



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 Actuaire

le 26 août 2022

Par : Alexia JOLY

Titre : Taux bas, remontée des taux : quel avenir pour les fonds euros ?

Confidentialité : Non

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

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

Jérôme VIGNANCOUR

Laurent IMBERT

Signature :

Entreprise :

ACTUELIA

Signature :

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

Rainer BUCKDAHNS

Signature :

David FITOUCHI

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 clés: Fonds euro, Assurance-vie, Générateur de Scénarios Économiques, Solvabilité II, *Asset and Liability Management*, Courbe des taux, Rationalité

Dans un contexte économique actuellement marqué par des fluctuations sur les taux d'intérêts, les organismes d'assurance se trouvent confrontés à une forte volatilité de leurs indicateurs de solvabilité et par conséquent du niveau de risque lié à leur portefeuille. Ces derniers doivent alors mettre en place des décisions de gestion pour limiter l'incertitude autour de la projection de l'actif et du passif, caractérisés par une interaction forte.

Dans le cadre de ce mémoire, une étude des impacts des variations de la courbe des taux est menée sur le bilan et la solvabilité d'un organisme vie proposant des contrats mono-supports en euros, mais aussi sur le comportement de ses adhérents.

Selon les résultats observés, diverses solutions sont proposées pour améliorer le couple risque/rendement (Ratio de solvabilité/Valeur actuelle des profits futurs), comme le lancement d'un produit proposant des TMG négatifs en contexte de taux bas, ou encore une stratégie de lissage de la participation aux bénéfices dans le cas d'une hausse des taux.

En parallèle, le mémoire présente également des travaux d'amélioration et d'adaptation d'un générateur de scénarios économiques et d'un outil de gestion actif-passif, internes à l'entreprise, permettant de mener à bien les études d'impacts réalisées. Les évolutions apportées portent sur la mise en place d'un nouveau modèle de taux ainsi que sur l'apport de la corrélation entre actifs.

Abstract

Keywords: Euro funds, Life insurance, Economic scenario generator, Solvability II, Asset and Liability Management, Rate curve, Best Estimate

In an economic context currently marked by fluctuations in interest rates, insurance companies are facing a high level of volatility in their solvency indicators and consequently in the level of risk related to their portfolio. Therefore, they must implement management actions in order to limit the uncertainty surrounding the projections of assets and liabilities, which are characterized by a strong interaction.

In this thesis, a study is conducted on the impact of variations of the yield curve on the balance sheet and the solvency of a life insurance company offering contracts in euros, but also on the behavior of its members.

Depending on the observed results, various solutions are proposed to improve the risk/return ratio (Solvency Ratio/Present Value of Future Profits), such as the launch of a product offering negative guaranteed rate in a low-rate context, or a strategy of smoothing the profit sharing in the event of a rise in interest rates.

Simultaneously, the thesis also presents the improvement and adaptation of an economic scenario generator and an asset and liability management tool, both internal to the company, allowing the impact studies to be carried out. The changes made concern the implementation of a new rate model as well as the introduction of correlation between assets.

Note de Synthèse

Contexte et problématique

Ce mémoire se place dans un contexte économique variable et incertain. En effet, après une vingtaine d'années de baisse des taux, l'année 2022 est marquée par une forte remontée des taux, associée à une inflation élevée. Les organismes d'assurance-vie sont fortement dépendants des variations de la courbe des taux du fait notamment de leurs engagements longs et de leur investissement majoritairement sur des obligations. Ainsi, ils doivent porter une attention particulière aux risques qui y sont associés.

Dès lors, l'objectif de ce mémoire est à la fois d'évaluer les impacts des variations de la courbe des taux sur le bilan et la solvabilité d'un organisme d'assurance-vie et sur ses adhérents, mais aussi de proposer certaines solutions permettant de piloter l'activité et d'encadrer au mieux les risques rencontrés.

Dans un premier temps, une mise en contexte est nécessaire sur l'assurance-vie et le contexte économique actuel. Par la suite sont présentées les améliorations apportées au générateur de scénarios économiques qui est utilisé pour les différentes études. Ensuite, un organisme d'assurance-vie fictif est modélisé, avec pour objectif de représenter au mieux au marché actuel de l'assurance-vie. Enfin, des études de variations de la courbe des taux et des propositions de solutions associées sont réalisées.

Amélioration du générateur de scénarios économiques (GSE)

Les premiers travaux de ce mémoire portent sur l'amélioration d'un générateur de scénarios économiques créé et développé en interne dans le cadre d'un précédent mémoire, sur *Excel* et VBA. En effet, cette première version du GSE a été reprise étayée dans le cadre de ce mémoire.

Ainsi, la première amélioration est la mise en place d'un nouveau modèle de taux plus performant : le modèle de Hull et White à un facteur. Après le processus de calibrage, il ressort que le modèle de taux implémenté parvient à répliquer de façon satisfaisante les variations de la courbe des taux, avec un écart à la courbe EIOPA de 0,012% en moyenne :

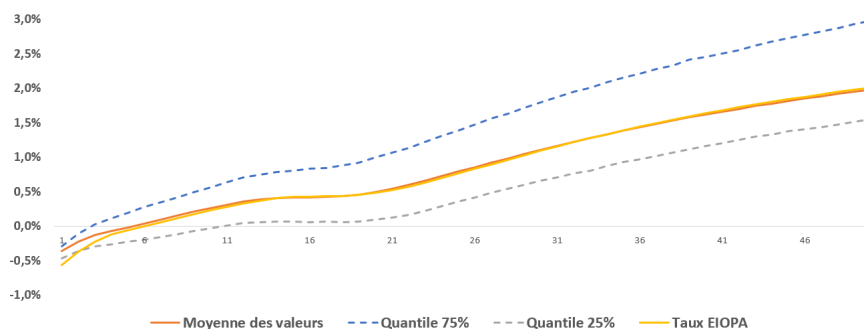


FIGURE 1 – Test de calibrage du modèle HW1F sur la courbe des taux sans risque EIOPA

D'autre part, la corrélation entre actifs a été intégrée au sein du générateur de scénarios économiques. Les coefficients ont été calculés sur des historiques de données sélectionnés pour leur représentativité de l'ensemble de l'Union Européenne, dans un but de cohérence avec la directive Solvabilité II qui s'applique au niveau européen. La matrice de corrélation obtenue est la suivante :

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} Taux & Action & Immo \end{matrix} \\ \begin{matrix} Taux \\ Action \\ Immo \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0,04 & 0,60 \\ 0,04 & 1 & 0,21 \\ 0,60 & 0,21 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

A l'aide de la décomposition de Cholesky, des aléas corrélés ont ensuite pu être générés et implémentés dans les différentes formules de projection des taux, des actions et de l'immobilier.

Enfin, l'outil de gestion actif-passif, également développé sur *Excel* dans le cadre d'un précédent mémoire, a été pris en main et légèrement adapté pour les besoins opérationnels du mémoire. Pour s'assurer de l'exactitude, de la justesse et de la cohérence avec le marché des outils utilisés, des tests recommandés par l'EIOPA ont été réalisés : test de martingalité, test de fuite et d'écart de convergence, ou encore test du nombre de scénarios.

Modélisation d'un organisme d'assurance-vie : Assu'Vie

A la suite de la partie relative aux travaux menés sur le GSE et l'outil d'*Asset and Liability Management* (ALM), ce mémoire présente l'organisme d'assurance-vie étudié : Assu'Vie. Il s'agit d'un organisme fictif, construit à partir d'une base de données vieillie et d'un benchmark du marché de l'assurance-vie en France. Ainsi, le portefeuille d'Assu'Vie est constitué uniquement de contrats mono-supports en euro, avec des taux minimum garantis (TMG) allant de 0% à 2%. Les *model points* retenus sont les suivants :

Model Point	TMG	Age moyen	Ancienneté moyenne	Proportion PM
1	0,00%	45	3	22%
2	0,25%	48	5	36%
3	0,50%	51	7	20%
4	1,00%	55	9	8%
5	1,50%	58	11	8%
6	2,00%	60	13	6%

FIGURE 2 – *Model Points* issus de la base de données d'Assu'Vie.

D'autre part, pour chaque scénario sont étudiées les évolutions de trois indicateurs clés : le *Best Estimate*, le ratio de solvabilité et la *Present Value of Future Profits* (PVFP). En vision centrale, c'est-à-dire avec une évaluation au 31/12/2021, ces indicateurs sont les suivants pour Assu'Vie :

Central	
Best Estimate	1 523,4 M€
Ratio SCR	192%
PVFP	266,4 M€

FIGURE 3 – Indicateurs dans le scénario central.

En amont des analyses sur les fluctuations des taux, une étude d'impact a été réalisée pour évaluer les améliorations du modèle sur ces 3 indicateurs.

Situation de baisse des taux

La première étude porte sur la situation d'Assu'Vie en contexte de baisse des taux. Pour faire face à la baisse de solvabilité observée et induite par la baisse des taux, ce mémoire s'intéresse à la mise en place d'un produit proposant des taux minimum garantis (TMG) négatifs.

	Central	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs
Best Estimate	1 523,4 M€	1 628,2 M€	1 611,6 M€
Ratio SCR	192%	151%	166%
PVFP	266,4 M€	202,3 M€	218,9 M€

FIGURE 4 – Comparaison des indicateurs dans le scénario central et en baisse des taux.

Les indicateurs montrent que dans un contexte de baisse des taux, il est intéressant pour Assu'Vie de mettre en place un produit proposant des TMG négatifs : cela lui permet de diminuer ses engagements contractuels, et d'améliorer sa solvabilité ainsi que sa rentabilité. Dès lors, ce mémoire s'intéresse au lancement d'un tel produit, et de son évaluation à horizon 5 ans.

Pour simuler le lancement de ce produit, une nouvelle stratégie à été mise en place pour Assu'Vie. Celle-ci comporte :

- Une allocation d'actifs plus risquée, combinant une hausse de la part de l'immobilier et l'investissement dans des obligations BBB (dans l'allocation initiale, seules des obligations AAA sont présentes en portefeuille). En effet, grâce au gain de solvabilité induit par la mise en place de TMG négatifs, Assu'Vie peut se permettre d'investir dans des actifs plus risqués, dans le but d'avoir une espérance de rendement plus élevée, et de servir de meilleurs taux à ses adhérents.
- La mise en place d'une *management action* visant à favoriser le *model point* bénéficiant d'un TMG négatif dans la distribution de la PB, par stratégie commerciale. En effet, ce *model point* permettant à Assu'Vie de gagner en solvabilité, la stratégie est de servir un meilleur taux à ces adhérents, pour augmenter leur proportion en portefeuille d'année en année.

Parallèlement, un *Business Plan* vision monde réel a été déterminé, à l'aide d'hypothèses de rendement des actifs et de collecte. Ceci a permis d'évaluer les indicateurs d'Assu'Vie projetés sur 5 ans, et notamment le ratio de solvabilité :

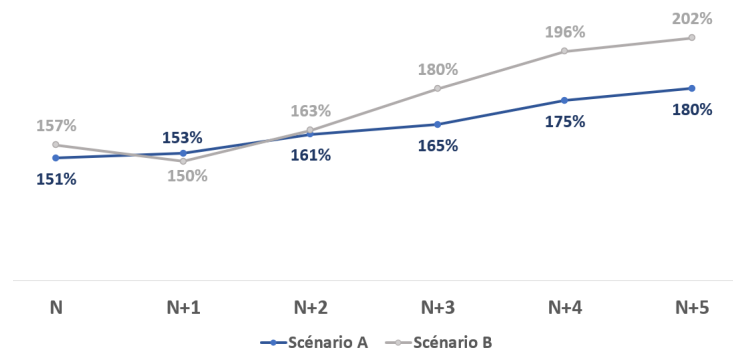


FIGURE 5 – Projection des ratios sur 5 ans dans le scénario A et le scénario B.

L'étude montre que le lancement d'un produit avec TMG négatifs (scénario B) est bénéfique pour la solvabilité d'Assu'Vie à horizon 5 ans, en comparaison avec un scénario de baisse des taux classique (scénario A).

Ensuite, l'étude vise à évaluer l'intérêt de ce produit d'un point de vue des adhérents, notamment avec l'analyse des taux servis en monde réel sur les 5 premières années :

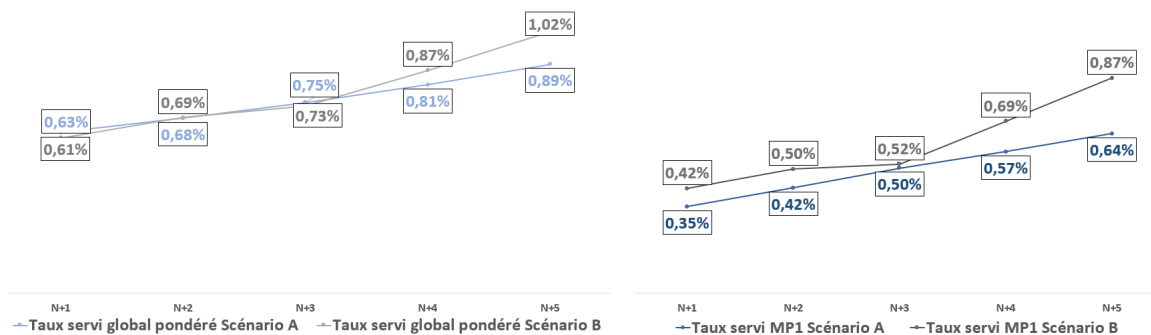


FIGURE 6 – Taux servis en monde réel dans le scénario A et le scénario B.

Cette étude met en lumière l'intérêt du lancement d'un tel produit pour les adhérents. En effet, avec la stratégie de lancement de produit mise en place par Assu'Vie, les taux servis sont plus élevés à horizon 5 ans, à la fois pour le *model point* bénéficiant d'un TMG négatif, mais également pour l'ensemble du portefeuille.

D'autre part, un sondage réalisé dans le cadre de ce mémoire a permis d'identifier une clientèle potentielle pour ce type de produit, malgré un risque de perte en capital.

Situation de hausse des taux

A contrario, une étude est réalisée en situation de hausse des taux, représentative de la situation de juin 2022. L'évaluation des indicateurs d'Assu'Vie traduit une hausse modérée de la solvabilité, avec un ratio qui passe de 192% en situation centrale à 203% en hausse des taux. Pour mieux comprendre cette faible augmentation, des études sont réalisées sur le comportement des adhérents, et notamment sur les rachats conjoncturels :

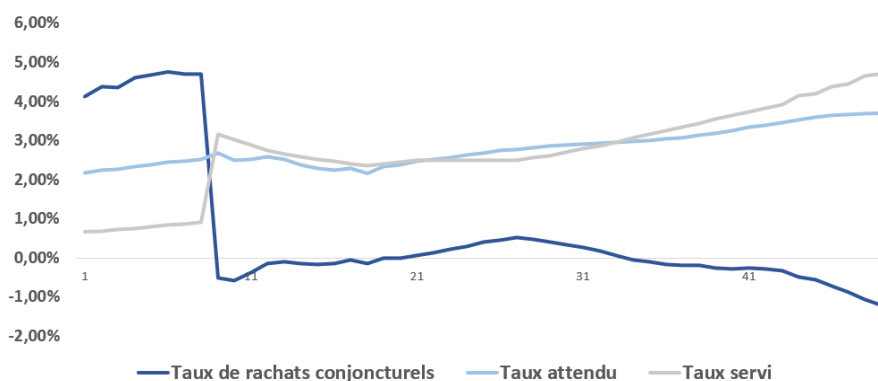


FIGURE 7 – Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus en situation de hausse des taux, selon l'année de projection.

Il ressort de ces études de forts rachats sur les premières années, qui résultent d'un taux attendu élevé par les adhérents. Par exemple, le taux du livret A étant passé à 2% en août 2022, cela donne une référence aux adhérents, qui attendent un taux servi proche de ce taux de référence.

Au-delà d'impacter leur solvabilité, ces rachats représentent un risque majeur pour les organismes d'assurance-vie. En effet, en évaluation monde réel, la hausse des taux entraîne une diminution des plus-values latentes des obligations. Or, les organismes d'assurance-vie se doivent d'assurer une adéquation entre actif et passif. Dès lors, en cas de vague de rachats, le risque est de vendre des obligations en moins-value, ce qui induit un risque de faillite accru.

Face à ce constat, une solution est envisagée pour limiter les rachats : le pilotage de la participation aux bénéfiques. Ainsi, une *management action* est mise en place. Elle consiste à utiliser les réserves d'Assu'Vie sur les premières années, en versant plus de stock de PB. Cette décision de gestion est en accord avec les mesures qui vont potentiellement être prises par les organismes d'assurance en cette année 2022, selon certains articles.¹

Avec cette *management action*, les rachats sont limités sur les premières années :

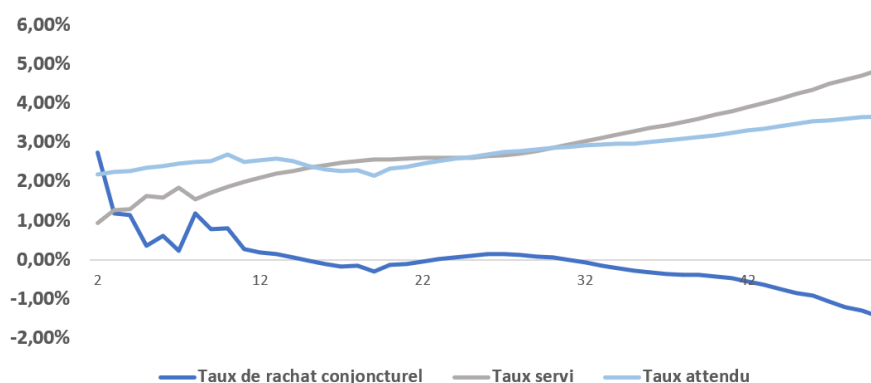


FIGURE 8 – Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus avec lissage de PB, selon l'année de projection.

D'autre part, cette solution permet de renforcer la solvabilité des organismes d'assurance-vie en contexte de hausse des taux, avec un gain de 12 points sur le ratio de solvabilité, qui est désormais de 215%.

Enfin, le sondage réalisé dans le cadre de ce mémoire met en lumière quelques pistes de réflexion. Notamment, il apparaît que le comportement des adhérents n'est pas rationnel :

1. Source : [MoneyVox, 2022]

près de la moitié des répondants ne connaissent pas le rendement de leur assurance-vie, et seraient donc peu enclins à racheter leur contrat, même en cas de hausse des taux.

Conclusion

Ce mémoire permet tout d'abord d'améliorer un générateur de scénarios économiques, qui pourra potentiellement être utilisé dans le cadre de missions au sein du cabinet Actuelia.

Ensuite, les études d'impacts réalisées mettent en lumière la sensibilité des organismes d'assurance-vie vis-à-vis de la courbe des taux, tout en prenant en compte le point de vue des adhérents.

Finalement, des solutions sont proposées pour renforcer la solvabilité d'Assu'Vie. Tout d'abord, le lancement d'un produit proposant des TMG négatifs en contexte de baisse des taux permet à Assu'Vie d'améliorer sa solvabilité à horizon 5 ans. La mise en place d'une stratégie plus agressive de la part d'Assu'Vie prouve également l'intérêt de ce produit au regard des adhérents, pour lesquels le taux servi est amélioré. D'autre part, le lissage de la participation aux bénéfices proposé dans un contexte de hausse des taux permet à Assu'Vie de limiter les rachats observés sur son portefeuille sur les premières années. Cette solution vise à limiter l'effet d'inertie observé sur le portefeuille.

Ce mémoire donne ainsi un aperçu de stratégies que les organismes d'assurance-vie vont potentiellement devoir mettre en place pour faire face au contexte économique actuel.

Executive summary

Context and issues

This thesis is set in a variable and uncertain economic context. Indeed, after twenty years of falling interest rates, 2022 is marked by a strong rise in interest rates, associated with high inflation. Life insurance companies are highly dependent on changes in the yield curve, in particular because of their long-term commitments and their major investment in bonds. Therefore, they must pay particular attention to risks related to this curve.

Thus, the objective of this thesis is to evaluate the impact of the variations of the yield curve on the balance sheet and solvency of a life insurance company and on its members, but also to propose some solutions allowing to pilot the activity and to manage the risks encountered as well as possible.

First, a background on life insurance and the current economic context is provided. Next, the improvements made to the economic scenario generator used for the various studies are presented. After that, a fictitious life insurance organization is modeled, with the aim of best representing the current life insurance market in the best way possible. Finally, studies of variations in the yield curve and associated solution proposals are studied.

Improvement of the economic scenario generator

The first work of this thesis concerns the improvement of an economic scenario generator created and developed internally within the framework of a previous thesis, on Excel and VBA. Indeed, this first version of the GSE has been resumed and supported within the current thesis.

Thus, the first improvement is the implementation of a new and more efficient rate model : the Hull-White one-factor model. After the calibration process, it appears that the implemented rate model manages to replicate satisfactorily the yield curve, with a deviation from the EIOPA curve of 0,012% on average :

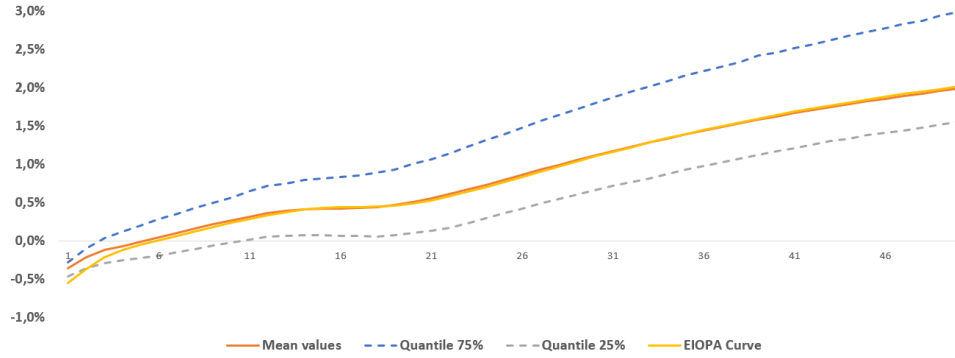


FIGURE 9 – Calibration test of the HW1F model on the EIOPA risk-free rate curve.

Moreover, the correlation between assets has been integrated within the economic scenario generator. The coefficients were calculated on historical data selected for their representativeness of the whole European Union, in order to be consistent with the Solvency II directive which applies at the European level. The correlation matrix obtained is as follows :

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} Rates & Stocks & Property \end{matrix} \\ \begin{matrix} Rates \\ Stocks \\ Property \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0,04 & 0,60 \\ 0,04 & 1 & 0,21 \\ 0,60 & 0,21 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Using the Cholesky decomposition, correlated hazards could then be generated and implemented in the different projection formulas for rates, stocks and property.

Finally, the asset and liability management tool, also developed on Excel in the context of a previous thesis, was taken in hand and slightly adapted for the operational needs of this thesis. To ensure the accuracy, the correctness and the consistency with the market of the tools used, tests recommended by EIOPA were carried out : martingality test, leakage and convergence deviation test, and test of the number of scenarios.

Modeling of a life insurance organization : Assu’Vie

Following the section on the work done on the GSE and the Asset and Liability Management tool, this thesis presents the life insurance organization studied : Assu’Vie. It is a fictitious organization, built from an aged database and a benchmark of the life insurance market in France. Thus, Assu’Vie’s portfolio is made up solely of contracts in euros, with guaranteed rates (GR) ranging from 0% to 2%. The model points used are as follows :

Model Point	GR	Average age	Average seniority	PM Proportion
1	0,00%	45	3	22%
2	0,25%	48	5	36%
3	0,50%	51	7	20%
4	1,00%	55	9	8%
5	1,50%	58	11	8%
6	2,00%	60	13	6%

FIGURE 10 – *Model Points* from Assu’Vie’s database.

In addition, for each scenario, the evolution of three key indicators is studied : the Best Estimate, the solvency ratio and the Present Value of Future Profits (PVFP). In the central view, i.e. with a valuation as at 31/12/2021, these indicators are the following for Assu’Vie :

	Central
Best Estimate	1 523,4 M€
Solvency Ratio	192%
PVFP	266,4 M€

FIGURE 11 – Indicators in the central scenario.

Prior to the analysis of rate fluctuations, an impact study was carried out to evaluate the improvements of the model on these 3 indicators.

Falling rate situation

The first study focuses on the situation of Assu’Vie in a context of falling interest rates. In order to face the decrease in solvency observed and induced by the decrease in rates, this thesis focuses on the implementation of a strategy by introducing negative guaranteed rates (GR).

	Central	Falling rates	Falling rates + Negative GR
Best Estimate	1 523,4 M€	1 628,2 M€	1 611,6 M€
Solvency Ratio	192%	151%	166%
PVFP	266,4 M€	202,3 M€	218,9 M€

FIGURE 12 – Comparison of indicators in the central scenario and in the falling rates situation.

Indicators show that in a context of falling interest rates, it is interesting for Assu’Vie to set up a product offering negative GR : this allows it to reduce its contractual commitments, and to improve its solvency and profitability. Therefore, this thesis focuses on

the launch of such a product and its evaluation over a 5-year horizon.

To simulate the launch of this product, a new strategy has been put in place for Assu'Vie. It includes :

- A riskier asset allocation, combining an increase in the share of property and an investment in BBB bonds (in the initial allocation, only AAA bonds were in the portfolio). Indeed, thanks to the solvency gain induced by the implementation of negative GMRs, Assu'Vie can afford to invest in riskier assets in order to have a higher expected return, and to provide better rates to its members.
- The implementation of a management action in order to favour the model point that has a negative MGR in the distribution of profit sharing, by commercial strategy. Indeed, since this model point allows Assu'Vie to have a better solvency, the strategy is to serve a better rate to these members, in order to increase their proportion in the portfolio from year to year.

In parallel, a real-world vision business plan was determined, using assumptions of asset performance and premiums. This allowed us to evaluate Assu'Vie's indicators projected over 5 years, and in particular the solvency ratio :

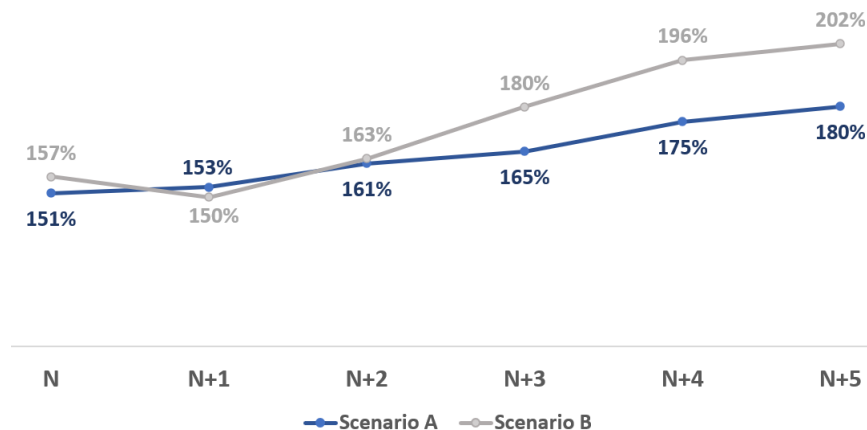


FIGURE 13 – Projection of ratios over 5 years in scenario A and scenario B.

The study shows that the launch of a product with negative GR (scenario B) is beneficial for Assu'Vie's solvency over a 5-year horizon, compared to a classic scenario of falling rates (scenario A).

Then, the study aims to evaluate the interest of this product from a member's point of view, notably with the analysis of the rates served in the real world over the first 5 years :

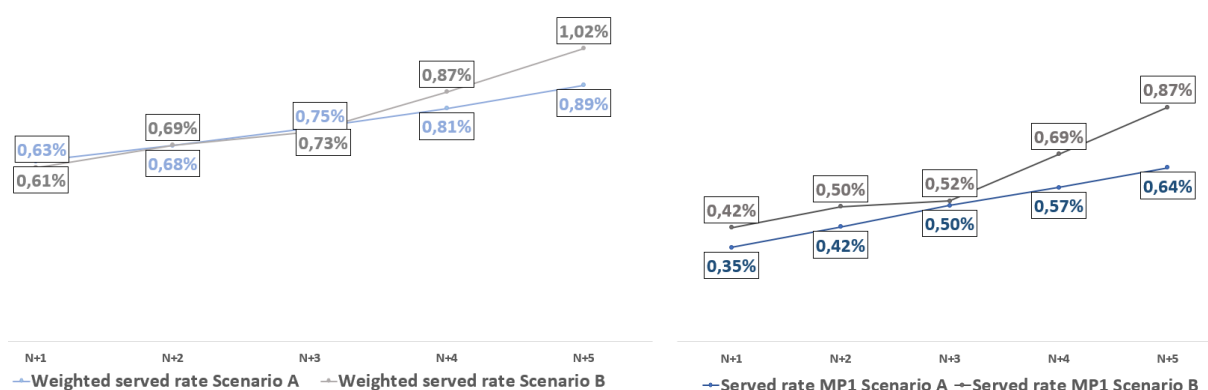


FIGURE 14 – Real-world served rates in scenario A and scenario B.

This study highlights the interest of launching such a product for members. Indeed, with the product launch strategy implemented by Assu’Vie, the rates served are higher over a 5-year horizon, both for the model point benefiting from a negative TMG but also for the entire portfolio.

Moreover, a survey carried out within the framework of this thesis made it possible to identify a potential clientele for this type product, despite the risk of capital loss.

Rising rate situation

On the other hand, a study is carried out in a situation of rising rates, representative of the situation in June 2022. The evaluation of Assu’Vie’s indicators shows a moderate increase in solvency, with the ratio rising from 192% in the central situation to 203% in this situation. In order to better understand this slight increase, studies are being carried out on the behavior of members, and in particular redemptions :

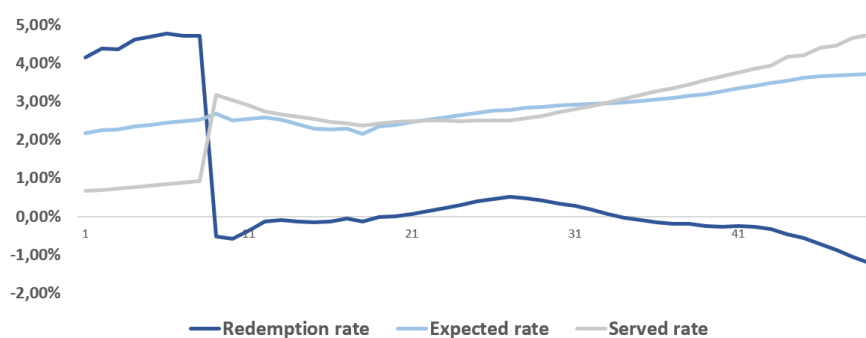


FIGURE 15 – Cyclical redemption rates, served rates and expected rates in a rising rate situation, depending on the projection year.

These studies show strong redemptions in the early years, which are the result of a high expected rate by members. For example, since the Livret A rate is at 2% in August 2022, this provides a reference for members, who expect a rate close to this reference rate.

In addition to impacting their solvency, these redemptions represent a major risk for life insurance companies. Indeed, in a real-world situation, rising interest rates lead to a decrease in the unrealised capital gains of bonds. However, life insurers must ensure that their assets and liabilities are in line with each other. In the event of a wave of redemptions, the risk is to sell bonds at a loss, which leads to an increased risk of bankruptcy risk.

Faced with this situation, a solution is envisaged to limit redemptions : the steering of profit-sharing. Thus, a management action was set up. It consists of using Assu'Vie's reserves in the early years by paying out more profit sharing stock. This management decision is in line with the measures that are potentially going to be taken by insurance organisations in the year 2022, according to some articles².

With this management action, redemptions are limited in the early years :

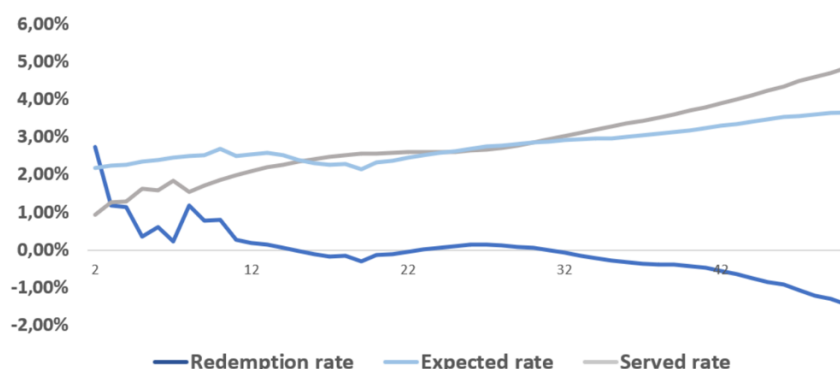


FIGURE 16 – Cyclical redemption rates, served rates and expected rates in a rising rate situation with steering of profit sharing, depending on the projection year.

Moreover, this solution makes it possible to strengthen the solvency of life insurance organisations in a context of rising interest rates, with a gain of 12 points on the solvency ratio, which is now 215%.

Finally, the survey carried out for this thesis highlights some areas for further reflection. In particular, it appears that the behaviour of policyholders is not rational : almost half of the respondents do not know the return on their life insurance policy, and would therefore be reluctant to surrender their policy, even if rates were to rise.

2. Source : [MoneyVox, 2022]

Conclusion

First of all, this thesis allowed the improvement of an economic scenario generator, which could potentially be used in the framework of missions within Actuelia.

Secondly, the impact studies carried out highlighted the sensitivity of life insurers to the yield curve, while taking into account the viewpoint of policyholders.

Finally, solutions are proposed to strengthen the solvency of Assu'Vie. Firstly, the launch of a product offering negative GR in a context of falling interest rates will allow Assu'Vie to improve its solvency over the next five years. The implementation of an aggressive strategy for Assu'Vie also proves the interest of this product with regard to the members, for whom the rate served is improved. On the other hand, the smoothing of the profit-sharing offered in a context of rising interest rates allows Assu'Vie to limit the redemptions observed in its portfolio in the early years. This solution aims to limit the inertia effect observed on the portfolio.

Thus, this thesis provides an overview of strategies that life insurers will potentially have to implement to cope with the current economic environment.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le cabinet Actuelia et plus particulièrement MM. Frank Boukobza, David Fitouchi et Louis-Anselme De Lamaze, de m'avoir accueillie au sein de leur équipe et permis de réaliser ce mémoire.

Je tiens à remercier vivement Elise Laurent, ma tutrice entreprise, pour son aide technique lors de la réalisation de ce mémoire mais aussi pour sa disponibilité et ses nombreuses relectures. Je remercie également Kévin Ma pour ses précieux conseils ainsi que pour ses relectures.

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe du cabinet Actuelia pour leur accueil chaleureux, leur bienveillance, leurs conseils et leur soutien au long de la rédaction de ce mémoire. Une pensée particulière pour mes co-stagiaires et co-alternants. Un merci également à Matthieu Reslin pour l'intérêt porté à mon mémoire et pour ses idées.

Je remercie également Corinne Lefumat, ma tutrice EURIA, pour son expertise, ses conseils avisés, ainsi que ses relectures.

Je tiens également à remercier tous les enseignants de l'EURIA ainsi que de l'ESILV pour la formation reçue lors de mes études.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont participé et contribué à la réalisation des travaux ainsi qu'à la relecture de ce mémoire. Je souhaite adresser une mention particulière à Nicolas pour son soutien au cours de mon mémoire et pour ses nombreuses relectures.

Liste des abréviations

ACPR : Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution

ALM : *Asset and Liability Management*

AMSB (OAGC) : *Administrative Management and Supervisory Body* (Organe d'Administration, de Gestion et de Contrôle)

AOA : Absence d'opportunité d'arbitrage

BE : *Best Estimate*

BEG : *Best Estimate* garanti

BSCR : *Basic Solvency Capital Requirement*

EIOPA : *European Insurance and Occupational Pensions Authority*

FCP : Fonds Commun de Placement

FDB : *Future Discretionary Profits*

GSE : Générateur de Scénarios Economiques

GR : *Guaranteed Rate*

HW1F : Hull et White à un facteur

IDA : Impôts Différés Actif

IDP : Impôts Différés Passif

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IR : Impôt sur le revenu

MCR : *Minimum Capital Requirement*

MP : *Model Points*

OATI : Obligations Indexées sur l'Inflation

OECD ; Organisme de Coopération et de Développement Economiques

OPCVM : Organisme de Placement Collectif en Valeurs Mobilières

ORSA (EIRS) : *Own Risk and Solvency Assesment* (Evaluation Interne des Risques et de la Solvabilité)

PAF : Provision Pour Aléas Financiers

PDD : Provision pour Dépréciation Durable

PFL : Prélèvement Forfaitaire Libératoire

PGG : Provision Globale de Gestion

PM : Provision Mathématique

PPB : Provision pour Participation aux Bénéfices

PRE : Provision pour Risque d'Exigibilité

PS : Prélèvements Sociaux

PVFP : *Present Value of Future Profits*

SCR : *Solvency Capital Requirement*

SII : Solvabilité II

TCN : Titres de Créances Négociables

TMAG : Taux Minimum Annuel Garanti

TME : Taux Moyen des Emprunts de l'Etat

TMG : Taux Minimum Garanti

TRA : Taux de Rendement des Actifs

UC : Unités de Compte

VM : Valeur de Marché

VNC : Valeur Nette Comptable

Table des matières

Résumé	i
Abstract	iii
Note de synthèse	v
Executive summary	xiii
Remerciements	xxi
Liste des abréviations	xxiii
Introduction	1
1 Les fondamentaux de l'assurance-vie et de Solvabilité II	3
1.1 Assurance-vie	3
1.1.1 Fonctionnement général	3
1.1.2 Les provisions de l'assurance-vie	6
1.1.3 Les spécificités des fonds euros	9
1.1.4 Les principaux risques en assurance-vie	10
1.2 Solvabilité II	12
1.2.1 Présentation	12
1.2.2 Les 3 piliers	14
1.2.3 Solvabilité II & assurance-vie	18
1.3 Contexte actuel et cadre de l'étude	23
1.3.1 Les acteurs et indicateurs	23
1.3.2 Le contexte de taux bas prolongé : vision au 31/12/2021	24
1.3.3 La remontée des taux : vision à mai 2022	27
1.3.4 La problématique des fonds euro	28
2 Organisme et outils	31
2.1 Le générateur de scénarios économiques amélioré	31
2.1.1 Modèle de taux	32
2.1.2 Les actions et l'immobilier	40

2.1.3	Les obligations	43
2.1.4	Les liquidités	44
2.1.5	Corrélation entre les actifs	44
2.1.6	Validation du Générateur de Scénarios Economiques	51
2.2	L'organisme d'assurance-vie fictif étudié : Assu'Vie	52
2.2.1	Le contrat d'Assu'Vie	52
2.2.2	Hypothèses relatives au passif	52
2.2.3	Hypothèses relatives à l'actif	58
2.2.4	Bilan comptable au 31/12/2021	61
2.3	L'outil d' <i>Asset and Liability Management</i>	62
2.3.1	Fonctionnement du modèle ALM	62
2.3.2	<i>Outputs</i> du modèle ALM	66
2.3.3	Validation du modèle ALM	66
3	Indicateurs, scénarios GSE et solvabilité	69
3.1	Indicateurs de comparaison	69
3.1.1	Le calcul du SCR	70
3.1.2	La <i>Present Value of Future Profits</i> (PVFP)	72
3.2	Impact des modifications apportées au GSE	73
3.2.1	Scénarios implémentés	73
3.2.2	Résultats observés	74
3.3	Solvabilité au 31/12/2021	74
3.3.1	Bilan prudentiel	75
3.3.2	SCR	77
3.3.3	Ratio de solvabilité et PVFP	78
4	Variations des taux, impacts et solutions	79
4.1	Scénario de baisse des taux	79
4.1.1	Situation d'Assu'Vie en contexte de baisse des taux	80
4.1.2	Produit proposant des TMG négatifs	82
4.2	Scénario de hausse des taux	102
4.2.1	Situation d'Assu'Vie en contexte de hausse des taux	102
4.2.2	Etude du comportement des adhérents	104
4.2.3	Pilotage de la distribution de la PB	106
4.2.4	Réflexions sur le comportement des adhérents	109
	Conclusion	113
A	Modèle de taux	117
A.1	Modèle de Vasicek initialement implémenté	117
A.2	Démonstration de la normalité du taux court sous de modèle de Hull et White	117
B	Formules relatives au modèle ALM	119

C	Matrices de corrélation de la formule standard	121
D	Sondage réalisé	123
	Table des figures	128
	Bibliographie	129

Introduction

L'assurance-vie se présente comme le moyen d'épargne préféré des français, avec un encours de 1 876 milliards d'euros à fin décembre 2021³. Cette popularité s'explique par les avantages offerts par l'assurance-vie, à savoir la liquidité, la fiscalité avantageuse, et la possibilité de faire fructifier son épargne tout en protégeant ses proches.

L'activité d'assurance-vie entraîne de nombreux risques pour l'assureur ou pour les assurés. Depuis le 1^{er} janvier 2016, la directive Solvabilité II, qui permet d'homogénéiser les règles au sein de l'Union Européenne, prend en compte tous les risques susceptibles d'affecter la solvabilité des organismes d'assurance. Pour ce faire, Solvabilité II a notamment imposé l'évaluation des provisions à leur meilleure estimation, c'est-à-dire en vision *Best Estimate*. Pour les organismes d'assurance-vie, dont les contrats euros disposent de plusieurs options et garanties, il est nécessaire d'avoir une approche stochastique, permettant de prendre en compte l'asymétrie dans les scénarios.

Dans ce contexte, des outils tels que des générateurs de scénarios économiques et des outils de gestion actif-passif sont utilisés. Au sein de ces derniers, le *Best Estimate* est évalué en vision risque-neutre et *market-consistent*, c'est-à-dire que les actifs rapportent en moyenne le taux sans risque, et qu'il n'existe pas d'opportunités d'arbitrage au sein du modèle.

Les organismes d'assurance-vie, qui portent des engagements longs, sont ainsi fortement sensibles aux variations de la courbe des taux. Cette dernière impacte directement leur solvabilité à la fois à travers leur actif, composé majoritairement d'obligations, mais surtout leur passif, avec l'actualisation des flux futurs au taux sans risque.

Par ailleurs, ces dernières années, et notamment depuis la crise financière de 2008, les taux d'intérêt n'ont cessé de diminuer : le taux OAT 10 ans (Obligations Assimilables au Trésor) est même passé en territoire négatif en juin 2019. Cette baisse est la conséquence de plusieurs facteurs, notamment la diminution des taux directeurs de la Banque Centrale Européenne ainsi que la mise en place d'une politique d'assouplissement, aussi appelée *quantitative easing*. Dans un tel contexte, les organismes d'assurance-vie peinent à satisfaire leurs assurés du fait de la diminution des rendements obligataires. De nom-

3. Source : [France Assureurs, 2022b]

breux organismes ont vu leur solvabilité diminuer de manière significative.

D'un autre côté, le début de l'année 2022 est marqué par une remontée des taux, portée par un contexte inflationniste couplé à une perspective de resserrement de la politique monétaire de la Banque Centrale Européenne : le taux OAT 10 ans atteint 1,67% en mai 2022, son plus haut niveau depuis une dizaine d'années. Même si une hausse des taux implique en théorie une hausse de la solvabilité, cette situation n'est pas sans risque pour les organismes d'assurance-vie, qui peuvent être confrontés à de fortes vagues de rachats du fait d'une certaine inertie du portefeuille financier continuant à délivrer des taux bas.

Face à ces risques et dans un contexte plutôt incertain, quel est l'avenir des fonds euros ?

Pour y répondre, ce mémoire aura pour objectif d'étudier l'impact des différentes variations de la courbe des taux sur les organismes d'assurance-vie et notamment sur leur solvabilité, mais aussi sur le comportement des adhérents. Il s'agira également de proposer certaines solutions pouvant amener à une amélioration des ratios ou permettant de limiter les risques, comme le lancement d'un produit proposant des TMG négatifs en contexte de taux bas, ou encore le lissage de la participation aux bénéfices distribuée en contexte de hausse des taux.

Pour mener à bien cette étude, il s'agira également d'implémenter et de perfectionner un générateur de scénarios économiques déjà existant et de prendre en main et adapter un outil de gestion actif-passif. Ces outils ont été créés et développés en interne dans le cadre d'un précédent mémoire. L'amélioration consiste notamment en la mise en place d'un nouveau modèle de taux ainsi qu'en l'intégration de corrélations entre les différents actifs modélisés.

Chapitre 1

Les fondamentaux de l'assurance-vie et de Solvabilité II

Ce mémoire porte sur l'étude des fonds euros. Avant de débiter cette étude, il s'agit tout d'abord de définir les produits étudiés, la réglementation en vigueur, ainsi que le contexte économique actuel.

1.1 Assurance-vie

1.1.1 Fonctionnement général

L'activité d'assurance

L'activité d'assurance se présente comme une activité de services, par laquelle l'organisme d'assurance accepte un transfert de risques portés par un adhérent, en contrepartie d'une prime perçue en amont. Ce transfert de risques est formalisé au moyen d'un contrat d'assurance entre quatre parties, à savoir : l'organisme d'assurance, le souscripteur, l'adhérent, et le bénéficiaire.

Le risque, au coeur du contrat, se présente comme un événement aléatoire qui peut donner lieu à un préjudice pécunier ou matériel (assurance non-vie), ou bien qui peut porter sur la durée de vie humaine (assurance-vie). Au cours de ce mémoire, nous allons nous intéresser à l'assurance-vie.

La popularité de l'assurance-vie

L'assurance-vie est le premier moyen d'épargne en France : les encours des contrats d'assurance-vie atteignaient 1 876 milliards d'euros à la fin décembre 2021, soit une progression de 4,4% en 1 an. En janvier 2022, les cotisations s'élèvent à 13 milliards d'euros, soit 300 millions de plus qu'en janvier 2021¹. De plus, il apparaît que la sortie

1. Source : [France Assureurs, 2022b]

de la crise sanitaire a soutenu la forte croissance de la collecte 2021 brute en assurance-vie, qui est supérieure de 30% à celle de 2020. Le niveau de la collecte à fin 2021 est même supérieur à celui atteint avant la crise, avec une hausse de 4% en comparaison avec 2019. Au niveau de la collecte nette, on observe également une forte croissance en 2021 :

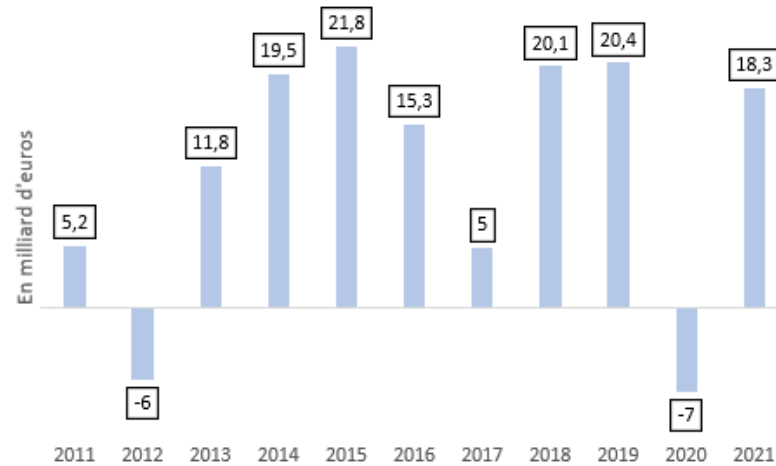


FIGURE 1.1 – Historique de la collecte nette en assurance-vie. *Source* : [ACPR, 2022]

L'intérêt de l'assurance-vie

L'assurance-vie permet aux adhérents d'épargner tout en leur permettant de protéger leurs proches avec le versement d'un capital ou d'une rente aux bénéficiaires qu'ils auront désignés. Ce versement peut s'effectuer en cas de décès du souscripteur au profit de bénéficiaires désignés, ou bien en cas de vie du souscripteur, dans le but de récupérer son épargne, par exemple pour préparer sa retraite.

De plus, l'assurance-vie présente l'avantage d'une disponibilité en capital, puisqu'il est possible de racheter son contrat à tout moment en cas d'un besoin en liquidités.

La fiscalité

L'assurance-vie se caractérise également par une fiscalité très avantageuse, qui permet à la fois de faire fructifier son épargne, mais aussi de transmettre son patrimoine.

En effet, en cas de rachat total ou partiel, seuls les intérêts et les plus-values sont susceptibles d'être fiscalisés. De plus, la fiscalité est dégressive.

Depuis le 1er janvier 2018, la *Flat Tax* a été instaurée. Ainsi, les impôts sont différents selon la date de versement des primes, avant ou après le 27 septembre 2017 :

Age du contrat	Primes versées avant le 27.09.2017	Primes versées à partir du 27.09.2017
0 - 4 ans	Déclaration impôt sur le revenu (IR) ou prélèvement forfaitaire libératoire (PFL) 35% + prélèvements sociaux (PS) 17,2%	Prélèvement forfaitaire unique (PFU) 12,8% sur l'ensemble des produits + PS 17,2%
4 - 8 ans	Déclaration IR ou PFL 15% + PS 17,2%	PFU 12,8% sur l'ensemble des produits + PS 17,2%
+ 8 ans	Exonération + PS 17,2% si versements avant le 25.09.1997	PFU 7,5% (après abattement annuel) + PS 17,2% si primes versées < 150 k€
	Déclaration IR ou PFL (7,5%) (après abattement annuel) + PS 17,2% si versements après le 25.09.1997	PFU 12,8% (après abattement annuel) + PS 17,2% si primes versées > 150 k€

FIGURE 1.2 – Fiscalité de l'assurance-vie en cas de rachat.

Suivant certains cas, comme le licenciement ou encore l'invalidité de 2ème ou 3ème catégorie de la Sécurité Sociale, les intérêts et plus-values peuvent être exonérés de tout impôt.

Dans le cas d'un décès, et donc d'une transmission de patrimoine, la fiscalité est également avantageuse. Deux cas se distinguent dans la transmission du patrimoine, avec une exonération d'impôts plus importante dans le cas où les versements ont été effectués avant l'âge de 70 ans.

La fiscalité avantageuse de l'assurance-vie en fait ainsi le produit d'épargne préféré des français. L'attrait pour ce produit se trouve également dans le choix de supports disponibles lors de l'investissement.

Les types de supports

En effet, lors de la souscription d'un contrat, l'adhérent a le choix d'investir son épargne sur deux types de supports, détaillés ci-dessous :

- Les fonds euros :

Ils présentent un avantage important par rapport aux autres supports financiers, car l'épargne est investie majoritairement en emprunts d'Etat et en obligations, ce qui permet d'en garantir le montant. C'est un mode de gestion sécurisé car l'organisme d'assurance s'engage à revaloriser chaque année le capital de l'adhérent au taux minimum garanti. Le fonctionnement de ce dernier sera détaillé en partie 1.1.3. Avec les fonds euros, le risque est porté entièrement par l'organisme d'assurance.

- Les unités de compte (UC) :

Ce sont des fonds gérés par des sociétés de gestion, qui peuvent être constitués d'actions, d'obligations ou encore de produits monétaires. Il s'agit d'OPCVM (Organisme de Placement Collectif en Valeurs Mobilières) ou de FCP (Fonds Commun de Placement). Une même société de gestion propose plusieurs fonds différents et chaque investisseur peut donc y trouver son compte selon le niveau de risque ou encore les secteurs d'activités qui l'intéressent. Les unités de compte ne confèrent cependant aucune garantie en capital, et il s'agit donc d'un placement risqué : les gains comme les pertes peuvent être conséquents, au gré de l'évolution des marchés. En effet, l'organisme d'assurance garantit le nombre d'UC, mais pas leur valeur liquidative. Dans ce type de supports, le risque est transféré à l'adhérent. Depuis plusieurs années, la collecte des contrats en unités de compte est en constante augmentation.

Les contrats

A partir de ces supports, il existe 3 types de contrats, dont la différence est la répartition des risques entre organisme d'assurance et adhérent, ce qui conditionne donc le taux de rendement du contrat :

- Le contrat mono-support Euro : permet à l'adhérent de se constituer une épargne minimum, qui est garantie. En contrepartie, le rendement est limité.
- Le contrat en UC : représente des contrats plus risqués que les contrats en euro. L'organisme d'assurance garantit au souscripteur le nombre d'UC sans s'engager sur leur valeur. Malgré le risque, le rendement peut être très important.
- Le contrat multi-supports : combine à la fois le support en euro et les supports en UC. Il permet ainsi de se prévenir du risque tout en augmentant le rendement potentiel.

L'assurance-vie, de par sa fiscalité avantageuse, sa facilité d'accès ainsi que sa diversité de supports, présente de nombreux atouts pour les adhérents. Pour l'organisme d'assurance, d'un point de vue réglementaire, elle est régie par un certain nombre de règles et de réglementations, à commencer par les provisions.

1.1.2 Les provisions de l'assurance-vie

Cette partie a pour but de présenter l'aspect comptable de l'assurance-vie, en particulier les principales provisions techniques qui y sont associées. Avant d'introduire ces dernières, il s'agit tout d'abord de définir les différents actifs sur lesquels les organismes d'assurance-vie investissent.

Les actifs

Les organismes d'assurance-vie ont l'occasion d'investir sur différents types d'actifs. Ceux-ci sont définis au sein du Code des Assurances, et peuvent être regroupés selon deux grandes catégories :

- Les valeurs mobilières amortissables (R343-9) : il s'agit notamment des obligations à taux fixe ou variables, des obligations indexées sur l'inflation (OATI) ainsi que des titres de créances négociables (TCN).
- Les autres valeurs (R343-10) : il s'agit essentiellement des OPCVM, de l'actif immobilier et sociétés foncières et immobilières, des prêts, des valeurs mobilières cotées ou encore des titres non cotés.

Les provisions

Maintenant que les actifs sont définis, cette sous-partie vise à présenter les principales provisions techniques rattachées aux contrats d'épargne.

La Provision mathématique (PM) :

La provision mathématique se définit comme la "différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés"².

En assurance-vie, la PM représente environ 90% du passif de l'organisme d'assurance, et est égale à l'encours revalorisé pour chaque adhérent. En vision économique (Solvabilité II), ces engagements sont évalués selon une vision prospective en actualisant les flux futurs au taux sans risque, en fonction des scénarios économiques et en prenant en compte la valeur des options et garanties.

La Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB) :

La PPB est définie à l'Article R343-3 du Code des Assurances, par le "montant des participations aux bénéfices attribuées aux bénéficiaires des contrats lorsque ces bénéfices ne sont pas payables immédiatement après la liquidation de l'exercice qui les a produits".

En effet, avec des contrats d'assurance-vie, au moins 90% des résultats techniques et 85% des résultats financiers doivent être reversés aux adhérents. Il est possible pour les organismes d'assurance de choisir de ne pas directement tout reverser, et d'en attribuer une partie à la PPB. Dans ce cas, le bénéfice ainsi crédité à la PPB doit être reversé aux adhérents sous 8 ans maximum.

Cette provision constitue un levier de pilotage pour les organismes d'assurance, puisqu'elle leur permet de lisser leurs résultats d'une année à l'autre.

2. Article R343-3 du Code des Assurances

La Réserve de Capitalisation (RC) :

La réserve de capitalisation est définie comme une "réserve destinée à parer à la dépréciation des valeurs comprises dans l'actif des entreprises et à la diminution de leurs revenus"³. Il s'agit ainsi d'une réserve de lissage, permettant d'amortir les effets de mouvements des taux d'intérêt, à la hausse comme à la baisse. Elle ne concerne que les titres définis à l'article R343-9 du Code des Assurances, à l'exception des obligations à taux variables.

La Provision pour Risque d'Exigibilité (PRE) :

La PRE est "destinée à faire face à une insuffisante liquidité des placements notamment en cas de modification du rythme des règlements des sinistres"³. Elle concerne uniquement les actifs mentionnés dans l'article R343-10 du Code des Assurances, et est constituée lorsque ces derniers se trouvent en situation de moins-value latente nette globale.

La Provision pour Dépréciation Durable (PDD) :

La PDD a pour objectif de couvrir l'ensemble des risques identifiés sur les placements de l'Article R343-10 du Code des Assurances. Cette provision est comptabilisée à l'actif, en déduction de la valeur comptable, et se calcule ligne à ligne.

Elle est constituée dans le cas où un placement est considéré comme durablement déprécié, c'est-à-dire s'il bénéficiait déjà d'une PDD à l'arrêté précédent, s'il est en situation de moins-value latente significative depuis plus de 6 mois, ou bien s'il baisse de plus de 20% (ou 30% selon la volatilité du marché) par rapport à sa valeur comptable.

Dans le cas où une provision pour dépréciation durable est constituée, elle est égale à la différence entre la valeur de réalisation du placement et sa valeur de recouvrabilité.

La Provision pour Aléas Financiers (PAF) :

La PAF est une provision destinée à compenser une baisse du rendement de l'actif. Elle vise à s'assurer que l'organisme d'assurance soit en mesure de remplir ses engagements vis-à-vis des adhérents. Elle est constituée lorsque le TMG moyen de l'ensemble du portefeuille est supérieur à 80% du rendement de l'actif.

La Provision Globale de Gestion (PGG) :

La PGG est une "provision destinée à couvrir les charges de gestion futures des contrats non couvertes par ailleurs"³. Elle permet ainsi de compenser l'existence d'un décalage entre le paiement des charges de gestion et l'encaissement des produits correspondants.

3. Article R343-3 du Code des Assurances

1.1.3 Les spécificités des fonds euros

Les fonds euros, au coeur des études réalisées au sein du présent mémoire, présentent quelques spécificités et mécanismes qu'il est nécessaire de détailler pour faciliter la compréhension des travaux effectués et présentés dans la suite du mémoire.

Les frais appliqués

Tous les contrats d'assurance, dont les contrats d'assurance-vie, comportent différents frais. Les principaux frais prélevés dans le cadre d'un contrat sur un fonds euros sont les suivants :

- Les frais d'entrée et frais sur versements, appliqués en début de contrat et sur les primes versées,
- Les frais de gestion, prélevés annuellement. Ces frais concernent les frais associés à la gestion de l'épargne de chaque contrat,
- D'autres frais, comme les frais d'arbitrage.

Le taux minimum garanti (TMG)

Le taux minimum garanti, défini contractuellement, correspond au taux de rendement minimum de l'encours des adhérents. Il est garanti sur la durée de vie du contrat et ne peut excéder 85% du rendement des actifs de l'organisme d'assurance au cours des 2 dernières années.

D'après l'*Article A132-1* du Code des Assurances, le TMG ne peut dépasser :

- 75% du taux moyen des emprunts de l'Etat français (TME),
- Le minimum entre 3,5% et 60% du TME pour les contrats de plus de 8 ans.

En plus du TMG, il existe également le Taux Minimum Annuel Garanti (TMAG), calculé annuellement. Le TMAG correspond au taux de rendement assuré sur l'année en cours. Dans le cas où le TMG est supérieur au TMAG, alors c'est le TMG qui est retenu. A l'inverse, si le TMAG est supérieur au TMG, alors on retient le TMAG.

Les taux minimums garantis sont un des points d'attention principaux des fonds euros pour les organismes d'assurance-vie. En effet, ils se doivent de servir au minimum le TMG. Cependant, en contexte de taux bas, les rendements offerts par le marché sont faibles, et les organismes peuvent se retrouver en difficulté pour servir le TMG à leurs adhérents, particulièrement pour les contrats anciens qui bénéficient d'un TMG élevé.

A noter que le taux minimum garanti peut être exprimé brut ou net de frais. Cela peut constituer un levier de pilotage pour les organismes d'assurance-vie. Par exemple, on observe certains organismes qui garantissent un TMG à 0%, brut de frais. Ainsi, une fois les frais prélevés, le TMG réellement proposé, c'est-à-dire le TMG net de frais, est négatif.

La participation aux bénéfices (PB)

D'après l'article L331-3 du Code des Assurances, "les entreprises d'assurance sur la vie ou de capitalisation doivent faire participer les assurés aux bénéfices techniques et financiers qu'elles réalisent, dans les conditions fixées par arrêté du ministre de l'économie et des finances".

En effet, les organismes d'assurance-vie doivent reverser sous forme de participation aux bénéfices, au minimum 90% des bénéfices techniques et 85% des bénéfices financiers. Cependant, les organismes disposent d'une certaine liberté quant à cette participation aux bénéfices. En effet, d'après l'article L331-3 du Code des Assurances, le montant des participations aux bénéfices calculé peut :

- Être affecté directement aux provisions mathématiques,
- Être affecté, partiellement ou totalement, à la provision pour participations aux bénéfices.

Le taux servi

Finalement, le taux servi aux adhérents sur leurs fonds euros à l'issue de chaque année, c'est-à-dire le taux de revalorisation, peut être défini comme :

$$\text{Taux servi} = \text{TMG} + \text{Taux de PB} \quad (1.1)$$

1.1.4 Les principaux risques en assurance-vie

L'assurance-vie étant fortement liée aux fluctuations des marchés financiers, les principaux risques auxquels elle est exposée sont les risques de marché.

Le risque de taux

Le risque de taux constitue un risque majeur pour les organismes d'assurance-vie. Il se définit comme le risque d'évolution à la hausse ou à la baisse de la structure de la courbe des taux, ce qui peut impacter à la fois la valeur des actifs et des passifs relatifs à l'organisme d'assurance.

Par exemple, une baisse des taux a comme impact une baisse du rendement des actifs constituant les fonds euros (majoritairement des obligations), ce qui entraîne une baisse de la marge financière et une difficulté à distribuer le taux minimum garanti de chaque contrat.

A l'inverse, une hausse des taux peut entraîner une inertie à court terme du portefeuille ainsi qu'une diminution de la valeur de marché des actifs. Cela induit alors un risque de rachat et d'arbitrages, pouvant entraîner une cession d'actifs en moins-values.

Ce risque sera particulièrement étudié tout au long du mémoire.

Le risque de rachat

Le risque de rachat se définit comme un risque résultant d'une modification du comportement des adhérents en matière de rachat de contrats, c'est-à-dire un risque de perte ou d'augmentation de la valeur des engagements vis-à-vis des adhérents.

Il est à noter que les rachats peuvent se distinguer en deux types :

- Les rachats structurels : ils sont liés au produit lui-même, par exemple à la fiscalité, et peuvent par conséquent facilement être modélisés notamment à partir de l'historique,
- Les rachats conjoncturels : ils sont dépendants de la conjoncture économique et financière, et sont par conséquent volatils et difficiles à modéliser et anticiper.

Pour maîtriser et anticiper au mieux ce risque, il est nécessaire de disposer de lois de rachats cohérentes avec son historique, et d'être attentif vis-à-vis des offres proposées par la concurrence, qui peuvent également être à l'origine de vagues de rachats, notamment dans un cas de hausse brutale des taux.

Le risque action et autres actifs

Ce risque se caractérise par un risque de chute des marchés financiers, qui ferait baisser la valeur de marché des actifs détenus.

Pour maîtriser au mieux ce risque, il est nécessaire de le surveiller quotidiennement à l'aide de stress tests, et de mettre en place des stratégies de couverture par exemple avec l'utilisation de produits dérivés (call et put).

Le risque de crédit

Le risque de crédit se définit comme le risque de perte ou de changement défavorable résultant de fluctuations affectant la qualité de crédit d'émetteurs auxquels la compagnie d'assurance est exposée.

Ce risque impacte directement les organismes d'assurance-vie, notamment avec le spread de crédit obligataire.

Pour maîtriser ce risque, il est nécessaire de mettre en oeuvre des mécanismes de suivi en interne :

- Sélectionner précautionneusement les émetteurs,
- Définir des notations minimales et suivre quotidiennement l'évolution des notations,
- Encadrer les montants et la durée des investissements en fonction des notations.

Le risque de liquidité

Le risque de liquidité est le risque de faire face à d'importantes sorties de liquidités à la suite de vagues de rachats, de sinistres ou bien d'arbitrages.

Pour maîtriser ce risque :

- Il est préconisé de disposer d'actifs liquides en capacité suffisante et limiter l'exposition sur les actifs non liquides,
- Il est possible de mettre en dépôt des titres auprès de la Banque Centrale Européenne,
- Il est nécessaire d'effectuer un suivi quotidien de l'adossement actif/passif afin d'éviter des *mismatches* au niveau de la duration.

Face à ces risques et dans un but de protéger les adhérents et de s'assurer de la solvabilité des organismes d'assurance, des normes ont été mises en place. Elles concernent à la fois des aspects qualitatifs et quantitatifs.

1.2 Solvabilité II

1.2.1 Présentation

C'est ainsi que la Directive Solvabilité II a été adoptée en 2009, puis modifiée par la Directive Omnibus II. Elle a été transposée en droit national en 2015 pour une mise en application à partir du 1er janvier 2016, en remplacement de Solvabilité I.

Solvabilité II a été développée selon l'idée que chaque organisme d'assurance doit disposer d'une richesse adaptée aux risques portés et à l'aléa rencontré afin de respecter ses engagements envers ses adhérents.

Les objectifs de la Directive Solvabilité II s'articulent autour de points clés :

- Créer un marché unique européen de l'assurance, avec des normes communes et plus lisibles,
- Renforcer la solidité des organismes d'assurance et la sécurité des adhérents en vue de garantir in fine la stabilité du système financier européen,
- Homogénéiser la mesure des fonds propres et le capital requis à leur niveau économique entre les pays européens,
- Evaluer la solvabilité globale en prenant en compte un plus grand nombre de risques et les spécificités de l'entreprise,
- Inciter les organismes d'assurance à mesurer et contrôler leurs risques : Risk management, Contrôle Interne, Gouvernance,
- Assurer une surveillance efficace, notamment en harmonisant les méthodes de surveillance entre les législations,
- Instaurer une communication au public et à l'Autorité de Contrôle.

Solvabilité II se découpe en trois niveaux de texte :

- Niveau 1 : Directive européenne SII 2009/138/CE :

La Directive européenne présente sous forme d'articles l'ensemble des exigences requises tout en restant descriptive dans la mesure où aucune méthodologie de mise en oeuvre n'est décrite.

- Niveau 2 : Règlement délégué européen 2015/35 :

Le règlement délégué a pour but d'explicitier et détailler certains points de la Directive Solvabilité II. Par exemple, il définit les méthodologies d'évaluation quantitatives relatives au calcul du ratio de solvabilité.

- Niveau 3 : Normes techniques d'exécution et orientations :

Les normes techniques d'exécution (Implementing Technical Standards - ITS) sont émises par l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*) puis adoptées par la Commission européenne dans les 3 mois suivant leur réception. Ces normes sont d'application directe.

Les orientations sont adoptées par l'EIOPA dans le but de favoriser l'harmonisation des pratiques de contrôle en Europe. Elles sont soumises à une procédure dite de *comply or explain* au sein de chaque autorité nationale : elles doivent mettre en oeuvre les orientations sur le marché, ou bien expliquer pourquoi elles ne le font pas.

Enfin, dans un souci de compréhension, Solvabilité II s'articule autour de 3 piliers :

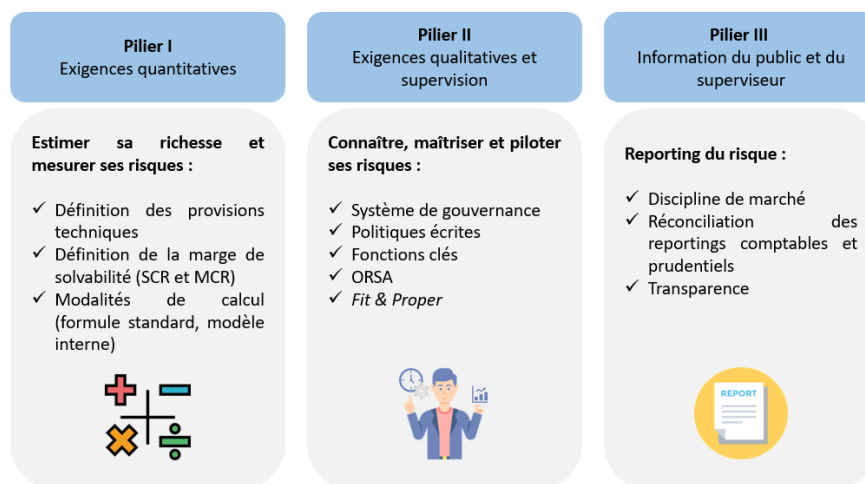


FIGURE 1.3 – Les 3 piliers de Solvabilité II

1.2.2 Les 3 piliers

Pilier 1

Le pilier 1 de Solvabilité II présente les exigences quantitatives. Son but est de mesurer le niveau de solvabilité des organismes à travers un ratio de solvabilité calculé a minima au 31/12 de chaque année. Pour cela, il est nécessaire de mesurer la richesse et les risques. Le ratio de solvabilité se présente comme le rapport entre ces deux quantités :

$$\text{Ratio de Solvabilité} = \frac{\text{Richesse}}{\text{Risque}} \quad (1.2)$$

Richesse

Le facteur "richesse" du ratio de solvabilité correspond aux fonds propres économiques. Ceux-ci sont issus du bilan économique, qui découle du bilan comptable :

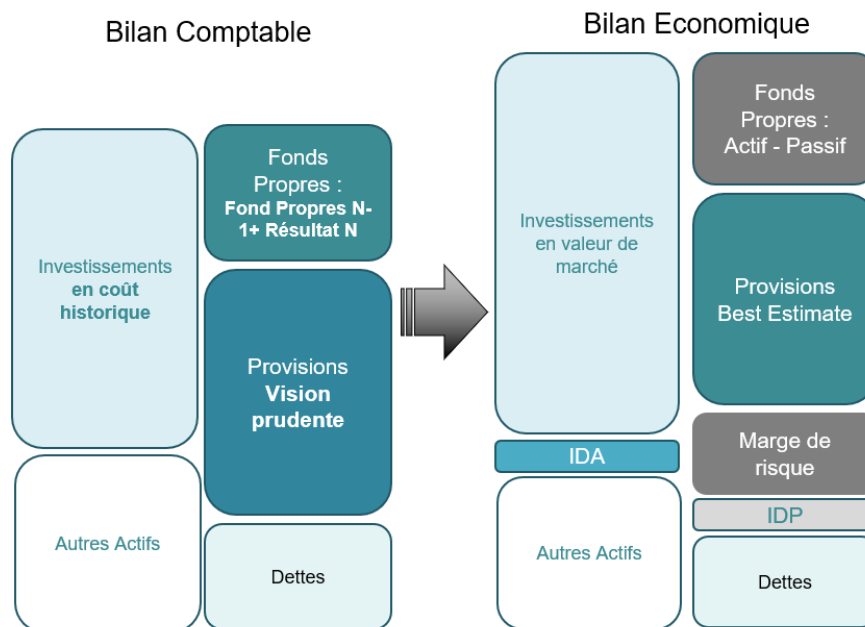


FIGURE 1.4 – Passage du bilan comptable au bilan économique

Le passage de l'actif comptable à l'actif économique implique plusieurs retraitements. Notamment, les actifs ne sont plus évalués à leur valeur d'achat (coût historique), mais à leur valeur de marché : les plus-values latentes sont intégrées, il s'agit ainsi de la valeur à laquelle les actifs seraient échangés sur les marchés financiers.

Au niveau du passif, la principale différence entre vision économique et vision comptable réside dans le calcul des provisions. En effet, en vision économique, les provisions sont évaluées sans marge de prudence, c'est-à-dire à la meilleure estimation : il s'agit

du *Best Estimate*. De plus, une marge de risque est ajoutée. Cette dernière correspond au montant que demanderait un tiers pour reprendre l'activité, en plus des provisions et dettes. Enfin, le bilan prudentiel (économique) introduit la notion d'impôts différés actifs (IDA) et passifs (IDP) pour tenir compte des écarts de valorisation à l'actif et au passif. L'impôt différé actif correspond à une créance d'impôts potentielle future, due à un écart à la baisse entre vision comptable et économique, par exemple en raison de provisions *Best Estimate* plus grandes que les provisions comptables. A l'inverse, l'impôt différé passif correspond à une dette d'impôts due à un écart à la hausse entre visions comptable et économique, par exemple en raison d'investissement en valeur de marché plus importants que des investissements en coût historique.

Finalement, les fonds propres économiques sont obtenus de la manière suivante :

$$\text{Fonds propres économiques} = \text{Actif économique} - \text{Passif économique} \quad (1.3)$$

A noter que dans le cadre de Solvabilité II, les fonds propres sont classés selon leur nature et leur capacité d'absorption des pertes. Il existe ainsi des fonds propres de :

- **Tier 1** : fonds propres, réserves, plus-values latentes.
- **Tier 2** : capital souscrit non appelé, rappels de cotisations, TSDI, lettres de crédit.
- **Tier 3** : impôts différés actifs et autres dispositions contractuelles.

Pour la couverture des exigences en capitaux réglementaires, les fonds propres doivent satisfaire aux conditions suivantes :

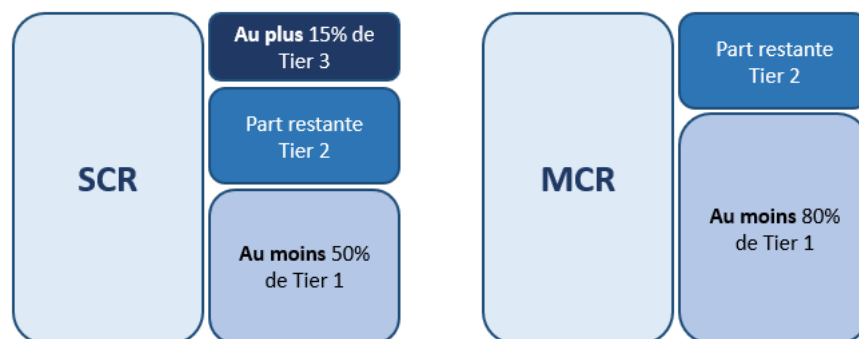


FIGURE 1.5 – Eligibilité des fonds propres pour la couverture du SCR et du MCR

Risque

Le facteur "risque" du ratio de solvabilité peut se mesurer à l'aide de deux grandeurs : le *Solvency Capital Requirement*⁴ (SCR) ou bien le ou *Minimum Capital Requirement*⁵ (MCR).

4. Capital de solvabilité requis

5. Minimum de capital requis

Le SCR correspond à la perte qui résulterait d'un risque ayant une probabilité d'occurrence de 0,5% à horizon un an. Autrement dit, c'est l'exigence en capital nécessaire pour un organisme pour éviter la faillite dans 99.5% des cas à horizon un an (risque bicentaire).

Mathématiquement, le SCR correspond à un quantile (Value-at-Risk) défini par un horizon de temps $t = 1$ et un niveau de probabilité $\alpha=0,95$ tels que :

$$P(\text{Résultat} \leq \text{VaR}(\alpha, t)) = 1 - \alpha \quad (1.4)$$

Ce SCR peut être calculé par un modèle interne (complet ou partiel) ou bien par la formule standard. Dans le cadre de ce mémoire, c'est l'approche par la formule standard qui a été retenue.

La formule standard est basée sur une architecture modulaire prenant en compte les risques suivants :

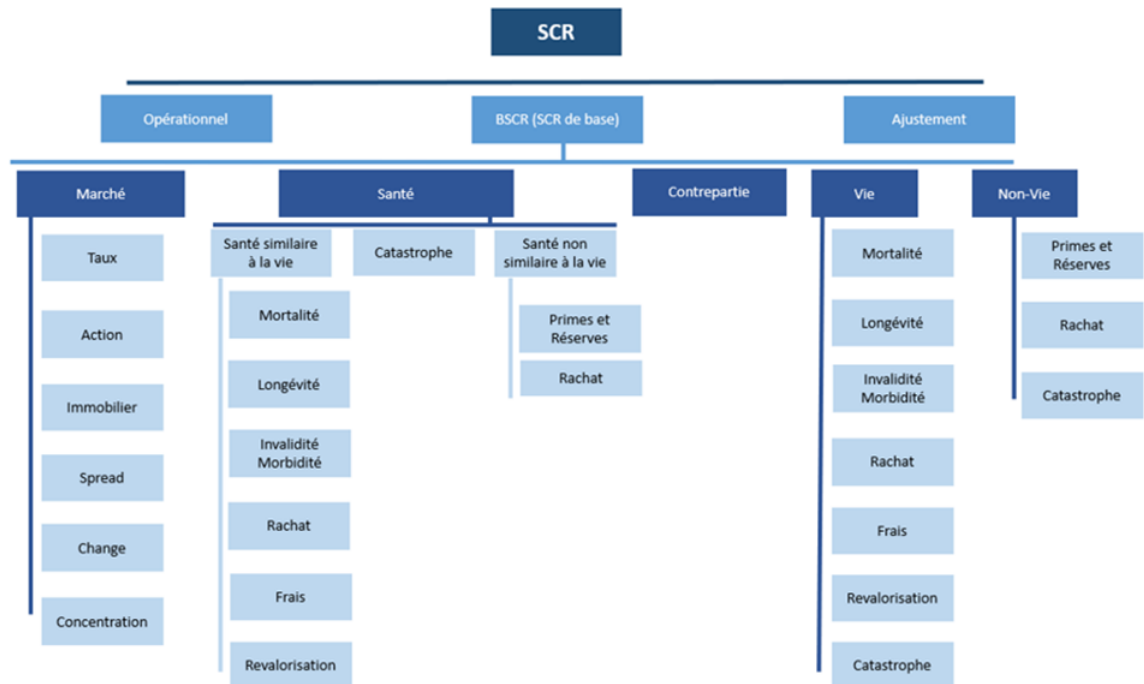


FIGURE 1.6 – Risques pris en compte dans la formule standard

Pour chaque sous-module, un SCR est calculé à l'aide d'un scénario fourni dans le Règlement Délégué. Ensuite, les différentes exigences en capitaux, c'est-à-dire les différents SCR, sont agrégées à l'aide de matrices de corrélation suivant deux niveaux d'agrégation : intra-modulaire puis inter-modulaire.

Le MCR, quant à lui, correspond au niveau minimum de fonds propres à détenir pour pouvoir continuer à exercer son activité d'assurance. Il est déterminé à l'aide d'une formule linéaire, avec un seuil minimal de 25% du SCR et d'un plafond de 45% du SCR. Il peut également être limité par l'*Absolute MCR* (AMCR), qui est un seuil forfaitaire défini selon la nature de l'organisme.

Ratio de solvabilité

Ainsi, l'organisme doit disposer de fonds propres :

- Supérieurs au SCR pour garantir la continuité de l'activité même en cas de survenance d'un risque rare,
- Supérieurs au MCR sous peine de perdre leur agrément.

Il existe donc deux indicateurs de solvabilité, à savoir le ratio de couverture du SCR et le ratio de couverture du MCR :

$$\text{Ratio de couverture du SCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles SCR}}{\text{SCR}} \quad (1.5)$$

$$\text{Ratio de couverture du MCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles MCR}}{\text{MCR}} \quad (1.6)$$

Ces deux ratios doivent être supérieurs à 100%.

Pilier 2

Le deuxième pilier a pour objectif de s'assurer que l'organisme maîtrise son profil de risque. A ce titre, il regroupe les exigences qualitatives, notamment les règles de gouvernance et de gestion des risques, mais également l'évaluation propre des risques de la solvabilité : l'ORSA⁶ (*Own Risk and Solvency Assessment*).

Ainsi, la Directive Solvabilité II introduit un nouveau système de gouvernance, basé sur trois catégories d'acteurs :

- **L'AMSB⁷**, *Administrative Management and Supervisory Body*, responsable de l'implémentation de Solvabilité II au sein de l'organisme. Le plus souvent, il s'agit du Conseil d'Administration auquel s'ajoutent les Dirigeants effectifs.
- **Les Dirigeants effectifs**, qui dirigent l'organisme au quotidien. Solvabilité II met en place la règle des "quatre yeux" : toutes les décisions de gestion doivent être prises avec l'avis de deux personnes. A ce titre, les organismes doivent désigner a minima deux dirigeants effectifs.
- **Les fonctions clés** : vérification de la conformité, gestion des risques, actuariat et audit interne. Ces fonctions clés sont désignées en interne, et ont un rôle consultatif pour les administrateurs. Elles permettent en théorie de garantir une gestion saine et prudente de l'activité.

6. ou EIRS (Evaluation Interne des Risques et de la Solvabilité)

7. ou OAGC (Organe d'Administration, de Gestion et de Contrôle)

De plus, dans le cadre de l'évaluation propre des risques, les organismes d'assurance doivent procéder annuellement à l'ORSA. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision stratégique, qui rend compte des risques propres de l'organisme ainsi que de l'évolution de sa solvabilité à moyen terme, tout en permettant aux administrateurs d'avoir une vue de l'impact de leur stratégie sur la solvabilité.

L'ORSA est porté par la fonction gestion des risques et permet entre autres de s'assurer du respect permanent des exigences réglementaires.

Pilier 3

Le pilier 3 de Solvabilité II vise à accroître la transparence vis-à-vis du public ainsi qu'à fournir au superviseur les informations nécessaires au contrôle.

A ce titre, il est imposé aux organismes d'assurance européens de remettre annuellement et trimestriellement à l'ACPR leurs états prudentiels Solvabilité II sous forme de rapports narratifs et d'états quantitatifs.

1.2.3 Solvabilité II & assurance-vie

Comme cela a été présenté, la Directive Solvabilité II impose notamment de calculer un ratio de solvabilité, en ayant une approche prospective. Dans un contexte d'assurance-vie, il est nécessaire de mettre en place certaines techniques et outils pour évaluer et projeter les flux futurs. L'objectif de cette partie est ainsi de présenter théoriquement ces différents outils et concepts, qui seront utilisés dans la partie applicative du mémoire.

La nécessité d'inclure une vision stochastique

L'assurance-vie, et l'épargne en général, se caractérise par de nombreuses options et garanties :

- Taux minimum garanti,
- Versement de la participation aux bénéfices,
- Option de rachat,
- Option de conversion en rente.

Pour de tels contrats, une projection déterministe ne permet pas de prendre en compte le caractère asymétrique des scénarios, à savoir le coût de toutes les options et garanties. Par exemple, dans le cas d'un rendement financier plus faible que le TMG, l'organisme d'assurance sera dans l'obligation de puiser dans ses ressources pour servir le TMG. A l'inverse, dans le cas d'un rendement financier plus élevé que le TMG, alors l'organisme d'assurance devra redistribuer une partie de son résultat sous forme de participation aux bénéfices. Il apparaît clairement qu'un unique scénario déterministe ne permet pas de capter toutes les possibilités et options proposées dans le cadre d'un contrat d'assurance-vie et d'en quantifier les conséquences.

De plus, les projections déterministes ne capturent pas les interactions Actif/Passif.

Ainsi, il est nécessaire de mettre en place des simulations stochastiques, qui permettent de tenir compte de l'ensemble des hypothèses d'évolution des marchés financiers.

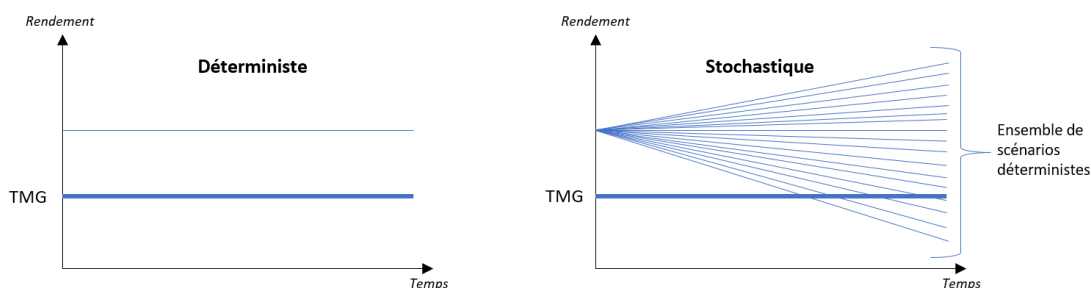


FIGURE 1.7 – Approche déterministe VS approche stochastique

Le générateur de scénarios économiques

Pour obtenir des trajectoires stochastiques, il est nécessaire de disposer d'un générateur de scénarios économiques (GSE).

Un GSE est un outil de simulation stochastique qui permet, à partir de différentes hypothèses économiques, de diffuser pour un horizon de projection et pour chaque simulation, l'évolution des principaux facteurs de risques financiers auxquels l'organisme d'assurance est exposé, à savoir :

- La structure des taux d'intérêt,
- L'inflation,
- Les indices actions,
- Les indices immobiliers
- Etc.

Les générateurs de scénarios économiques permettent ainsi de générer des jeux de scénarios stochastiques. Sous la directive Solvabilité II, ils interviennent à la fois dans le calcul de la solvabilité globale de l'organisme d'assurance-vie, mais également dans la détermination du bilan prudentiel, à travers le calcul du SCR et du *Best Estimate*.

D'après la directive Solvabilité II, les GSE doivent être *Market Consistent*. Cela signifie que les modèles calibrés doivent intégrer ce qui est observé sur le marché. Ainsi, la moyenne actualisée des différents scénarios générés doit être cohérente avec les prix observés sur le marché. Par exemple, en contexte de taux bas, il est impératif d'opter pour un modèle de taux permettant la simulation de taux négatifs.

De plus, dans une optique de calcul Solvabilité II avec détermination du montant de SCR, les GSE se doivent d'être dans un univers risque-neutre. Cela signifie qu'il n'y a pas de prime de risque, et que tous les actifs rapportent en moyenne le taux sans risque, défini par l'EIOPA. A ce titre, l'univers risque neutre implique également l'absence d'opportunités d'arbitrage (AOA).

Conformément à l'Orientation 58 rédigée par l'EIOPA, un GSE doit valider plusieurs tests, se basant sur l'exactitude, la robustesse, ainsi que la cohérence avec le marché. Ces trois notions s'analysent de la manière suivante :

- Exactitude : analyse d'erreur de Monte-Carlo,
- Robustesse : tests de sensibilité de la variation de certains passifs typiques à la variation de certains paramètres du processus de calibrage,
- Cohérence avec le marché : au moins un test sur les scénarios générés parmi :
 - tests de calibrage
 - tests de martingalité
 - tests de corrélation

Ces tests d'exactitude, de robustesse et de cohérence avec le marché doivent être réalisés régulièrement et au moins une fois par an.

Ces tests seront repris dans la suite du mémoire, au moment de la présentation du GSE utilisé et amélioré dans le cadre des travaux réalisés.

Le modèle ALM

Le rôle général de l'*Asset and Liabilities Management* (ALM, gestion actif-passif) est d'optimiser le pilotage des organismes d'assurances, en tenant compte de toutes les contraintes associées : objectifs en termes de performance et de risque, mais également contraintes externes en termes de communication financière et de concurrence.

L'activité d'assurance étant caractérisée par l'inversion de son cycle de production, il est nécessaire de s'assurer d'être en mesure de répondre aux engagements pris vis-à-vis des adhérents. En ce sens, l'ALM vise à s'assurer de l'adéquation entre les engagements pris au passif, et les actifs détenus, notamment au regard de la concordance entre les flux. L'ALM est nécessaire pour piloter au mieux les organismes d'assurance proposant des contrats d'épargne, fortement liés aux marchés financiers, comme cela a été énoncé auparavant.

L'ALM se présente ainsi comme un outil d'optimisation qui vise à avoir un réel pouvoir de décision. Elle émet des recommandations à la fois au regard de la stratégie commerciale, mais également de la stratégie d'allocation des placements. Son fonctionnement général est repris dans le schéma suivant :

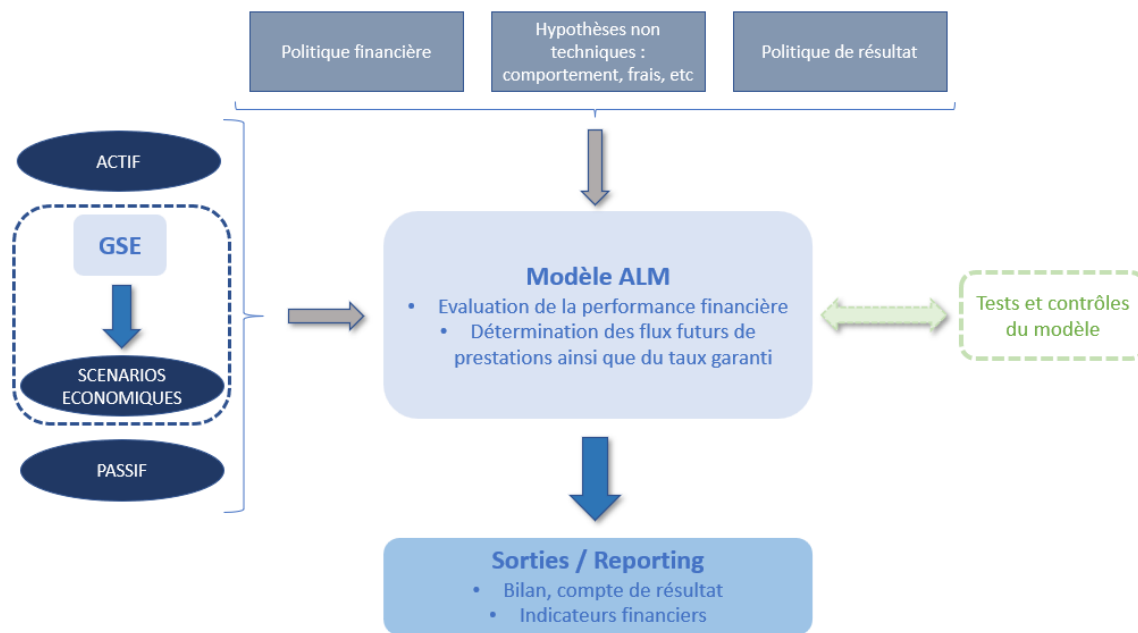


FIGURE 1.8 – Structure et fonctionnement d'un modèle ALM

Le modèle ALM utilisé au sein de ce mémoire sera présenté plus en détail au niveau du Chapitre 2.

A noter que comme toutes les décisions de gestion, les décisions prises au niveau de l'ALM doivent être conformes à l'*Article 23* du Règlement Délégué. Par exemple, elles doivent :

- Être déterminées de manière objective et être réalistes,
- Être cohérentes entre elles,
- Tenir compte du temps nécessaire à leur mise en oeuvre,
- Faire l'objet d'un plan de contrôle précis, approuvé par l'AMSB.

Le calcul du *Best Estimate*

Dans le référentiel Solvabilité II, les provisions techniques sont valorisées à la meilleure estimation, c'est-à-dire à leur valeur de marché correspondant au prix des engagements d'assurance en cas de transfert. Ainsi, le *Best Estimate* est égal à la valeur actualisée des flux futurs de trésorerie, correspondant au montant que l'entreprise devrait payer si elle transférait immédiatement ses droits et obligations contractuels à une autre entreprise.

Comme cela a été expliqué précédemment, en assurance-vie, il est nécessaire d'avoir une approche stochastique permettant de prendre en compte le coût des options et garanties

ainsi que l'asymétrie des scénarios.

Pour calculer un *Best Estimate*, il faut donc s'appuyer sur une approche de type Monte-Carlo. Pour un nombre suffisant de simulations, il suffit de prendre en compte les scénarios plus ou moins favorables et ainsi d'approximer au plus près le *Best Estimate* et donc le ratio de solvabilité.

Le *Best Estimate* de chaque simulation est la somme actualisée des flux entrants et sortants. Le *Best Estimate* général est la moyenne des *Best Estimate* calculés pour chaque simulation.

Ainsi, pour n simulations, on a :

$$BE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n BE_i \quad (1.7)$$

Avec :

$$BE_i = \sum_t \frac{(\text{flux sortant}_t - \text{flux entrant}_t)}{(1 + r_t)^t} = \sum_t \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t} \quad (1.8)$$

Où r_t est le taux sans risque au temps t . Les flux sortants sont constitués de toutes les prestations, à savoir les rachats, les décès, les rentes ou encore les frais, tandis que les flux entrants sont constitués des cotisations.

Enfin, le *Best Estimate* d'assurance-vie se décompose en deux parties :

- Le *Best Estimate Garanti* (BEG), qui reflète les provisions destinées à couvrir l'engagement contractuel de TMG,
- Les *Future Discretionary Benefits* (FDB), qui correspondent à la revalorisation liée aux participations aux bénéfices futures. Les FDB sont notamment dépendants du taux minimum garanti appliqué ainsi que de la politique de redistribution.

La relation suivante est ainsi vérifiée :

$$FDB = \text{Best Estimate} - BEG \quad (1.9)$$

1.3 Contexte actuel et cadre de l'étude

Cette section a pour but de présenter le contexte économique actuel. Après de longues années de baisse des taux, le début d'année 2022 est marqué par le retour des taux positifs et d'une inflation forte.

Pour comprendre ces fluctuations des taux d'intérêt, il s'agit tout d'abord de définir les principaux acteurs et indicateurs qui y sont liés.

1.3.1 Les acteurs et indicateurs

La Banque Centrale Européenne (BCE)

La BCE est la banque centrale responsable de la monnaie européenne : l'euro. A ce titre, elle régule à la fois les taux d'intérêts et la quantité de monnaie en circulation, tout en gardant comme objectif principal de maintenir la stabilité des prix, en conservant un taux d'inflation inférieur mais proche de 2%.

Pour répondre à ces objectifs, la BCE dispose de plusieurs leviers, dont le taux directeur.

Le taux directeur fixé par la BCE a un impact direct sur le taux auquel les banques commerciales prêtent à leur tour aux particuliers, et est donc un levier très important pour contrôler l'inflation :

- Dans le cas où l'inflation est trop faible : la BCE va baisser son taux directeur, pour permettre aux particuliers et aux entreprises d'emprunter à moindre coup, dans le but de relancer l'économie, la croissance et donc l'inflation.
- Dans le cas où l'inflation est trop forte : la BCE va augmenter son taux directeur, pour ralentir les emprunts de la part des particuliers et des entreprises, et ainsi limiter l'activité et l'inflation.

En réalité, la BCE dispose de trois taux directeurs différents :

- Le taux de refinancement : taux d'intérêt auquel les banques commerciales empruntent leurs liquidités. Il s'agit de l'outil principal de maîtrise de l'inflation puisqu'il impacte directement les taux proposés par les banques commerciales.
- Le taux de prêt marginal : taux d'intérêt payé par les banques commerciales lorsqu'elles empruntent des liquidités, de manière quotidienne.
- Le taux de rémunération des dépôts : taux d'intérêt auquel les réserves obligatoires des banques commerciales de la zone euro sont rémunérées.

L'Obligation Assimilable au Trésor (OAT)

Les OAT sont des emprunts d'Etat, émis pour une durée allant de 7 à 50 ans. Par exemple, le taux associé à l'OAT 10 ans représente le taux fixe pour lequel l'Etat français emprunte pour une durée de 10 ans.

Le taux de l'OAT 10 ans est publié quotidiennement par la Banque de France. Il sert notamment de référence pour l'emprunt interbancaire à long terme. A ce titre, il influe directement sur les taux appliqués pour les ménages, par exemple pour les crédits immobiliers.

De plus, ce taux est très surveillé en assurance-vie. En effet, les organismes d'assurance-vie français investissent en grande partie dans les obligations de l'Etat français, principalement pour la qualité de signature de la France, notée AA par les agences de notation.

Les taux de l'OAT 10 ans sont ainsi de très bons indicateurs pour les organismes d'assurance-vie.

La courbe des taux sans risque de l'EIOPA

Dans le contexte de Solvabilité II, la courbe des taux sans risque de l'EIOPA joue un rôle important. En effet, cette courbe sert à la fois à actualiser les passifs, mais aussi à donner un rendement uniforme pour les actifs.

La courbe EIOPA est publiée mensuellement. Elle est construite à partir de la courbe des taux swap de marché, suivant trois grandeurs :

- Le *Last Liquid Point* (LLP) : dernier point de liquidité des taux swap,
- L'*Ultimate Forward Rate* (UFR) : point de convergence des taux forward,
- Le *mean reversion parameter* (α) : la vitesse de convergence vers l'UFR.

La courbe des taux sans risque est ainsi déterminée en utilisant la méthode de Smith-Wilson, qui consiste en une interpolation jusqu'au LLP, puis en une extrapolation jusqu'à l'UFR, selon la vitesse de convergence α .

Maintenant que tous les acteurs et indicateurs liés aux taux ont été présentés, il s'agit d'introduire le contexte de taux actuel. Pour cela, l'étude a été divisée en deux parties : le contexte de taux avec une vision au 31 décembre 2021, puis avec une vision à mai 2022.

1.3.2 Le contexte de taux bas prolongé : vision au 31/12/2021

Tout d'abord, intéressons-nous au contexte de taux jusqu'au 31 décembre 2021.

Origine des taux bas

Depuis près de 40 ans, les taux d'intérêt nominaux mondiaux étaient à la baisse. Ce phénomène s'est accentué après la crise financière de 2008.

Cette période de taux bas est principalement le résultat d'une politique monétaire très accommodante. En effet, après les crises financières de 2008-2009 puis de 2011-2012, la BCE a baissé ses taux directeurs à plusieurs reprises entre 2009 et 2016.

Depuis 2014, la BCE a également mis en place une politique d'assouplissement (*quantitative easing*). Cette politique consiste à acheter massivement des actifs, principalement des titres de dette publique, dans le but d'en faire baisser les taux d'intérêt. Cela permet notamment de favoriser la croissance économique ainsi que la remontée de l'inflation.

Tous ces effets combinés ont eu pour résultat une baisse continue des taux d'intérêt.

Les différents indicateurs de baisse des taux

La baisse des taux qui s'est poursuivie jusqu'à fin 2021 se retrouve avec les indicateurs définis précédemment, en se plaçant au 31/12/2021.

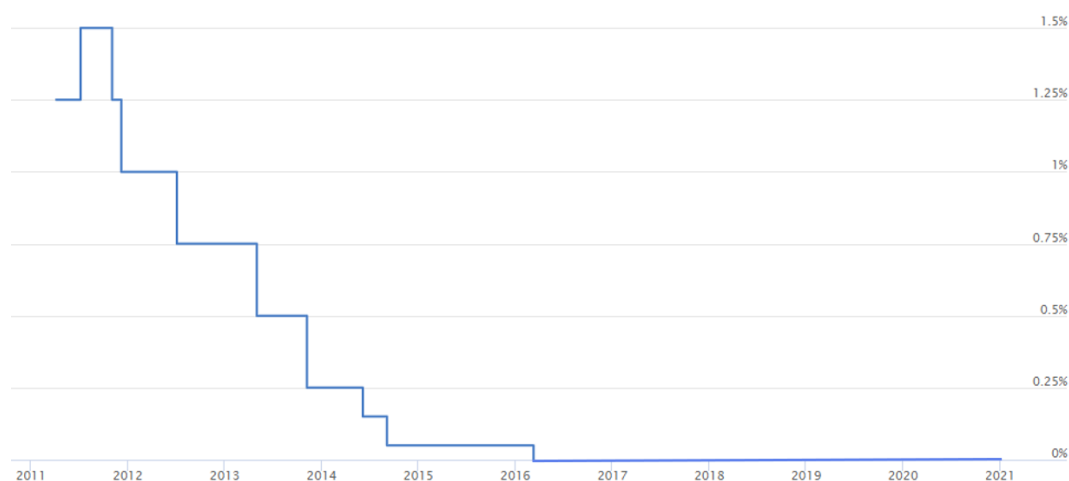


FIGURE 1.9 – Taux de refinancement de la BCE, vision au 31/12/2021. *Source : [Euribor Rates, 2022]*

Tout d'abord, comme cela a été évoqué précédemment, cette figure traduit la baisse constante du taux de refinancement de la BCE depuis 2011, jusqu'à atteindre 0% en 2016.

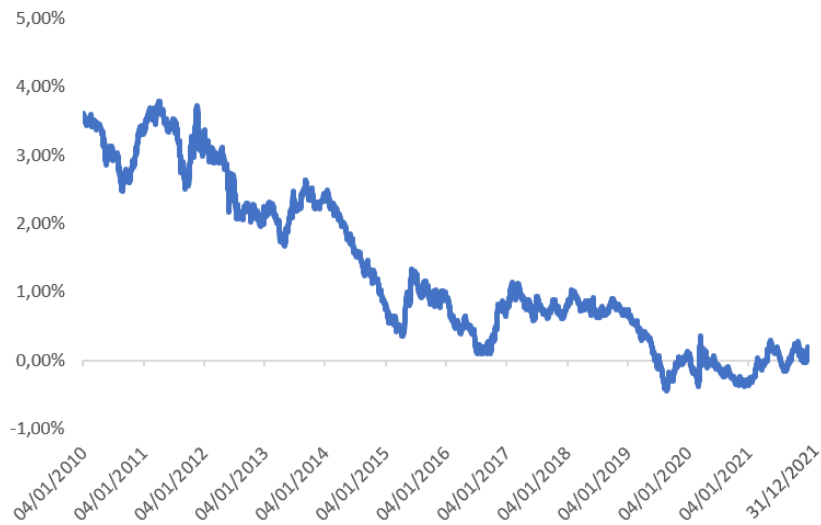


FIGURE 1.10 – Taux OAT 10 ans jusqu’au 31/12/2021. *Source : [Banque de France, 2021]*

En observant les taux OAT 10 ans, il apparaît une tendance à la baisse depuis 2010. En juin 2019, pour la première fois, le taux d’emprunt de l’Obligation Assimilable au Trésor 10 ans de la France est devenu négatif.

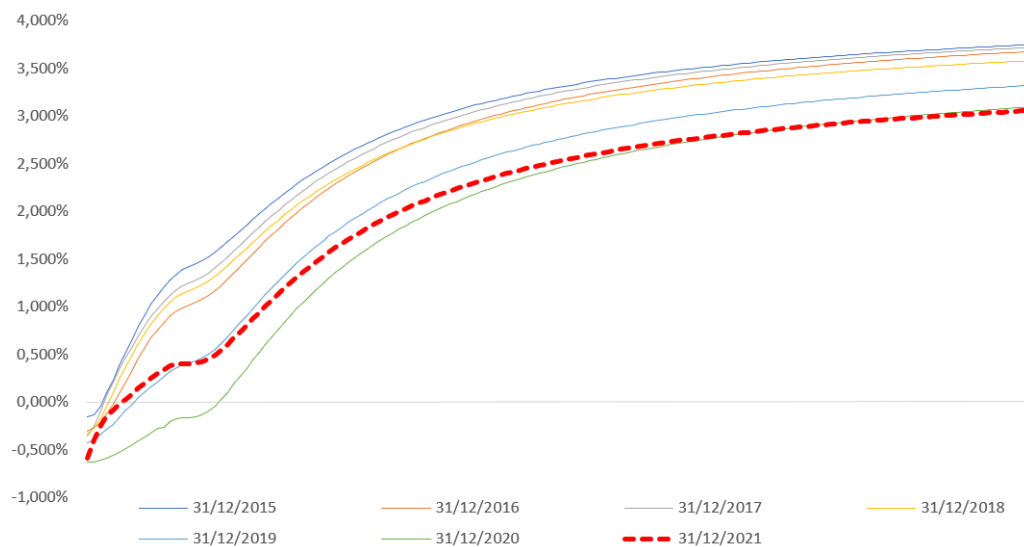


FIGURE 1.11 – Historique de la courbe des taux sans risque EIOPA. *Source : [EIOPA, 2022]*

Enfin, de la même manière, la courbe EIOPA traduit la baisse quasi constante des taux d’intérêt sur ces dernières années.

1.3.3 La remontée des taux : vision à mai 2022

Après cette longue période de taux bas voire même négatifs, le début de l'année 2022 est marqué par une forte remontée des taux. Dès lors, les enjeux pour les organismes d'assurance-vie se trouvent totalement bouleversés. Mais quelles sont les causes de cette remontée soudaine des taux ?

Origine de la remontée des taux

La cause principale de la remontée des taux est l'inflation. Elle atteint 4,5% en France en avril 2022, et même 7,5% dans la zone euro⁸. Aux Etats-Unis, l'inflation atteint son plus haut niveau depuis 40 ans, avec 8,5% en mars 2022.

Dès lors, la Réserve Fédérale Américaine (FED), et la Banque d'Angleterre (BoA), l'équivalent de la BCE aux Etats-Unis et en Angleterre, ont remonté leurs taux directeurs. La BCE, qui jusqu'alors n'a pas remonté ses taux, comme cela est visible sur la figure 1.9, a annoncé le 11 mai 2022 via sa présidente Christine Lagarde une "forte probabilité" de hausse des taux d'ici juillet.

Ce contexte a eu pour effet direct une hausse des taux de l'OAT 10 ans ainsi que de la courbe des taux EIOPA.

Les différents indicateurs de la remontée des taux

Cette remontée significative des taux est observable directement sur les taux d'emprunt de l'OAT 10 ans :

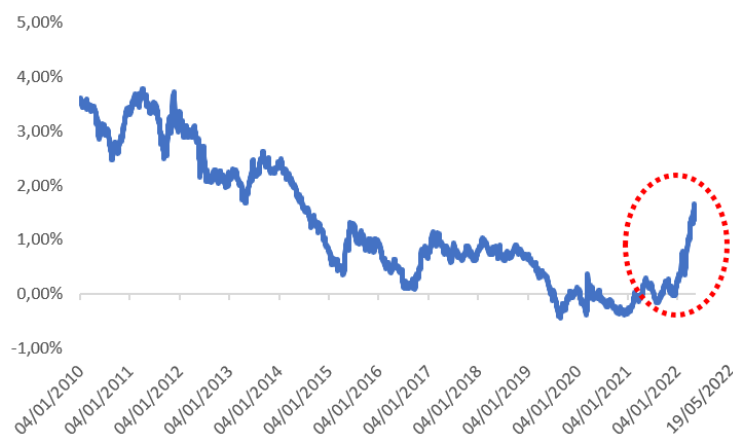


FIGURE 1.12 – Taux OAT 10 ans jusqu'au 19/05/2022. *Source* : [Banque de France, 2021]

8. Source : [Eurostat, 2022]

En atteignant 1,67% le 6 mai 2022, l'OAT 10 ans atteint son plus haut niveau depuis juin 2014. A titre de comparaison, l'OAT 10 ans était de 0,14% le 6 mai 2021 et 0,015% le 6 mai 2020.

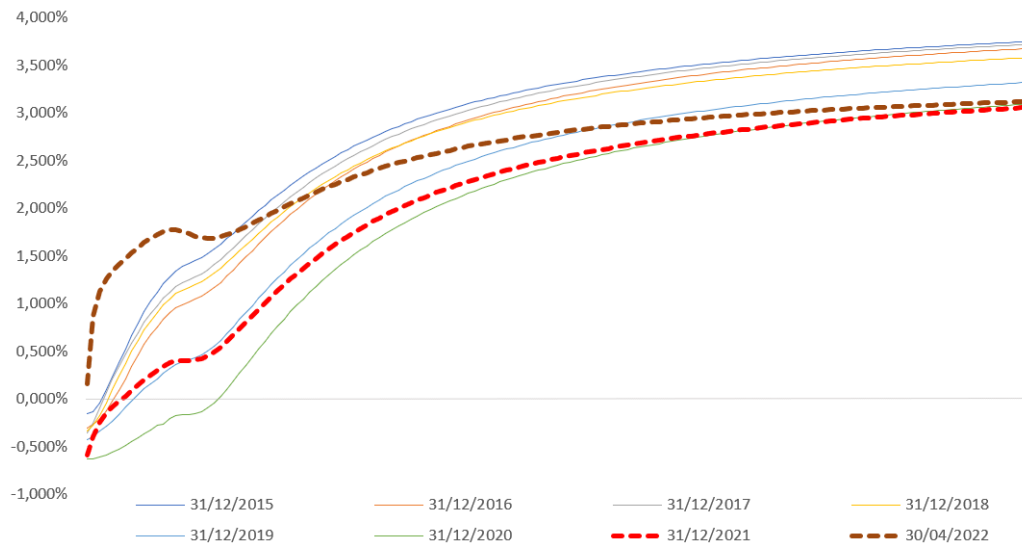


FIGURE 1.13 – Courbe des taux EIOPA jusqu'au 30/04/2022. *Source : [EIOPA, 2022]*

De la même manière, la courbe EIOPA au 30 avril 2022 traduit une forte hausse des taux, particulièrement sur les faibles maturités.

1.3.4 La problématique des fonds euro

Dans un contexte de taux instables, passant de taux négatifs l'année dernière à une forte remontée des taux en ce début d'année, les fonds euros font face à diverses problématiques.

Tout d'abord, depuis de nombreuses années, la baisse des taux a entraîné une forte diminution du rendement des fonds euros. En effet, les fonds euros étant majoritairement investis sur des obligations, la diminution des taux entraîne une hausse du prix de ces dernières, conjuguée à une baisse du rendement associé. Par conséquent, les organismes d'assurance peinent à servir des taux acceptables à leurs adhérents, et sont même parfois en difficulté pour servir le TMG, notamment sur des contrats anciens, bénéficiant d'un TMG élevé. Cette baisse de rendement des fonds euros est observable ci-dessous :

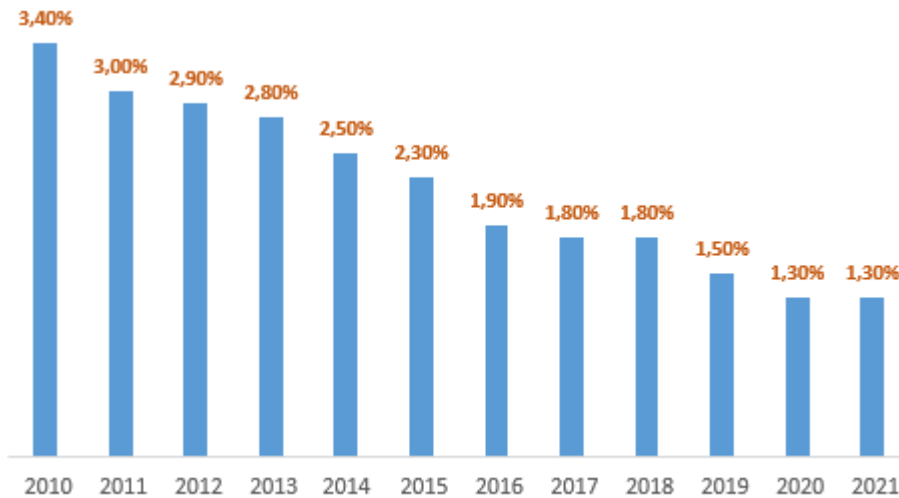


FIGURE 1.14 – Historique de rendement des fonds euros. *Source : [France Assureurs (Toutsurmesfinances.com), 2022]*

Pour faire face à ce contexte de taux bas et à des fonds euros de moins en moins intéressants vis-à-vis du rendement, la tendance sur les dernières années est une hausse de la proportion des supports en UC dans les assurances-vie.

En effet, dans ce contexte de taux bas, les organismes d'assurance ont incité leurs adhérents à investir sur les supports en unités de compte, dans le but de transférer une partie du risque aux adhérents. Cette stratégie est payante, puisqu'en 2021, 44% de la collecte brute de l'assurance-vie était à destination de l'UC, un niveau jamais atteint auparavant :

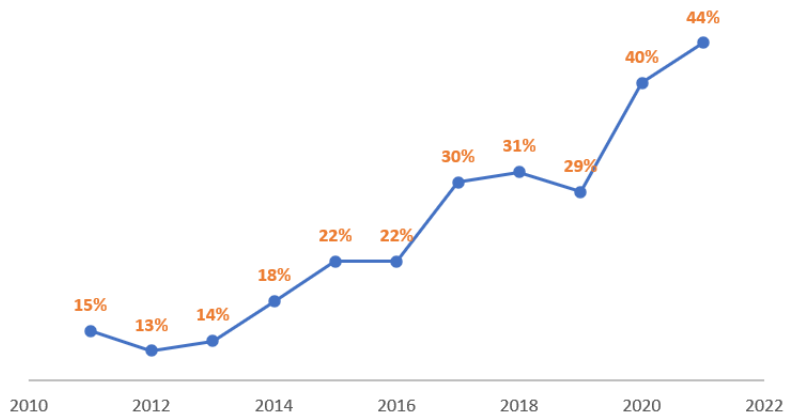


FIGURE 1.15 – Part d'UC dans la collecte brute. *Source : [ACPR, 2022]*

D'un autre côté, la forte remontée des taux observée en ce début d'année 2022 n'est pas non plus sans risque pour les organismes d'assurance. Certes, le prix des obligations baisse et le rendement offert par ces dernières est plus intéressant. Cependant, toutes

les obligations déjà détenues se trouvent en situation de moins-value. Le risque réside alors dans le phénomène d'inertie du portefeuille conjugué au risque de rachat : dans le cas d'une forte vague de rachats, les organismes d'assurance se retrouveraient dans la nécessité de vendre leurs obligations en moins-value, ce qui induirait de fortes pertes.

Conclusion

Dans ce contexte, l'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact des différentes variations de la courbe des taux sur les organismes d'assurance-vie et notamment leur solvabilité mais aussi sur le comportement des adhérents tout en proposant certaines solutions stratégiques permettant à la fois d'améliorer la solvabilité et de diminuer les risques. Parallèlement, ce mémoire visera également à implémenter et perfectionner un GSE et un outil ALM déjà existants, servant aux différentes études.

Chapitre 2

Présentation et implémentation des outils utilisés ainsi que de l'organisme étudié

Ce chapitre a pour objectif de présenter à la fois les outils utilisés dans ce mémoire, mais également l'organisme d'assurance-vie sur lequel tous les résultats présentés ultérieurement seront basés.

A noter que le GSE et l'outil ALM qui sont évoqués étaient déjà existants : ils ont été développés en interne à l'aide d'*Excel* et de *VBA* dans le cadre d'un précédent mémoire. Cependant, une partie des travaux du mémoire concerne l'amélioration et le développement de ces outils, avec notamment des évolutions apportées au niveau du GSE.

A ce titre, ce chapitre est scindé en 3 sous-parties :

- Présentation du GSE et des modifications apportées,
- Présentation de l'organisme d'assurance-vie étudié et des hypothèses liées à la fois au passif et à l'actif,
- Présentation de l'outil ALM utilisé et notamment des principales étapes de son fonctionnement.

2.1 Le générateur de scénarios économiques amélioré

Comme cela a déjà été évoqué, le GSE considéré est développé sur *Excel* et *VBA*. Il fait l'objet d'une présentation plus approfondie dans le mémoire d'Elise Laurent, intitulé "Optimisation du ratio de solvabilité dans un contexte de taux bas"¹.

L'un des objectifs du présent mémoire est d'améliorer ce GSE et de l'adapter au mieux

1. A paraître, [Laurent, 2022]

aux études réalisées. A ce titre, cette partie combine à la fois la présentation du GSE existant ainsi que des améliorations réalisées. Les sous-parties portant sur l'amélioration seront par conséquent plus détaillées. A l'issue de chaque sous-partie, des tests permettant de vérifier la cohérence des modèles de projection développés et de les valider seront présentés.

Les calculs sont réalisés dans un univers risque neutre : les actifs ont un rendement égal en moyenne au taux sans risque. De plus, le GSE a été calibré sur des données observées au 31/12/2021, c'est-à-dire avant la forte remontée des taux observée au cours du premier semestre de l'année 2022. Cependant, cette remontée des taux sera étudiée dans la dernière partie du mémoire. Ce choix de calibrer au 31/12/2021 a été fait afin de coïncider avec les remises réglementaires, et notamment les calculs du pilier 1 de Solvabilité II, qui sont évalués au 31/12 de chaque année.

Au sein du GSE, les quatre classes d'actifs les plus fréquemment observées au sein des organismes d'assurance ont été modélisées, à savoir :

- Les actions (avec dividendes),
- L'immobilier (avec loyers),
- Les obligations,
- Les liquidités.

2.1.1 Modèle de taux

Avant de présenter plus en détail les évolutions au niveau du modèle de taux, il s'agit tout d'abord d'introduire quelques concepts et notations.

Concepts et notations²

Processus stochastiques

Soit $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ un espace probabilisé muni d'une filtration $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$.

On appelle mouvement brownien $(W_t)_{t \geq 0}$ un processus stochastique dépendant du temps et vérifiant :

- $(W_t - W_s) \sim \mathcal{N}(0, t - s)$
- $\forall u \leq s < t : (W_t - W_s)$ est indépendant de $(W_u)_{u \in [0; s]}$

On appelle martingale un processus X_t \mathbb{F} -adapté et vérifiant :

- $\forall t < \infty, \mathbb{E}[|X_t|] < \infty$
- $\forall 0 \leq s < t, \mathbb{E}[X_t | \mathcal{F}_s] = X_s$

2. La plupart des notations utilisées proviennent de : [Bennouna, 2022]

Univers risque neutre \mathbb{Q}

L'univers risque neutre \mathbb{Q} est l'univers sous lequel les processus des prix actualisés au taux sans risque sont une martingale généralisée.

Le prix zéro-coupon

Le prix zéro-coupon (prix ZC) est le prix d'une obligation ne versant pas de flux intermédiaires. Il représente donc aujourd'hui la valeur d'une unité monétaire de l'instant futur T , et est noté $P(t, T)$.

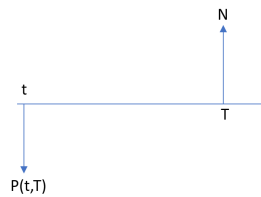


FIGURE 2.1 – Schématisation des cash-flows d'un obligation zéro-coupon de nominal N .

Dans la suite des notations, le nominal N est égal à 1.

Le taux ZC (ou taux spot)

Le taux ZC est le taux de rendement actuariel d'une obligation zéro-coupon de maturité T , acquise en t . Il est noté $R(t, T)$.

Le taux ZC peut être déterminé à partir du prix ZC :

$$\forall t < T \in \mathbb{R}^+, R(t, T) = \begin{cases} -\frac{\ln(P(t, T))}{T-t} & \text{en temps continu} \\ P(t, T)^{-\frac{1}{T-t}} - 1 & \text{en temps discret} \end{cases} \quad (2.1)$$

Le taux spot instantané

Le taux spot instantané, c'est-à-dire le taux court, correspond au taux d'emprunt pour une obligation de maturité infiniment courte. Il est défini de la manière suivante :

$$\forall t \in \mathbb{R}^+, r_t = \lim_{h \rightarrow 0} R(t, t + h) \quad (2.2)$$

Le taux forward

Un contrat forward est un contrat à terme, qui se définit comme un accord entre deux parties pour acheter ou vendre un actif à une date ultérieure définie et à un prix défini.

Un tel contrat est noté *FRA* (*Forward Rate Agreement*).

De la même manière, un taux forward est un taux établi à la date t pour un emprunt qui aura lieu sur une période future $[T_1, T_2]$. La notation d'un tel taux est $F(t, T_1, T_2)$.

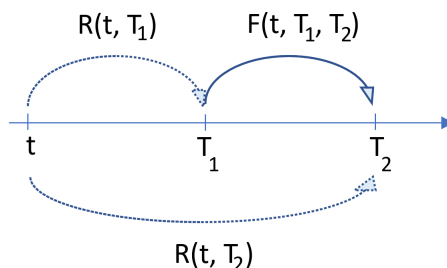


FIGURE 2.2 – Schématisation du taux forward.

D'après ce schéma, il est possible de déterminer la formule du taux forward, en résolvant les équations suivantes :

$$\forall t < T_1 < T_2 \in \mathbb{R}^+,$$

$$\begin{cases} e^{-R(t, T_1)T_1} e^{-F(t, T_1, T_2)(T_2 - T_1)} = e^{-R(t, T_2)T_2} \text{ en temps continu} \\ (1 + R(t, T_1))^{T_1} (1 + F(t, T_1, T_2))^{T_2 - T_1} = (1 + R(t, T_2))^{T_2} \text{ en temps discret} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} F(t, T_1, T_2) = -\frac{1}{T_2 - T_1} \ln\left(\frac{P(t, T_2)}{P(t, T_1)}\right) \text{ en temps continu} \\ F(t, T_1, T_2) = \frac{1}{T_2 - T_1} \left(\frac{P(t, T_1)}{P(t, T_2)}\right) - 1 \text{ en temps discret} \end{cases}$$

Le taux swap forward

Un swap de taux d'intérêt est un contrat qui permet d'échanger des échéances d'intérêts fixes (jambe fixe) contre des échéances d'intérêts variables (jambe variable). Un swap est dit payeur dans le cas où la jambe fixe est payée. Il s'agit ainsi d'une généralisation d'un contrat FRA sur plusieurs échéances.

De la même manière, le taux swap forward se définit alors comme la généralisation du taux forward à un échéancier de flux futurs. Il se calcule de la manière suivante :

$$S_{\alpha, \beta}(t) = \frac{P(t, T_\alpha) - P(t, T_\beta)}{\sum_{i=\alpha+1}^{\beta} \tau_i P(t, T_i)} \quad (2.3)$$

Où τ_i représente la différence entre T_{i-1} et T_i .

Les swaptions

Les swaptions sont des produits optionnels. En effet, une swaption payeuse (respectivement receveuse) donne le droit (et non l'obligation) de contracter une position de payeur (respectivement receveur) sur un swap de taux à une date future (maturité de l'option) pour un taux fixe établi en date d'achat de l'option.

Les swaptions sont notamment caractérisées par leur maturité T_α , c'est-à-dire la durée initiale de l'option au moment de la signature, et par leur tenor $T_\alpha - T_\beta$, correspondant à la durée restante du contrat.

Les différents produits et notations utilisés par la suite ayant été présentés, il s'agit désormais d'introduire le modèle mis en place dans le GSE.

Évolution du modèle

Dans le cadre des travaux de ce mémoire, un nouveau modèle de taux a été implémenté.

En effet, le modèle de taux initialement présent dans le GSE était le modèle de Vasicek à un facteur, qui est un modèle d'équilibre. Il avait été choisi à la fois pour sa facilité de calibrage et pour sa capacité à reproduire des taux négatifs. En se plaçant dans un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ muni d'une filtration $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ sous la probabilité risque-neutre \mathbb{Q} , le modèle de Vasicek à un facteur s'exprime de la manière suivante :

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma dW_t^{\mathbb{Q}} \quad (2.4)$$

Avec :

- a : la force de retour à la moyenne,
- b : la valeur d'équilibre,
- σ : la volatilité du processus,
- $W_t^{\mathbb{Q}}$: un mouvement brownien standard sous la probabilité risque-neutre.

Après calibration de ce modèle, il ressortait que l'évolution générale de la courbe des taux était bien répliquée. Cependant, toutes les variations de la courbe n'étaient pas bien reproduites, et les taux étaient sous-estimés avant 15 ans et surestimés entre 15 et 30 ans³.

Ces observations ont conduit à la mise en place d'un nouveau modèle de taux plus performant.

3. Voir annexe A

Le choix du nouveau modèle de taux s'est porté vers le modèle de Hull et White à un facteur, aussi appelé modèle de Vasicek étendu.

Ce modèle a été choisi à la fois pour sa facilité et rapidité de calibrage, mais également pour sa faculté à reproduire tous les mouvements de la courbe des taux, ce qui constituait une limite majeure du modèle de Vasicek précédemment implémenté.

Le modèle de Hull et White à un facteur

Le modèle de Hull et White à un facteur (HW1F) est un modèle basé sur l'absence d'opportunité d'arbitrage (AOA). En se plaçant dans un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ muni d'une filtration $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ sous la probabilité risque-neutre \mathbb{Q} , il se définit de la manière suivante :

$$dr_t = (\theta_t - \kappa r_t)dt + \sigma dW_t^{\mathbb{Q}} \quad (2.5)$$

Avec :

- $\theta(t)$: une fonction permettant d'assurer l'hypothèse d'AOA telle que :

$$\theta(t) = \frac{\partial f^m(0, t)}{\partial t} + \kappa f^m(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\kappa}(1 - e^{-2\kappa t}) \quad (2.6)$$

Où $f^m(0, t)$ est le taux forward instantané,

- κ : la vitesse de retour à la moyenne,
- σ : la volatilité du processus,
- $W_t^{\mathbb{Q}}$: un mouvement brownien standard sous la mesure risque neutre.

En appliquant le lemme d'Itô au processus $Y_t = r_t e^{\kappa t}$, il est possible de montrer⁴ l'égalité en loi suivante, $\forall 0 \leq s < t$:

$$r_t = r_s e^{-\kappa(t-s)} + \alpha(t) - \alpha(s) e^{-\kappa(t-s)} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\kappa(t-s)}}{2\kappa}} Z_{taux}(s, t) \quad (2.7)$$

Avec :

- $Z_{taux}(s, t) \sim \mathcal{N}(0, 1)$,
- $\alpha(t) = f^m(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\kappa^2}(1 - e^{-\kappa t})^2$

La dynamique du taux court obtenue en (2.7) permet de projeter le modèle de Hull et White sur le nombre d'années voulues. Cependant, il est nécessaire d'effectuer un processus de calibrage afin d'obtenir les valeurs de κ et σ .

4. Démonstration faite en annexe A

Le calibrage du modèle

Le calibrage utilisé pour le modèle de Hull et White à un facteur se base sur le prix des swaptions. Le principe général du calibrage est le suivant :

- Détermination des prix empiriques des swaptions à l'aide de la formule de Black,
- Calcul du prix des swaptions par la formule théorique dépendant des paramètres du modèle, à savoir σ et κ ,
- Minimisation de l'écart quadratique entre la valeur empirique et théorique du prix des swaptions pour trouver la valeur de σ et κ .

Détermination des prix empiriques des swaptions

La première étape du calibrage du modèle de Hull et White à 1 facteur a ainsi été de récupérer les volatilités log-normales des swaptions du marché au 31/12/2021, à l'aide de *Bloomberg* :

Expiration	Tenor													
	1Yr	2Yr	3Yr	4Yr	5Yr	6Yr	7Yr	8Yr	9Yr	10Yr	15Yr	20Yr	25Yr	30Yr
1Mo	23,9	34,6	44,1	50,3	54,2	55,1	55,9	56,3	56,6	57	61,5	66,5	69,1	71,7
2Mo	27,2	38,2	47	52,8	56,8	58	58,9	59,8	60,6	61,6	65,6	69,5	71,8	73,9
3Mo	29	39,3	48,7	54,7	58,1	59,6	60,7	61,6	62,4	63,2	67	70	72,2	74,1
6Mo	35,9	45,3	51,7	56,4	58,5	60,1	61,1	61,8	62,6	63,6	67,3	69,4	71,4	72,9
9Mo	42,5	49,6	54,7	58,2	59,4	61,1	62,1	62,7	63,3	63,6	67	68,5	70,1	71,1
1Yr	48,6	54,8	57,6	59,3	59,7	61,1	62,1	62,8	63,3	63,4	66,2	67,6	68,5	69,7
18Mo	56,9	59,8	61,5	62,1	61,9	62,5	63,1	63,3	63,3	63	65,2	66,5	67,1	67,9
2Yr	62	63,7	64,2	63,4	62,3	62,9	63,2	63,2	63	62,7	64	64,9	65,2	65,5
3Yr	67,2	67,5	66,5	65	63,3	63,4	63,4	63	62,6	62,1	62,1	62,3	62,1	62
4Yr	68,4	68	66,7	65	63,6	63,2	63	62,6	62	61,5	60,9	60,7	60,1	59,7
5Yr	67,8	67,7	66,5	64,9	63,6	63,2	62,8	62,3	61,7	61	60,1	59,7	58,9	58,1
6Yr	67,4	67,3	65,9	64,8	63,6	63	62,4	61,8	61,2	60,5	59,2	58,6	57,7	56,8
7Yr	66,6	66,4	65,4	64,4	63,3	62,7	62	61,2	60,6	60	58,2	57,5	56,5	55,6
8Yr	65,8	65,7	64,8	63,7	62,8	62,2	61,6	60,8	60,3	59,8	57,8	56,7	55,7	54,8
9Yr	64,5	64,5	63,6	62,8	61,9	61,3	60,7	60	59,6	59,1	57	55,7	54,6	53,5
10Yr	63,6	63,7	62,9	62,1	61,2	60,6	60,1	59,5	59	58,6	56,4	55	53,6	52,4
12Yr	62	62	61,4	60,5	59,7	59,2	58,6	58,2	57,7	57,5	54,9	53,2	51,8	50,4
15Yr	59,5	59,3	58,7	58	57,2	56,8	56,4	55,8	55,5	55,2	52,5	50,2	48,8	47,2
20Yr	56	56	55,4	54,5	53,8	53,5	53,1	52,6	52,3	51,8	48,8	46,3	44,7	42,9
25Yr	53,8	53,7	53,2	52,5	51,9	51,3	50,6	49,9	49,3	49	45,8	43	41,1	39,2
30Yr	52	52,1	51,7	51,2	50,6	50	48,9	48,1	47	46,6	42,9	40,2	38,2	36,2

FIGURE 2.3 – Volatilités log-normales des swaptions du marché au 31/12/2021. *Source* : *Bloomberg*

Les volatilités des swaptions du marché permettent ensuite de déterminer les prix empiriques des swaptions payeuses, pour chaque maturité T_α et chaque Tenor $T_\alpha - T_\beta$. Le prix de Black d'une swaption payeuse de maturité T_α , de tenor $T_\alpha - T_\beta$ et de strike K est donné par la formule suivante :

$$PS_{\alpha,\beta}^{Black}(0) = (S_{\alpha,\beta}(0)\phi(d_1) - K\phi(d_2)) \sum_{i=\alpha+1}^{\beta} P(0, T_i)\tau_i \quad (2.8)$$

Avec :

- $d_1 = \frac{\ln(\frac{S_{\alpha,\beta}}{K}) + \frac{\sigma_{\alpha,\beta}^{LN^2} T_\alpha}{2}}{\sigma_{\alpha,\beta}^{LN} \sqrt{T_\alpha}}$; $d_2 = d_1 - \sigma_{\alpha,\beta}^{LN} \sqrt{T_\alpha}$,
- $\sigma_{\alpha,\beta}^{LN}$: la volatilité log-normale des swaptions du marché,
- ϕ : la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite.

L'application de cette formule permet de déterminer une matrice des prix empiriques des swaptions du marché, pour chaque maturité T_α et tenor $T_\alpha - T_\beta$.

Détermination des prix théoriques des swaptions

Ensuite, la seconde étape du calibrage consiste à calculer le prix théorique des swaptions, en se basant notamment sur les paramètres σ et κ du modèle HW1F.

Avant d'énoncer la formule du prix des swaptions avec le modèle de HW1F, il s'agit d'introduire le prix des obligations zéro-coupon dans ce modèle :

$$P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(t)} \quad (2.9)$$

Avec :

- $A(t, T) = \frac{P(0, T)}{P(0, t)} \exp[B(t, T)f(0, t) - \frac{\sigma^2}{4\kappa}(1 - e^{-2\kappa t})B(t, T)^2]$
- $B(t, T) = \frac{1 - e^{-\kappa(T-t)}}{\kappa}$

L'expression de $P(t, T)$ permet ensuite d'introduire le prix d'un put zéro-coupon :

$$PZC(T_F, T_P, X) = XP(0, T_F)\phi(d_+) - P(0, T_P)\phi(d_-) \quad (2.10)$$

Avec :

- $d_\pm = \frac{\ln(\frac{P(0, T_F)}{P(0, T_P)} X)}{\sqrt{V_p(0, T_F, T_P)}} \pm \frac{1}{2} \sqrt{V_p(0, T_F, T_P)}$
- $V_p(0, T_P, T_F) = \sigma^2 \frac{1 - e^{-2\kappa T}}{2\kappa} \times B(T_F, T_P)^2$
- $X_i = A(T_\alpha, T_i)e^{-B(T_\alpha, T_i)r^*}$

Où r^* vérifie l'équation :

$$\sum_{i=\alpha}^{\beta} c_i A(T_\alpha, T_i) e^{-B(T_\alpha, T_i)r^*} = 1 \quad (2.11)$$

Finalement, l'expression du prix des swaptions payeuses dans le modèle de Hull et White à un facteur est la suivante :

$$P_{swaption}(T_\alpha, T_\beta, K) = \sum_{i=\alpha}^{\beta} c_i PZC(T_\alpha, T_i, X_i) \quad (2.12)$$

Avec :

- $c_i = K(T_{i-1} - T_i), \forall i = \alpha, \dots, \beta - 1$
- $c_\beta = 1 + K(T_{\beta-1} - T_\beta)$

Au sein du mémoire, tous les calculs de pricing des swaptions et d'optimisation du r^* ont été réalisés à l'aide du logiciel R.

Minimisation de l'écart quadratique

Une fois les matrices des prix empiriques et théoriques déterminées, il s'agit de minimiser l'écart quadratique entre les deux, sur l'ensemble de la surface des swaptions considérée, afin de retrouver les valeurs de σ et κ optimales :

$$Ecart(\sigma, \kappa) = \sum_{i=1}^{nb(swaptions)} \frac{(Prix\ empirique - Prix\ théorique(\sigma, \kappa))^2}{Prix\ empirique} \quad (2.13)$$

La minimisation de cet écart quadratique a été réalisée sur R, à l'aide de la fonction d'optimisation *optim*.

Finalement, les paramètres σ et κ calibrés sont :

σ	0,26%
κ	0,02%

FIGURE 2.4 – Paramètres du modèle HW1F après calibration.

Le calibrage est réalisé sur la courbe des taux EIOPA avec *Volatility Adjustment* vue au 31/12/2021.

Validation du modèle de taux

La validation du modèle de taux s'effectue tout d'abord graphiquement, en comparant la courbe sur laquelle le calibrage a été effectué, c'est-à-dire la courbe EIOPA avec *Volatility Adjustment* au 31/12/2021, avec la courbe projetée avec le modèle HW1F.

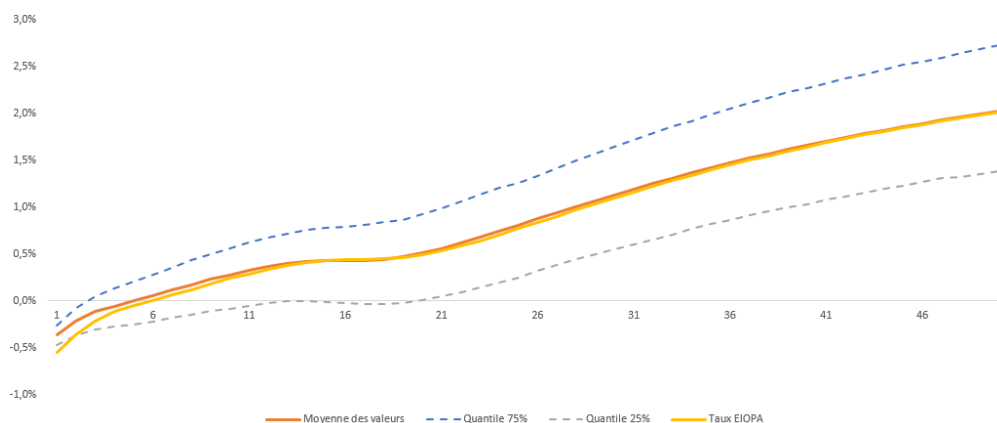


FIGURE 2.5 – Test de calibrage du modèle HW1F sur la courbe des taux sans risques EIOPA

L'écart moyen observé entre la courbe calibrée est la courbe EIOPA est de 0,012%, ce qui est convenable pour la suite des études.

Conclusion

Le modèle de taux généré est satisfaisant : il parvient à répliquer les variations de la courbe des taux sans risque EIOPA. Cependant, il a tendance à surestimer les taux sur les maturités faibles, ce qui peut induire un risque de surestimation de la solvabilité.

Les évolutions au niveau du bilan et du ratio de Solvabilité induites par la mise en place de ce nouveau modèle de taux seront présentées dans le Chapitre 3.

2.1.2 Les actions et l'immobilier

Modèle utilisé

Pour modéliser les actions et l'immobilier, le GSE se base sur le modèle de Black & Scholes. Il s'agit d'un modèle classique et répandu dans les GSE. En se plaçant dans un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ muni d'une filtration $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ sous la probabilité risque-neutre \mathbb{Q} , ce modèle suit la dynamique suivante :

$$dS_t = (\mu_S - q)S_t dt + \sigma_S S_t dW_t \quad (2.14)$$

Avec :

- S_t : le cours du sous-jacent à la date t ,
- q : le taux de dividende ou de loyer,
- μ_S : la tendance du processus,

- σ_S : la volatilité du processus,
- W_t : un mouvement brownien standard.

Pour trouver l'expression de S_t , il s'agit d'utiliser le lemme d'Itô.

Lemme d'Itô

Soit X_t un processus stochastique de la forme :

$$dX_t = \mu_t dt + \sigma_t dB_t$$

avec μ_t et σ_t deux processus aléatoires \mathbb{F} -adaptés, respectivement intégrable et de carré intégrable par rapport à t , et B_t un mouvement brownien standard.

Alors si f est une fonction définie sur $\mathbb{R} \times \mathbb{R}^+$, de classe \mathcal{C}^1 par rapport à t et \mathcal{C}^2 par rapport à x , on a :

$$d(f(X_t, t)) = \frac{\partial f}{\partial t}(X_t, t)dt + \frac{\partial f}{\partial x}(X_t, t)dX_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(X_t, t)\sigma^2 dt$$

Ainsi, à partir de l'équation 2.14 et en appliquant le lemme d'Itô au processus $Y_t = \ln(S_t)$, on a :

$$\begin{aligned} dY_t &= d(\ln(S_t)) = \frac{1}{S_t} dS_t + \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{S_t^2}\right) (\sigma S_t)^2 dt \\ &\Leftrightarrow d(\ln(S_t)) = \frac{1}{S_t} ((\mu_s - q)S_t dt + \sigma S_t dW_t) - \frac{1}{2} \sigma^2 dt \\ &\Leftrightarrow d(\ln(S_t)) = ((\mu_s - q) - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma dW_t \\ &\Leftrightarrow \ln(S_t) - \ln(S_0) = ((\mu_s - q) - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \sigma dW_t \\ &\Leftrightarrow S_t = S_0 \exp\left(\left((\mu_s - q) - \frac{1}{2} \sigma^2\right)t + \sigma dW_t\right) \end{aligned}$$

Cette dynamique est ainsi utilisée pour projeter les actions et les actifs immobiliers dans le temps.

Le calibrage du modèle

Calibrer le modèle de Black and Scholes revient à calibrer la volatilité, c'est-à-dire σ .

Au sein du GSE, le calibrage de la volatilité des actions s'est basé sur la volatilité implicite, déduite à partir du prix d'un call de l'*Euro Stoxx 50* et de la formule de Black and Scholes, avec des données observées au 04/01/2022. Ainsi, grâce à l'outil solveur d'*Excel*, la valeur de la volatilité des actions est la suivante :

$$\sigma_{action} = 13,31\% \tag{2.15}$$

Enfin, concernant les actifs immobiliers, la volatilité est plus difficile à déterminer puisque ces actifs ne sont pas cotés. Par conséquent, la volatilité est souvent fixée à dire d'expert. Au sein du GSE, elle a été déterminée en se basant sur Solvabilité II. Le choc appliqué aux actifs immobiliers étant deux fois plus faible que celui appliqué aux actions non cotées (25% vs 49%), la volatilité de l'immobilier est approximée comme étant la moitié de la volatilité action. Ainsi :

$$\sigma_{immobilier} = 6,66\% \quad (2.16)$$

Ces volatilités peuvent paraître plus faibles que celles observées sur le premier semestre de l'année 2022. Toutefois, cela s'explique par le calibrage qui a été réalisé à partir de données proches de la date de clôture (31/12/2021).

Validation de la projection

Pour valider la projection, il s'agit de vérifier qu'il n'y a pas de création de valeur en sortie du modèle. Pour ce faire, un test de martingalité a été réalisé.

Test de martingalité

Le test de martingalité permet de vérifier que les trajectoires simulées sont risque-neutre. En effet, sous la probabilité risque-neutre, tous les actifs sont des martingales.

La réalisation d'un test de martingalité consiste à vérifier que la moyenne des valeurs actualisées à chaque horizon de temps est égale à la valeur de départ.

En considérant la moyenne actualisée de l'ensemble des scénarios à chaque pas de temps, les résultats des tests de martingalité pour les actions et les actifs immobiliers sont les suivants :

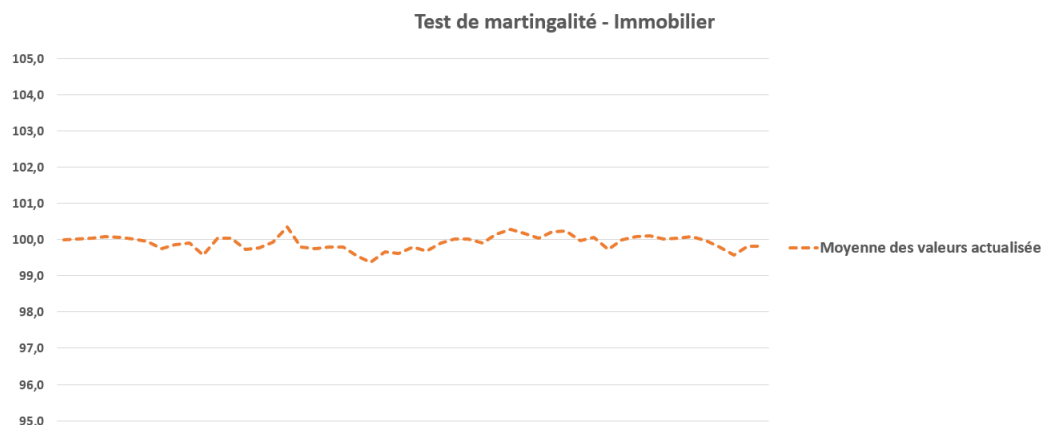


FIGURE 2.6 – Test de martingalité pour les actifs immobiliers.

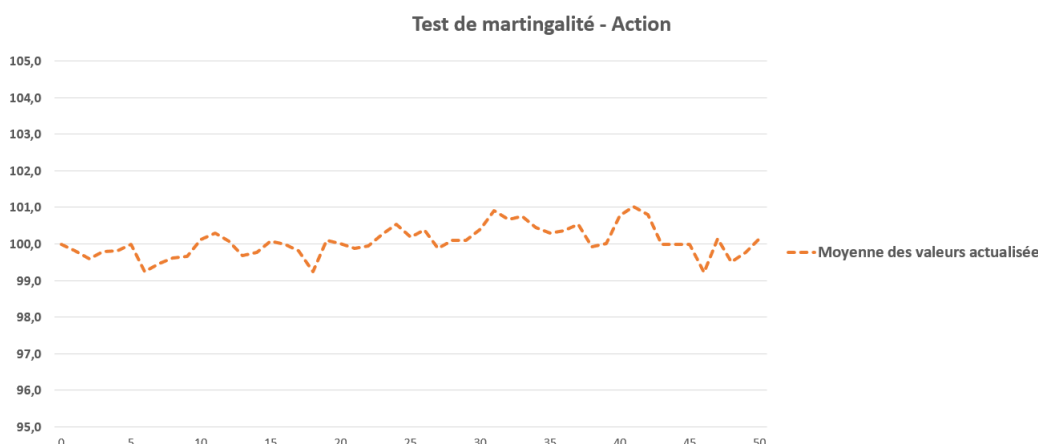


FIGURE 2.7 – Test de martingalité pour les actions.

Les tests de martingalité sont vérifiés pour les actions et l'immobilier : il n'y a pas de création de valeur et le modèle est donc validé.

2.1.3 Les obligations

Au sein du GSE et dans un souci de simplification, seules des obligations souveraines européennes AAA ont été modélisées : le risque de crédit n'est pas pris en compte.

A chaque pas de temps, le GSE évalue la valeur comptable et la valeur de marché des obligations. Avant d'aborder le calcul de ces deux grandeurs, il s'agit d'expliquer comment le prix d'une obligation se détermine.

Prix

Le prix d'une obligation est généralement exprimé en pourcentage du nominal. Il correspond à la valeur actuelle de tous les flux futurs reçus par l'acheteur de l'obligation, et se calcule ainsi de la manière suivante :

$$P = \sum_{i=1}^T \frac{CF_i}{(1+Y)^i} \quad (2.17)$$

Avec :

- CF_i : le cash-flow reçu à la date i , dépendant notamment par du taux de coupon C et du nominal N ,
- Y : le Yield, c'est-à-dire le taux de rendement actuariel,
- T : la maturité de l'obligation.

Dans le cas d'une obligation émise au pair, comme c'est le cas pour les obligations modélisées au sein du GSE, le prix vaut 100% : le yield est alors égal au taux de coupon, et le prix est par conséquent égal au nominal.

Valeur comptable

La valeur comptable des obligations au sein du GSE est ainsi calculée avec un yield égal au taux de coupon. Pour un temps $t \in \mathbb{N}$, la valeur comptable est égale à :

$$VC_t = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{C \times N}{(1 + C)^i} + \frac{N}{(1 + C)^{T-t}} \quad (2.18)$$

Avec :

- T : la maturité de l'obligation,
- C : le taux de coupon,
- N : le nominal.

Valeur de marché

Le GSE développé étant un GSE risque neutre, le rendement moyen des obligations est le taux sans risque. Ainsi, la valeur de marché des obligations dans un environnement risque neutre au temps t est :

$$VM_t = \sum_{i=t+1}^{T-t} \frac{C \times N}{(1 + f(t, i))^{i-t}} + \frac{N}{(1 + f(t, T))^{T-t}} \quad (2.19)$$

Avec :

- T : la maturité de l'obligation,
- C : le taux de coupon,
- N : le nominal,
- $f(t, i)$: le taux forward déterminé à partir du modèle de taux de HW1F.

2.1.4 Les liquidités

Les liquidités correspondent à la trésorerie détenue par l'organisme d'assurance, qui est placée notamment sur des comptes ou des livrets.

Le générateur de scénarios économiques étant risque neutre, les liquidités rapportent chaque année en moyenne le taux sans risque.

2.1.5 Corrélation entre les actifs

Dans le cadre des travaux du présent mémoire, la corrélation entre actifs a été évaluée et intégrée dans le GSE. Il a été choisi d'intégrer la corrélation à travers une approche s'inscrivant dans le cadre de la formule standard, c'est-à-dire en se basant sur une matrice

de corrélation.

Pour intégrer cette notion au sein du GSE, cinq grandes étapes ont été réalisées :

- Choix des données,
- Calcul de la corrélation entre les taux, les actions et l'immobilier,
- Décomposition de la matrice de corrélation obtenue selon le théorème de Cholesky,
- Génération des aléas corrélés,
- Vérification des résultats obtenus.

Choix des données

Dans un premier temps, la mise en place de corrélations entre les actifs nécessite de sélectionner des données historiques pertinentes. D'une manière générale, les données sont représentatives de l'ensemble de l'Union Européenne, dans un but de cohérence avec la Directive Solvabilité II qui s'applique au niveau européen.

Ainsi, l'indice action retenu est l'*Euro Stoxx 50*. Fondé en 1998, l'*Euro Stoxx 50* se présente comme un indice boursier de la zone euro, constitué de 50 sociétés regroupées selon leur capitalisation boursière. Ces 50 sociétés sont déterminées annuellement, selon un classement défini par STOXX Ltd. L'*Euro Stoxx 50* est une référence en matière d'indice boursier de la zone euro, et est utilisé par de nombreux traders, notamment pour sa forte liquidité. Les valeurs de l'historique mensuel de cet indice, de 1992 à 2021, ont été récupérées via *Bloomberg*.

Dans la suite du mémoire, $E(t)$ désigne la valeur de l'Euro Stoxx 50 à la date t .

Concernant l'indice immobilier, il a été choisi de retenir l'indice de prix des logements (IPL) de la zone euro fourni par Eurostat, l'office statistique de l'Union Européenne. Cet indice est disponible trimestriellement, de 2005 à 2021. Il représente l'évolution des prix des biens résidentiels achetés par les ménages. Cet indice est calculé selon une pondération par le PIB des IPL de chaque Etat. Les données ont été récupérées directement sur le site d'Eurostat⁵.

Dans la suite du mémoire, $I(t)$ désigne la valeur de l'IPL à la date t .

Enfin, les données historiques utilisées pour la représentation du taux court se basent sur le taux d'intérêt à court terme, disponibles sur le site de l'Organisme de Coopération et de Développement Economiques (OCDE). Ces taux d'intérêt à court terme sont les taux du marché monétaire à 3 mois, et sont généralement appelés "taux des bons du Trésor". L'historique des données est disponible mensuellement de 1994 à 2021.

Dans la suite du mémoire, $T(t)$ désigne la valeur du taux court à la date t .

5. Source : [Eurostat, 2021]

Calcul des corrélations

Une fois les données sélectionnées, l'étape suivante correspond au calcul des corrélations entre ces données. Pour les calculer, il a été choisi de se baser sur le coefficient de corrélation de Pearson, qui permet de mesurer la corrélation linéaire entre deux variables, dans un but de cohérence avec Solvabilité II.

Pour deux variables X et Y, avec $\sigma_X > 0$ et $\sigma_Y > 0$, le coefficient de Pearson se calcule de la manière suivante :

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (2.20)$$

Avec :

- $\sigma_{XY} = cov_{XY} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}$: la covariance entre les variables X et Y, c'est-à-dire la mesure de leurs variations conjointes,
- σ_X : l'écart-type de la variable X,
- σ_Y : l'écart-type de la variable Y.

Ce coefficient de corrélation de Pearson a été calculé à partir de transformations spécifiques des données de marché précédemment sélectionnées.

En effet, la corrélation entre les actions et l'immobilier a été calculée sur un historique trimestriel allant de 2005 à 2021, sur les séries de données suivantes :

- $\ln\left(\frac{E(t+1)}{E(t)}\right)$ la série des log-rendements de l'Euro Stoxx 50,
- $\ln\left(\frac{I(t+1)}{I(t)}\right)$ la série des log-rendements de l'IPL.

Pour la corrélation entre les actions et les taux, l'historique est constitué de données mensuelles, disponibles de 1994 à 2021. La corrélation a été calculée sur :

- $\ln\left(\frac{E(t+1)}{E(t)}\right)$ la série des log-rendements de l'Euro Stoxx 50,
- $T(t+1) - T(t)$ la série des variations absolues du taux court.

Enfin, la corrélation entre les taux et l'immobilier a été calculée en se basant sur un historique trimestriel allant de 2005 à 2021, sur les séries suivantes :

- $\ln\left(\frac{I(t+1)}{I(t)}\right)$ la série des log-rendements de l'IPL,
- $T(t+1) - T(t)$ la série des variations absolues du taux court.

Finalement, la matrice de corrélation obtenue est la suivante :

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} Taux & Action & Immo \end{matrix} \\ \begin{matrix} Taux \\ Action \\ Immo \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0,04 & 0,60 \\ 0,04 & 1 & 0,21 \\ 0,60 & 0,21 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2.21)$$

La matrice de corrélation obtenue est fortement dépendante des historiques de données sélectionnés.

Même si la forte corrélation observée entre les taux et l'immobilier peut sembler étonnante, elle est en adéquation avec des valeurs de corrélation observées dans les modèles de certains acteurs. Il convient d'ailleurs de noter que les corrélations présentes au sein des GSE de divers organismes sont très différentes entre elles. En effet, le choix des données et dans le cas présent de l'indice immobilier peut impacter fortement ces coefficients.

Décomposition de Cholesky

Pour réussir à générer des aléas corrélés, il est nécessaire de passer par la décomposition de Cholesky.

Décomposition de Cholesky

Soit A une matrice symétrique définie positive. Alors il existe une matrice triangulaire L telle que $A=LL^t$. De plus, si on impose aux coefficients diagonaux de L d'être positifs, cette factorisation est unique .

En appliquant cette décomposition à la matrice de corrélation A trouvée précédemment et en imposant des coefficients diagonaux positifs, il s'agit de trouver la matrice L telle que :

$$A = LL^t = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ b & d & 0 \\ c & e & f \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b & c \\ 0 & d & e \\ 0 & 0 & f \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0,04 & 0,60 \\ 0,04 & 1 & 0,21 \\ 0,60 & 0,21 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a^2 & ab & ac \\ ab & b^2 + d^2 & bc + de \\ ac & bc + de & c^2 + e^2 + f^2 \end{pmatrix} \quad (2.23)$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = 1 \\ ab = 0,04 \\ ac = 0,6 \\ b^2 + d^2 = 1 \\ bc + de = 0,21 \\ c^2 + e^2 + f^2 = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = 1 \\ b = 0,04 \\ c = 0,6 \\ d = 1 \\ e = 0,19 \\ f = 0,78 \end{cases}$$

Ainsi, la matrice L triangulaire supérieure (arrondie au centième) est telle que :

$$L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,04 & 1 & 0 \\ 0,60 & 0,19 & 0,78 \end{pmatrix} \quad (2.24)$$

Génération des aléas corrélés

Une fois la matrice L définie à l'aide de la décomposition de Cholesky, les aléas corrélés peuvent être générés.

Pour ce faire, les étapes sont les suivantes :

- Génération d'un vecteur indépendant et identiquement distribué centré réduit X tel que $X^T = (X_taux, X_action, X_immo)$,
- Calcul de ϵ tel que $\epsilon = LX$. ϵ est ainsi gaussien et corrélé suivant la matrice de corrélation A .

En appliquant ces étapes aux données et matrice obtenues précédemment, le calcul de ϵ tel que $\epsilon^T = (eps_taux, eps_action, eps_immo)$ est le suivant :

$$\epsilon = L.X = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,04 & 1 & 0 \\ 0,60 & 0,19 & 0,78 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_taux \\ X_action \\ X_immo \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

$$\Leftrightarrow \epsilon = \begin{pmatrix} X_taux \\ 0,04 * X_taux + X_action \\ 0,60 * X_taux + 0,19 * X_action + 0,78 * X_immo \end{pmatrix} \quad (2.26)$$

Le vecteur ϵ ainsi obtenu contient normalement des aléas corrélés selon la matrice A .

Vérification des résultats obtenus

La vérification des résultats obtenus, c'est-à-dire du vecteur ϵ consiste à vérifier deux points :

- Que les aléas générés sont bien corrélés selon la matrice de corrélation A,
- Que les aléas générés suivent bien une loi normale centrée réduite.

Pour ce faire, le coefficient de corrélation de Pearson est calculé pour chaque combinaison d'aléas, sur les 50 maturités et 1000 scénarios générés. Les résultats observés sont les suivants :

Action/Taux	Immobilier/Taux	Immobilier/Action
0.04175825	0.60413335	0.20924914

TABLE 2.1 – Corrélations observées

Comme cela est observable sur la table 2.1, les corrélations observées entre les aléas générés sont très proches de celles indiquées dans la matrice de corrélation A. La vérification de la corrélation est donc acceptée.

Pour vérifier la normalité des aléas générés, une observation graphique des densités a tout d'abord été faite.

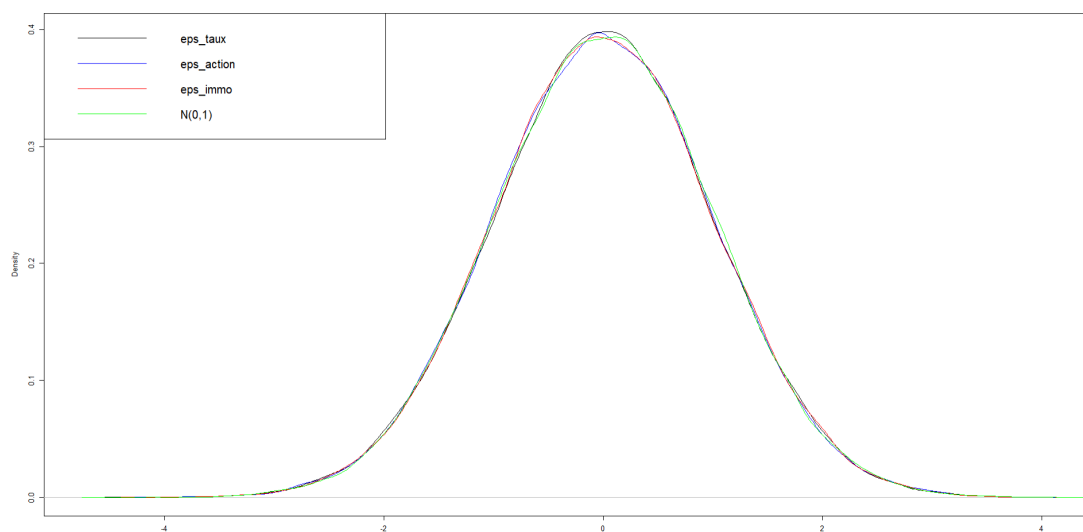


FIGURE 2.8 – Comparaison des densités des aléas générés avec la densité de la loi normale (0,1).

La normalité des aléas générés semble confirmée graphiquement. Pour s'en assurer, un test de Kolmogorov-Smirnov a été réalisé pour chacun des aléas.

Test de Kolmogorov-Smirnov

Le test de Kolmogorov-Smirnov se présente comme un test d'ajustement à loi continue, qui se base sur l'ensemble des quantiles. Pour une fonction de répartition empirique F_n et une fonction de répartition d'une loi de probabilité F (dans le cas présent, F est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite), alors $d = \max|F_n(x) - F(x)|$ représente la distance entre les deux fonctions de répartition.

Ainsi, le test de Kolmogorov-Smirnov teste l'hypothèse :

$$H_0 : \text{"Les lois } F_n(x) \text{ et } F(x) \text{ sont identiques"}$$

En effectuant ce test sur les aléas générés, à savoir *eps_taux*, *eps_action* et *eps_immo*, il peut être conclu que l'hypothèse H_0 ne peut pas être refusée avec un niveau de confiance à 95%. En effet, les p-values sont toutes supérieures à 0,05 :

	Eps_taux	Eps_action	Eps_immo
P-value	0,620	0,745	0,548
Moyenne	0,002	0,000	0,001
Variance	1,002	1,003	1,001

FIGURE 2.9 – Résultats du test de Kolmogorov-Smirnov.

Enfin, les QQ-Plots (diagramme quantile-quantile) de chacun des aléas ont été tracés. Les QQ-Plots sont des graphiques dans lesquels les quantiles de deux distributions sont tracés les uns par rapport aux autres. Dans le cas d'une adéquation en loi, les points doivent se trouver sur la diagonale.

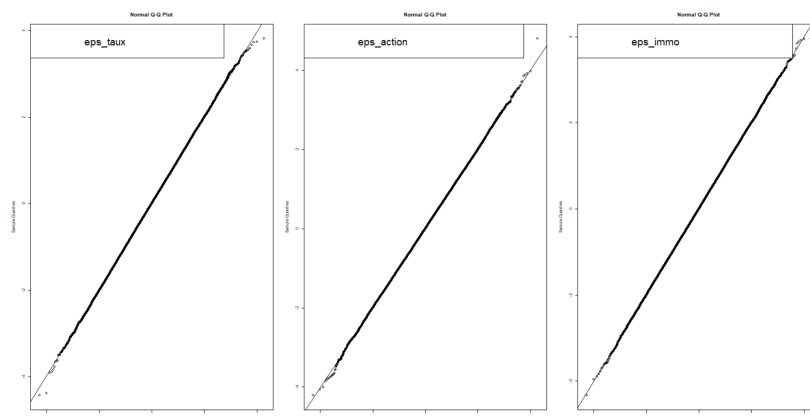


FIGURE 2.10 – Comparaison des QQ-plot

Le tracé des QQ-Plots pour les trois aléas générés confirme leur normalité.

Les aléas générés sont conformes : ils suivent une loi normale centrée réduite et sont corrélés selon la matrice de corrélation calculée au préalable. Les aléas peuvent ainsi être utilisés au sein du GSE.

Les évolutions au niveau du bilan et du ratio de Solvabilité induites par la mise en place de la corrélation entre actifs au sein du GSE seront présentées dans le Chapitre 3.

2.1.6 Validation du Générateur de Scénarios Economiques

Comme cela a été partiellement énoncé lors du premier chapitre de ce mémoire, les générateurs de scénarios économiques se doivent de respecter deux hypothèses fondamentales :

- Etre *Market consistent*, c'est-à-dire refléter les conditions économiques réelles,
- Etre *risque neutre*, c'est-à-dire que tous les actifs doivent rapporter le taux sans risque.

Conclusion

Les tests de martingalité et de calibrage réalisés et présentés sur les actions, les actifs immobiliers ainsi que les taux permettent de valider le générateur de scénarios économiques utilisé.

2.2 L'organisme d'assurance-vie fictif étudié : Assu'Vie

Il s'agit dans cette partie de présenter l'organisme d'assurance-vie fictif étudié, appelé Assu'Vie dans la suite du mémoire.

Assu'Vie se veut de refléter au mieux la réalité du marché des organismes d'assurance proposant des contrats d'épargne et notamment des contrats mono-supports sur des fonds euros. Cependant, il convient d'être vigilant par rapport aux résultats observés dans la suite du mémoire, qui pourraient varier avec la modification des hypothèses de départ, énoncées dans le présent chapitre.

A noter que les hypothèses présentées dans cette partie concernent à la fois les caractéristiques propres d'Assu'Vie, mais également des hypothèses liées à la projection dans le modèle ALM.

2.2.1 Le contrat d'Assu'Vie

Assu'Vie se présente comme une mutuelle proposant à ses adhérents un contrat monosupport euro, garantissant un capital décès et incluant une clause de participation aux bénéfices de 85% (dans un souci de simplicité, tous les contrats ont la même fiscalité et les mêmes garanties, quelle que soit leur génération). Les versements sont uniquement des versements libres.

2.2.2 Hypothèses relatives au passif

La base de données

La première hypothèse du passif concerne la base de données, c'est-à-dire le portefeuille d'Assu'Vie. Ainsi, il a été nécessaire de disposer d'une base de données au 31/12/2021.

Cette base de données est fictive : elle a été obtenue après vieillissement d'une base réelle observée au 31/12/2018. La base réelle provient d'une mutuelle proposant des contrats d'assurance-vie mono-support. La conjoncture économique ayant évolué depuis cette date, certaines hypothèses de vieillissement ont été nécessaires.

Tout d'abord, les âges et ancienneté de la base réelle ont été vieillis de 3 ans. De plus, les encours des contrats présents dans le portefeuille ont été revalorisés à hauteur de leurs TMG respectifs chaque année.

Des affaires nouvelles ont également été modélisées dans le portefeuille. Les TMG des affaires nouvelles ont été déterminés selon les taux techniques observés sur le marché depuis fin 2018, à savoir 0,25% et 0% :

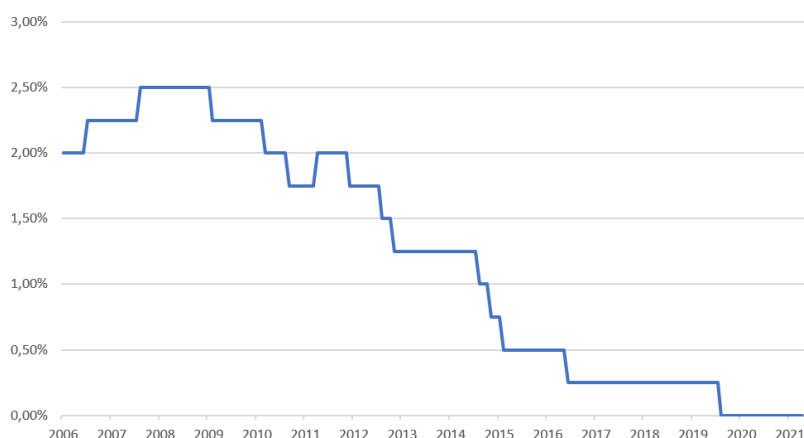


FIGURE 2.11 – Historique des taux techniques appliqués depuis 2006. *Source : [Spac Actuaires, 2022]*

Pour évaluer la proportion des TMG énoncés dans les affaires nouvelles du portefeuille, il a également été choisi de se baser sur la collecte nette observée en assurance-vie (cf figure 1.1).

La combinaison de ces deux observations a donné une tendance au niveau des affaires nouvelles du portefeuille. Finalement, le portefeuille d'Assu'Vie est composé de 120 000 adhérents, dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

	Min	Moyenne pondérée	Max
Encours	925 €	12 552 €	51 449 €
TMG	0,00%	0,51%	2,00%
Age	32	50	69
Ancienneté	0,2	6	18

FIGURE 2.12 – Statistiques du portefeuille d'Assu'Vie au 31/12/2021.

A noter que le taux de participation aux bénéfices (PB) est de 85% sur l'ensemble du portefeuille. L'encours total observé au 31/12/2021 est de 1 506,3 M€.

Les *model points*

La base de données d'Assu'Vie au 31/12/2021 permet ensuite la construction de *model points*. Ils se définissent comme le regroupement de polices ayant des caractéristiques communes, avec des risques sous-jacents similaires. La création de *model points* permet notamment de diminuer le temps de calcul nécessaire à l'obtention des résultats.

Dans le cadre de ce mémoire, les *model points* ont été déterminés en se basant sur le TMG proposé.

Les *model points* obtenus sont les suivants :

Model Point	TMG	Age moyen	Ancienneté moyenne	Proportion PM
1	0,00%	45	3	22%
2	0,25%	48	5	36%
3	0,50%	51	7	20%
4	1,00%	55	9	8%
5	1,50%	58	11	8%
6	2,00%	60	13	6%

FIGURE 2.13 – *Model Points* issus de la base de données d'Assu'Vie.

Les frais et chargements

Dans ce rapport, le terme *frais* désigne les montants payés par Assu'Vie, tandis que le terme *chargements* désigne les montants payés par les adhérents.

Ainsi, les frais et chargements retenus sont les suivants :

Frais de gestion (% prestations)	0,25%
Frais d'administration (% PM)	0,20%
Frais de placements (% VNC)	0,03%
Chargements sur encours	0,30%
Chargements sur versements	2,00%
Pénalités de rachat	0,00%

FIGURE 2.14 – Hypothèses de frais appliqués par Assu'Vie.

Le portefeuille d'Assu'Vie étant considéré comme étant en *run-off* (pas de nouveaux adhérents), et les versements étant uniquement des versements libres, alors les frais d'acquisition n'ont pas été modélisés.

Chaque année, les taux de frais sont revalorisés du taux d'inflation annuelle. Ce taux a été déterminé selon les observations de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) au 31/12/2021 :

Inflation annuelle	1,60%
--------------------	-------

FIGURE 2.15 – Inflation annuelle au 31/12/2021. *Source : [INSEE, 2021]*

Modélisation des rachats

En assurance, deux types de rachats peuvent être distingués : les rachats structurels et les rachats conjoncturels.

Les rachats structurels

Les rachats structurels sont liés aux caractéristiques propres au contrat, notamment la fiscalité. En effet, la fiscalité avantageuse de l'assurance-vie à partir de la huitième année entraîne généralement une vague de rachats structurels. La modélisation des rachats structurels s'effectue à l'aide de lois d'expérience construites sur des observations passées, ou bien sur des données de marché.

Les rachats structurels s'expriment en pourcentage de la provision mathématique. Pour le cas d'Assu'Vie, ils ont été déterminés par rapport aux observations des modèles implémentés dans un certain nombre d'organismes d'assurance.

Les rachats structurels dépendent à la fois de l'ancienneté, en raison de la fiscalité du contrat, et aussi du TMG : un adhérent avec un TMG élevé sera moins à même de racheter son contrat.

Les taux de rachats structurels appliqués dans le modèle ALM sont les suivants :

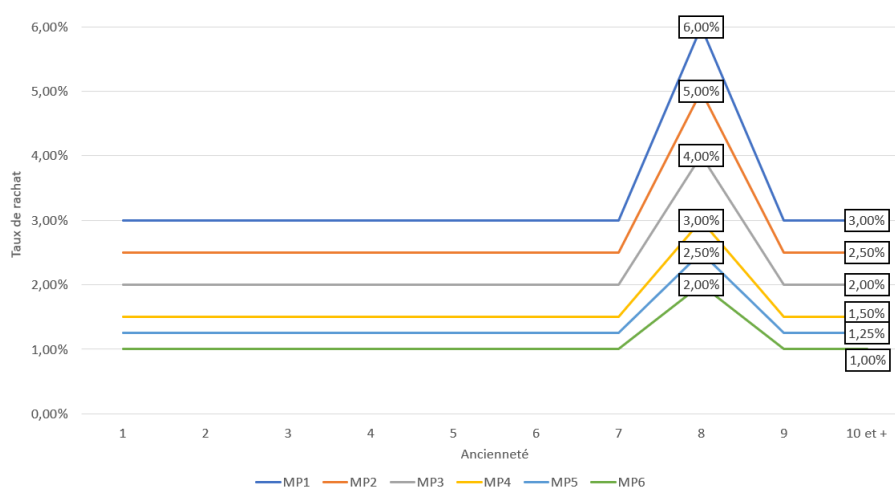


FIGURE 2.16 – Taux de rachats structurels appliqués par *model points*, selon l'ancienneté.

D'autres choix de taux de rachats structurels auraient pu être effectués. Par exemple, il aurait été possible de modéliser un léger pic de rachat autour de la cinquième année du fait du changement de fiscalité, ou encore des taux de rachat plus élevés après la huitième année qu'avant.

Ces différentes lois de rachats peuvent d'ailleurs faire l'objet d'études plus approfondies, notamment lorsque des données sont disponibles. Les rachats peuvent avoir de forts impacts au niveau des résultats finaux observés.

Les rachats conjoncturels

Les rachats conjoncturels dépendent de la conjoncture économique et des performances de l'organisme d'assurance : les adhérents rachètent leur contrat dans le cas où le taux servi est trop éloigné du taux attendu. Certaines méthodes existent pour calculer les taux de rachat conjoncturels, avec notamment l'apport de la logique floue qui permet de déterminer une modélisation individuelle du taux de rachat conjoncturel, en prenant en compte l'ensemble des décisions possibles de l'individu. Cependant, il est tout de même compliqué de modéliser les rachats conjoncturels, puisqu'ils peuvent difficilement être construits sur des lois d'expérience.

Pour pallier ce problème, l'ACP (Autorité de Contrôle Prudentiel) a publié dans les orientations nationales complémentaires du QIS 5 des lois de rachat minimales et maximales permettant de modéliser les rachats conjoncturels.

Ainsi, le taux de rachats conjoncturels s'exprime en fonction de l'écart entre le taux servi R et le taux attendu TA :

$$RC(R) = \begin{cases} RC_{max} & \text{si } R - TA < \alpha \\ RC_{max} \frac{R - TA - \beta}{\alpha - \beta} & \text{si } \alpha < R - TA < \beta \\ 0 & \text{si } \beta < R - TA < \gamma \\ RC_{min} \frac{R - TA - \gamma}{\delta - \gamma} & \text{si } \gamma < R - TA < \delta \\ RC_{min} & \text{si } R - TA > \delta \end{cases} \quad (2.27)$$

Avec :

	α	β	γ	δ	RCmin	RCmax
Plafond max	-4%	0%	1%	4%	-4%	40%
Plafond min	-6%	-2%	1%	2%	-6%	20%

Les paramètres $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ correspondent à différents seuils.

Finalement, les taux de rachats conjoncturels en fonction de l'écart Taux servi - Taux attendu par *model point* sont les suivants :

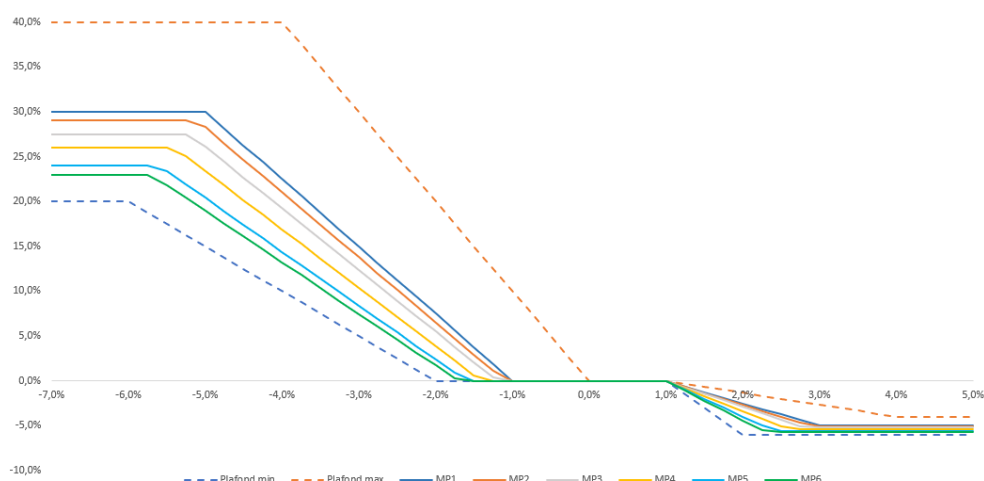


FIGURE 2.17 – Taux de rachats conjoncturels par *model points*, selon l'écart $Tauxservi - Tauxattendu$.

Ils ont été déterminés avec le même principe que celui appliqué pour les taux de rachats structurels : plus le TMG est élevé, moins les adhérents sont enclins à racheter leur contrat.

La modélisation des rachats conjoncturels effectuée au sein du mémoire est une modélisation classique, qui se retrouve chez certains acteurs du marché assurantiel.

Modélisation des décès

Les décès survenant dans le portefeuille d'Assu'Vie sont modélisés à l'aide de la table TGF05. Il s'agit d'une table par génération, construite à l'aide de méthodes prospectives et basée sur la population féminine (dans un souci de prudence), pour toutes les générations nées entre 1990 et 2005.

La table sélectionnée pour modéliser les décès est utilisée par de nombreux organismes d'assurance.

La composition du passif

Le passif d'Assu'Vie se décompose entre la provision mathématique (PM), la provision pour participation aux bénéfiques (PPB) et les fonds propres :

- La PM totale est égale à l'agrégation de la PM de chaque *model points*, soit 1 506,3 M€.
- La PPB est égale à 1% de la PM, soit 15,1 M€.
- Les fonds propres représentent 12% de la PM, soit 180,8 M€.

A noter que cette répartition a été déterminée selon les observations du marché des assurances vie au 31/12/2021.

Ainsi, la composition globale du passif d'Assu'Vie est la suivante :

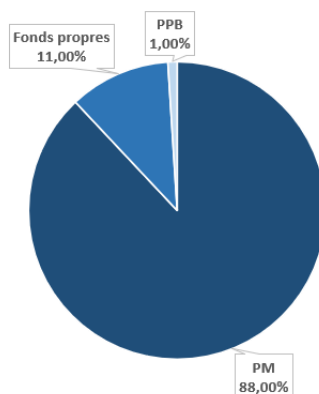


FIGURE 2.18 – Composition du passif d'Assu'Vie.

Au sein de l'outil, le seuil de déclenchement de la provision pour aléas financiers (PAF) a été contrôlé, et n'est jamais dépassé. Enfin, les créances et autres dettes sont supposées nulles.

Conclusion

Toutes les hypothèses du passif d'Assu'Vie ont été déterminées selon des observations du marché des organismes proposant des contrats d'assurance-vie.

Ainsi, bien que fictives, elles permettent tout de même d'observer des impacts représentatifs, qui pourraient être observés chez un organisme d'assurance-vie, selon des modifications d'hypothèses (courbe des taux) ou encore de modèles (GSE).

2.2.3 Hypothèses relatives à l'actif

Composition de l'actif

Pour déterminer la répartition des actifs d'Assu'Vie, il a tout d'abord été nécessaire d'observer la composition réelle des fonds en euros observée sur le marché :

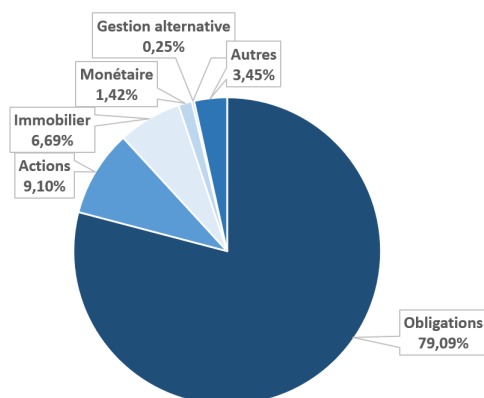


FIGURE 2.19 – Composition moyenne des fonds en euros classiques à fin 2020. *Source : [Good Value For Money, 2021]*

Cette composition paraît cohérente au regard de ce qui a pu être observé au niveau de divers organismes d'assurance-vie.

Afin d'être le plus représentatif possible, cette décomposition moyenne a servi de base pour déterminer l'allocation de départ d'Assu'Vie.

Ainsi, en considérant les quatre classes d'actifs modélisées par le GSE (actions, immobilier, obligations, liquidités) et en se basant sur la répartition réelle, l'actif d'Assu'Vie au 31 décembre 2021 se décompose de la manière suivante :

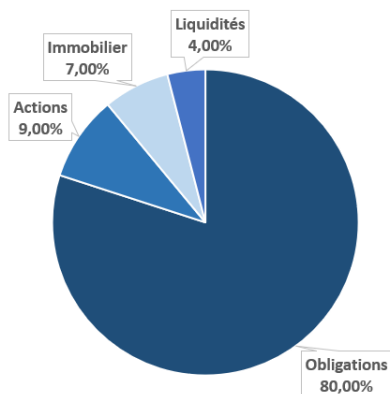


FIGURE 2.20 – Répartition de l'actif d'Assu'Vie

Les valeurs nettes comptables et valeur de marché au 31/12/2021 sont les suivantes :

	VNC	PMVL	VM
Obligations	1 361,7 M€	5,0%	1 429,7 M€
Actions	153,2 M€	5,0%	160,8 M€
Immobilier	119,1 M€	10,0%	131,1 M€
Liquidités	68,1 M€		68,1 M€
Total	1 702,1 M€	5,2%	1 789,7 M€

FIGURE 2.21 – Composition initiale du portefeuille d'Assu'Vie

A noter que les taux de plus-values latentes ont été déterminés par arrondi des caractéristiques des actifs et de la situation des marchés financiers au 31/12/2021.

Enfin, les hypothèses suivantes ont été retenues dans un souci de simplification de l'outil :

- Les obligations arrivent à échéance au 31 décembre,
- Les coupons sont versés au 31 décembre,
- La réserve de capitalisation n'a pas été modélisée.

Composition du portefeuille obligataire

Comme cela est visible sur la figure 2.20, le portefeuille d'Assu'Vie est constitué majoritairement d'obligations (80% du portefeuille).

Les observations du marché permettent d'affirmer que les portefeuilles obligataires se divisent habituellement dans des proportions sensiblement égales entre obligations souveraines et obligations corporate. Cependant, dans le cadre de ce mémoire et dans un souci de simplification de l'outil, seules des obligations souveraines de la zone Euro notées AAA et achetées au pair sont modélisées.

Le portefeuille obligataire d'Assu'Vie est constitué de 31 obligations, de maturité 1, 5, 10 et 15 ans. Conformément à ce qui peut être observé habituellement, la durée des obligations présentes en portefeuille est de 10,3 ans. La répartition de la valeur comptable des obligations au 31/12/2021 est la suivante :

Maturité	Valeur comptable	Taux de coupon moyen
15	367 647 K€	1,84%
10	748 912 K€	0,66%
5	204 249 K€	-0,45%
1	40 850 k€	-0,73%
Total	1 361 657 K€	0,77%

FIGURE 2.22 – Répartition de la valeur comptable des obligations au 31/12/2021.

L'actif d'Assu'Vie se veut de refléter au mieux l'actif des mutuelles proposant des contrats d'assurance-vie au 31/12/2021.

Il convient néanmoins de ne pas oublier que cet actif est basé sur un certain nombre d'hypothèses, et qu'il fait l'objet de simplifications.

2.2.4 Bilan comptable au 31/12/2021

En se basant sur les hypothèses de passif et d'actif précédemment énoncées, il apparaît que le bilan comptable d'Assu'Vie au 31/12/2021 est le suivant :

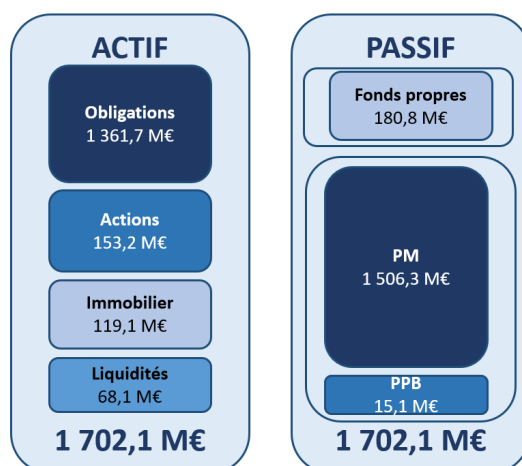


FIGURE 2.23 – Bilan comptable d'Assu'Vie au 31/12/2021.

2.3 L'outil d'*Asset and Liability Management*

L'outil d'ALM utilisé dans ce mémoire a également été développé en interne sur VBA et Excel et tout comme le GSE, sa description est disponible dans le mémoire d'Elise Laurent, intitulé "Optimisation du ratio de solvabilité dans un contexte de taux bas".

La présente partie a pour objectif de présenter brièvement cet outil ALM, dans le but de mieux comprendre les résultats qui seront obtenus dans les chapitres 3 et 4 du présent mémoire. A noter que quelques adaptations ont été effectuées sur l'outil ALM, notamment dans les hypothèses de départ ou encore dans la règle d'allocation de la PB. A l'issue de cette partie, des tests permettent de s'assurer de la cohérence du modèle ALM implémenté.

2.3.1 Fonctionnement du modèle ALM

Afin d'avoir une meilleure compréhension des outils utilisés au sein de ce mémoire, le modèle ALM est présenté succinctement dans cette partie. Le détail des formules mathématiques appliquées est disponible en annexe B. Le modèle est construit autour de 7 étapes, répétées à chaque pas de temps sur tout l'horizon de projection :

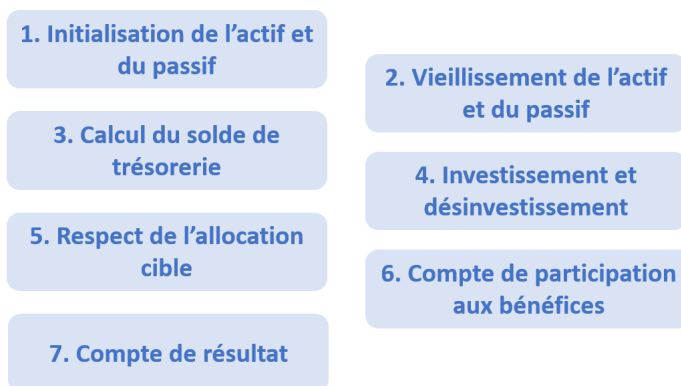


FIGURE 2.24 – Grandes étapes du modèle ALM utilisé dans le mémoire.

En parallèle de ces sept étapes, trois *management actions* (décisions de gestion) sont implémentées. Elles concernent le versement de la PB, la définition du taux attendu par les adhérents ainsi que les règles d'investissement et de désinvestissement des obligations.

Initialisation de l'actif et du passif

A chaque nouveau pas de temps, l'actif et le passif sont initialisés au 01/01/N en se basant sur les bilans et comptes de résultat N-1.

Vieillessement de l'actif et du passif

Vieillessement de l'actif

A chaque pas de temps, l'actif est vieilli selon les modèles de projection d'actifs définis dans la partie 2.1 de ce mémoire.

Les calculs liés aux conditions de mise en place éventuelle d'une PDD (voir paragraphe 1.1.2) sont également réalisés.

Vieillessement du passif

L'outil permet de vieillir le passif, c'est à dire pour chaque pas de temps :

- Projection des *model points*,
- Modélisation des décès et rachats,
- Calcul des chargements sur encours,
- Calcul des intérêts techniques.

Ces projections permettant finalement de calculer les montants de PM et de PPB à chaque fin de période, et donc de constituer le passif d'Assu'Vie.

Management Action 1

La première *management action* concerne le taux de rachat.

En effet, comme cela a été présenté précédemment, les taux de rachats conjoncturels dépendent du taux attendu par les adhérents. Assu'Vie souhaite se positionner dans la moyenne des taux servis par l'ensemble des acteurs.

Ainsi, le taux attendu par les adhérents se calcule par rapport au taux servi sur le livret A, au taux servi par un concurrent proposant un portefeuille "agressif" (20% d'actions et 80% d'obligations), et un autre concurrent proposant un portefeuille moins "agressif" (100% d'obligations de duration 10 ans).

Calcul du solde de trésorerie

A l'issue des deux premières étapes, le solde de trésorerie est calculé, correspondant à la différence entre les flux entrants (c'est-à-dire les produits financiers) et les flux sortants (donc les frais et prestations) d'Assu'Vie.

Investissement et désinvestissement

L'étape d'investissement et désinvestissement dépend directement de l'étape de calcul du solde de trésorerie.

Elle vise à vérifier que le taux de rendement des actifs (TRA) permet de couvrir le taux garanti servi aux adhérents (TMG). Cette étape peut être schématisée de la manière suivante :

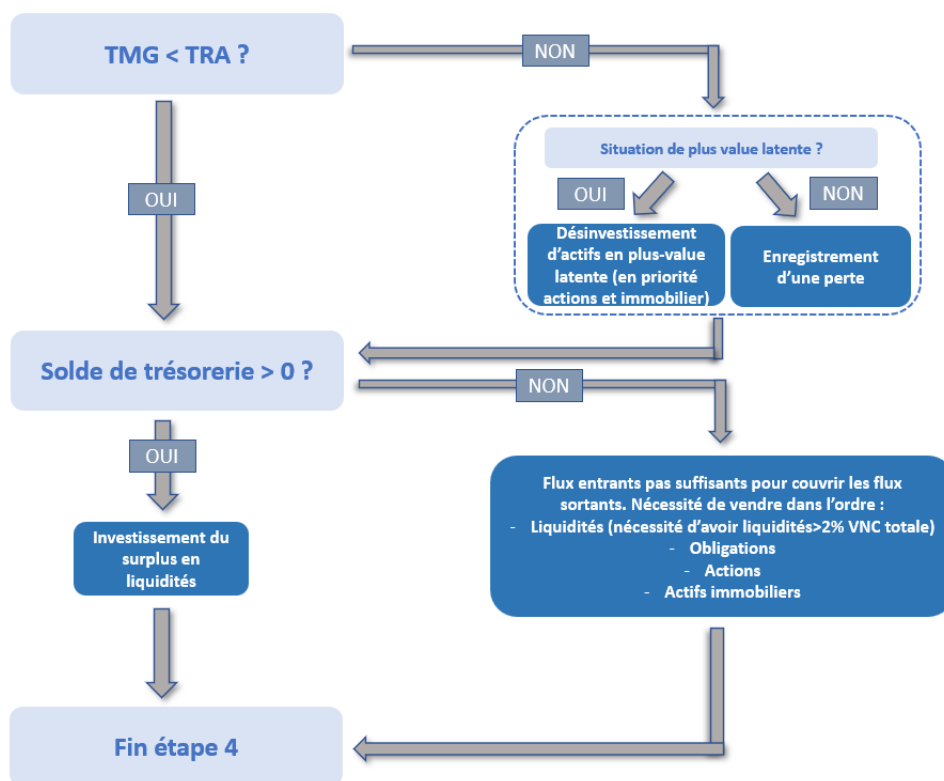


FIGURE 2.25 – Schématisation de l'étape 4 du modèle ALM.

Management Action 2

La deuxième *management action* concerne les règles d'investissement et de désinvestissement des obligations :

- Investissement : le modèle investit en priorité sur des obligations avec des taux de coupon élevés,
- Désinvestissement : le modèle désinvestit en priorité sur des obligations avec des taux de coupon faibles.

Respect de l'allocation cible

Une fois les investissements et désinvestissements réalisés, le modèle ALM implémenté vérifie que l'allocation cible est respectée. Cette allocation est supposée stable sur tout l'horizon de projection. L'allocation est ainsi celle présente dans le portefeuille actif de départ, à savoir :

- 80% d'obligations souveraines européennes AAA,
- 9% d'actions,
- 7% d'actifs immobilier,
- 4% de liquidités.

Le modèle accorde un écart de 3% (paramétrable) dans cette allocation d'actifs.

Compte de participation aux bénéfices

Le compte de participation aux bénéfices définit le montant de participation aux bénéfices à reverser aux adhérents.

La participation aux bénéfices se divise entre PB réglementaire, liée aux bénéfices réalisés par Assu'Vie au cours de l'année, et PB contractuelle, conditionnée par le TMG.

Les portefeuilles d'Assu'Vie est composé de 6 TMG différents, associés aux 6 *model points* présentés précédemment. L'ensemble des adhérents disposent d'un taux de PB de 85%.

Ainsi, la PB réglementaire est donnée par :

$$PB \text{ réglementaire} = 90\% \times \text{Bénéfice technique} + 100\% \times \text{Perte technique} \\ + 85\% \times \text{Bénéfice financier} + 0\% \times \text{Perte financière}$$

Management Action 3

La troisième *management action* concerne le versement de la PB. En effet, conformément à ce qui peut être observé sur le marché, la PB est versée de la manière suivante :

- Versement de la PB pour le *model points* ayant le taux garanti le plus bas (MP1), jusqu'à atteindre le taux garanti suivant (MP2),
- Versement de la PB équitablement entre le MP1 et le MP2, jusqu'à atteindre le taux garanti du MP3,
- Ainsi de suite jusqu'à ce que les MP1, MP2, MP3, MP4 et MP5 atteignent le taux garanti du MP6,
- Versement de la PB restante équitablement entre tous les *model points*.

De plus, la PB est versée uniquement lors de son arrivée à échéance, c'est-à-dire au bout de 8 ans.

Compte de résultat

Finalement, l'outil ALM donne en *output* le compte de résultat d'Assu'Ve à chaque pas de temps, duquel découlent le montant des fonds propres comptables ainsi que la constitution du bilan comptable.

2.3.2 Outputs du modèle ALM

Le modèle ALM permet de ressortir en *output* certains indicateurs et valeurs qui permettront de réaliser les études de sensibilités dans le Chapitre 3 du mémoire. Les *outputs* sont :

- Le *Best Estimate*,
- La PVFP (*Present Value of Future Profits*), c'est-à-dire la valeur actuelle des profits futurs,
- Le Bilan Comptable,
- Le Bilan Prudentiel,
- Les montants de SCR et de MCR et les ratios de couverture associés.

Pour rappel, le *Best Estimate* se décompose entre *Best Estimate* Garanti (lié aux engagements contractuels, c'est-à-dire le TMG) et *Future Discretionary Benefits* (lié à la participation aux bénéfices).

2.3.3 Validation du modèle ALM

Avant de débiter les études du Chapitre 3, il est nécessaire de s'assurer de la cohérence du modèle ALM implémenté. En effet il faut vérifier que les flux sont bien pris en compte et actualisés afin de garantir une cohérence sur tout l'horizon de projection. De plus, il convient de s'assurer que le nombre de scénarios générés permet de garantir des résultats comprenant une faible incertitude.

Tests de fuite

Tout d'abord, un test de fuite a été réalisé. Ce test vise à vérifier que la valeur de marché en $t = 0$ est égale à la somme de l'engagement d'Assu'Ve envers ses adhérents (*Best Estimate*) et de sa richesse future (PVFP), c'est-à-dire vérifier que le modèle n'amène pas de fuite ou de création de valeur.

Ainsi, l'écart de convergence se définit tel que :

$$\text{Ecart de convergence} = 1 - \frac{\text{Valeur de marché}_{t=0}}{PVFP + BE} \quad (2.28)$$

L'écart de convergence global sur le modèle est de $-0,06\%$. Cet écart étant faible, le test de fuite est ainsi validé.

Test de convergence

D'autre part, afin de valider le nombre de scénarios considérés au sein du modèle ALM, un test de convergence du *Best Estimate* a été réalisé. Ce test consiste à calculer l'écart relatif entre deux valorisations du *Best Estimate*.

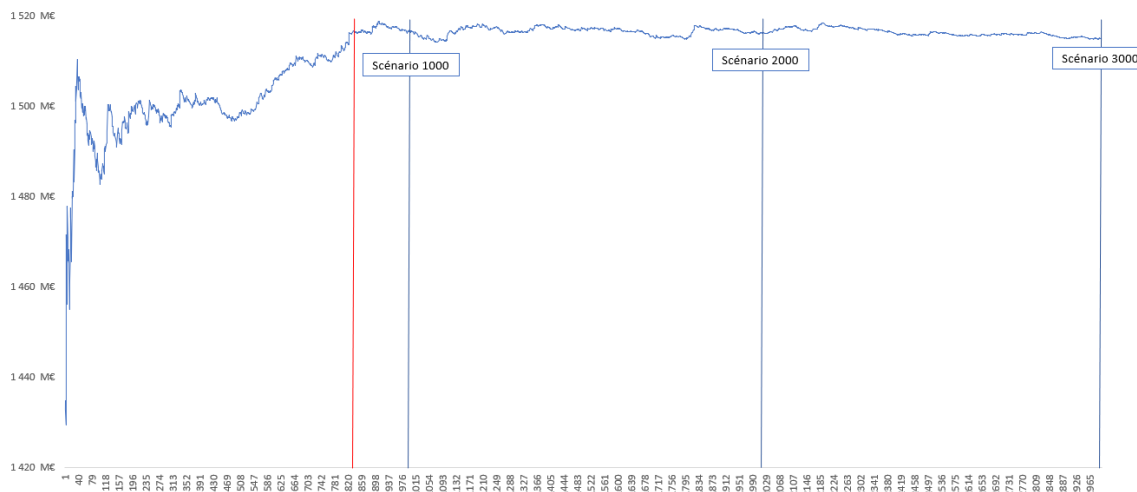


FIGURE 2.26 – Test de convergence du *Best Estimate*.

Il apparaît que les résultats commencent à se stabiliser autour de 800 scénarios (en rouge sur le graphique ci-dessus). De plus, l'écart observé entre le scénario 1000 et le scénario 3000 est de 0,01%. Ainsi, il a été décidé de considérer 1000 scénarios dans la suite du mémoire, conformément aux recommandations de l'ACPR.

Autres tests

Enfin, d'autres tests de cohérence ont été réalisés, comme la vérification que l'actif d'Assu'Vie est bien égal à son passif sur tout l'horizon de projection.

Conclusion

Les tests réalisés permettent de valider le modèle ALM utilisé au sein de ce mémoire.

Assu'Vie, le GSE et le modèle ALM étant désormais implémentés et présentés, la dernière partie du mémoire peut être appréhendée.

Chapitre 3

Indicateurs, scénarios GSE et évaluation de la solvabilité

Ce chapitre a pour objectif de présenter les différents indicateurs analysés dans la suite des études du mémoire.

Ensuite, les impacts des améliorations apportées au générateur de scénarios économiques (modèle de taux et corrélation entre actifs) seront évalués.

Finalement, l'évaluation de la situation d'Assu'Vie au 31/12/2021 sera réalisée, notamment pour servir de référence aux scénarios qui seront étudiés dans le chapitre 4.

3.1 Indicateurs de comparaison

Les différents scénarios étudiés au sein de ce chapitre seront évalués et comparés principalement au regard de trois grandeurs :

- Le ratio de couverture du SCR,
- Le *Best Estimate*,
- La *Present Value of Future Profits* (PVFP).

Ces indicateurs permettent à la fois d'assurer un suivi des risques à travers le SCR et le *Best Estimate*, mais aussi un suivi de la rentabilité grâce à la PVFP. En effet, se baser uniquement sur le ratio de solvabilité ne permet pas d'aborder toutes les notions qui intéressent un organisme d'assurance : il s'agit également d'optimiser le rapport entre rendement et risque, notamment en adoptant une stratégie adaptée.

A noter que la méthodologie de calcul du *Best Estimate* ne sera pas reprise dans cette section, puisqu'elle a été explicitée au paragraphe 1.2.3.

3.1.1 Le calcul du SCR

La méthode de calcul du ratio de couverture du SCR a été brièvement expliquée au cours du paragraphe 1.2.2. Cependant, il convient de préciser les risques auxquels Assu'Vie s'expose. En effet, de par son activité, Assu'Vie est uniquement soumise aux risques liés au SCR Marché, au SCR Vie, au SCR Contrepartie et enfin au SCR Opérationnel.

Le SCR Marché

Le module du SCR marché est décomposé en six sous-modules, qui correspondent aux risques liés aux investissements. Ces sous-modules sont caractérisés par des chocs, impliquant des besoins en capital (SCR) :

	Choc appliqué
SCR Taux	Choc le plus défavorable entre choc à la hausse (UP) et à la baisse (DOWN) Les courbes UP et DOWN sont disponibles sur le site de l'EIOPA
SCR Action	Baisse de 39% des actions type 1 (cotées) et baisse de 49% des actions type 2 (non cotées), à laquelle s'ajoute l'effet Dampener (6.88% au 31/12/2021)
SCR Immobilier	Choc de 25% sur la valeur de l'immobilier
SCR Spread	Choc sur les obligations, en fonction de la notation et de la durée du titre. Pour les obligations souveraines européennes, ce choc est nul
SCR Change	Choc sur les devises étrangères, pour mesurer la sensibilité des actifs et passifs à la variation des taux de change.
SCR Concentration	Choc déterminé selon la notation des émetteurs, permettant de mesurer le risque lié au manque de diversification de ces derniers dans les investissements réalisés

FIGURE 3.1 – Détail des sous-modules du SCR Marché.

Le montant du SCR Marché est déterminé suite à l'agrégation de l'ensemble des sous-modules présentés ci-dessus, c'est-à-dire :

$$SCR_{marché} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} \quad (3.1)$$

Où le coefficient $Corr_{i,j}$ est déterminé à l'aide de la matrice de corrélation donnée en Annexe C.

Le SCR Vie

Le SCR Vie traduit les risques liés aux engagements vis-à-vis des adhérents. Il se décompose en sept sous-modules :

	Choc appliqué
SCR Mortalité	Hausse permanente et soudaine de 15% des taux de mortalité sur l'ensemble du portefeuille
SCR Longévité	Baisse permanente et soudaine de 20% des taux de mortalité sur l'ensemble du portefeuille
SCR Invalidité/Morbidité	Evolution défavorable des taux d'entrée en incapacité/invalidité, de maintien et de consolidation
SCR Rachat	Choc le plus impactant entre : - Hausse de 50% des taux de rachats - Baisse de 50% des taux de rachats - Rachats massifs de 40%
SCR Frais	Hausse de 10% des frais, et hausse de 1% de l'inflation des frais
SCR Revalorisation	Hausse de 3% des montants d'annuités de rente
SCR Catastrophe	Hausse soudaine de 0,15% des taux de mortalité

FIGURE 3.2 – Détail des sous-modules du SCR Vie.

La formule de calcul du SCR Vie est identique à celle utilisée pour déterminer le SCR Marché. La matrice de corrélation relative au SCR Vie est également disponible en Annexe C.

Le SCR Contrepartie

Le SCR Contrepartie est rattaché au risque de perte d'une créance détenue du fait d'un défaut de la contrepartie. Il est calculé à partir d'une probabilité de défaut dépendant de la notation de l'émetteur considéré (banque ou réassureur par exemple).

L'agrégation

Une fois les montants de SCR Marché, SCR Vie et SCR Contrepartie déterminés, il est possible de calculer la valeur du BSCR (SCR de base) d'Assu'Vie, à l'aide de la matrice de corrélation du SCR¹.

A noter que les différents SCR et donc également le BSCR sont calculés à la fois dans une vision brute et une vision nette de risques pouvant être transférés à l'adhérent :

$$SCR_{brut} = \max(\Delta Actif - \Delta BEG; 0) \quad (3.2)$$

$$SCR_{net} = \max(\Delta Actif - \Delta BEG - \Delta FDB; 0) \quad (3.3)$$

Ainsi, la vision brute détermine un capital requis hors variation de FDB, tandis que la vision nette intègre directement la variation de FDB dans le capital requis.

1. Disponible en annexe C

Le SCR Opérationnel

Le SCR Opérationnel est rattaché au risque de pertes résultant de procédures internes inadaptées ou défailtantes, liées au personnel, aux systèmes ou encore à des événements extérieurs (pandémie, fraude, attentat, panne informatique, etc.). Il est calculé selon une formule forfaitaire en fonction des cotisations, des provisions et du BSCR.

L'ajustement pour absorption des pertes

L'ajustement pour absorption des pertes correspond à un effet d'atténuation des risques, pouvant provenir de la capacité d'absorption des pertes par les provisions techniques, et/ou par les impôts différés.

En effet, en période de baisse des marchés financiers, il est considéré que les organismes d'assurance ne verseront pas ou peu de PB discrétionnaire aux adhérents. Ce levier au niveau du management implique une capacité d'absorption des pertes par la FDB, calculée de la manière suivante :

$$Adj_{PT} = -\max(\min(BSCR - BSCR_{net}; FDB); 0) \quad (3.4)$$

De la même manière, en cas de baisse des marchés financiers, les impôts futurs à payer seront diminués, ce qui implique une hausse des fonds propres économiques. Cet effet est quantifié à l'aide de la formule suivante :

$$Adj_{ID} = -\min(ID_{net}; \text{Taux}_{impot} \times (BSCR_{net} + SCR_{Opérationnel} + Adj_{PT})) \quad (3.5)$$

Le ratio de solvabilité

Finalement, le montant global de SCR d'Assu'Vie est obtenu de la manière suivante :

$$SCR = BSCR + Ajustements + SCR_{Opérationnel} \quad (3.6)$$

En combinant le montant de SCR ainsi obtenu aux fonds propres économiques éligibles à la couverture du SCR (cf. Chapitre 1), cela permet de déduire le ratio de solvabilité d'Assu'Vie, c'est-à-dire :

$$\text{Ratio de couverture du SCR} = \frac{\text{Fonds propres éligibles SCR}}{SCR} \quad (3.7)$$

3.1.2 La Present Value of Future Profits (PVFP)

La PVFP se présente comme un indicateur de rentabilité pour l'organisme d'assurance. Elle correspond à la valeur actuelle des profits futurs nets d'impôts. Ainsi, plus la PVFP est élevée, plus l'organisme d'assurance est rentable dans le futur.

Pour un scénario stochastique i , la PVFP se calcule de la manière suivante :

$$PVFP_i = \sum_{h=1}^T \frac{R_h}{(1+r_h)^h} \quad (3.8)$$

Où :

- R_h est le flux de résultat net d'impôt de l'année h ,
- r_h est le taux d'actualisation pour l'année h .

Ainsi, de la même manière que pour le calcul du *Best Estimate*, la PVFP globale du portefeuille est obtenue à l'aide de la méthode de Monte-Carlo, c'est-à-dire pour n simulations :

$$PVFP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PVFP_i \quad (3.9)$$

Les indicateurs qui serviront de comparaison au long du Chapitre 3 ayant été définis, il s'agit désormais de réaliser les différentes études de sensibilité.

3.2 Impact des modifications apportées au GSE

Dans un premier temps, il s'agit d'évaluer l'impact que les améliorations réalisées sur le GSE ont sur Assu'Ve.

3.2.1 Scénarios implémentés

Pour rappel, les principales modifications apportées sont la mise en place du modèle de taux de Hull et White à un facteur ainsi que de la corrélation entre le taux, l'immobilier, et les actions. Pour étudier l'impact de ces améliorations, trois scénarios ont été définis :

- Un premier scénario correspondant à la version initiale de l'outil, c'est-à-dire avec le modèle de taux de Vasicek et sans la mise en place de la corrélation : Scénario 1,
- Un deuxième scénario mesurant l'impact de la mise en place de la corrélation, c'est-à-dire avec le modèle de taux de Vasicek et en présence d'aléas corrélés : Scénario 2,
- Un troisième scénario mesurant l'impact de la mise en place du modèle de taux, c'est-à-dire avec le modèle de taux de Hull et White mais sans corrélation : Scénario 3.

Il convient de noter que pour l'ensemble de ces scénarios, les hypothèses de départ de l'actif et du passif sont celles présentées lors du Chapitre 2.

3.2.2 Résultats observés

Les comparaisons sur les différents scénarios sont faites de façon assez globale, dans le but de quantifier et d'évaluer l'impact des améliorations sur le GSE :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Best Estimate	1 511,7 M€	1 512,9 M€	1 523,2 M€
<i>BEG</i>	1 415,0 M€	1 415,8 M€	1 432,2 M€
<i>FDB</i>	96,7 M€	97,1 M€	91,0 M€
SCR	102,5 M€	101,5 M€	109,9 M€
Fonds propres éligibles	214,3 M€	214,2 M€	213,6 M€
Ratio SCR	209%	211%	194%
PVFP	278,0 M€	276,8 M€	266,5 M€

FIGURE 3.3 – Comparaison des indicateurs dans les différents scénarios d'amélioration du GSE.

La comparaison de ces trois scénarios permet de faire plusieurs observations :

- Tout d'abord, la mise en place de la corrélation entre actifs a peu d'impacts sur Assu'Vie. En effet, les montants de *Best Estimate*, de SCR et de fonds propres sont presque stables par rapport au scénario 1. Cependant, la corrélation entre actifs amène plus de cohérence dans les scénarios générés, et ainsi plus de justesse dans le ratio de solvabilité calculé par rapport à ce qui est susceptible d'être réalisé en réalité.
- La mise en place du modèle de Hull et White est quant à elle impactante. En effet, on observe une hausse du *Best Estimate*, couplée à une légère baisse des fonds propres. De plus, le montant de SCR est en hausse, du fait d'une plus faible proportion d'ajustements.

Ces observations s'expliquent par le fait que le modèle de Hull et White mis en place réplique mieux les variations de la courbe des taux que le modèle de Vasicek qui était initialement implémenté, et est également plus volatil que ce dernier. Au global, la mise en place du modèle de Hull et White impacte le ratio de solvabilité à la baisse.

3.3 Solvabilité au 31/12/2021

Les impacts des améliorations du GSE ayant été analysés, il s'agit désormais d'étudier le scénario central d'Assu'Vie.

Le scénario central correspond à une évaluation de la solvabilité d'Assu'Vie au 31/12/2021, avec les hypothèses d'actif et de passif présentées dans le Chapitre 2, et en utilisant le générateur de scénarios économiques amélioré.

Ainsi, le scénario central se place dans un contexte de taux bas (bien qu'en légère augmentation), avec un marché action assez élevé. A cette date, l'incertitude est forte, à la fois sur les marchés, mais également au niveau de l'évolution de la courbe des taux, de l'inflation ou encore du comportement des adhérents.

Ce scénario central permet de servir de référence aux études qui seront réalisées ultérieurement.

3.3.1 Bilan prudentiel

Dans le scénario central, le bilan prudentiel d'Assu'Vie est le suivant :

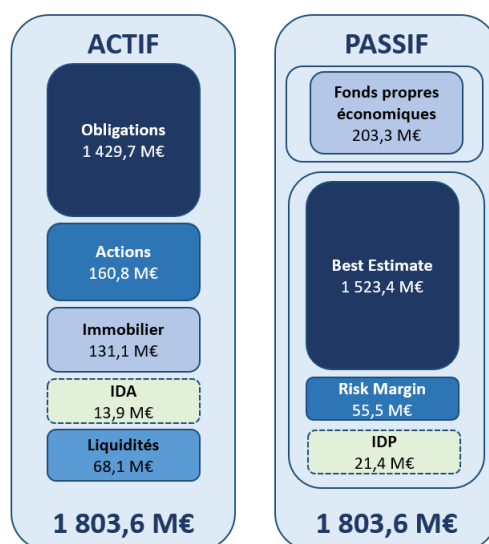


FIGURE 3.4 – Bilan prudentiel d'Assu'Vie au 31/12/2021.

Actif

Au niveau du bilan prudentiel, les actifs sont comptabilisés en valeur de marché. La valeur des actifs est donc celle présentée dans le paragraphe 2.20, c'est-à-dire 1 789,7M€.

Passif

Best Estimate

Au niveau du passif, les provisions sont estimées à leur meilleure estimation : le *Best Estimate*. Au 31/12/2021, il se décompose entre BEG et FDB dans les proportions suivantes :

	Montant	Proportion
Best Estimate	1 523,4 M€	
<i>BEG</i>	1 432,5 M€	94%
<i>FDB</i>	90,8 M€	6%

FIGURE 3.5 – *Best Estimate* d'Assu'Vie dans le scénario central.

D'après le tableau ci-dessus, le *Best Estimate* d'Assu'Vie est majoritairement composé du *BEG*, c'est-à-dire d'engagements contractuels.

Marge de risque

La marge de risque est évaluée selon la quatrième méthode de simplification de calcul², à savoir :

$$\text{Marge de Risque} = 6\% \times \text{duration modifiée} \times \frac{SCR_{MR}}{(1 + r_1)} \quad (3.10)$$

Avec :

- $\text{duration modifiée} = \frac{\sum_{i=1}^{50} Prestations_i \times i \times (1+r_i)^{-i}}{\sum_{i=1}^{50} i \times (1+r_i)^{-i}}$: la duration modifiée des engagements d'Assu'Vie,
- r_i : le taux sans risque de maturité i ,
- SCR_{MR} : la mesure de risque composée uniquement des risques de souscription et opérationnel.

Au 31/12/2021, la marge de risque d'Assu'Vie est de 55,5 M€.

Impôts différés

Les impôts différés se décomposent entre impôts différés actifs et impôts différés passifs :

- Dans le cas où le *Best Estimate* est supérieur aux provisions comptables, alors il est considéré que l'Etat doit de l'argent à l'organisme : il s'agit d'impôts différés actifs,
- A l'inverse, dans le cas où le *Best Estimate* est inférieur aux provisions comptables, alors il est considéré que l'organisme doit de l'argent à l'Etat : il s'agit d'impôts différés passifs.

Pour Assu'Vie, l'IDA est égal à 13,9 M€, tandis que l>IDP vaut 21,4 M€. Au global, cela correspond à un impôt différé net de 7,5 M€.

2. Source : [EIOPA, 2022]

Fonds propres

Les fonds propres économiques sont obtenus par différence entre l'actif et le passif économiques. A partir des fonds propres économiques, il est possible de déterminer la valeur des fonds propres économiques éligibles à la couverture du ratio de SCR.

En effet, depuis environ 2 ans, les modalités des calculs prudentiels publiées par l'ACPR³ précisent que les fonds propres éligibles se calculent en fonction de la PPB admissible. Il s'agit de la PPB totale à laquelle sont soustraits les montants de PB décidés en fin d'année, ainsi que la PPB accumulée il y a 7 ans. Par simplification et conformément à ce qui avait été proposé par l'ACPR pour la première année de calcul, cette valeur est égale à 70% du montant éligible.

Au 31/12/2021, les fonds propres éligibles à la couverture de SCR sont de 212,5 M€.

3.3.2 SCR

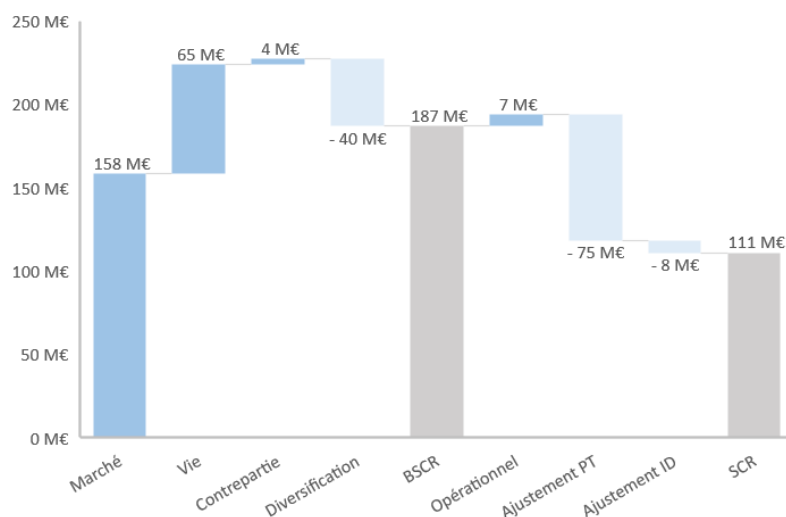


FIGURE 3.6 – Décomposition du SCR d'Assu'Vie dans le scénario central.

Au 31/12/2021, le montant de SCR d'Assu'Vie est de 111 M€, composé principalement du SCR Marché, ce qui limite l'effet de diversification entre les risques.

3. Source : [ACPR, 2019]

Le SCR Marché se décompose de la façon suivante :

	Valeur
SCR Marché	158,4 M€
SCR Taux	76,4 M€
SCR Action	77,5 M€
SCR Immobilier	32,5 M€
Diversification	28,0 M€

FIGURE 3.7 – Décomposition du SCR Marché d'Assu'Vie dans le scénario central.

Il est composé principalement du SCR Taux et SCR Action. Cela s'explique par la forte proportion d'obligations dans le portefeuille (80%) et par le choc action important, avec un effet Dampener évalué à 6,88% au 31/12/2021. De plus, le portefeuille obligataire étant uniquement composé d'obligations souveraines, le SCR Spread est par conséquent nul. Enfin, par simplification, il a été considéré que les actifs présents dans le portefeuille étaient diversifiés. Ainsi, le SCR Concentration est lui aussi nul.

D'autre part, le SCR Vie, d'un montant de 65 M€, est composé principalement des risques de rachat (39 M€) et dépenses (33 M€), auxquels viennent s'ajouter les risques de mortalité et catastrophe. Le SCR Contrepartie s'élève à 4 M€ : dans le cas d'Assu'Vie, il a été considéré que ce risque est uniquement porté par la trésorerie, placée dans 3 banques notées A.

Enfin, il apparaît que l'ajustement par les provisions techniques permet de diminuer de près de 44% le montant du BSCR. Ainsi, le taux d'utilisation de la FDB pour absorber les pertes, défini par $Taux\ utilisation\ FDB = -\frac{Adj_{PT}}{FDB}$, est de 83%.

3.3.3 Ratio de solvabilité et PVFP

Finalement, dans le scénario central, le ratio de solvabilité d'Assu'Vie est le suivant :

$$Ratio\ de\ couverture\ SCR_{central} = 192\%$$

De plus, la PVFP est évaluée à 266,4 M€, ce qui garantit une rentabilité convenable pour Assu'Vie.

A noter que seul le ratio de solvabilité du SCR est étudié au cours de ce mémoire. En effet, le ratio de solvabilité du MCR n'est pas représentatif et impactant dans le cadre des études réalisées.

Chapitre 4

Variations des taux, impacts et solutions proposées

Ce chapitre a pour but d'évaluer la solvabilité d'Assu'Vie dans divers scénarios de la courbe des taux déterminés au regard du contexte économique actuel. En effet, comme cela a été précisé au cours du Chapitre 1, après une longue période de taux d'intérêt très bas voire même négatifs, l'année 2022 est marquée par une forte remontée des taux. Ainsi les scénarios étudiés se veulent représentatifs de cette conjoncture actuelle.

Parallèlement, un questionnaire a été développé dans le cadre de ce mémoire, permettant d'avoir une certaine vision du comportement des adhérents dans différentes situations. Les tendances observées dans les réponses de ce questionnaire seront présentées et analysées tout au long du chapitre.

4.1 Scénario de baisse des taux

Au sein de cette section, le but est d'étudier la situation d'Assu'Vie dans un contexte de baisse des taux. Ensuite, des réflexions seront menées quant à la mise en place d'un produit proposant des TMG négatifs.

Pour modéliser la baisse des taux, la situation retenue est similaire à celle au 31/12/2020. Elle se caractérise par des taux négatifs à horizon 20 ans :

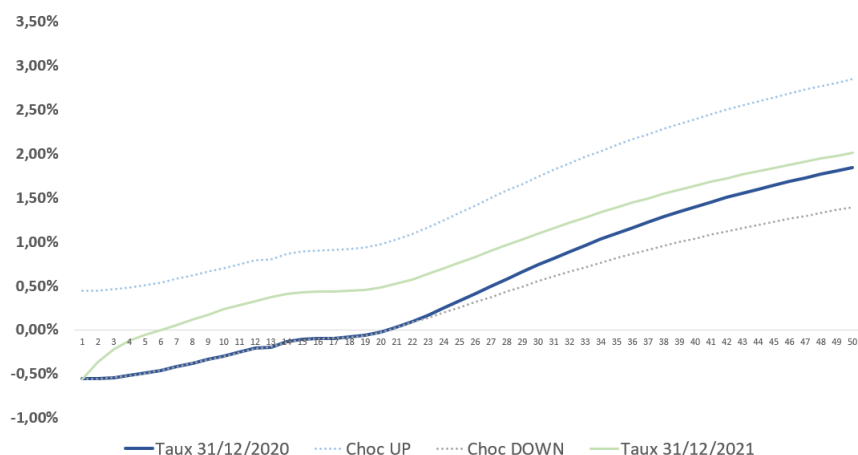


FIGURE 4.1 – Courbe des taux au 31/12/2021 et au 31/12/2020, à la hausse et à la baisse. *Source : [EIOPA, 2022].*

Cette courbe a été calibrée au sein du GSE à l'aide de la méthode de calibrage présentée au paragraphe 4.32.

4.1.1 Situation d'Assu'Ve en contexte de baisse des taux

En contexte de baisse des taux, le ratio de solvabilité d'Assu'Ve diminue fortement par rapport au scénario central :

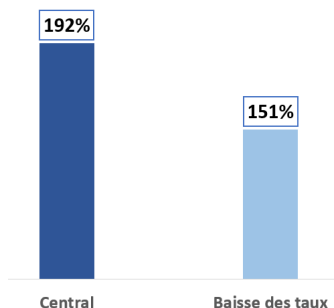


FIGURE 4.2 – Ratios de solvabilité en situation centrale et en situation de baisse des taux.

Cette baisse de la solvabilité de 41 points s'explique par plusieurs facteurs :

- Le *Best Estimate* passe de 1 523,4 M€ dans le scénario central à 1 628,2 M€ en contexte de baisse des taux. En effet, cette situation dégradée implique directement une baisse de l'effet d'actualisation, et par conséquent une hausse mécanique du *Best Estimate*. De plus, les taux servis ont tendance à être moins élevés, ce qui engendre des rachats conjoncturels, notamment sur les *model points* 1, 2 et 3,

dont les taux garantis sont plus faibles, comme il est possible de l'observer sur le graphique ci-dessous :

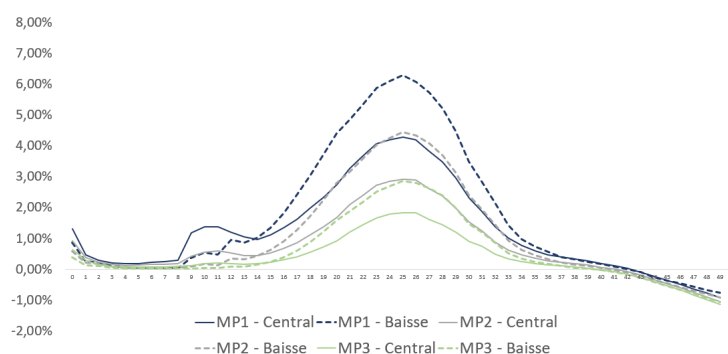


FIGURE 4.3 – Taux de rachats conjoncturels en fonction de l'année de projection pour le scénario central et le scénario de baisse des taux.

Des évolutions sont également à noter au niveau de la répartition BEG/FDB : alors que la FDB représente 6% du *Best Estimate* en vision centrale, elle ne représente plus que 4,7% en contexte de baisse des taux. Cette diminution s'explique par le fait que la baisse des taux entraîne une capacité amoindrie de revalorisation au-delà des taux garantis. Par conséquent, la part du *Best Estimate* associée à la participation aux bénéfiques futurs est elle aussi amoindrie.

- Les fonds propres économiques éligibles sont fortement impactés à la baisse du fait de la hausse du *Best Estimate* notamment : ils passent de 212,5 M€ en vision centrale à 167,1 M€ en contexte de baisse des taux, soit une diminution de 21%.
- La composition du BSCR est également fortement impactée : le SCR Marché diminue de manière assez importante en raison de la baisse du SCR Taux. En effet, lorsque les taux sont négatifs, le choc à la baisse est égal à la courbe des taux centrale. D'autre part, le SCR Vie est également en légère baisse : Assu'Vie réalisant moins de marge en contexte de taux bas, alors il est moins exposé au risque de perte de cette marge.
- Enfin, les ajustements sont également sujets à certains effets. Tout d'abord, la FDB ayant baissé du fait de taux servis proches du taux garanti, la capacité d'ajustement par les provisions techniques se trouve alors diminuée et le taux d'utilisation de la FDB passe de 83% à 77%. De la même manière, l'ajustement par les impôts différés est nul, puisque l'organisme se trouve alors en situation d'impôts différés nets actifs.
Ces effets entraînent une légère hausse du SCR global en situation de baisse des taux.

Les effets de la baisse des taux décrits sont ainsi récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Central	Baisse des taux
Best Estimate	1 523,4 M€	1 628,2 M€
<i>BEG</i>	1 432,5 M€	1 551,6 M€
<i>FDB</i>	90,8 M€	76,6 M€
BSCR	186,8 M€	161,7 M€
<i>SCR Marché</i>	158,4 M€	135,9 M€
<i>SCR Vie</i>	65,2 M€	58,2 M€
<i>SCR Contrepartie</i>	3,5 M€	3,5 M€
Opérationnel	6,9 M€	7,3 M€
Ajustement	-83,0 M€	-58,7 M€
SCR	110,7 M€	110,4 M€
Fonds propres éligibles	212,5 M€	167,1 M€
Ratio SCR	192%	151%
PVFP	266,4 M€	202,3 M€

FIGURE 4.4 – Comparaison des résultats observés entre le scénario central et le scénario de baisse des taux.

Au-delà du ratio de solvabilité, la rentabilité d'Assu'Vie se trouve impactée : la PVFP diminue et passe de 266,4 M€ en scénario central à 202,3 M€ en baisse de taux. Cette baisse est expliquée par la dégradation du résultat d'année en année.

4.1.2 Produit proposant des TMG négatifs

Pour faire face à cette situation dégradée au niveau de la solvabilité en contexte de baisse des taux, il serait préférable pour Assu'Vie de réagir en mettant en place certains leviers de solvabilité, par exemple :

- La mise en place de traités de réassurance, afin de réduire le besoin en capital,
- L'émission de titres subordonnés, pour augmenter le niveau des fonds propres éligibles à la couverture du SCR et du MCR,
- L'évolution des produits d'assurance.

Dans ce cadre, le but de la présente partie est de réaliser une étude sur une évolution des produits d'assurance, qui consiste à proposer des produits avec des TMG négatifs, et à les commercialiser en contexte de baisse des taux. En effet, depuis plusieurs années les taux n'ont cessé de chuter, et les TMG auraient dû passer en territoire négatif en novembre 2020. Cependant, un seuil a été fixé réglementairement pour ne pas que les TMG soient inférieurs à 0%.

Il paraît ainsi intéressant d'étudier les impacts de la commercialisation d'un produit proposant des TMG négatifs. Ils seront évalués au regard de la solvabilité et de la stratégie d'Assu'Vie, mais également vis-à-vis des adhérents et notamment du taux servi.

Impact sur le ratio de solvabilité

Pour modéliser ce levier et évaluer son impact, les *model points* en entrée du modèle ALM ont été revus avec des TMG négatifs pour le MP1. Ainsi, les *model points* considérés deviennent :

Model Point	TMG	Age moyen	Ancienneté moyenne	Proportion PM
1	-0,50%	45	3	22%
2	0,25%	48	5	36%
3	0,50%	51	7	20%
4	1,00%	55	9	8%
5	1,50%	58	11	8%
6	2,00%	60	13	6%

FIGURE 4.5 – *Model points* avec mise en place d'un TMG négatif.

En prenant ces *model points* et en conservant les autres hypothèses d'actif et de passif précédemment énoncées, le ratio de solvabilité en contexte de baisse des taux a été réévalué :

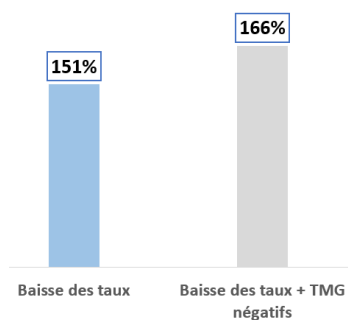


FIGURE 4.6 – Ratios de solvabilité selon les différents scénarios de baisse des taux.

La mise en place de TMG négatifs permet un gain de 15 points au niveau du ratio de solvabilité.

Pour comprendre ce gain, il convient tout d'abord d'observer le *Best Estimate* en comparaison avec le scénario de baisse des taux sans mise en place de TMG négatifs :

	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs
Best Estimate	1 628,2 M€	1 611,6 M€
BEG	1 551,6 M€	1 536,4 M€
FDB	76,6 M€	75,2 M€

FIGURE 4.7 – *Best Estimate* en contexte de baisse des taux, avec et sans mise en place de TMG négatifs.

Comme attendu, la mise en place de TMG négatifs permet à Assu'Veie de diminuer ses engagements contractuels. Cela se traduit par une diminution du BEG. D'autre part,

la FDB diminue elle aussi très légèrement, du fait notamment de la hausse des rachats conjoncturels du *model point 1*, pour lesquels l'écart entre taux servi et taux attendu est plus important. Cela est observable sur le graphique ci-dessous :

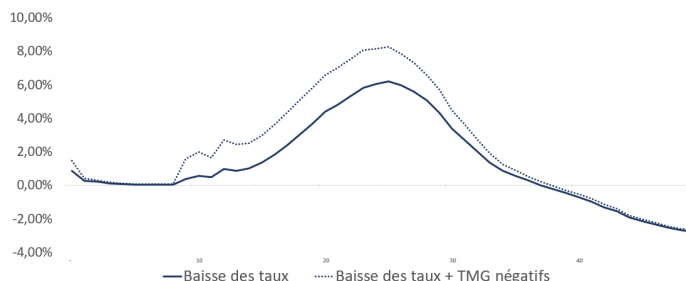


FIGURE 4.8 – Rachats conjoncturels du *model point 1* en situation de baisse des taux, avec et sans mise en place de TMG négatifs.

Au global, le *Best Estimate* est en diminution, ce qui a pour conséquence indirecte une hausse des fonds propres.

Les comparaisons globales sont les suivantes :

	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs
BSCR	161,7 M€	160,0 M€
<i>SCR Marché</i>	135,9 M€	134,5 M€
<i>SCR Vie</i>	58,2 M€	57,5 M€
<i>SCR Contrepartie</i>	3,5 M€	3,5 M€
Opérationnel	7,3 M€	7,3 M€
Ajustement	-58,7 M€	-58,4 M€
SCR	110,4 M€	108,8 M€
Fonds propres éligibles	167,1 M€	180,3 M€
Ratio SCR	151%	166%
PVFP	202,3 M€	218,9 M€

FIGURE 4.9 – Comparaison des résultats observés entre le scénario de baisse des taux avec et sans TMG négatifs.

Comme cela est visible sur ce tableau récapitulatif, la mise en place de TMG négatifs n'entraîne pas de variations notables au niveau du SCR. Les SCR Marché et SCR Vie diminuent faiblement du fait des mécanismes du passif et de la moins forte sensibilité aux chocs S2.

D'autre part, une légère amélioration du taux d'utilisation de la FDB est observable : ce taux passe de 77% en situation de baisse des taux à 78% avec la mise en place de TMG négatifs.

Enfin, la mise en place de TMG négatifs permet l'amélioration de la PVFP, qui passe de 202,3 M€ en baisse des taux à 218,9 M€ dans cette situation. En effet, toutes choses égales par ailleurs, une baisse du TMG entraîne automatiquement une hausse des profits de l'organisme d'assurance.

Finalément, la synthèse des indicateurs sur les 3 scénarios étudiés est la suivante :

	Central	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs
Best Estimate	1 523,4 M€	1 628,2 M€	1 611,6 M€
Ratio SCR	192%	151%	166%
PVFP	266,4 M€	202,3 M€	218,9 M€

Il apparaît clairement que la mise en place d'un produit d'assurance proposant des TMG négatifs semble bénéfique pour Assu'Vie. Cela lui permet à la fois de diminuer ses engagements, tout en améliorant sa solvabilité mais également sa rentabilité avec l'amélioration de la PVFP.

Cependant, dans le cas d'une commercialisation d'un tel produit en contexte de baisse des taux, il est indispensable pour Assu'Vie de s'assurer de l'aspect attractif du produit. Cela permet de ne pas détériorer sa solvabilité dans les années futures, notamment avec l'arrivée potentielle de rachats massifs dans le cas où les taux servis ne seraient pas assez élevés.

Dès lors, l'organisme d'assurance peut réfléchir à la mise en place d'une nouvelle stratégie, permettant de limiter les effets néfastes de l'introduction de TMG négatifs.

Nouvelle stratégie d'Assu'Vie

L'objectif de l'étude est de modéliser cette nouvelle stratégie d'Assu'Vie, qui passe tout d'abord par une allocation d'actifs plus dynamique, dans un but d'optimiser le rendement global du portefeuille et donc d'améliorer le taux servi aux adhérents, mais aussi par la mise en place de nouvelles *management actions*.

Allocation d'actifs plus risquée

En pratique, l'allocation d'actifs d'un organisme d'assurance est déterminée en prenant en compte le respect de l'appétence aux risques. Elle se traduit comme la limite de tolérance aux risques que l'organisme accepte pour lui permettre de poursuivre ses objectifs stratégiques. L'EIOPA n'impose pas de méthodologie réglementaire pour la calculer, et chaque organisme est plus ou moins libre dans le choix des indicateurs lui permettant de définir son appétence.

Au sein de ce mémoire, l'appétence a été fixée au ratio de solvabilité en contexte de baisse des taux sans mise en place de TMG négatifs, c'est-à-dire que le ratio obtenu après la mise en place de TMG négatifs et de la nouvelle allocation d'actifs ne doit pas être inférieur à 151%.

Pour déterminer la nouvelle allocation d'actifs d'Assu'Vie, plusieurs allocations ont été testées, notamment au regard de l'impact sur le SCR Marché, qui se présente comme la composante principale du SCR d'Assu'Vie et qui impacte fortement le ratio de solvabilité.

	Valeur
SCR Marché	134,5 M€
<i>SCR Taux</i>	46,5 M€
<i>SCR Action</i>	77,5 M€
<i>SCR Immobilier</i>	32,3 M€
<i>Diversification</i>	-21,9 M€

FIGURE 4.10 – Décomposition du SCR Marché d'Assu'Vie en contexte de baisse des taux avec mise en place de TMG négatifs.

Au vu de la décomposition du SCR Marché, il paraît compliqué pour Assu'Vie d'augmenter sa poche action : elle occupe déjà une place prépondérante et l'augmenter impliquerait une plus faible proportion de diversification. Pour ces raisons, l'allocation dynamique d'Assu'Vie consiste en un investissement sur la poche immobilier, associé à un désinvestissement de la poche obligataire, qui génère moins de rendement. L'impact de cette allocation sur le SCR Marché a été évalué :

Part immobilier	SCR Marché	Evolution SCR Marché
8%	138,5 M€	2,96%
9%	142,5 M€	5,95%
10%	146,5 M€	8,97%
11%	150,6 M€	12,02%

FIGURE 4.11 – Impact de la hausse de la poche immobilière et de la baisse de la poche obligataire sur le SCR Marché.

Après étude de l'évolution du SCR Marché selon les différentes allocations, Assu'Vie décide d'exclure les allocations à 10% et 11% : toutes choses égales par ailleurs, ces allocations induiraient un ratio de solvabilité inférieur à l'appétence.

Ainsi, après études des différentes possibilités, l'allocation risquée retenue est la suivante :

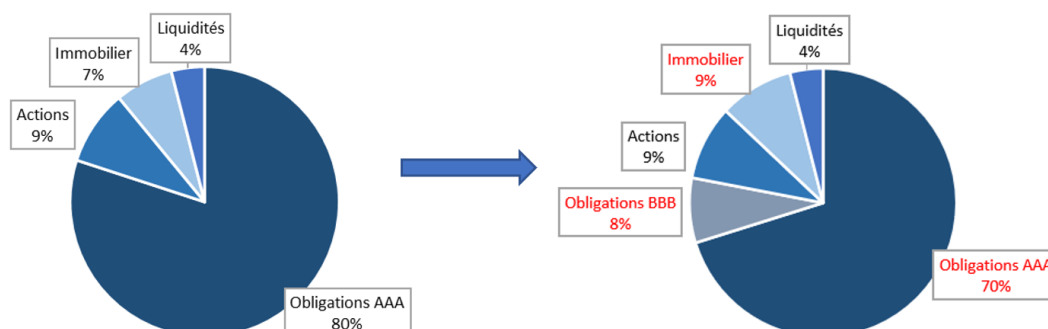


FIGURE 4.12 – Passage de l'allocation d'actifs initiale à l'allocation plus dynamique.

La nouvelle allocation d'actifs se traduit par une hausse de la part de l'immobilier qui passe de 7% à 9%, conjuguée à une baisse de la part d'obligations qui passe de 80% à 78%. D'autre part, dans une optique de hausse du rendement, 10% de la poche obligataire, soit 7,8% du portefeuille total, est investie sur des obligations souveraines européennes BBB, telles que des obligations italiennes ou espagnoles. Ces obligations n'induisent pas d'immobilisation de capital supplémentaire. Néanmoins, elles présentent un risque de crédit qui doit être modélisé au sein du GSE.

Le but du mémoire est d'étudier la viabilité et l'intérêt de la mise en place de TMG négatifs combinée à une allocation d'actifs plus dynamique.

L'allocation d'actifs définie n'est peut être pas la plus optimale au regard du couple rendement risque. En effet, en raison de contraintes opérationnelles et notamment du temps de calcul assez conséquent, il n'a pas été possible de réaliser une étude plus poussée, par exemple en utilisant la théorie de la frontière efficiente de Markowitz¹.

Avec cette nouvelle allocation d'actifs, Assu'Vie espère pouvoir servir un meilleur taux à ses adhérents, tout en maintenant un ratio de solvabilité supérieur à son appétence. Ainsi, la mise en place de TMG négatifs sera bénéfique pour Assu'Vie et pour ses adhérents. Avant de vérifier ces suppositions, il convient de préciser quelques modifications apportées à l'outil de projection risque neutre.

Intégration du risque de crédit

La stratégie d'Assu'Vie visant à investir dans des obligations souveraines européennes BBB, il a été nécessaire d'intégrer le risque de crédit au sein du GSE.

En effet, contrairement aux obligations souveraines européennes AAA, pour ce nouveau

1. Exemple d'utilisation de cette méthode dans le mémoire : [MOUKHAIBER, 2013]

type d'obligations, le risque de défaut de l'émetteur est non nul. Pour modéliser ce risque, un modèle simplifié intégrant un taux de défaut a été retenu.

Ce taux de défaut, qui permet de risque-neutraliser une obligation de spread s , est calculé pour chaque obligation BBB et s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Taux défaut}_i = e^{-s_i} \quad (4.1)$$

Où s_i est le spread déterministe de l'obligation BBB i . Le spread déterministe est calculé en début de projection, c'est-à-dire en $t = 0$, de manière à ce que pour chaque obligation BBB, l'équation suivante soit vérifiée :

$$VM_{obligation,t=0} = \sum_{i=1}^T \frac{C \times N}{(1 + f(O, i) + s)^i} + \frac{N}{(1 + f(O, T) + s)^T} = VM_{marché,t=0} \quad (4.2)$$

Par simplification, le spread ainsi calculé est supposé constant sur toute la durée de vie de l'obligation.

Le taux de défaut vient écriéter les nominaux puis les valeurs de remboursement des obligations soumises au risque de crédit à chaque pas de temps.

Il convient de préciser que les tests présentés lors du paragraphe 2.1.6 ont été réalisés à nouveau après intégration du risque de crédit, afin de s'assurer de la cohérence du modèle implémenté ainsi que du nombre de simulations réalisées.

Le modèle de crédit mis en place dans l'outil est une forme simplifiée, permettant d'obtenir une tendance dans les résultats observés et les conclusions pouvant être obtenues dans le cadre de ce mémoire.

Il convient cependant d'être conscient que ce modèle simplifié ne permet pas de prendre en compte de manière précise le risque de défaut. La mise en place d'un modèle plus développé, comme le modèle de Jarrow-Lando-Turnbull qui s'appuie sur des matrices de transition stochastique, pourrait être étudiée dans le cadre d'un futur mémoire visant à améliorer et optimiser le GSE implémenté.

Management action

Au-delà de l'allocation d'actifs plus risquée qui permet d'augmenter le rendement des actifs, Assu'Vie décide également de mettre en place une nouvelle *management action*.

En effet, les TMG négatifs permettant d'améliorer le ratio de solvabilité de manière non négligeable, alors il paraît stratégique pour Assu'Vie de mettre en place une règle de distribution de la PB avantageuse pour le *model point 1*, qui accepte plus de risque.

Management action nouvelle stratégie

La PB est désormais versée de manière avantageuse pour le *model point* 1, avec les étapes suivantes :

- Versement de la PB pour le MP1, jusqu'à atteindre le taux garanti du MP3 (0,5%),
- Versement de la PB pour le MP2, jusqu'à atteindre le taux garanti du MP3 (0,5%),
- Versement de la PB équitablement entre le MP1, le MP2 et le MP3, jusqu'à atteindre le taux garanti du MP4,
- Ainsi de suite jusqu'à ce que les MP1, MP2, MP3, MP4 et MP5 atteignent le taux garanti du MP6,
- Versement de la PB restante équitablement entre tous les *model points*.

Avec cette nouvelle règle de distribution de la PB, il est clair que le MP2 peut sembler désavantagé. Cependant, la stratégie d'Assu'Vie est de privilégier le MP1, qui lui amène de la solvabilité.

Evaluation de la situation d'Assu'Vie avec la nouvelle stratégie

Pour évaluer l'intérêt de la nouvelle stratégie au regard d'Assu'Vie, le ratio de solvabilité a été évalué :

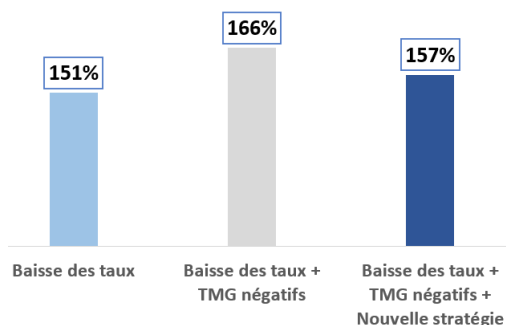


FIGURE 4.13 – Ratio de solvabilité avec la nouvelle stratégie d'Assu'Vie en comparaison avec les autres ratios en contexte de baisse des taux.

La nouvelle stratégie d'Assu'Vie entraîne une diminution de 9 points du ratio de solvabilité. L'appétence est respectée puisque le ratio obtenu avec la nouvelle stratégie est supérieur au ratio en baisse des taux sans levier. Avec la dégradation du ratio liée à l'allocation d'actif plus risquée, l'espérance de rentabilité d'Assu'Vie sera normalement augmentée. La dégradation du ratio de solvabilité se place ainsi comme un choix stratégique.

La diminution de la solvabilité s'explique par plusieurs facteurs :

	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs	Baisse des taux + TMG négatifs + Nouvelle stratégie
Best Estimate	1 628,2 M€	1 611,6 M€	1 613,7 M€
BEG	1 551,6 M€	1 536,4 M€	1 543,6 M€
FDB	76,6 M€	75,2 M€	70,1 M€

FIGURE 4.14 – *Best Estimate* en contexte de baisse des taux, selon les scénarios.

Tout d'abord, au niveau du *Best Estimate*, la mise en place de la nouvelle stratégie vient diminuer la FDB. En effet, l'intégration du risque de crédit vient diminuer d'année en année la valeur de marché des obligations, ce qui a pour effet d'augmenter la valeur des coûts des options et garanties, et donc d'augmenter la valeur du BEG, tout en diminuant la valeur de la FDB.

	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs	Baisse des taux + TMG négatifs + Nouvelle stratégie
SCR	110,4 M€	108,8 M€	115,8 M€
Fonds propres éligibles	167,1 M€	180,3 M€	181,6 M€

FIGURE 4.15 – Vision de la valeur de la "richesse" et du "risque", selon les scénarios.

La prise de risque sur les marchés financiers dans la nouvelle stratégie entraîne une hausse du SCR. Les fonds propres éligibles étant presque stables, c'est cette hausse du SCR qui vient impacter à la baisse le ratio de solvabilité.

	Baisse des taux	Baisse des taux + TMG négatifs	Baisse des taux + TMG négatifs + Nouvelle stratégie
PVFP	202,3 M€	218,9 M€	220,1 M€

FIGURE 4.16 – PVFP selon les scénarios de baisse des taux.

Enfin, l'impact de la nouvelle stratégie est également bénéfique au niveau de la rentabilité d'Assu'Vie, puisque la PVFP est en légère hausse et passe à 220,1 M€. Ainsi, cela traduit la stratégie d'Assu'Vie : dégrader légèrement son ratio de solvabilité, tout en augmentant son espérance de rendement.

Méthode de projection du ratio de solvabilité

Afin de juger de la pertinence de la stratégie d'Assu'Vie, il paraît également intéressant d'évaluer le ratio de solvabilité projeté sur 5 ans et d'observer l'évolution sur les taux servis. En effet, comparer les SCR uniquement à une date donnée ne suffit pas : il est nécessaire de s'assurer de la viabilité de la stratégie sur plusieurs années, notamment avec l'arrivée de nouvelles générations de contrats. Pour projeter le ratio, la méthode retenue est la suivante :

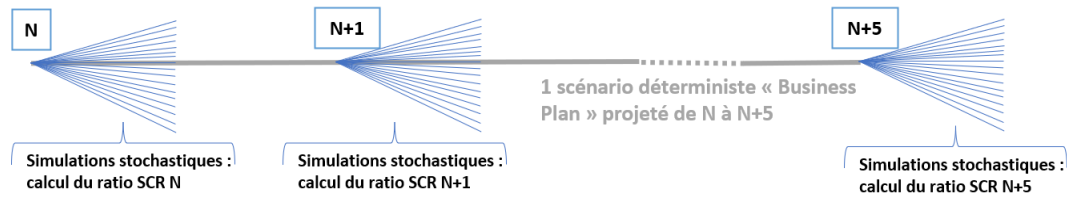


FIGURE 4.17 – Méthode de projection du ratio de solvabilité.

Comme le décrit ce schéma, un scénario déterministe (en monde réel), aussi appelé *Business Plan*, est déterminé par Assu'Vie sur les 5 prochaines années. Pour chaque année de projection, le ratio de solvabilité est évalué à l'aide de projections risque neutre, dont les hypothèses d'actif et de passif en *input* correspondent aux données évaluées selon le *Business Plan* à chaque pas de temps.

Pour déterminer le *Business Plan* sur 5 ans, il est nécessaire de prendre un certain nombre d'hypothèses, dont les principales sont décrites ci-dessous.

Hypothèses du *Business Plan*

Actions, immobilier et liquidités

Pour faire évoluer les valeurs de marché des actions et de l'immobilier d'année en année, la performance annuelle de chacune de ces classes d'actifs a été déterminée. Pour ce faire, la performance a été calculée sur la base des historiques utilisés lors de la détermination de la corrélation entre actifs, au paragraphe 2.1.5. Le rendement annuel a été mesuré à l'aide de la formule suivante, en reprenant les notations du paragraphe 2.1.5 :

$$Rendement_{action} = \left(\frac{E(31/12/2021)}{E(01/01/1992)} \right)^{\frac{365,25}{jours}} - 1 \quad (4.3)$$

$$Rendement_{immobilier} = \left(\frac{I(31/12/2021)}{I(01/01/2005)} \right)^{\frac{365,25}{jours}} - 1 \quad (4.4)$$

Avec *jours* le nombre de jours écoulés entre les deux dates permettant de calculer le rendement annuel. De cette manière, les rendements retenus dans le *Business Plan* sont :

$$\begin{aligned} \text{Rendement}_{action} &= 6,60\% \\ \text{Rendement}_{immobilier} &= 3,09\% \end{aligned}$$

A noter que le rendement des liquidités est considéré comme nul sur tout l'horizon de projection.

Obligations

Pour déterminer le taux de coupon réel des obligations et donc leur rendement chaque année, les rendements des obligations AAA et BBB souveraines européennes ont été étudiés. Selon la date d'émission de l'obligation et sa maturité, les taux de coupon des OAT 1 an, 5 ans, 10 ans ou 15 ans ont été retenus. Ainsi, les taux de coupon moyens pondérés par les nominaux retenus pour les obligations sont les suivants :

$$\begin{aligned} \text{Taux de coupon}_{Obligations AAA} &= 0,77\% \\ \text{Taux de coupon}_{Obligations BBB} &= 2,60\% \end{aligned}$$

Courbe des taux

La courbe des taux sans risque de l'EIOPA, nécessaire notamment pour calculer le ratio de solvabilité, n'est pas connue pour les années futures. Ainsi, il a été décidé de considérer la courbe des taux *forward* basée sur la courbe des taux EIOPA au 31/12/2020 avec VA comme courbe des taux projetée. Les chocs UP et DOWN ont été définis selon les coefficients de chocs donnés par l'EIOPA (avant clause de revoyure Solvabilité II²), c'est-à-dire :

- Pour le choc UP : stress relatif allant de +70% pour la maturité la plus faible à +20% pour la maturité la plus élevée, mais application d'une hausse minimum de 1 point sur la courbe pour toutes les maturités,
- Pour le choc DOWN : stress relatif allant de -75% pour la maturité la plus faible à -20% pour la maturité la plus élevée, mais pas de variation lorsque les taux sont négatifs.

2. Pour plus de précisions : [SeaBird, 2022]

Par exemple, en N+5, la courbe des taux centrale et les courbes UP et DOWN considérées sont les suivantes :

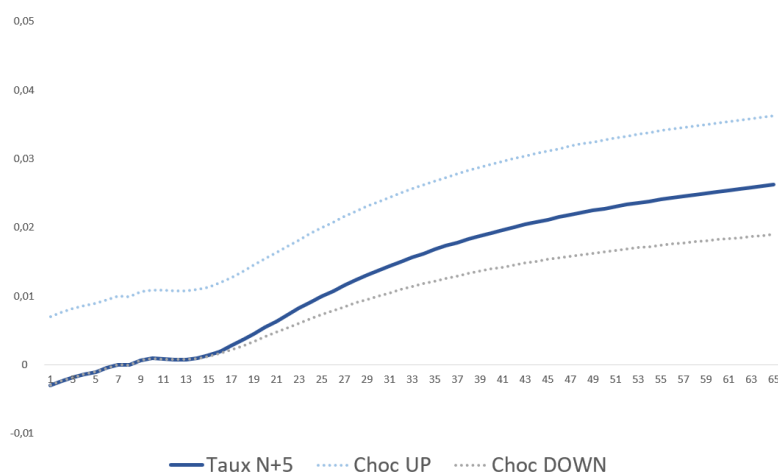


FIGURE 4.18 – Courbe des taux à N+5, à la hausse et à la baisse.

Collecte

Contrairement à l'évaluation du ratio de solvabilité qui se fait en situation de *run off*, le *Business Plan* intègre une notion de collecte chaque année. Pour déterminer le montant de la collecte annuelle d'Assu'Vie, il a été décidé de se baser sur les données réelles communiquées par France Assureurs³ (ex FFA) : en 2021, la collecte sur les fonds euros est de 92,5 milliards d'€, ce qui représente 4,93% de l'encours global.

Ainsi, la collecte est supposée égale à 5% de la PM sur l'ensemble du *Business Plan*. Par simplification, la collecte vient alimenter le *model point* 1 déjà existant, pour ne pas impacter la structure de l'outil.

Pilotage de la PB distribuée dans le *Business Plan*

Le *Business Plan* a été évalué selon deux scénarios :

- Le scénario de baisse des taux classique : scénario A,
- Le scénario de baisse des taux avec lancement d'un nouveau produit, c'est-à-dire avec la mise en place de la nouvelle stratégie d'Assu'Vie : scénario B.

Le scénario B vise à étudier la commercialisation et le lancement d'un nouveau produit. Ainsi, au-delà de déterminer des hypothèses monde réel, le *Business Plan* déterminé dans ce scénario a également pour but d'être représentatif de la réalité d'un point de vue commercial et stratégique.

3. Source : [France Assureurs, 2022a]

Dans une optique de lancement d'un nouveau produit, il est courant pour les organismes d'assurance-vie de piloter la PB distribuée dans les premières années de vie du produit, afin de rendre le produit plus attractif dès son lancement.

Dès lors, dans le *Business Plan* du scénario B, une nouvelle *management action* a été mise en place.

Management Action *Business Plan*

Pour rendre le produit attractif dès son début de vie, la *management action* mise en place consiste à verser plus de stock de PB les deux premières années.

Ainsi, la part du stock de PB versée chaque année dans le *Business Plan* est la suivante :

- 2/8 en année 1,
- 1,5/8 en année 2,
- 1/8 toutes les autres années.

Le calibrage de stock de PB versé en années 1 et 2 a été réalisé selon les contraintes suivantes :

$$\begin{cases} \text{Taux servi MP1}(1)_{\text{scénario B}} \geq \text{Taux servi MP1}(1)_{\text{scénario A}} \\ \text{Taux servi MP1}(2)_{\text{scénario B}} \geq \text{Taux servi MP1}(2)_{\text{scénario A}} \end{cases} \quad (4.5)$$

Le respect de ces contraintes permet de proposer un produit plus intéressant pour les adhérents et notamment pour le MP1 dans le scénario B que dans le scénario A, dès le début de vie du produit. Sans ces contraintes, les adhérents seraient moins enclins à se positionner sur un produit dont l'historique des premiers taux servis serait moins intéressant que sur des produits déjà existants.

A noter que la contrainte de versement de la PB au bout de 8 ans maximum est toujours respectée.

La *management action* mise en place est observée assez couramment dans les organismes d'assurance lors du lancement de nouveaux produits. Le but est d'attirer un maximum d'adhérents dès les premières années de vie du produit, par une stratégie de pilotage de la PB.

Évaluation des ratios de solvabilité projetés

La définition des hypothèses du *Business Plan* permet de projeter les ratios de solvabilité suivant la méthode présentée en figure 4.17, dans les différents scénarios de baisse des taux :

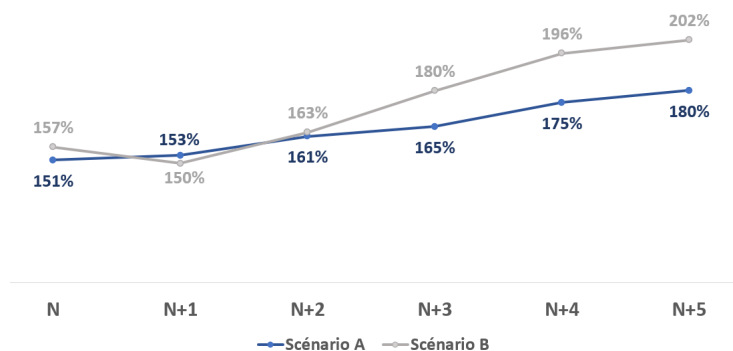


FIGURE 4.19 – Projection des ratios sur 5 ans dans le scénario A et le scénario B.

Comme cela est observable sur le graphique ci-dessus, le scénario B est bénéfique pour Assu'Vie d'un point de vue de la solvabilité. Une légère baisse de la solvabilité est à noter en année N+1 : cela traduit notamment les forts rachats sur le MP2 en raison des nouvelles règles de PB. Cependant, ces décisions de gestion permettent à Assu'Vie d'avoir un ratio de solvabilité amélioré sur l'horizon de projection.

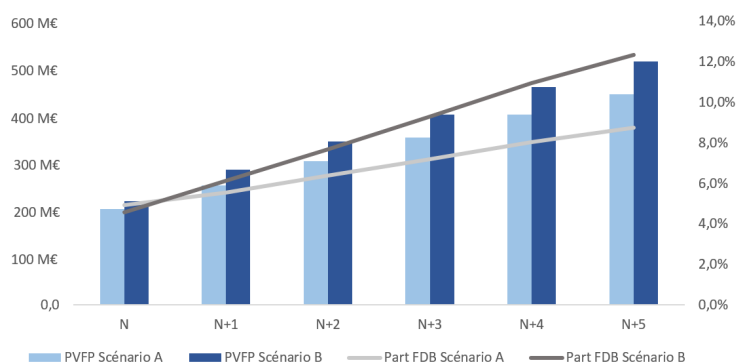


FIGURE 4.20 – Projection de la PVFP (échelle de gauche) et de la part de FDB (échelle de droite) sur 5 ans, dans le scénario A et le scénario B.

La projection de l'activité sur 5 ans permet également de comparer l'évolution de la PVFP ainsi que de la part de FDB dans le *Best Estimate*. Ainsi, la figure ci-dessus montre que le scénario B est préférable pour Assu'Vie d'un point de vue de la rentabilité, puisque la PVFP est supérieure sur tout l'horizon de projection. Cela est en adéquation avec la stratégie mise en place par Assu'Vie : en investissant sur des actifs plus risqués,

l'espérance de rendement est plus élevée, et permet d'augmenter sa rentabilité d'année en année.

D'autre part, il apparaît que la part de FDB est supérieure dans le scénario B. Cette évolution est normale puisque la collecte est uniquement sur le *model point* 1. Cela traduit la stratégie d'Assu'Vie : en proposant des TMG négatifs, elle fait porter de plus en plus de risque aux adhérents.

Ainsi, le taux moyen du portefeuille est diminué dans le scénario B, sur tout l'horizon de projection :

N		N+1		N+2		N+3		N+4		N+5	
Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B
0,51%	0,40%	0,49%	0,38%	0,47%	0,35%	0,46%	0,32%	0,44%	0,29%	0,43%	0,27%

FIGURE 4.21 – Evolution du TMG sur les 5 années de projection.

L'une de limites de la projection est l'évolution de la courbe des taux sans risque. En effet, elle augmente mécaniquement au fil des années et induit donc une amélioration de la solvabilité, même dans le scénario A. D'autre part, la mise en place de la clause de revoyure Solvabilité II aura également comme effet une baisse de la courbe des taux, ce qui impactera également la solvabilité à la baisse en comparaison avec les figures ci-dessus.

Cependant, l'étude montre que le scénario B est bénéfique pour Assu'Vie d'un point de vue de la solvabilité.

D'autre part, les effets de la stratégie d'Assu'Vie sont observables : en faisant porter de plus en plus de risque par les adhérents (hausse de la part de FDB), la rentabilité et donc l'espérance de rendement augmente.

Ainsi, la mise en place d'un produit proposant des TMG négatifs couplée à une stratégie de lancement est bénéfique pour Assu'Vie. Il convient désormais d'étudier l'impact de ces mesures pour les adhérents.

Etude des taux servis et du comportement des adhérents

L'analyse du *Business Plan* permet d'étudier la PB versée ainsi que les taux servis aux adhérents, en monde réel. En effet, en évaluation risque neutre, les taux servis ne sont pas représentatifs de la réalité : tous les actifs rapportant en moyenne le taux sans risque, alors l'impact de la nouvelle stratégie d'Assu'Vie ne serait pas ou peu visible.

Etude de la PB versée

Tout d'abord, il convient de regarder la PB versée chaque année, selon le scénario :

		N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
PB versée	Scénario A	1,9 M€	2,8 M€	3,8 M€	4,9 M€	6,2 M€
	Scénario B	3,4 M€	5,0 M€	6,0 M€	8,4 M€	10,9 M€

FIGURE 4.22 – Comparaison de la PB versée chaque année dans les scénarios A et B.

Comme attendu, la hausse de rendement de l'actif due à une allocation plus risquée dans le scénario B permet de verser plus de PB que dans le scénario A. Cependant, il est nécessaire de s'assurer que la PB supplémentaire versée dans le scénario B permette de servir des taux intéressants aux adhérents. Pour cela, une étude des taux servis est réalisée.

Étude des taux servis

Les taux servis sont étudiés à la fois sur le *model point* 1, qui est le plus concerné par l'étude, mais aussi sur le portefeuille global, afin de s'assurer que le lancement du nouveau produit est bénéfique également sur le portefeuille.

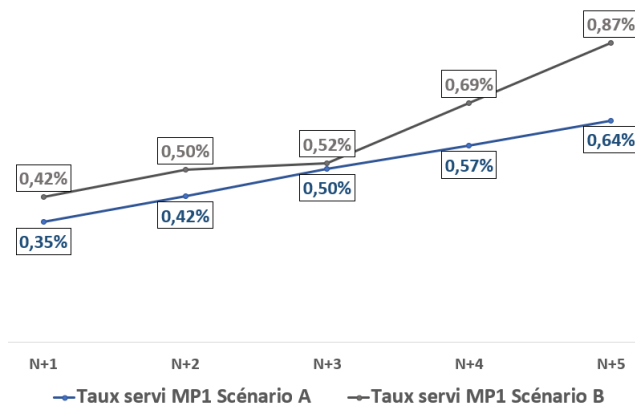


FIGURE 4.23 – Comparaison du taux servi au *model point* 1 dans les scénarios A et B.

Pour rappel, le TMG du MP1 est de 0,0% dans le scénario A, tandis qu'il est de

–0,5% dans le scénario B. Cette figure traduit l'intérêt de la mise en place de la nouvelle stratégie d'Assu'Vie dans le scénario B. En effet, grâce à la nouvelle allocation d'actifs et aux *management actions*, sur tout l'horizon de projection étudié, le taux servi au MP1 est plus important que dans le scénario A alors que le TMG est inférieur.

A noter que la stabilité du taux servi dans le scénario B entre l'année 2 et l'année 3 traduit la *management action Business Plan* présentée en page 94, dans laquelle le stock de PB écoulé en année 3 est plus faible qu'en années 1 et 2.

Le scénario B est donc clairement bénéfique pour les adhérents du *model point 1* dès le lancement du produit, compte tenu de la nouvelle stratégie retenue par Assu'Vie. Cependant, pour assurer la viabilité et l'intérêt du produit, il convient également d'observer le taux servi sur l'ensemble du portefeuille :

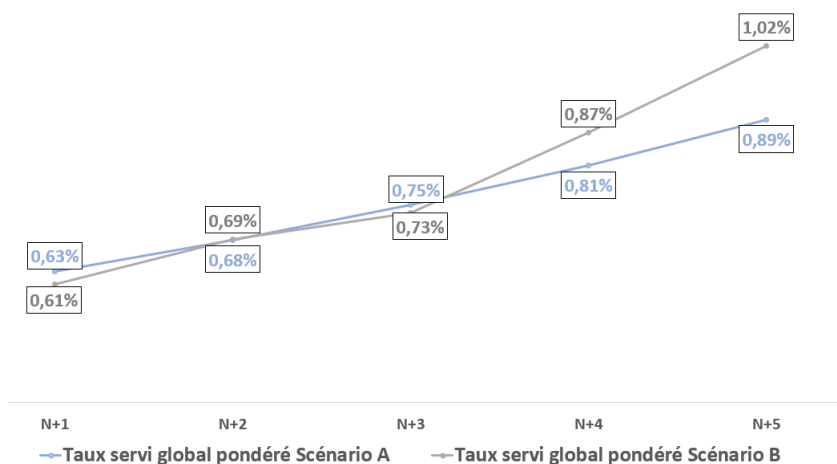


FIGURE 4.24 – Comparaison du taux global servi sur le portefeuille pondéré par les PM dans les scénarios A et B.

Sur les trois premières années, le taux servi sur le portefeuille est sensiblement égal dans les deux scénarios. Toutefois, dès l'année N+4, le scénario B se montre très bénéfique sur l'ensemble du portefeuille.

Selon une projection en monde réel à horizon 5 ans, le scénario B est bénéfique à la fois pour le *model point 1* mais également pour l'ensemble du portefeuille.

Etude des rachats conjoncturels

Pour mieux comprendre le comportement des adhérents, il paraît intéressant d'observer les taux de rachats conjoncturels dans les *Business Plan* des scénarios A et B :

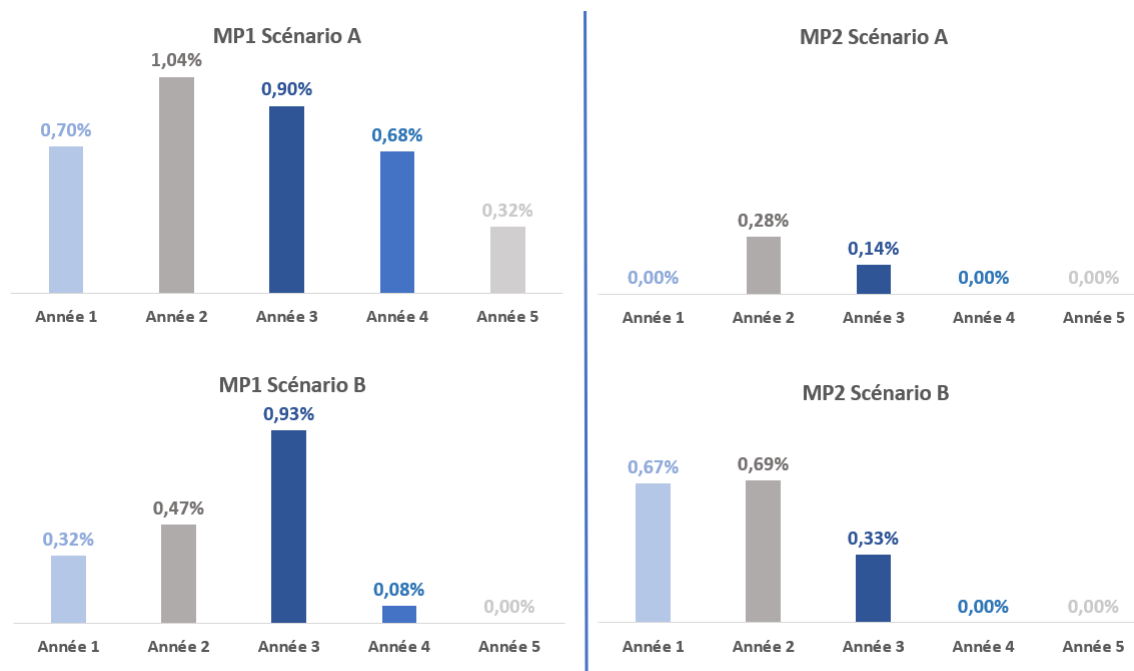


FIGURE 4.25 – Rachats conjoncturels observés sur les *model points* 1 et 2 dans les scénarios monde réel A et B, selon l'année de projection.

Cette figure traduit assez fortement la *management action* présentée en page 89, qui consiste à favoriser le MP1 au détriment du MP2 : les rachats conjoncturels du MP2 sont plus importants sur les trois premières années dans le scénario B que dans le scénario A. Toutefois, dès la troisième année les taux de rachats conjoncturels du MP2 dans le scénario B redeviennent semblables à ceux du scénario A, du fait notamment de la hausse du rendement de l'actif.

Concernant le MP1, les taux de rachats diminuent dans le scénario B : cela coïncide avec la hausse des taux servis du MP1 visible sur la figure 4.1.2.

Mise en place d'un tel produit

L'étude réalisée a montré que la mise en place de TMG négatifs permet à la fois d'augmenter la solvabilité d'Assu'Vie et de lui garantir une certaine rentabilité, tout en permettant de servir de meilleurs taux aux adhérents, d'abord pour les adhérents bénéficiant de TMG négatifs, mais également pour l'ensemble du portefeuille à horizon 4 ans

dans le cas d'Assu'Ve.

Cependant, la question de l'appétence des adhérents peut se poser. En effet, les adhérents ne sont peut être pas prêts à prendre des risques de perte, et peuvent donc préférer épargner sur un placement sûr sans risque de perte, tel que le fonds euros classique.

Pour répondre à cette interrogation et étudier la viabilité d'un produit proposant des TMG négatifs, un sondage⁴ a été réalisé dans le cadre de ce mémoire.

A la question "Ces deux produits ont un rendement moyen de 1%. Sur lequel des deux souhaitez-vous vous positionner ?", les réponses observées sont les suivantes :

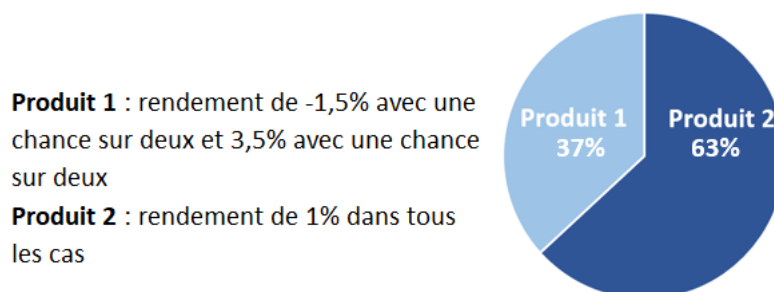


FIGURE 4.26 – Répartition des réponses sur la préférence du produit.

Les réponses obtenues montrent que plus d'un tiers des répondants seraient prêts à se positionner dès maintenant sur un produit proposant des TMG négatifs, dans l'espérance d'un rendement plus élevé. Cette proportion est non négligeable, et un marché est donc disponible.

De plus, une sensibilisation des épargnants pourrait venir augmenter cette part de marché. En effet, la culture de l'assurance-vie implique une certaine stabilité, sans prise de risque. Cependant, dans le cas où plusieurs organismes d'assurance proposeraient de tels produits, alors potentiellement une plus forte proportion d'épargnants pourrait accepter de se positionner.

4. Caractéristiques et informations complémentaires des répondants disponibles en annexe D

Conclusion

Dans un contexte de baisse des taux, la solvabilité d'Assu'Vie est affaiblie. En effet, l'organisme propose uniquement des contrats mono-support euro, où le risque est entièrement porté par Assu'Vie, contrairement aux fonds en unités de compte où le risque est transféré à l'adhérent. Dans ce cadre, les organismes d'assurance ont incité, depuis plusieurs années, leurs adhérents à privilégier les contrats en UC (cf. figure 1.15).

Dans ce mémoire, une stratégie alternative a été envisagée permettant à la fois :

- Pour l'organisme : de transférer une partie du risque aux adhérents,
- Pour les adhérents : de limiter les pertes en cas de chute des marchés financiers, contrairement aux contrats en UC.

Ainsi, l'étude réalisée a permis de montrer l'intérêt du lancement d'un produit proposant des TMG négatifs à la fois du point de vue d'Assu'Vie, mais également des adhérents.

Tout d'abord, la mise en place de TMG négatifs permet à Assu'Vie d'améliorer son ratio de solvabilité mais également sa rentabilité.

Avec ce gain de solvabilité instantané, Assu'Vie est en mesure de mettre en place une nouvelle stratégie, représentant le lancement d'un produit proposant des TMG négatifs. Cette stratégie combine à la fois :

- Une allocation d'actifs plus risquée, permettant de dégager plus de rendement,
- Des *management actions*, permettant de garantir l'attractivité du produit d'un point de vue commercial.

L'étude du ratio de solvabilité projeté sur 5 ans confirme le bénéfice du lancement du produit avec TMG négatifs pour Assu'Vie.

De plus, l'étude des taux servis avec le nouveau produit confirme également l'intérêt des adhérents pour ce type de produits, à la fois au regard des adhérents bénéficiant d'un TMG négatif, mais également pour l'ensemble du portefeuille.

Enfin, le sondage réalisé montre que dans un contexte de taux bas, un produit de ce type pourrait trouver une clientèle potentielle. Au fur et à mesure que des organismes d'assurance proposeraient ce produit, la part d'adhérents prêts à se positionner pourrait même être revue à la hausse.

4.2 Scénario de hausse des taux

Bien que les fonds euros aient été impactés pendant une longue période par des taux bas altérant leur attractivité, le début de l'année 2022 est marqué par une forte remontée des taux. Dans cette section sera étudié l'impact d'une remontée des taux sur la solvabilité d'Assu'Vie mais aussi sur le comportement des adhérents.

La courbe retenue pour modéliser la hausse des taux est la courbe au EIOPA au 30/06/2022. Elle se caractérise par des taux positifs sur toutes les maturités :

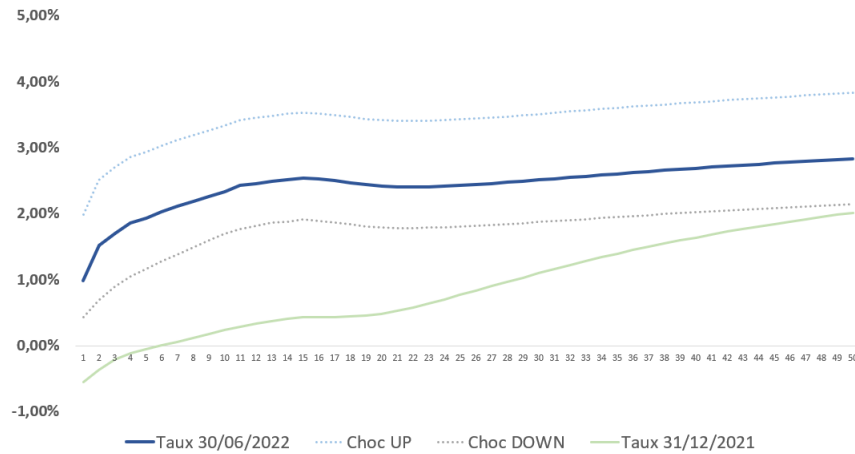


FIGURE 4.27 – Courbe des taux au 31/12/2021, et au 30/06/2022, à la hausse et à la baisse. *Source : [EIOPA, 2022].*

4.2.1 Situation d'Assu'Vie en contexte de hausse des taux

En situation de hausse des taux, le ratio de solvabilité d'Assu'Vie est en augmentation en comparaison avec le scénario central :

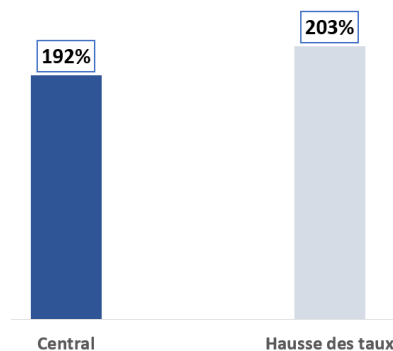


FIGURE 4.28 – Ratios de solvabilité en situation centrale et en situation de hausse des taux

Cette hausse de la solvabilité de 9 points s'explique par plusieurs facteurs.

	Central	Hausse des taux
Best Estimate	1 523,4 M€	1 453,2 M€
BEG	1 432,5 M€	1 287,9 M€
FDB	90,8 M€	165,3 M€

FIGURE 4.29 – Comparaison du *Best Estimate* en situation centrale et en situation de hausse des taux.

Tout d'abord, le *Best Estimate* est en diminution, puisqu'il passe de 1 523,4 M€ en scénario central à 1 453,2 M€. Cette diminution s'explique mécaniquement par un effet d'actualisation plus fort, du fait de la hausse de la courbe des taux. D'autre part, la FDB représente 11% du *Best Estimate* en hausse des taux, contre 6% en vision centrale. Cette augmentation est due au fait que la hausse des taux entraîne une plus grande capacité de revalorisation au-delà des taux garantis.

	Central	Hausse des taux
BSCR	186,8 M€	215,9 M€
SCR Marché	158,4 M€	184,2 M€
SCR Vie	65,2 M€	73,6 M€
SCR Contrepartie	3,5 M€	3,5 M€
Opérationnel	6,9 M€	6,5 M€
Ajustement	-83,0 M€	-104,8 M€
SCR	110,7 M€	117,7 M€
Fonds propres éligibles	212,5 M€	239,4 M€
Ratio SCR	192%	203%

FIGURE 4.30 – Comparaison des résultats observés en situation centrale et en situation de hausse des taux.

Le montant de SCR est en légère augmentation en hausse des taux, ce qui s'explique notamment par la hausse du SCR Marché et du SCR Vie. En effet, la hausse des taux entraîne une forte hausse du SCR Taux, du fait d'un choc à la baisse plus impactant. De plus, la hausse des taux entraîne une hausse de la marge réalisée : les chocs liés au SCR Vie sont mécaniquement plus importants.

D'autre part, l'ajustement est plus conséquent en hausse des taux, du fait notamment de l'augmentation de la FDB qui entraîne une hausse des risques transférables aux adhérents.

Par ailleurs, les fonds propres éligibles sont en augmentation significative, en raison notamment de la baisse du *Best Estimate*. Ces évolutions conduisent à la hausse du ratio de solvabilité de 9 points.

	Central	Hausse des taux
PVFP	266,4 M€	295,7 M€

FIGURE 4.31 – Comparaison de la PVFP en situation centrale et en situation de hausse des taux.

Enfin, la hausse des taux entraîne une hausse de la PVFP, du fait notamment de produits financiers plus importants.

Ainsi, la hausse des taux entraîne une augmentation de la solvabilité et de la rentabilité d'Assu'Vie. Cependant, alors que la hausse des taux est conséquente par rapport au scénario central, l'amélioration de la solvabilité est tout de même modérée.

Dans ce cadre, il paraît intéressant d'étudier le comportement des adhérents dans le cas d'une hausse des taux, pour mieux comprendre l'impact sur la solvabilité.

4.2.2 Etude du comportement des adhérents

Pour comprendre le comportement des adhérents, il s'agit d'étudier les taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus sur les différentes années de projection :

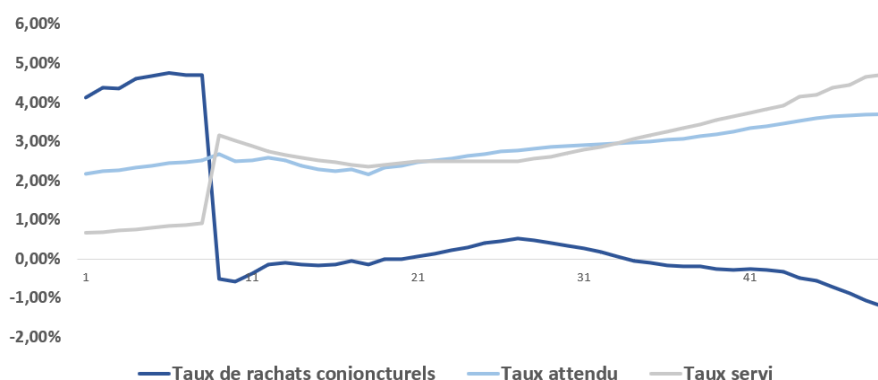


FIGURE 4.32 – Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus en situation de hausse des taux, selon l'année de projection.

Il apparaît que sur les 8 premières années, les taux de rachats conjoncturels sont très élevés. Ces rachats sont marqués surtout pour les *model points* avec un TMG faible, ce qui peut être problématique pour la solvabilité d'Assu'Vie. Cela s'explique par un taux servi faible sur l'ensemble du portefeuille, qui contraste avec le taux attendu assez élevé.

La forte baisse des rachats observée la neuvième année correspond à la redistribution de la PPB dotée lors de la première année de projection.

Ce fort écart entre taux attendu et taux servi s'explique par la politique de distribution de la PB. Ce point est développé dans le paragraphe 4.2.3.

D'un point de vue de la solvabilité et de l'évaluation en vision risque neutre, une telle vague de rachat entraîne de forts engagements contractuels pour Assu'Vie. Dans une vision monde réel, cette vague de rachats conjoncturels peut également entraîner quelques difficultés pour Assu'Vie.

En effet, pour mieux comprendre ces difficultés en vision monde réel, il est nécessaire de comprendre l'effet de cette hausse sur Assu'Vie.

Pour rappel, l'actif d'Assu'Vie est composé à 80% d'obligations (cf. paragraphe 2.20). Ces obligations sont fortement sensibles à la hausse des taux. Les effets de cette hausse portent à la fois sur les obligations en portefeuille et sur les obligations disponibles sur le marché :

- Pour les obligations déjà en portefeuille, la valeur de marché est diminuée du fait d'un effet d'actualisation plus important : les plus-values latentes diminuent, et les obligations peuvent alors se trouver en situation de moins-value latente.
- Pour les obligations disponibles sur le marché, la valeur des coupons (qui est corrélée à la courbe des taux sans risque) et donc du rendement, augmente. Ces obligations sont alors plus rentables pour les organismes d'assurance-vie.

Ces deux effets conduisent à une certaine inertie du portefeuille d'Assu'Vie. En effet, même si les obligations disponibles sur le marché offrent un meilleur rendement, il n'est pas possible pour Assu'Vie de renouveler tout son portefeuille obligataire en peu de temps. Ainsi, même en contexte de hausse des taux, le rendement réel global d'Assu'Vie n'augmente pas de manière immédiate, en raison des obligations toujours en portefeuille qui offrent un rendement plus faible.

Ainsi, en monde réel, la vague de rachat observée n'est pas souhaitable pour Assu'Vie : pour assurer une bonne adéquation entre actif et passif, cela l'oblige à diminuer la valeur de son actif. Assu'Vie se trouve alors obligé de vendre de nombreuses obligations potentiellement en situation de moins-value, ce qui induit une perte d'argent. Cette vente à perte peut entraîner un risque de faillite pour Assu'Vie.

En situation de hausse des taux, le taux attendu par les adhérents est plus élevé. Sur la figure 4.32, le taux attendu est de l'ordre de 2% sur les premières années. Cette valeur est en adéquation avec le rendement du livret A qui est de 2% depuis le 1er août 2022, et qui se place comme un bon indicateur pour les adhérents.

La vague de rachat observée conduit à une hausse très modérée de la solvabilité. Dès lors, il convient de proposer une méthode permettant de limiter cette vague de rachats conjoncturels.

4.2.3 Pilotage de la distribution de la PB

Pour faire face à cet effet néfaste de la hausse des taux, il est nécessaire pour Assu'Vie d'agir dans un but de servir un meilleur taux aux adhérents sur les premières années. Pour ce faire, Assu'Vie dispose d'un levier principal : la provision pour participation aux bénéficiaires.

En effet, cette réserve peut être pilotée par Assu'Vie. La seule contrainte réglementaire à respecter est le versement de la PB dans les 8 ans maximum suivant sa constitution.

Mise en place d'une nouvelle *management action*

Management Action

Pour limiter la vague de rachat induite par la forte remontée des taux, Assu'Vie met en place une nouvelle *management action*.

Celle-ci vise à utiliser ses réserves et à redistribuer plus de PB sur les premières années. Ainsi, la part du stock de PB versée chaque année est la suivante :

- 3/8 en année 1 et année 2,
- 2/8 en année 3 et année 4,
- 1,5/8 en année 5 et année 6,
- 1/8 sur les autres années.

Avec cette nouvelle stratégie, Assu'Vie espère pouvoir diminuer les rachats sur les *model points* avec de faibles TMG, et par conséquent améliorer sa solvabilité.

Selon certains articles⁵, la mise en place de *management actions* de ce type sera inévitable face à la hausse des taux actuelle. Il s'agit donc d'une hypothèse réaliste.

5. Source : [MoneyVox, 2022]

Impact sur le comportement des adhérents

Pour évaluer l'impact de la *management action*, il s'agit tout d'abord d'étudier le taux de rachat, le taux attendu et le taux servi sur l'horizon de projection :

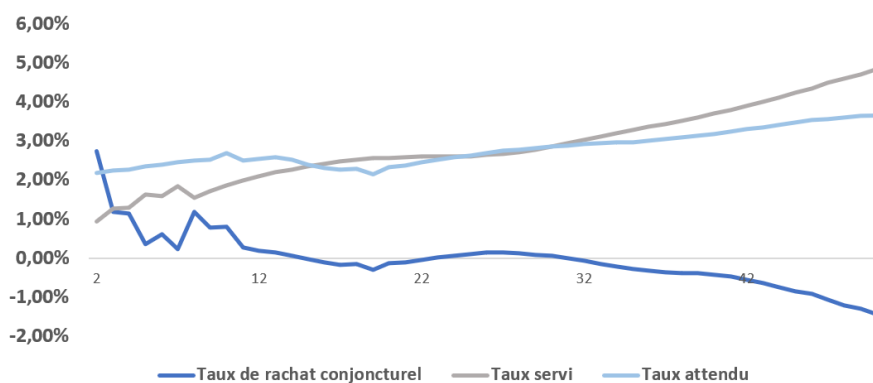


FIGURE 4.33 – Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus avec lissage de PB, selon l'année de projection.

Cette figure traduit tout l'intérêt de la *management action* mise en place : en offrant un taux servi plus proche du taux attendu dès les premières années, Assu'Vie est en mesure de limiter les rachats conjoncturels sur l'ensemble du portefeuille.

D'autre part, il paraît également intéressant d'observer l'impact de la *management action* sur la cession d'obligations sur les premières années :

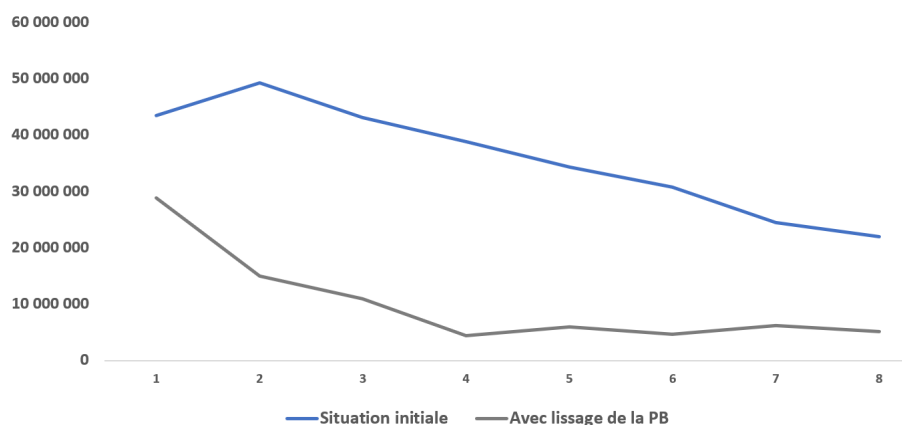


FIGURE 4.34 – Cession d'obligations sur les 8 premières années, sans et avec lissage de la PB.

Cette figure traduit l'intérêt du lissage de la PB : les cessions d'obligations sur les premières années sont fortement diminuées. Ainsi, dans une vision monde réel, les effets

de l'inertie du portefeuille sont limités, tout comme le risque de vente à perte et donc le risque de faillite pour Assu'Vie.

Il convient désormais d'évaluer cette baisse des rachats au regard de la solvabilité d'Assu'Vie.

Etude de la situation d'Assu'Vie avec la *management action*

Pour évaluer l'intérêt du lissage de la PB sur les premières années par rapport à Assu'Vie, il convient d'observer l'évolution du ratio de solvabilité :

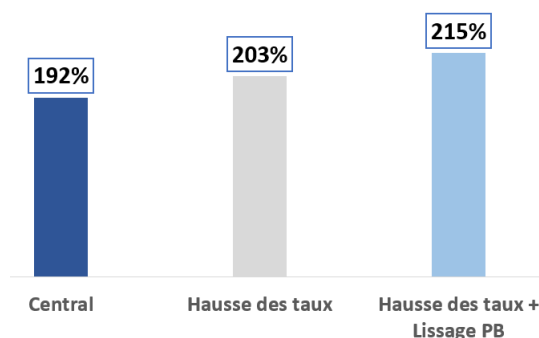


FIGURE 4.35 – Comparaison des ratios de solvabilité dans les différents scénarios.

Le lissage de la PB entraîne une hausse de 12 points du ratio de solvabilité. Ainsi, en limitant les rachats sur les premières années et en utilisant son stock de PB, Assu'Vie est en mesure de consolider sa solvabilité.

Pour comprendre cette hausse de la solvabilité, il convient tout d'abord d'évaluer les évolutions au niveau du *Best Estimate* :

	Hausse des taux	Hausse des taux + Lissage PB
Best Estimate	1 453,2 M€	1 454,3 M€
BEG	1 287,9 M€	1 257,5 M€
FDB	165,3 M€	196,9 M€

FIGURE 4.36 – *Best Estimate* en contexte de hausse des taux, sans et avec lissage de la PB.

En limitant les rachats sur les premières années, la FDB est fortement impactée, avec une hausse de 19%. De plus, le BEG est diminué : en diminuant les rachats, Assu'Vie diminue ses engagements contractuels, notamment les rachats les premières années. Au global, le *Best Estimate* reste relativement stable.

	Hausse des taux	Hausse des taux + Lissage PB
SCR	117,7 M€	110,2 M€
Fonds propres éligibles	239,4 M€	237,3 M€

FIGURE 4.37 – Vision de la "richesse" et des "risques", sans et avec lissage de la PB.

Il apparaît que la mise en place du lissage de la PB induit une légère baisse du SCR. Cette diminution provient du plus fort ajustement par les provisions techniques, en raison de la hausse de la FDB. D'autre part, les fonds propres éligibles sont en légère diminution, notamment du fait de la hausse du *Best Estimate*. Finalement, la combinaison de ces deux impacts entraîne une hausse du ratio de solvabilité.

	Hausse des taux	Hausse des taux + Lissage PB
PVFP	295,7 M€	294,5 M€

FIGURE 4.38 – Valeur de la PVFP, sans et avec lissage de la PB.

Enfin, la PVFP est relativement stable dans les deux scénarios. Elle est en très légère baisse avec lissage du fait de la hausse du *Best Estimate*, mais cette baisse n'est pas impactante pour Assu'Vie.

La *management action* de lissage de la PB semble bénéfique pour Assu'Vie : elle lui permet d'augmenter son ratio de solvabilité, tout en lui garantissant une rentabilité quasi équivalente.

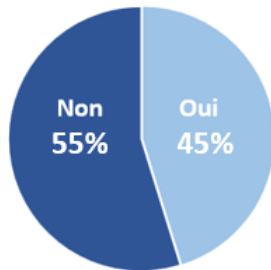
4.2.4 Réflexions sur le comportement des adhérents

Comme cela a été évoqué précédemment, le principal risque en contexte de hausse des taux est le risque d'inertie du portefeuille, couplé à des vagues de rachats ou d'arbitrages massifs.

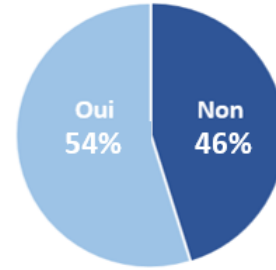
Cependant, ce risque suppose la rationalité des adhérents. En pratique, les adhérents n'ont peut-être pas les réactions qui sont attendues. Le sondage réalisé dans le cadre de ce mémoire avait pour objectif d'obtenir des pistes de réflexion quant à cette question.

Ainsi, diverses questions ont été posées :

Connaissez-vous les montants de frais appliqués à votre contrat ?



Connaissez-vous le rendement de votre contrat l'an passé ?



Etes-vous attentifs aux contrats d'assurance vie proposés par la concurrence ?

Oui, beaucoup	0%
Oui, de temps en temps	17%
Oui, lorsqu'on m'en parle	17%
Non	66%

Dans le cas où la rémunération du livret A passe à 2%, envisagez-vous de transférer votre épargne de l'assurance-vie vers le livret A ?

Oui, en totalité	2%
Oui, en partie	33%
Non	65%

FIGURE 4.39 – Réponses obtenues au sondage pour les questions relatives à la hausse des taux.

Les réponses obtenues au sein du sondage remettent en question la rationalité des adhérents. En effet, sur la population sondée, près de la moitié ne connaît pas le rendement de son contrat. De plus, plus de la moitié des répondants ne sont pas du tout attentifs aux contrats proposés par la concurrence : ils ne seront pas enclins à racheter leur contrat, même en cas de forte hausse des taux.

Une autre question posée concernait les critères déterminants dans le choix de l'assurance-vie des adhérents. Comme réponse à cette question, 46% des répondants ont sélectionné "Proposé par la banque ou assurance dans laquelle vous étiez déjà client". Cette forte proportion traduit un faible intérêt des épargnants dans le choix d'une assurance-vie optimale dans leurs besoins.

Conclusion

L'étude réalisée a permis d'évaluer l'impact d'une hausse des taux sur Assu'Vie, mais également sur le comportement des adhérents.

Ainsi, il apparaît que le risque principal en cas de hausse des taux est le risque de rachat massif sur les premières années, qui induirait alors une vente d'obligations en moins-value. Néanmoins, les organismes d'assurance-vie peuvent réagir pour limiter ces rachats, et donc améliorer leur solvabilité. Dans ce mémoire, une étude de lissage de la PB distribuée a été réalisée sur les premières années. Cette étude a montré l'intérêt d'une telle mesure, qui permet de limiter les rachats sur les premières années et donc d'améliorer la solvabilité d'Assu'Vie.

D'autre part, le sondage réalisé permet d'apporter quelques pistes de réflexion quant au comportement des adhérents, et notamment de remettre en question leur rationalité.

Enfin, il convient de rappeler que des lois ont été mises en place pour protéger les organismes d'assurance. Par exemple, la loi Sapin II permet de préserver leur stabilité financière. Cette loi autorise le HCSF (Haut Comité de Sécurité Financière) à suspendre temporairement une partie des opérations d'assurance-vie et notamment les rachats pour certains organismes d'assurance.

Conclusion

Dans un contexte économique variable, entre taux bas persistants et remontée des taux brutale, ce mémoire avait pour objectif d'évaluer les différents impacts des variations de la courbe des taux à la fois sur le bilan et la solvabilité d'un organisme d'assurance-vie mais aussi sur le comportement de ses adhérents. Dans chacune des situations étudiées, des solutions ont été proposées, permettant d'améliorer la solvabilité tout en diminuant les risques.

Pour ce faire, il a été nécessaire de recourir à un générateur de scénarios économiques ainsi qu'un outil d'*Asset and Liability Management* créés et développés en interne au sein du cabinet Actuelia dans le cadre d'un précédent mémoire. Ces outils permettent une évaluation stochastique du *Best Estimate*, tenant compte du coût des options et garanties comme les clauses de participation aux bénéfices.

Ainsi, dans un premier temps, ce mémoire a permis d'améliorer le générateur de scénarios économiques, avec la mise en place du modèle de taux de Hull et White à un facteur et de la corrélation entre actifs. Il s'agit d'étapes assez complexes nécessitant des connaissances variées à la fois sur la programmation, les modèles d'actifs et les marchés financiers. Toutefois, les différents tests réalisés (test de calibrage, test de martingalité et test sur le nombre de scénarios) ont permis de valider la version améliorée du GSE et de l'outil ALM, conformément aux recommandations de l'EIOPA. Ces outils pourront ainsi être utilisés dans le cadre de missions au sein du cabinet Actuelia.

Grâce à l'amélioration des outils, il a ensuite été possible de réaliser des études d'impacts sur Assu'Vie qui ont permis de mettre en lumière la dépendance à la courbe des taux des organismes d'assurance-vie.

Tout d'abord, il a été observé que la baisse des taux entraîne une diminution de la solvabilité et de la rentabilité d'Assu'Vie. Pour faire face à cette problématique, une évolution des contrats d'assurance-vie a été proposée : la mise en place de taux minimums garantis négatifs. Ce type de produit permettrait à la fois de transférer une part du risque aux adhérents, tout en limitant les pertes en cas de chute des marchés financiers, et intégrerait ainsi certains avantages des UC dans les fonds euros.

Dans le cas d'Assu'Vie, le gain de solvabilité observé avec ce type de produit a permis de simuler une nouvelle stratégie, combinant à la fois une nouvelle allocation d'actifs, et des *management actions* sur la distribution de la participation aux bénéficiaires. L'objectif de cette étude était de simuler une stratégie de lancement de produit viable, et bénéfique à la fois pour l'organisme d'assurance, mais aussi pour les adhérents. En effet, il paraît assez évident que la mise en place de TMG négatifs est bénéfique pour l'organisme. L'étude se concentre donc également sur la vision des adhérents et sur leur intérêt pour ce type de produits. Grâce à un scénario monde réel projeté sur 5 ans, il a été montré que les taux servis aux adhérents avec cette nouvelle stratégie sont plus élevés que dans un cas de baisse des taux classique. Cette méthodologie a permis de réaliser une étude complète, en retenant deux visions opposées, c'est-à-dire risque-neutre et monde réel, qui sont deux aspects primordiaux pour l'organisme. Par ailleurs, cette étude a permis de mettre en lumière une catégorie de population susceptible d'adhérer à ce type de contrats. Dès lors, des études plus poussées pourraient être réalisées pour déterminer jusqu'à quel niveau de risque ces adhérents seraient prêts à aller. Pourraient-ils accepter un taux à -2% voire au-delà ?

D'autre part, le contexte de hausse des taux a mis en lumière une augmentation modérée de la solvabilité. L'étude du comportement des adhérents et notamment des rachats conjoncturels a permis de montrer que la hausse des taux entraîne une forte augmentation des taux attendus par les adhérents. Notamment, le passage du livret A à 2% en août 2022 donne une référence pour les épargnants. Ainsi, un décalage entre taux servis et taux attendus sur les premières années est observé, entraînant une vague de rachats conjoncturels. Pour limiter cet effet, une *management action* de lissage de la PB distribuée a été mise en place pour limiter les rachats tout en améliorant la solvabilité. Cela s'inscrit dans les mesures qui devront potentiellement être prises par les organismes d'assurance-vie en cette fin d'année 2022. Les études réalisées ont permis de montrer que cette décision de gestion permettait effectivement de limiter les rachats conjoncturels sur les premières années, ce qui amène une hausse de la solvabilité pour Assu'Vie. Enfin, le sondage réalisé a remis en question la rationalité des adhérents, dont la majorité ne suivent pas les rendements des contrats d'assurance-vie et donc ne seraient pas forcément touchés par la vague de rachats.

Ainsi, les études réalisées ont permis de proposer des solutions viables et bénéfiques à la fois pour l'organisme d'assurance-vie mais aussi pour les adhérents.

Pour aller plus loin et poursuivre les études initiées au sein de ce mémoire, il pourrait tout d'abord être utile de développer et d'encore améliorer le générateur de scénarios économiques, notamment en réduisant le temps de calcul, et en optimisant le risque de crédit, par exemple en intégrant un modèle de crédit stochastique. Cela permettrait de perfectionner le GSE développé en interne, et d'être de plus en plus précis vis-à-vis du modèle ALM proposé par le cabinet. Ces évolutions sont déjà à l'ordre du jour au sein du cabinet Actuelia, et feront l'objet d'études internes ou de mémoires.

Par ailleurs, des études pourront être faites pour confronter les solutions proposées à des produits déjà existants sur le marché. Par exemple, un rapprochement pourrait être fait entre le produit proposant des TMG négatifs avec les fonds Euro-croissance, qui possèdent certaines similarités.

Enfin, le sondage réalisé soulève certaines questions sur la rationalité des adhérents. Il semble alors légitime de se demander si la volatilité de la solvabilité induite par l'évolution de la courbe des taux est une problématique réelle, ou bien une problématique spécifique à la modélisation du risque.

Ce mémoire a été l'occasion de comprendre la complexité des calculs prudentiels que doivent réaliser les organismes d'assurance-vie. En effet, ils nécessitent des compétences techniques actuarielles variées, accompagnées de réflexions financières et stratégiques dans un monde économique en constante mutation. Enfin, l'utilisation et l'amélioration d'un générateur de scénarios économiques développé en interne se sont présentées comme une opportunité de pouvoir aborder de nombreuses problématiques liées à la modélisation.

Annexe A

Modèle de taux

A.1 Modèle de Vasicek initialement implémenté

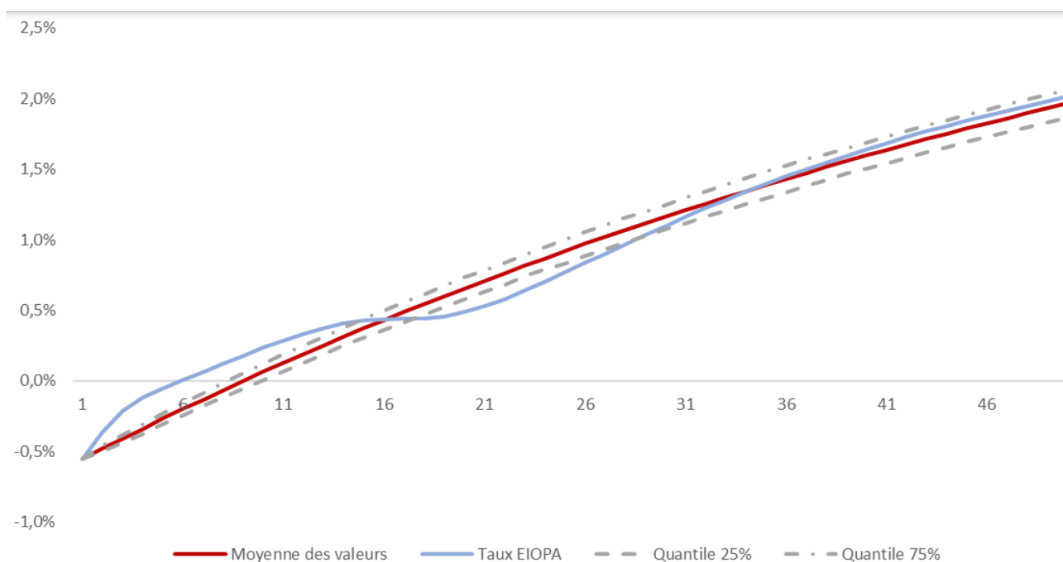


FIGURE A.1 – Modèle de Vasicek calibré dans la version initiale du GSE.

A.2 Démonstration de la normalité du taux court sous de modèle de Hull et White

En se plaçant dans un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ muni d'une filtration $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ sous la probabilité risque-neutre \mathbb{Q} , le modèle de Hull et White est défini par :

$$dr_t = (\theta_t - \kappa r_t)dt + \sigma dW_t \quad (\text{A.1})$$

En appliquant le lemme d'Itô au processus $Y_t = r_t e^{\kappa t}$ on a :

$$\begin{aligned} dY_t &= d(r_t e^{\kappa t}) = \theta(t) e^{\kappa t} dt + \sigma e^{\kappa t} dW_t \\ \Leftrightarrow r_t e^{\kappa t} - r_s e^{\kappa s} &= \int_s^t \theta(u) e^{\kappa u} du + \sigma \int_s^t e^{\kappa u} dW_u \\ \Leftrightarrow r_t &= r_s e^{-\kappa(t-s)} + \int_s^t \theta(u) e^{-\kappa(t-u)} du + \sigma \int_s^t e^{-\kappa(t-u)} dW_u \end{aligned}$$

En remplaçant $\theta(u)$ par sa valeur et en notant que :

$$\int_s^t \theta(u) e^{\kappa u} du = [e^{\kappa u} \alpha(u)]_s^t = e^{\kappa t} \alpha(t) - e^{\kappa s} \alpha(s)$$

Avec :

$$\alpha(t) = f^m(0, t) + \frac{\sigma^2}{2\kappa^2} (1 - e^{-\kappa t})^2$$

Alors on voit que :

$$r_t = r_s e^{-\kappa(t-s)} + \alpha(t) - \alpha(s) e^{-\kappa(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-\kappa(t-u)} dW_u \quad (\text{A.2})$$

A partir de l'équation (A.2), il apparaît que le taux court modélisé par le modèle de Hull et White à un facteur est gaussien, de moyenne et de variance :

$$\begin{aligned} \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}[r_t | \mathcal{F}_s] &= r_s e^{-\kappa(t-s)} + \alpha(t) - \alpha(s) e^{-\kappa(t-s)} \\ \text{Var}^{\mathbb{Q}}[r_t | \mathcal{F}_s] &= \sigma^2 \left(\frac{1 - e^{-2\kappa(t-s)}}{2\kappa} \right) \end{aligned}$$

Ainsi, l'égalité en loi suivante est obtenue :

$$\forall 0 \leq s < t, r_t = r_s e^{-\kappa(t-s)} + \alpha(t) - \alpha(s) e^{-\kappa(t-s)} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\kappa(t-s)}}{2\kappa}} Z_{\text{taux}}(s, t)$$

Où $Z_{\text{taux}}(s, t) \sim \mathcal{N}(0, 1)$.

Annexe B

Formules relatives au modèle ALM

Initialisation de l'actif et du passif

$$Fonds\ propres_{N+1} = Fonds\ propres_N + Résultat\ comptable_{N+1}$$

Où :

$$Résultat\ comptable_{N+1} = \Delta Actif - \Delta Provisions$$

Vieillessement de l'actif et du passif

Vieillessement de l'actif

$$\begin{aligned} \Delta Actif &= Flux\ entrants_{N+1} - Flux\ sortants_{N+1} \\ &= Cotisations_{N+1} + Produits\ financiers_{N+1} + \Delta PDD \\ &\quad - Prestations_{N+1} - Frais_{N+1} - Impôts_{N+1} \end{aligned}$$

Vieillessement du passif

$$\begin{aligned} PM_{N+1} &= PM_N + Intérêts\ techniques_{N+1} - Décès_{N+1} \\ &\quad - Rachats\ conjoncturels_{N+1} - Rachats\ structurels_{N+1} \\ &\quad - Chargements\ sur\ encours_{N+1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PM_{PB,N+1} &= PM_{PB,N+1} + Intérêts\ techniques_{PB,N+1} - Décès_{PB,N+1} \\ &\quad - Rachats\ conjoncturels_{PB,N+1} - Rachats\ structurels_{PB,N+1} \\ &\quad - Chargements\ sur\ encours_{PB,N+1} + PB\ versée_{PB,N+1} \end{aligned}$$

Calcul du solde de trésorerie

$$\begin{aligned} \text{Solde de trésorerie}_{N+1} &= \text{Flux entrants}_{N+1} - \text{Flux sortants}_{N+1} \\ &= \text{Produits financiers}_{N+1} - \text{Prestations}_{N+1} - \text{Frais}_{N+1} \end{aligned}$$

Compte de participation aux bénéfices

$$\begin{aligned} PB_{min} &= 85\% \times \text{Résultat financier} \\ &\quad + 90\% \times \text{Bénéfice technique} \\ &\quad + 100\% \times \text{Perte technique} \end{aligned}$$

Avec :

$$\text{Résultat financier}_t = TRA_t \times (PM_t + PPB_t)$$

Où TRA_t est le taux de rendement des actifs.

Et :

$$\begin{aligned} \text{Résultat technique} &= \text{Frais prélevés}_t - \text{Frais réels}_t \\ &= \text{Chargements sur encours}_t - \text{Frais de gestion de sinistres}_t \\ &\quad - \text{Frais administration}_t \end{aligned}$$

Compte de résultat

$$\begin{aligned} \text{Résultat de l'exercice} &= \text{Coupons} + \text{Rendement liquidité} \\ &\quad + \text{Dividendes} + \text{Loyers} + \text{Chargements sur encours} \\ &\quad - \text{Prestations} - \text{Frais} - \text{Variation de provisions} \\ &\quad - \text{Intérêts techniques} - PB - \text{Impôts} \end{aligned}$$

Annexe C

Matrices de corrélation de la formule standard

Corrélation	Mortalité	Longévité	Invalidité	Rachat	Dépenses	Révision	Catastrophe
Mortalité	100%	-25%	25%	0%	25%	0%	25%
Longévité	-25%	100%	0%	25%	25%	25%	0%
Invalidité	25%	0%	100%	0%	50%	0%	25%
Rachat	0%	25%	0%	100%	50%	0%	25%
Dépenses	25%	25%	50%	50%	100%	50%	25%
Révision	0%	25%	0%	0%	50%	100%	0%
Catastrophe	25%	0%	25%	25%	25%	0%	100%

FIGURE C.1 – Matrice de corrélation du SCR Vie.

Corrélation	Taux	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration
Taux	100%	50%	50%	50%	25%	0%
Action	50%	100%	75%	75%	25%	0%
Immobilier	50%	75%	100%	50%	25%	0%
Spread	50%	75%	50%	100%	25%	0%
Change	25%	25%	25%	25%	100%	0%
Concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%

FIGURE C.2 – Matrice de corrélation du SCR Marché.

Corrélation	Vie	NonVie	Santé	Marché	Contrepartie
Vie	100%	0%	25%	25%	25%
NonVie	0%	100%	0%	25%	50%
Santé	25%	0%	100%	25%	25%
Marché	25%	25%	25%	100%	25%
Contrepartie	25%	50%	25%	25%	100%

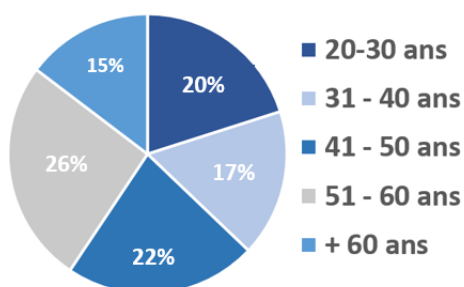
FIGURE C.3 – Matrice de corrélation du SCR.

Annexe D

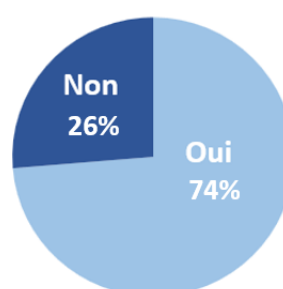
Sondage réalisé

Dans le cadre de ce mémoire, un sondage a été réalisé. Le nombre de répondants étant assez faible (152), il n'est pas possible d'affirmer que ce sondage est représentatif de l'ensemble des épargnants et adhérents. Néanmoins, il se veut de donner quelques pistes de réflexion. Ci-dessous sont exposées les principales caractéristiques des répondants :

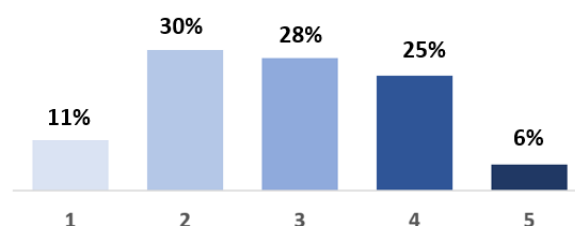
Quel âge avez-vous ?



Etes-vous titulaire d'une assurance-vie épargne ?



Sur une échelle de 1 à 5, quelle est votre connaissance de l'assurance-vie ?



Ainsi, il apparaît que la majorité des répondants sont titulaires d'un contrat d'assurance-vie épargne, et ont une certaine connaissance sur ce sujet.

Table des figures

1	Test de calibrage du modèle HW1F sur la courbe des taux sans risque EIOPA	vi
2	<i>Model Points</i> issus de la base de données d'Assu'Vie.	vii
3	Indicateurs dans le scénario central.	vii
4	Comparaison des indicateurs dans le scénario central et en baisse des taux.	vii
5	Projection des ratios sur 5 ans dans le scénario A et le scénario B.	viii
6	Taux servis en monde réel dans le scénario A et le scénario B.	ix
7	Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus en situation de hausse des taux, selon l'année de projection.	ix
8	Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus avec lissage de PB, selon l'année de projection.	x
9	Calibration test of the HW1F model on the EIOPA risk-free rate curve.	xiv
10	<i>Model Points</i> from Assu'Vie's database.	xv
11	Indicators in the central scenario.	xv
12	Comparison of indicators in the central scenario and in the falling rates situation.	xv
13	Projection of ratios over 5 years in scenario A and scenario B.	xvi
14	Real-world served rates in scenario A and scenario B.	xvii
15	Cyclical redemption rates, served rates and expected rates in a rising rate situation, depending on the projection year.	xvii
16	Cyclical redemption rates, served rates and expected rates in a rising rate situation with steering of profit sharing, depending on the projection year.	xviii
1.1	Historique de la collecte nette en assurance-vie. <i>Source</i> : [ACPR, 2022]	4
1.2	Fiscalité de l'assurance-vie en cas de rachat.	5
1.3	Les 3 piliers de Solvabilité II	13
1.4	Passage du bilan comptable au bilan économique	14
1.5	Éligibilité des fonds propres pour la couverture du SCR et du MCR	15
1.6	Risques pris en compte dans la formule standard	16
1.7	Approche déterministe VS approche stochastique	19
1.8	Structure et fonctionnement d'un modèle ALM	21
1.9	Taux de refinancement de la BCE, vision au 31/12/2021. <i>Source</i> : [Euribor Rates, 2022]	25
1.10	Taux OAT 10 ans jusqu'au 31/12/2021. <i>Source</i> : [Banque de France, 2021]	26

1.11	Historique de la courbe des taux sans risque EIOPA. <i>Source : [EIOPA, 2022]</i>	26
1.12	Taux OAT 10 ans jusqu'au 19/05/2022. <i>Source : [Banque de France, 2021]</i>	27
1.13	Courbe des taux EIOPA jusqu'au 30/04/2022. <i>Source : [EIOPA, 2022]</i>	28
1.14	Historique de rendement des fonds euros. <i>Source : [France Assureurs (Toutsurmesfinances.com), 2022]</i>	29
1.15	Part d'UC dans la collecte brute. <i>Source : [ACPR, 2022]</i>	29
2.1	Schématisation des cash-flows d'un obligation zéro-coupon de nominal N.	33
2.2	Schématisation du taux forward.	34
2.3	Volatilités log-normales des swaptions du marché au 31/12/2021. <i>Source : Bloomberg</i>	37
2.4	Paramètres du modèle HW1F après calibration.	39
2.5	Test de calibrage du modèle HW1F sur la courbe des taux sans risques EIOPA	40
2.6	Test de martingalité pour les actifs immobiliers.	42
2.7	Test de martingalité pour les actions.	43
2.8	Comparaison des densités des aléas générés avec la densité de la loi normale (0,1).	49
2.9	Résultats du test de Kolmogorov-Smirnov.	50
2.10	Comparaison des QQ-plot	50
2.11	Historique des taux techniques appliqués depuis 2006. <i>Source : [Spac Actuaires, 2022]</i>	53
2.12	Statistiques du portefeuille d'Assu'Vie au 31/12/2021.	53
2.13	<i>Model Points</i> issus de la base de données d'Assu'Vie.	54
2.14	Hypothèses de frais appliqués par Assu'Vie.	54
2.15	Inflation annuelle au 31/12/2021. <i>Source : [INSEE, 2021]</i>	54
2.16	Taux de rachats structurels appliqués par <i>model points</i> , selon l'ancienneté.	55
2.17	Taux de rachats conjoncturels par <i>model points</i> , selon l'écart <i>Taux.servi</i> – <i>Taux.attendu</i> .	57
2.18	Composition du passif d'Assu'Vie.	58
2.19	Composition moyenne des fonds en euros classiques à fin 2020. <i>Source : [Good Value For Money, 2021]</i>	59
2.20	Répartition de l'actif d'Assu'Vie	59
2.21	Composition initiale du portefeuille d'Assu'Vie	60
2.22	Répartition de la valeur comptable des obligations au 31/12/2021.	60
2.23	Bilan comptable d'Assu'Vie au 31/12/2021.	61
2.24	Grandes étapes du modèle ALM utilisé dans le mémoire.	62
2.25	Schématisation de l'étape 4 du modèle ALM.	64
2.26	Test de convergence du <i>Best Estimate</i> .	67
3.1	Détail des sous-modules du SCR Marché.	70
3.2	Détail des sous-modules du SCR Vie.	71
3.3	Comparaison des indicateurs dans les différents scénarios d'amélioration du GSE.	74

3.4	Bilan prudentiel d'Assu'Vie au 31/12/2021.	75
3.5	<i>Best Estimate</i> d'Assu'Vie dans le scénario central.	76
3.6	Décomposition du SCR d'Assu'Vie dans le scénario central.	77
3.7	Décomposition du SCR Marché d'Assu'Vie dans le scénario central.	78
4.1	Courbe des taux au 31/12/2021 et au 31/12/2020, à la hausse et à la baisse. <i>Source : [EIOPA, 2022]</i>	80
4.2	Ratios de solvabilité en situation centrale et en situation de baisse des taux.	80
4.3	Taux de rachats conjoncturels en fonction de l'année de projection pour le scénario central et le scénario de baisse des taux.	81
4.4	Comparaison des résultats observés entre le scénario central et le scénario de baisse des taux.	82
4.5	<i>Model points</i> avec mise en place d'un TMG négatif.	83
4.6	Ratios de solvabilité selon les différents scénarios de baisse des taux.	83
4.7	<i>Best Estimate</i> en contexte de baisse des taux, avec et sans mise en place de TMG négatifs.	83
4.8	Rachats conjoncturels du <i>model point</i> 1 en situation de baisse des taux, avec et sans mise en place de TMG négatifs.	84
4.9	Comparaison des résultats observés entre le scénario de baisse des taux avec et sans TMG négatifs.	84
4.10	Décomposition du SCR Marché d'Assu'Vie en contexte de baisse des taux avec mise en place de TMG négatifs.	86
4.11	Impact de la hausse de la poche immobilière et de la baisse de la poche obligataire sur le SCR Marché.	86
4.12	Passage de l'allocation d'actifs initiale à l'allocation plus dynamique.	87
4.13	Ratio de solvabilité avec la nouvelle stratégie d'Assu'Vie en comparaison avec les autres ratios en contexte de baisse des taux.	89
4.14	<i>Best Estimate</i> en contexte de baisse des taux, selon les scénarios.	90
4.15	Vision de la valeur de la "richesse" et du "risque", selon les scénarios.	90
4.16	PVFP selon les scénarios de baisse des taux.	90
4.17	Méthode de projection du ratio de solvabilité.	91
4.18	Courbe des taux à N+5, à la hausse et à la baisse.	93
4.19	Projection des ratios sur 5 ans dans le scénario A et le scénario B.	95
4.20	Projection de la PVFP (échelle de gauche) et de la part de FDB (échelle de droite) sur 5 ans, dans le scénario A et le scénario B.	95
4.21	Evolution du TMG sur les 5 années de projection.	96
4.22	Comparaison de la PB versée chaque année dans les scénarios A et B.	97
4.23	Comparaison du taux servi au <i>model point</i> 1 dans les scénarios A et B.	97
4.24	Comparaison du taux global servi sur le portefeuille pondéré par les PM dans les scénarios A et B.	98
4.25	Rachats conjoncturels observés sur les <i>model points</i> 1 et 2 dans les scénarios monde réel A et B, selon l'année de projection.	99
4.26	Répartition des réponses sur la préférence du produit.	100

4.27	Courbe des taux au 31/12/2021, et au 30/06/2022, à la hausse et à la baisse. <i>Source : [EIOPA, 2022].</i>	102
4.28	Ratios de solvabilité en situation centrale et en situation de hausse des taux	102
4.29	Comparaison du <i>Best Estimate</i> en situation centrale et en situation de hausse des taux.	103
4.30	Comparaison des résultats observés en situation centrale et en situation de hausse des taux.	103
4.31	Comparaison de la PVFP en situation centrale et en situation de hausse des taux.	104
4.32	Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus en situation de hausse des taux, selon l'année de projection.	104
4.33	Taux de rachats conjoncturels, taux servis et taux attendus avec lissage de PB, selon l'année de projection.	107
4.34	Cession d'obligations sur les 8 premières années, sans et avec lissage de la PB.	107
4.35	Comparaison des ratios de solvabilité dans les différents scénarios.	108
4.36	<i>Best Estimate</i> en contexte de hausse des taux, sans et avec lissage de la PB.	108
4.37	Vision de la "richesse" et des "risques", sans et avec lissage de la PB.	109
4.38	Valeur de la PVFP, sans et avec lissage de la PB.	109
4.39	Réponses obtenues au sondage pour les questions relatives à la hausse des taux.	110
A.1	Modèle de Vasicek calibré dans la version initiale du GSE.	117
C.1	Matrice de corrélation du SCR Vie.	121
C.2	Matrice de corrélation du SCR Marché.	121
C.3	Matrice de corrélation du SCR.	122

Bibliographie

- [ACPR, 2019] ACPR (2019). *Modalités des calculs prudentiels*.
- [ACPR, 2022] ACPR (2022). *Le marché de l'assurance-vie en 2021*. Etude ACPR.
- [Actuelia, 2021] ACTUELIA, C. (2021). *Formation Pilier 1*. Formation.
- [Banque de France, 2021] BANQUE DE FRANCE (2021). *Taux OAT 10 ans*.
- [Bennouna, 2022] BENNOUNA, M. (2022). *Cours Générateurs de Scénarios Economiques*. Cours Master 2 EURIA.
- [Boccarda, 2021] BOCCARA, J. (2021). *Pilotage du ratio de couverture dans un contexte de taux bas*. Mémoire d'actuariat.
- [Detroulleau et Mouret, 2013] DETROULLEAU, S. et MOURET, S. (2013). *Modèle ALM : Apport de la Logique Floue dans la modélisation des comportements*. Mémoire d'actuariat.
- [Eddasser, 2017] EDDASSER, M. (2017). *Quels leviers pour la solvabilité des compagnies d'Assurance Vie en période de taux bas*. Mémoire d'actuariat.
- [EIOPA, 2022] EIOPA (2022). *Orientations sur la valorisation des provisions techniques*.
- [EIOPA, 2022] EIOPA (2022). *Courbe des taux sans risque*.
- [Ek, 2016] EK, O.-D. (2016). *Prise en compte du coût du SCR dans une étude ALM de choix d'allocation d'actifs optimale*. Mémoire d'actuariat.
- [Euribor Rates, 2022] EURIBOR RATES (2022). *Taux de la BCE, Taux refi*.
- [Eurostat, 2021] EUROSTAT (2021). *Indice immobilier*.
- [Eurostat, 2022] EUROSTAT (2022). *Inflation*.
- [France Assureurs, 2022a] FRANCE ASSUREURS (2022a). *2021, une année record pour l'assurance-vie*. Communiqué de presse.
- [France Assureurs, 2022b] FRANCE ASSUREURS (2022b). *L'assurance-vie confirme sa dynamique en janvier 2022*. Communiqué de presse.
- [France Assureurs (Toutsurmesfinances.com), 2022] France Assureurs (Toutsurmesfinances.com) (2022). *Assurance vie : historique des rendements des fonds en euros depuis 2000*.
- [Gerber, 2010] GERBER, G. (2010). *Allocation d'actifs sous Solvabilité 2 : cas de l'assurance vie épargne*. Mémoire d'actuariat.

- [Good Value For Money, 2021] *Good Value For Money* (2021). *Composition moyenne des fonds en euros classiques à fin 2020*.
- [Hamon, 2021] HAMON, F. (2021). *Gestion des risques financiers - La gestion du risque de taux*. Cours Master 1 EURIA.
- [INSEE, 2021] INSEE (2021). *Taux d'inflation*.
- [Institut des Actuaire, 2018] INSTITUT DES ACTUAIRES (2018). *Les Générateurs de scénarios économiques*. Document d'Orientation.
- [Kerhaignon, 2021] KERHAIGNON, V. (2021). *Comptabilité, fiscalité et obligations déclaratives des sociétés d'assurance*. Cours Master 2 EURIA.
- [Laurent, 2022] LAURENT, E. (2022). *Optimisation du ratio de solvabilité dans un contexte de taux bas*. Mémoire d'actuariat, à paraître.
- [Lefumat, 2021] LEFUMAT, C. (2021). *Asset Liability Management*. Cours Master 2 EURIA.
- [Masson, 2021] MASSON, M. (2021). *Leviers sur la solvabilité en assurance vie dans un contexte de taux bas*. Mémoire d'actuariat.
- [MoneyVox, 2022] MONEYVOX (2022). *Assurance vie : le rendements moyen des fonds en euros peut atteindre 2% en 2022*.
- [Montagne, 2017] MONTAGNE, P. (2017). *Les fonds euros, enjeux et perspectives pour les assureurs et pour les épargnants*. Mémoire d'actuariat.
- [MOUKHAIBER, 2013] MOUKHAIBER, M. (2013). *Gestion Actif-Passif pour un portefeuille de produits d'épargne : Application par immunisation et par allocation d'actifs*. Mémoire d'Actuariat.
- [Piaser, 2021] PIASER, P. (2021). *Gestion des risques en assurance : généralités & contexte réglementaire*. Cours Master 2 EURIA.
- [Planchet et Armel, 2022] PLANCHET, F. et ARMEL, K. (2022). *Construire un générateur de scénarios économiques risque neutre*. Article de recherche.
- [SeaBird, 2022] SEABIRD (2022). *Révision de solvabilité 2 : à quoi faut-il se préparer ?*.
- [Spac Actuaire, 2022] SPAC ACTUAIRES (2022). *Historique du taux technique*.
- [Thiéblin, 2020] THIÉBLIN, Q. (2020). *Impact du contexte de taux bas prolongé sur la solvabilité d'une assurance vie*. Mémoire d'actuariat.
- [Tichit, 2019] TICHIT, D. (2019). *Construction d'un modèle ALM pour l'analyse de l'impact d'une remontée des taux sur la solvabilité d'un assureur vie*. Mémoire d'actuariat.