour les contrats *retail*, étant donné le manque d'observations disponibles. En ce qui concerne les contrats *non-retail*, les 70% sont déterminés en prenant en considération la réactivité potentielle des institutions ainsi que les faibles coûts de transfert.

5.2 Le SCR rachat : approche modèle interne

Le modèle interne permet de saisir et de modéliser de manière précise l'ensemble des risques inhérents à la compagnie d'assurance. La structure des risques est ainsi différente de celle de l'approche formule standard. Le calcul du SCR à travers le modèle interne d'Allianz repose sur un principe de VaR à 99,5% à horizon 1 an de la distribution des fonds propres économiques issue de simulations de Monte Carlo. L'obtention d'une distribution des fonds propres économiques représente un défi complexe. Le processus de calcul s'avère particulièrement long et coûteux. Ainsi, les compagnies d'assurance sont autorisées à recourir à des méthodes approximatives visant à considérablement diminuer la durée de calcul. Toutefois, l'adoption de ces approches nécessite une validation préalable de la part de l'autorité de contrôle. [Allianz vie, 2022]

La structure des risques en Modèle interne d'Allianz, définie en lien avec le profil de risque est la suivante :

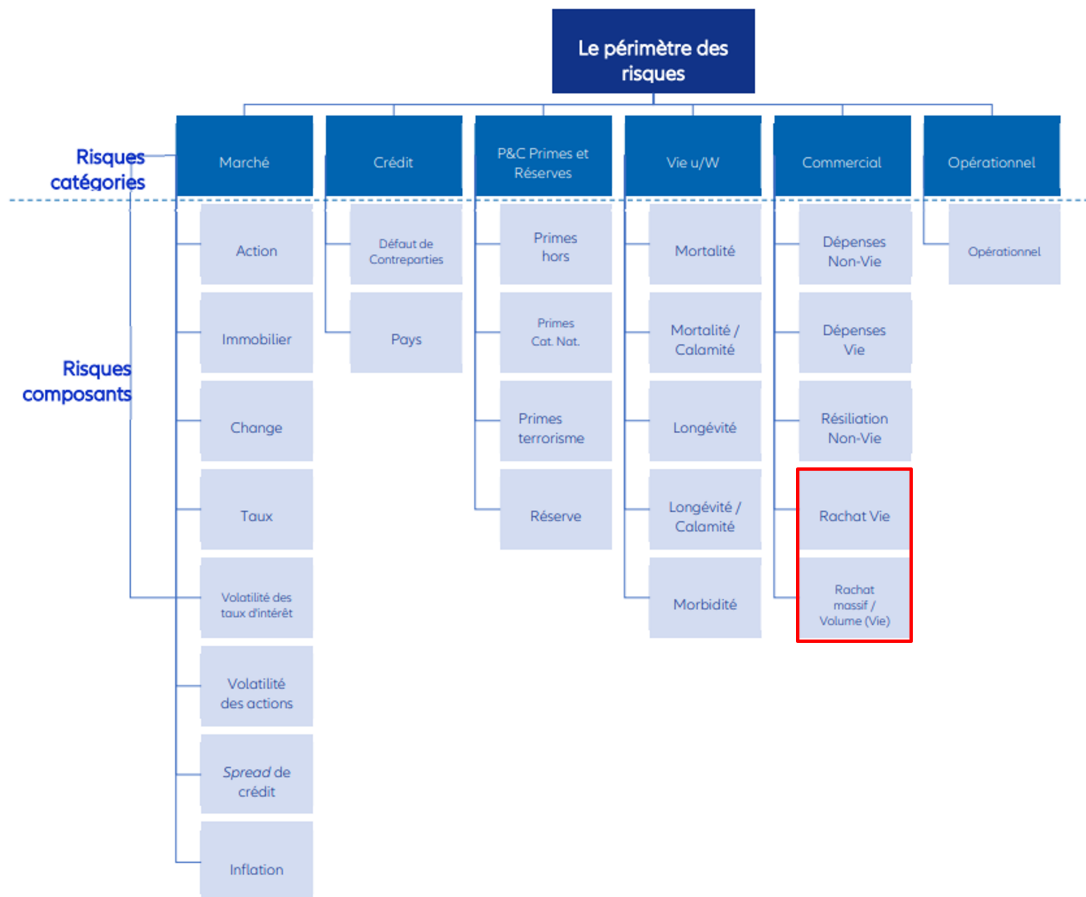


FIGURE 5.2 – Cartographie des risques : approche modèle interne

Plusieurs différences se manifestent dans la structure des risques entre les deux approches. Étant donné que notre attention est focalisée sur le risque de rachat, seules les différences en lien avec ce risque seront exposées.

Tout d'abord, dans le modèle interne, le risque élémentaire de rachat est décomposé en deux, séparant ainsi le risque de rachat massif du risque de hausse ou de baisse des rachats. Ensuite, le maximum des chocs à la hausse et à la baisse est retenu au niveau canton, puis il est sommé. Cela diffère de l'approche standard où le maximum est retenu au niveau de la compagnie. Enfin, pour le risque de rachat massif, une composante de volatilité est ajoutée dans le modèle interne.

Ainsi, le risque de rachat est pris en compte dans trois types de chocs différents reflétant les facteurs de risque :

- **Le choc de niveau** : Il reflète une hausse (respectivement une baisse) instantanée et permanente du taux de rachat, permettant ainsi de saisir le risque de non-adéquation entre le portefeuille assuré et les hypothèses retenues.
- **Le choc de volatilité** : Il reflète une hausse (respectivement une baisse) du taux de rachat de la première année de projection, permettant de saisir le risque d'une déviation entre l'estimation et l'observation.
- **Le choc de masse** : Il reflète une augmentation brusque et instantanée du taux de rachat, permettant de saisir le risque de catastrophe.

5.3 Le calibrage des chocs de rachat

Cette partie vise à présenter de façon détaillée le calibrage des chocs de rachat.

Les données utilisées pour calibrer les chocs de rachat sont identiques à celles employées dans la construction des lois *Best Estimate*. La méthode de calibrage est donnée par **Allianz Group Risk** afin de conserver une méthodologie identique pour les différentes filiales. Les chocs sont calibrés selon la même segmentation que celle utilisée pour le calcul des lois *Best Estimate*. Les données provenant de la compagnie étudiée sont principalement regroupées dans la maille des **Conseillers en gestion de patrimoine indépendants**. Pour une meilleure compréhension, l'analyse se concentrera sur cette maille.

Soit i une année d'observation tel que $i \in \{1, \dots, n\}$:

- $r_i = \frac{Actual_i}{Expected_i}$
- $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$
- $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}$

Avec :

- r_i : Le ratio A/E pour une année i .
- $\bar{r}$: La moyenne des r_i .
- $\hat{\sigma}$: L'écart-type des r_i .
- n : Le nombre d'observations utilisées pour le calibrage.

L'*Expected* est déterminé en considérant **uniquement** les lois de rachat structurel. Par exemple si la loi est un taux constant de 5% et que la $PM_{ouverture}$ est de 100€, alors l'*Expected* sera de 5.

Les méthodes de calibrage des chocs supposent que les ratios A/E sont indépendants et identiquement distribués (iid) et suivent une distribution normale. Des tests statistiques sont effectués pour valider les hypothèses sous-jacentes. Les tests seront présentés dans la phase d'application.

5.3.1 Le choc de niveau

Comme mentionné précédemment, l'hypothèse de base repose sur le fait que la distribution des ratios A/E suit une loi normale. Cependant, en ce qui concerne le choc de niveau, il a été choisi de considérer une distribution de Student plutôt qu'une distribution normale. Cette décision vise à adopter une approche plus prudente en utilisant des quantiles plus conservateurs. En effet, la distribution de Student présente des queues de distribution plus larges comparées à la distribution normale. Le choc de niveau est un choc instantané et permanent.

Ainsi, le choc proportionnel à appliquer aux taux de rachat *Best Estimate* à la hausse (respectivement à la baisse) est :

$$choc_{niveau}^{\pm} = 1 \pm \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} \lambda_{n-1, 1-\alpha}$$

Avec :

- $\lambda_{n-1, 1-\alpha}$: Le quantile de la loi de Student à $n - 1$ degrés de liberté.
- $\alpha = 0,5\%$

5.3.2 Le choc de volatilité

Dans le cadre du choc de volatilité, l'hypothèse de normalité est retenue. Le choc de volatilité est un choc instantané, c'est-à-dire qu'il est appliqué uniquement sur la première année de projection.

Ainsi, le choc proportionnel à appliquer aux taux de rachat *Best Estimate* à la hausse (respectivement à la baisse) est :

$$choc_{volatilite}^{\pm} = 1 \pm \hat{\sigma} z_{1-\alpha}$$

Avec :

- $z_{1-\alpha}$: Le quantile de la loi normale centrée réduite.
- $\alpha = 0,5\%$

5.3.3 Le choc de masse

Le choc de masse est basé sur un avis d'expert. Les méthodes statistiques ne sont pas appropriées car dans la plupart des cas, aucun choc de la sorte n'est présent dans les données. Le choc de masse est un choc instantané.

Ainsi, le choc proportionnel à appliquer aux taux de rachat *Best Estimate* est :

$$choc_{masse} = \max\left(\frac{20\%}{\tau_{BE}}, 200\%\right)$$

Avec :

- τ_{BE} : Le taux de rachat *Best Estimate* de la première année de projection.

En pratique, étant donné que les taux de rachat *Best Estimate* sont en deçà de 10%, cela équivaut à l'application d'un taux absolu de 20% pour la première année de projection.

Le calibrage des chocs étant désormais présenté, une analyse dans ce contexte chahuté peut être entamée.

5.4 Analyse des chocs dans un contexte chahuté

Comme observé dans les chapitres précédents, la hausse des taux a un impact considérable sur les rachats. Cette influence peut être particulièrement significative sur les chocs associés au rachat en raison de leur méthode de calibrage. Le but de cette section est de mesurer l'impact de l'inclusion d'une année avec une observation éloignée de l'estimation sur les chocs. Cela sera fait en utilisant la même estimation du montant de rachat à la fin de 2023 que celle abordée dans le chapitre précédent (Scénario central). Ensuite, les résultats seront comparés à une nouvelle approche jugée pertinente.

5.4.1 Présentation du dernier calibrage

Ce calibrage est celui utilisé actuellement et permettant de calculer le SCR rachat. La série temporelle des ratios A/E est représentée telle que :

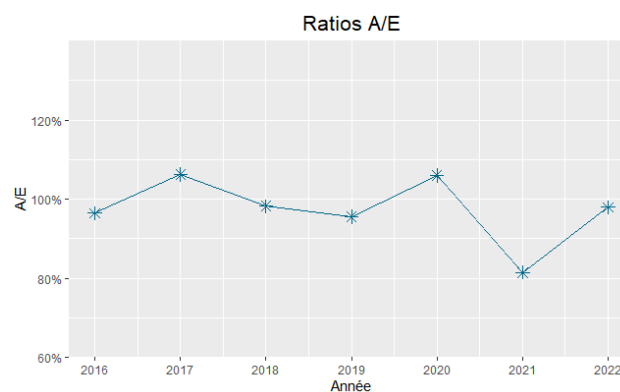


FIGURE 5.3 – Ratios A/E - dernier calibrage

Aucune déviation significative n'est observée pour le moment. La prochaine étape consiste à vérifier les hypothèses sous-jacentes, à savoir la normalité et l'indépendance.

Tout d'abord la normalité est testée au travers du test de Jarque-Bera. Pour rappel la statistique du test est :

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

Avec :

- n : Le nombre d'observations
- S : Le coefficient d'asymétrie
- K : Le kurtosis

La statistique JB suit asymptotiquement une loi du χ^2 à deux degrés de liberté. Alors, pour accepter ou rejeter l'hypothèse de normalité, la statistique est comparée au quantile d'ordre $\alpha = 95\%$ d'une loi du χ^2 à deux degrés de liberté.

L'indépendance est analysée au travers de l'autocorrélation pour un décalage de 1 de la série. Soit une série de données $(x_1, \dots, x_n)$. La définition mathématique de l'estimateur de l'autocorrélation pour un décalage de 1 est [Ailliot et Buckdahn, 2023] :

$$\hat{\rho}_1 = \frac{1}{n\hat{\sigma}^2} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})$$

Avec :

- n : Le nombre d'observations, $n \geq 1$
- $\bar{x}$: La moyenne des x_i
- $\hat{\sigma}$: L'écart-type des x_i

L'hypothèse d'indépendance est acceptée avec un niveau de confiance $\alpha = 95\%$ si l'autocorrélation empirique pour un décalage de 1 ($\hat{\rho}_1$) est comprise dans l'intervalle $[-\frac{1,96}{\sqrt{n}}, \frac{1,96}{\sqrt{n}}]$.

Un test supplémentaire est ajouté dans le but de vérifier que les A/E n'admettent pas de tendance marquée. Le test consiste à ajuster un modèle de régression linéaire simple sur les A/E et de vérifier que le coefficient de détermination (R^2) associé est inférieur à 90%.

Avant de procéder au calibrage des chocs de niveau et de volatilité sur les données spécifiques à la compagnie, il est impératif de réaliser les trois tests préliminaires.

Une fois la présentation des tests terminée, les résultats des trois tests seront exposés. Seuls les résultats de rejet ou de non-rejet de chaque test seront présentés ici. Les détails spécifiques seront disponibles en annexe du mémoire.

	Validé / Rejeté
Test de normalité (JB)	Validé
Test d'indépendance	Validé
Test de tendance	Validé

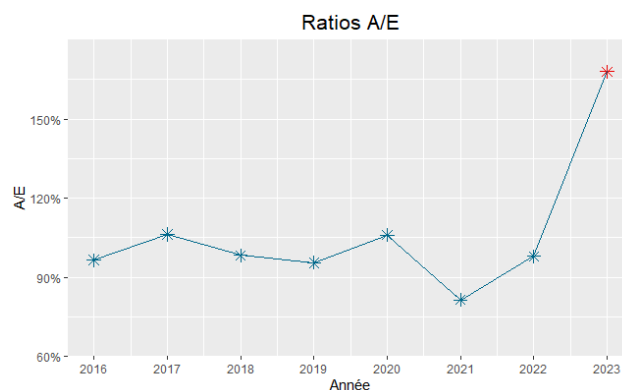
FIGURE 5.4 – Tests statistiques - dernier calibrage

Les trois tests étant validés, les données peuvent être utilisées pour procéder au calibrage.

5.4.2 Préviation du prochain calibrage

La méthode d'Allianz consiste à considérer l'*Expected* comme l'estimation fournie par les lois de rachat structurel. Jusqu'à présent, cet impact n'était pas considérable en période de taux bas, mais la situation a évolué. À présent, comme observé dans le chapitre précédent, une part considérable des rachats est liée aux facteurs conjoncturels.

L'objectif ici est de mesurer l'impact de l'ajout de l'observation provenant du résultat du scénario central du modèle avec la désactivation des rachats dynamiques sur le processus de calibrage. Ainsi, l'observation de A/E pour l'année 2023 sera ici de **168%**. Il est important de souligner que cette évaluation de l'impact repose sur des prévisions, étant donné que l'année 2023 n'est pas encore achevée. Sur cette base la série des ratios A/E est représentée telle que :

FIGURE 5.5 – Ratios A/E - prévision du prochain calibrage

La série présente une déviation marquée en 2023, avec un point qui semble même aberrant. Considérer l'*Expected* uniquement comme l'estimation réalisée en tenant compte des rachats structurels ne semble pas être la méthode appropriée. De plus, comme exposé dans le chapitre précédent, l'assureur est conscient de ce surplus de rachat et prend des mesures pour calculer des indicateurs associés à cette situation.

Avant de présenter une méthode plus pertinente afin de calibrer les chocs, présentons le résultat des tests.

	Validé / Rejeté
Test de normalité (JB)	Rejeté
Test d'indépendance	Validé
Test de tendance	Validé

FIGURE 5.6 – Tests statistiques - prévision du prochain calibrage

Le test de normalité est rejeté pour $\alpha = 5\%$. Malgré ce rejet, le calibrage des chocs sera tout de même effectué de la même manière afin de maintenir la cohérence des méthodes et d'obtenir des résultats comparables. Ce rejet de test renforce les réserves concernant l'utilisation de la méthode actuelle pour évaluer l'*Expected*.

5.4.3 Amélioration en vue du prochain calibrage

Étant donnés les divers problèmes identifiés avec la méthode actuelle, il semble opportun de recommander des améliorations en vue du prochain calibrage. Le calcul de l'*Expected* semble être à améliorer, l'idée est de désormais considérer les rachats estimés y compris ceux liés aux facteurs conjoncturels. Cette prise en compte permettra de "nettoyer les données" du surplus dû au comportement dynamique des assurés. Pour ce faire, le modèle utilisé pour estimer ce comportement dynamique sera celui exposé dans la section 4.3.2. L'observation ajoutée proviendra du résultat du scénario central du modèle de rachats dynamiques préconisé. Ainsi l'observation du A/E pour l'année 2023 sera désormais de **108%**. La série des ratios A/E est donc représentée telle que :

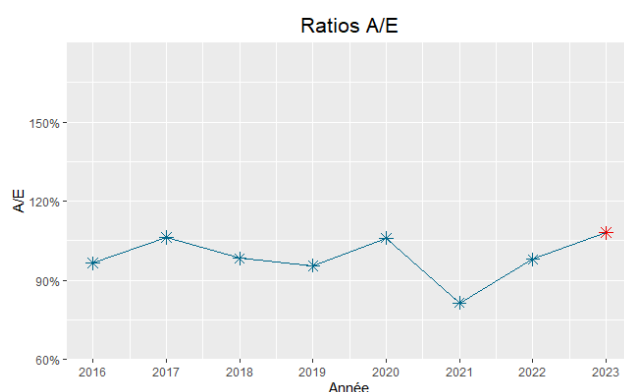


FIGURE 5.7 – Ratios A/E - amélioration en vue du prochain calibrage

Les anciens ratios A/E sont maintenus tels quels, car il s'avère complexe de les modifier. En effet, cela nécessiterait de relancer le modèle avec les anciennes hypothèses sur une période étendue. De plus, compte tenu des conditions économiques, le modèle ALM ne générerait que peu de rachats conjoncturels.

La série maintient une certaine cohérence dans ses valeurs, sans présence d'aucun point aberrant. Les résultats des tests sont les suivants :

	Validé / Rejeté
Test de normalité (JB)	Validé
Test d'indépendance	Validé
Test de tendance	Validé

FIGURE 5.8 – Tests statistiques - amélioration en vue du prochain calibrage

Les trois tests sont validés. Les résultats du SCR rachat selon les différentes méthodes peuvent maintenant être exposés.

5.4.4 Résultats et analyses

Pour garantir une comparaison adéquate avec la formule standard, les résultats issus du modèle interne du SCR présentés seront la somme du SCR rachat vie et rachat massif. L'objectif initial est de mettre en évidence les différences entre le SCR calculé à l'aide de la formule standard et celui obtenu à partir du modèle interne. Ensuite, nous procéderons à une comparaison entre le SCR calculé selon la méthode actuellement employée et celui établi selon l'approche préconisée dans ce mémoire.

	SCR rachat
Formule Standard	140 832 688
Modèle interne dernier calibrage	67 795 752
Modèle interne prévision du prochain calibrage	74 309 775
Modèle interne amélioration en vue du prochain calibrage	67 149 703

FIGURE 5.9 – Résultats du SCR rachat selon les différentes approches

Tout d'abord, il est observé un écart significatif entre les résultats obtenus à partir de l'approche formule standard et ceux issus de l'approche modèle interne. Cet écart

s'explique principalement par les niveaux de choc appliqués dans le cadre de la formule standard. En examinant maintenant les résultats provenant du modèle interne, une observation s'impose : maintenir l'approche actuelle de calibrage des chocs liés au rachat entraînerait une augmentation non justifiée du SCR d'environ 10%, sous réserve que le montant des rachats observé en 2023 se rapproche suffisamment de celui estimé dans le scénario central. La méthode préconisée permet de calibrer les chocs en prenant en compte de manière effective les erreurs d'estimation constatées par le passé concernant le montant annuel des rachats. De plus, si l'écart entre le montant estimé des rachats structurels et le montant observé se rapproche de celui prédit par le scénario central, cela pourrait remettre en question la validité des hypothèses sous-jacentes utilisées.

Les impacts des divers chocs appliqués dans le modèle interne sur le ratio de solvabilité peuvent être présentés. La détermination du ratio de solvabilité repose sur :

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{SCR}}$$

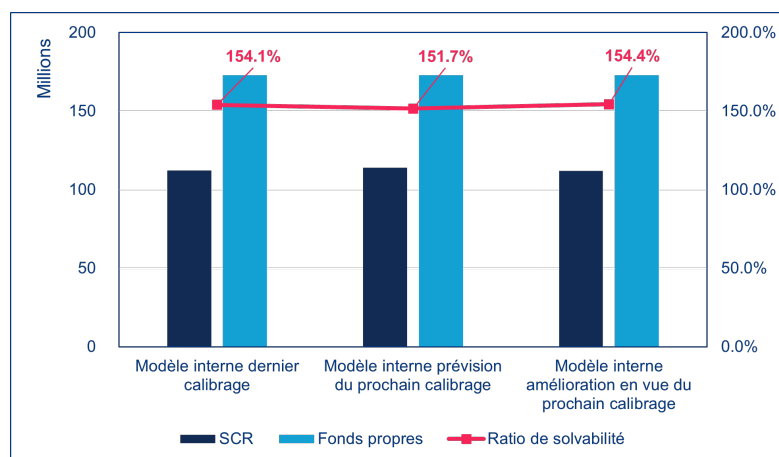


FIGURE 5.10 – Résultats du ratio de solvabilité selon les différentes approches

Les impacts semblent être modestes, principalement en raison des effets de diversification et de la part significative du SCR liée à la catégorie Marché. Cependant, persévérer dans le calibrage des chocs selon l'ancienne méthode entraînerait une chute du ratio de solvabilité non justifiée dès lors qu'une année est marquée par un montant élevé de rachats conjoncturels. L'adoption de la méthode suggérée permettrait même, lors de périodes caractérisées par un surplus de rachats conjoncturels, de mesurer avec précision l'erreur d'estimation.

Conclusion

L'étude a favorisé une compréhension approfondie du risque de rachat d'un portefeuille particulier. L'objectif était d'analyser ce risque dans un contexte chahuté tout en suggérant des améliorations concernant les diverses méthodes utilisées pour aborder les rachats.

Dans un premier temps, l'analyse s'est concentrée sur les rachats structurels. En général, les rachats structurels sont mieux maîtrisés et sont souvent modélisés en prenant en compte uniquement l'ancienneté comme variable explicative, en raison de la fiscalité avantageuse offerte par l'assurance vie. L'objectif était d'évaluer si la méthode actuellement employée chez Allianz demeurerait efficace pour estimer les rachats. Pour ce faire, cette méthode a été confrontée à deux modèles de régression logistique, l'un avec classification des variables quantitatives et l'autre sans. Il est apparu que le modèle actuellement en usage réussissait à estimer correctement les rachats, tout en se révélant plus simple à calibrer et à intégrer dans le modèle de projection. Les modèles ont été testés sur l'année 2022, ce choix de période permettait également d'évaluer si cette année, marquée par la rapide et brutale remontée des taux, a connu des déviations significatives en termes de rachat. Il en résulte que l'année 2022 a été marquée par une faible incidence des rachats conjoncturels.

Dans un second temps, l'attention s'est tournée vers les rachats conjoncturels. L'analyse des premières observations de l'année 2023 (six premiers mois) a permis d'identifier les populations les plus sensibles à un changement de paradigme économique. Ceci a facilité la recommandation d'une nouvelle méthode visant à estimer avec plus de justesse le surplus de rachat pendant les périodes où les taux servis sont nettement inférieurs aux taux proposés aux assurés sur le marché. L'approche consiste à prendre en compte la part des encours détenus par les personnes morales pour ajuster la modélisation de la loi de rachat conjoncturel. En effet, les premières observations durant la période d'instabilité des conditions macro-économiques ont révélé la tendance des personnes morales à se retirer du portefeuille. À première vue, cette approche a permis d'améliorer l'estimation du montant des rachats conjoncturels tout en maintenant un montant d'O&G proche de celui actuellement affiché. Néanmoins, il est important de noter que les métriques définies (tel que le ratio A/E) reposent sur des estimations, étant donné que l'année 2023 n'a pas encore pris fin. Cette première limite pourra être contournée dès

la clôture de l'année 2023, ce qui permettra d'effectuer un *backtesting* du modèle proposé.

Enfin, le dernier objectif de cette étude était de présenter l'impact de la remontée des taux sur le SCR rachat. Étant donné que le calibrage des chocs de rachat en modèle interne se base sur les ratios A/E , les résultats issus de l'analyse des rachats conjoncturels ont été employés. Les conclusions indiquent que la méthode de calibrage actuellement employée chez Allianz était appropriée dans un environnement de taux bas et stables. Une amélioration a été suggérée, consistant à prendre en compte la totalité des rachats estimés plutôt que de se limiter uniquement aux rachats structurels.

En conclusion, conformément aux attentes, la rapide hausse des taux a eu un fort impact sur les rachats. Les recommandations formulées dans le mémoire quant à la modélisation des rachats conjoncturels semblent, à première vue, bien refléter cet impact dans le modèle ALM, ouvrant la voie à une gestion actif-passif durable. De plus, depuis la mise en place de la réforme Solvabilité II, n'ayant jamais été confrontés à ce phénomène, il n'a pas été nécessaire de réviser le calibrage des chocs liés au rachat dans le modèle interne. L'amélioration apportée à ce calibrage dans le cadre du mémoire permet une évaluation plus précise du capital requis.

Limites et voies à explorer

Afin d'apporter une perspective critique au mémoire, nous exposerons ses limites ainsi que des pistes à explorer.

Premièrement, la section concernant les rachats structurels remet en question uniquement la méthode existante pour le rachat total. Les problématiques associées aux rachats partiels en euros et en unités de compte n'ont pas été abordées. De plus, d'autres modèles issus de techniques de *machine learning* auraient pu être considérés. Ceci étant, l'objectif de cette section était de vérifier la pertinence de la méthode Allianz à estimer les rachats structurels. Par conséquent, afin de challenger la méthode Allianz, une préférence a été donnée à des modèles simples, facilement interprétables et explicables, tels que les régressions logistiques.

Ensuite, même si les rachats conjoncturels ont été analysés et modélisés, le taux benchmark utilisé dans la modélisation (taux *spot* à 1 an) n'a pas été remis en question, et il est possible qu'un autre taux benchmark soit plus pertinent. Une deuxième limite découle du manque de données pour effectuer un *backtesting*, ce qui nous a contraint à mettre en place des scénarios prévisionnels. Il est également regrettable que les seuils de déclenchement des rachats conjoncturels n'ont pas pu être calibrés en tenant compte des observations en raison de la rapidité de la hausse des taux ainsi que de la périodicité de distribution des taux de PB. Le calibrage actuel repose sur un paramètre auquel les seuils sont très sensibles, la prime de risque λ définie par avis d'experts à la suite d'un sondage interne datant de plus de 10 ans, dans un contexte économique totalement différent.

La méthode de modélisation des rachats conjoncturels peut également faire l'objet d'une discussion. En effet, actuellement, ces rachats sont modélisés uniquement sur la poche en euros. Cependant, en pratique, un assuré détenant un contrat multisupport durant une période où les taux servis sont peu compétitifs aurait-il réellement tendance à ne racheter que les montants investis dans la composante en euros ?

Enfin, les analyses se focalisent exclusivement sur les lois calibrées en montant, ce qui permet de saisir efficacement l'écoulement des prestations de rachat. Toutefois, il convient de noter que le flux du nombre de contrats est également modélisé. Une étude sur les effets de la hausse des taux sur le nombre de contrats rachetés aurait également pu s'avérer intéressante. Bien que les premières intuitions suggèrent que l'impact en termes de nombre serait probablement moins prononcé que celui en termes de montant.

Annexe A

Stabilisation de la durée de ROI

L'objectif ici est de déterminer à partir de quelle durée d'investissement l'opération de rachat est considérée comme rentable.

Pour ce faire, nous utiliserons la condition de résistance au rachat avec $\Delta = TA - R$:

$$\frac{\Delta}{1+R} \leq Res(i)$$

$Res(i)$ fait intervenir f_{acq} les frais d'acquisition d'un nouveau produit, $PS(i)$ le total des taxes à l'ancienneté i , K la durée de *Return On Investment* (ROI) considérée comme acceptable par l'assuré et λ une prime de risque, qui par avis d'expert a été fixée à 1%.

$$Res(i) = (1 + \lambda) \times \sqrt[K]{\frac{1}{(1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i}))}} - 1$$

Ainsi :

$$\frac{\Delta}{1+R} \leq (1 + \lambda) \times \sqrt[K]{\frac{1}{(1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i}))}} - 1$$

$$\frac{1 + R + \Delta}{(1 + R)(1 + \lambda)} \leq \sqrt[K]{\frac{1}{(1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i}))}}$$

$$\left(\frac{1 + R + \Delta}{(1 + R)(1 + \lambda)}\right)^K \leq \frac{1}{(1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i}))}$$

$$K \ln\left(\frac{1 + R + \Delta}{(1 + R)(1 + \lambda)}\right) \leq \ln\left(\frac{1}{(1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i}))}\right)$$

$$-K \ln\left(\frac{(1 + R)(1 + \lambda)}{1 + R + \Delta}\right) \leq -\ln\left((1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1 + R)^i}))\right)$$

$$K \leq \frac{\ln((1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i})))}{\ln(\frac{(1+R)(1+\lambda)}{1+R+\Delta})}$$

Cela permet de poser :

$$ROI(\Delta) = \frac{\ln((1 - f_{acq})(1 - PS(i)(1 - \frac{1}{(1+R)^i})))}{\ln(\frac{(1+R)(1+\lambda)}{1+R+\Delta})}$$

Soit la condition de déformation de moins de 5% de la durée de ROI.

$$\frac{ROI(\Delta + 0, 2\%) - ROI(\Delta)}{ROI(\Delta)} \geq -5\%$$

Cette condition peut donc être réécrite comme :

$$\frac{\ln(\frac{(1+R)(1+\lambda)}{1+R+\Delta})}{\ln(\frac{(1+R)(1+\lambda)}{1+R+\Delta+0,2\%})} \geq 1 - 5\%$$

Annexe B

Tests statistiques

Normalité

Le test de **Shapiro-Wilk** est introduit dans le but de vérifier la normalité de la série de données à l'aide de deux tests différents. Ce test, similaire au test de Jarque-Bera, permet d'évaluer la normalité d'une série de données, mais présente l'avantage d'être adapté pour de petits échantillons.

	p-value	Interprétation
Jarque-Bera	0.644	Hypothèse de normalité vérifiée
Shapiro-Wilk	0.169	Hypothèse de normalité vérifiée

FIGURE B.1 – Normalité - dernier calibrage

	p-value	Interprétation
Jarque-Bera	0.042	Hypothèse de normalité rejetée
Shapiro-Wilk	0.002	Hypothèse de normalité rejetée

FIGURE B.2 – Normalité - prévision du prochain calibrage

	p-value	Interprétation
Jarque-Bera	0.594	Hypothèse de normalité vérifiée
Shapiro-Wilk	0.175	Hypothèse de normalité vérifiée

FIGURE B.3 – Normalité - amélioration en vue du prochain calibrage

Indépendance

L'indépendance peut être observée à travers l'autocorrélogramme de la série temporelle des ratios A/E .

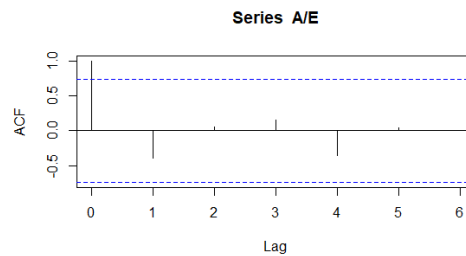


FIGURE B.4 – Indépendance - dernier calibrage

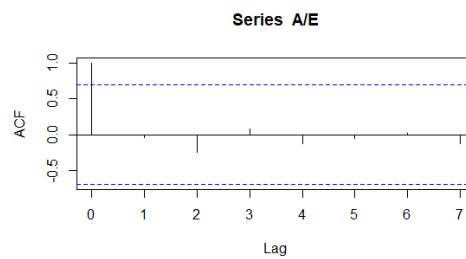


FIGURE B.5 – Indépendance - prévision du prochain calibrage

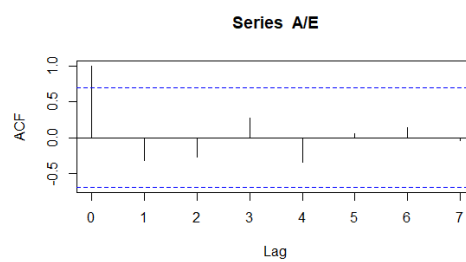


FIGURE B.6 – Indépendance - amélioration en vue du prochain calibrage

Tendance

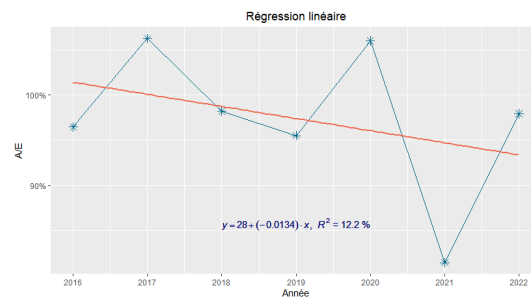


FIGURE B.7 – Tendance - dernier calibrage

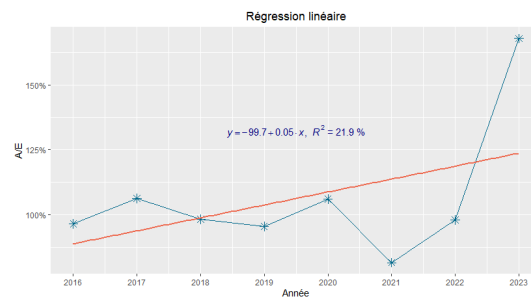


FIGURE B.8 – Tendance - prévision du prochain calibrage

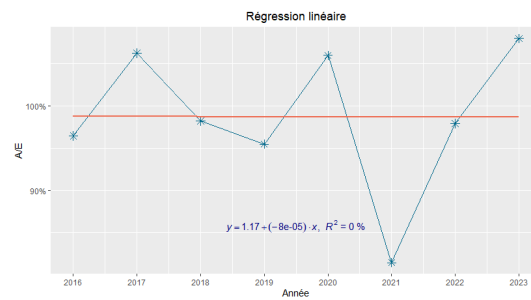


FIGURE B.9 – Tendance - amélioration en vue du prochain calibrage

Bibliographie

- [ACPR, 2013] ACPR (2013). Orientations nationales complémentaires aux spécifications techniques pour l'exercice 2013 de préparation à solvabilité 2. Rapport technique.
- [ACPR, 2014] ACPR (2014). Défaillances dans le secteur de l'assurance vie au japon dans les décennies 1990 et 2000. Rapport technique.
- [Ailliot et Buckdahn, 2023] AILLIOT, P. et BUCKDAHN, R. (2023). Séries temporelles. Cours Master 2 EURIA.
- [Allianz, 2022] ALLIANZ (2022). Lois best estimate de rachat des produits d'épargne, retraite et prévoyance. Documentation interne.
- [Allianz vie, 2022] ALLIANZ VIE (2022). Rapport sur la solvabilité et la situation financière. Rapport technique.
- [Bennouna, 2023] BENNOUNA, M. (2023). Modélisation et agrégation des risques. Cours Master 2 EURIA.
- [Commission européenne, 2014] COMMISSION EUROPÉENNE (2014). Règlement délégué (ue) 2015/35 de la commission. Journal officiel de l'Union européenne. complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (Solvabilité II).
- [Dommange et Toubon, 2023] DOMMANGE, M. et TOUBON, H. (2023). Contexte réglementaire comptable et prudentiel. Cours Master 2 EURIA.
- [France Assureurs, 2015] FRANCE ASSUREURS (2015). Les rachats de contrats d'assurance vie selon l'ancienneté du contrat et l'âge de l'assuré en 2014. Rapport technique.
- [France Assureurs, 2022a] FRANCE ASSUREURS (2022a). L'assurance française - données clés 2021. Rapport technique.
- [France Assureurs, 2022b] FRANCE ASSUREURS (2022b). L'assurance vie - année 2021. Rapport technique.
- [Institut des Actuaire, 2023] INSTITUT DES ACTUAIRES (2023). Groupe de travail « best estimate liabilities vie ». Rapport technique.
- [Juillard, 2023] JUILLARD, M. (2023). Gestion et mesure des risques. Cours Master 2 EURIA.
- [Kahneman et Tversky, 1979] KAHNEMAN, D. et TVERSKY, A. (1979). Prospect theory : An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2).

- [Kerhaignon, 2023] KERHAIGNON, V. (2023). Comptabilité des assurances vie et non vie. Cours Master 2 EURIA.
- [Milhaud, 2011] MILHAUD, X. (2011). Segmentation et modélisation des comportements de rachat en assurance vie. Mémoire d'actuariat.
- [Momafi, 2023] MOMAFI, P. (2023). Mathématiques financières et actuarielles. Cours Master 2 EURIA.
- [Suru, 2011] SURU, A. (2011). Le rachat : modélisations et préconisations. Mémoire d'actuariat.