

Mémoire présenté devant l'Université de Paris-Dauphine
pour l'obtention du Certificat d'Actuaire de Paris-Dauphine
et l'admission à l'Institut des Actuares
le 25 janvier 2022

Par : Jules NAHON

Titre : Apport de la garantie fidélité en assurance vie

Confidentialité : Non Oui (Durée : 1 an 2 ans)

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

*Membres présents du jury de l'Institut
Actuariat de Paris-Dauphine :*

Entreprise :

Nom : Optimind (Gildas ROBERT)

Signature :



Directrices de Mémoire en entreprise :

Noms :

Linda MBAKOP CHIMI

Julie BOCCARA

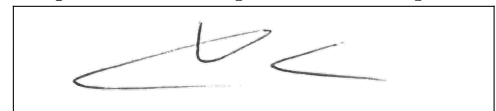
Signatures :



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

Secrétariat :

Signature du responsable entreprise



Bibliothèque :

Signature du candidat



Résumé

Dans un contexte où les taux bas perdurent, les rendements de l'actif des assureurs sont en baisse constante. Cette situation met en péril la capacité de l'assureur à garantir ses engagements dans le temps, cela se traduit par la baisse du ratio de solvabilité au cours du temps. Les assureurs mettent donc en place des leviers permettant de corriger cette situation. Cependant ces derniers présentent des limites, une diversification de l'actif pénalise la solvabilité des assureurs et déplacer une partie du risque vers les assurés éloigne l'assureur de sa fonction principale : couvrir l'assuré d'un aléa. De part sa performance historique, le fonds en euros a toujours été considéré comme un investissement sûr et attrayant.

L'objectif de ce mémoire est de proposer un nouveau contrat d'assurance vie multisupport permettant d'augmenter le ratio de solvabilité ainsi que la performance du produit du point de vue de l'assuré en comparaison avec un produit classique. Le mécanisme principal de cette nouvelle garantie sera de transférer une partie de la participation aux bénéfices vers un support spécifique d'unités de compte. Ce produit propose des garanties variables en fonction du comportement des assurés.

Après avoir introduit le contexte de l'étude et intégré le produit dans un modèle épargne, deux études sont réalisées. La première consiste à évaluer la solvabilité de l'assureur en date initiale de projection pour différents calibrages du produit considéré. Cette étude a plusieurs objectifs, elle montre dans un premier temps, avec une vision à court terme, la pertinence de la mise en place d'un tel produit. De plus cette évaluation permet de comprendre les mécanismes sous-jacents de ce dernier.

La seconde étude analyse les effets du produit avec une vision prospective. Elle présente d'autres effets positifs et négatifs du nouveau produit ainsi que le bon calibrage à adopter pour la pérennité de ce dernier. Un rapprochement est fait entre les résultats obtenus et les objectifs initiaux de la mise en place d'un tel produit.

Mots-clés : Assurance vie, Taux bas, Solvabilité II, Garantie fidélité.

Abstract

In a context where low interest rates persist, insurers' asset returns are constantly falling. This situation jeopardizes the insurer's ability to guarantee its commitments over time, which translates into a decline in the solvency ratio over time. Insurers are therefore putting in place levers to correct this situation. However, these have their limits: diversification of assets penalizes the solvency of insurers, and shifting part of the risk to policyholders distances the insurer from its main function: covering the policyholder against a hazard. Due to its historical performance, the euro fund has always been considered as a safe and attractive investment.

The objective of this thesis is to propose a new multisupport life insurance contract allowing to increase the solvency ratio as well as the performance of the product from the point of view of the insured in comparison with a traditional product. The main mechanism of this new guarantee will be to transfer part of the profit-sharing to a specific unit-linked support. This product offers variable guarantees depending on the policyholder's behaviour.

After introducing the context of the study and integrating the product into a savings model, two studies are conducted. The first one consists in evaluating the solvency of the insurer at the initial projection date for different calibrations of the product considered. This study has several objectives, firstly it shows, with a short term vision, the relevance of the implementation of such a product. Moreover, this evaluation allows us to understand the underlying mechanisms of such a product.

The second study analyzes the effects of the product with a prospective vision. It presents other positive and negative effects of the new product as well as the right calibration to adopt for its sustainability. A comparison is made between the results obtained and the initial objectives of the implementation of such a product.

Keywords : Life Insurance; Low-Interest rate; Solvability 2; Fidelity Guarantee.

Note de Synthèse

Les taux du marché bas depuis plusieurs années ont maintenant atteint des niveaux critiques. La courbe des taux sans risque du 31/12/2020 fournie par l'EIOPA présente des valeurs négatives jusqu'à la maturité 20 ans. La présence d'un tel contexte sur plusieurs années rend les contrats classiques d'assurance vie épargne pesant pour les assureurs. En effet, cette activité est très dépendante de la performance de l'actif des assureurs du fait des garanties offertes aux assurés (ex : garantie du capital, rendement minimum). La perdurance de ce contexte épuise les richesses latentes des assureurs et les options et garanties offertes aux assurés deviendront difficiles à garantir.

Les entreprises d'assurance, contraintes par la réglementation Solvabilité 2, essaient de mettre en place des nouvelles solutions pour répondre à l'enjeu actuel. Ces dernières ont proposé des contrats d'assurance vie avec une diminution considérable des taux garantis aux assurés. Des garanties en capital brut de frais sont maintenant proposées sur le marché, cela se traduit par une garantie du capital inférieure à 100%. Toujours dans le même objectif, les assureurs imposent une part minimum du capital investi en unités de compte. Un support d'assurance vie où le risque est supporté par les assurés contrairement au fonds en euros. Les assureurs sont aussi restreints pour trouver des solutions intéressantes du côté actif qui ne pénalisent pas leurs ratios de solvabilité (ex : Investir dans des actifs plus risqués, pour un surplus de rendement, est coûteux en capital réglementaire).

Les solutions citées précédemment présentent cependant des inconvénients. En effet, les assureurs s'éloignent de leur fonction principale qui est de couvrir l'assuré du risque des marchés financiers. Ces solutions sont d'autant plus difficiles à mettre en place au sein d'une population qui a toujours connu le fameux tryptique du fonds en euros : Liquidité, Sécurité, Rentabilité. Ce mémoire a ainsi pour objectif de répondre à la problématique suivante : Dans un contexte de taux bas maintenu, comment les assureurs peuvent-ils proposer des contrats d'assurance-vie garantissant la pérennité de leur solvabilité tout en offrant des garanties avantageuses aux assurés ?

Il s'appuiera sur la mise en place d'un produit d'assurance vie multi-support dont les garanties offertes dépendent du comportement des assurés. Elles dépendent à la fois de son comportement mais aussi de celui des autres assurés.

Le produit fidélité

Le produit fidélité est au coeur de l'étude de ce mémoire. Pour rappel, il a pour but de proposer une solution au contexte de taux bas actuel en alliant rentabilité, solvabilité et attractivité. C'est un contrat multisupport composé d'un fonds en euros et d'unités de compte (UC). Les UC sont divisées en deux parties : les UC proposées classiquement et **la garantie fidélité** (ou encore appelée "UC fidélité"). Cette nouvelle composante représente tout l'enjeu de ce produit dont le mécanisme principal est de transférer une partie de la participation aux bénéfices vers cette garantie fidélité exprimée en unités de compte.

Le produit fidélité présente plusieurs caractéristiques qui sont les suivantes :

- **Période de garantie** : C'est la durée du contrat fidélité. Au terme de cette période, l'assuré peut renouveler son contrat ou retourner sur un ancien contrat d'assurance vie. Sa durée est fixée à 6 ans.
- **Garantie fidélité** : Durant la période de garantie, l'assuré accumule cette garantie qui sera reversée au terme de la période. Cette garantie est exprimée en unités de compte, elle variera en fonction des performances des marchés financiers et dépendra fortement de la fidélité de l'assuré.
- **Fidélité d'un assuré** : Un assuré est considéré comme fidèle s'il n'effectue pas de rachat partiel (ou total) durant la période de garantie.
- **Bonification** : Au terme de la durée de vie du contrat, la garantie fidélité accumulée est reversée à tous les assurés encore présents. Les assurés fidèles perçoivent une bonification de minimum 10% de cette garantie.
- **Garantie perdue** : Lorsqu'un assuré effectue un rachat et devient donc non fidèle, celui-ci perd une partie de la garantie accumulée jusqu'au moment du rachat.

Le produit fidélité se décompose en deux périodes. La première est l'accumulation et la perte de la garantie fidélité, elle dure pendant toute la période de garantie. La seconde comprend le versement de la garantie fidélité ainsi que le processus de bonification.

Accumulation et perte de la garantie fidélité

Chaque année sur le support fonds en euros, la participation aux bénéfices est calculée, les charge-ments sont prélevés et les encours sont revalorisés d'un taux cible (suivant une politique déterminée). L'assiette restante de cette participation aux bénéfices est alors en partie versée sur la garantie fidélité de l'assuré ou alors dotée en Provision pour Participation aux Bénéfices (PPB). La figure 12 illustre ce cycle.

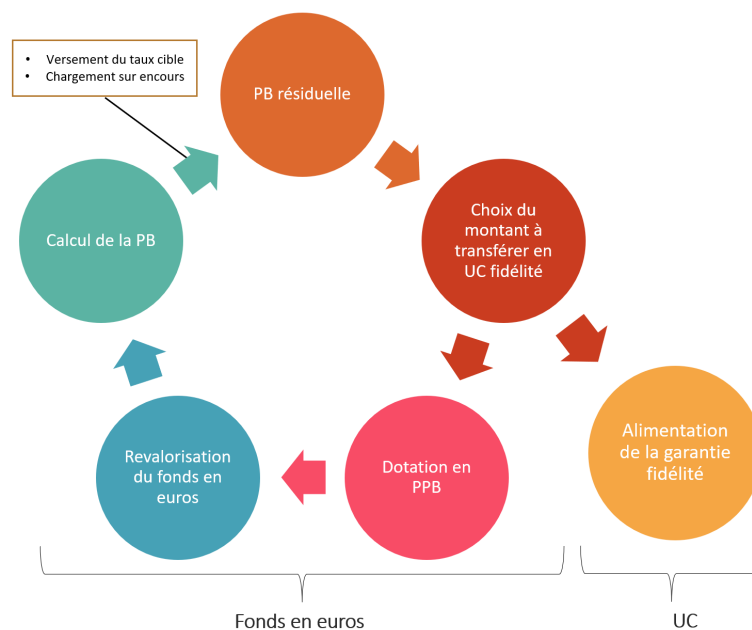


FIGURE 1: Cycle annuel expliquant la constitution de la garantie fidélité

La proportion de la PB résiduelle transférée sur la garantie fidélité est pilotée par un paramètre appelé $p_{\text{fidélité}} \in [0\%, 100\%]$.

$$\text{Montant doté sur la garantie fidélité} = p_{\text{fidélité}} \times \text{PB résiduelle} \quad (1)$$

La garantie fidélité s'accumule donc grâce au capital investi sur le fond en euros. **Cependant cette dernière se perd au prorata des rachats effectués par les assurés pendant la période de garantie. L'ensemble des garanties perdues interviendra dans le processus de bonification.** La figure 13 illustre avec un exemple simple la perte de garantie fidélité par un assuré.

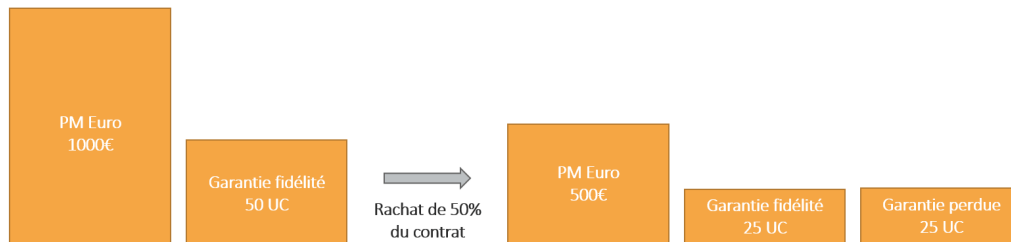


FIGURE 2: Perte de la garantie fidélité lors d'un rachat

Versement de la garantie fidélité et bonification

Une des spécificités du produit fidélité est que ce dernier considère que tous les assurés ayant souscrit au contrat la même année font partie d'un même groupe. Au terme de la période de garantie, les garanties fidélité sont reversées aux assurés avec une bonification pour les fidèles. Cette bonification est financée avec les garanties perdues, son montant dépend donc des comportements des autres assurés du groupe. Pour rendre le produit attractif, l'assureur s'engage à ce que la bonification représente au moins **10% de la garantie fidélité**. L'assureur réalisera des pertes si les garanties perdues ne suffisent pas à financer ce pourcentage. La valeur de ce pourcentage est le résultat d'une hypothèse choisie. La figure 3 illustre ce mécanisme de façon simplifiée avec un groupe de deux assurés (un fidèle et un non fidèle).

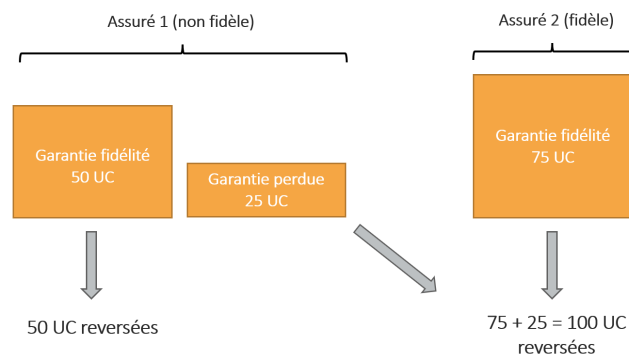


FIGURE 3: Mécanisme de bonification au terme de la garantie fidélité

Initial situation and indicators used

Pour évaluer les effets du produit fidélité ainsi que les mécanismes qui en découlent, le contrat a été introduit dans un modèle ALM. Le portefeuille utilisé est fictif et représente les caractéristiques observables sur le marché (cf figure 4 et table 1), le passif est composé de 46 model points. Les taux

de chargements sur encours sont de 0,6% pour le fonds en euros, 0,9% pour le fonds en UC et 1,2% pour la garantie fidélité.

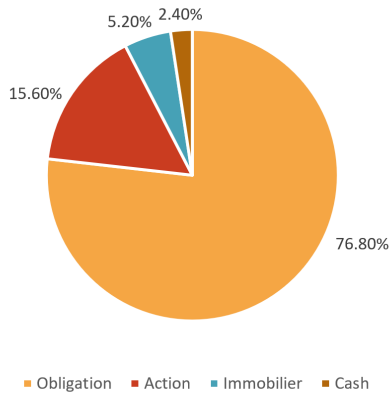


FIGURE 4: Allocation d'actifs initiale (hors UC)

	Valeur moyenne
Nombre de polices	500
Age	57,7 ans
Ancienneté fiscale	4,7 ans
PM d'ouverture €	19,6 M€
PM d'ouverture UC	4,3 M€
Chargement sur encours €	0,60%
Chargement sur encours UC	0,90%
PB contractuelle	90,7%
Taux technique	0,58%

TABLE 1: Model point moyen du passif

Le bilan de l'assureur s'élève à 1,13 Md€ (partie UC incluse) et le ratio de solvabilité initial, sans intégration de la PBB, est de 192%.

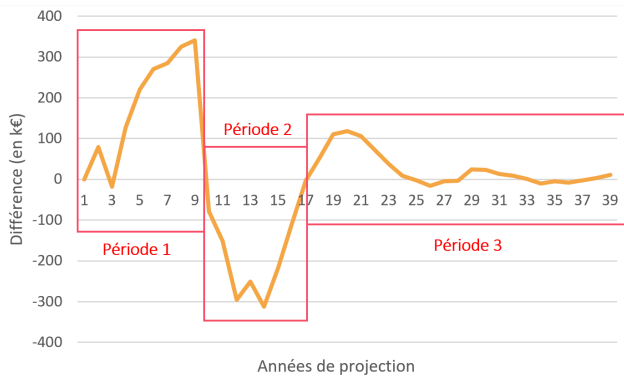
Pour les études réalisées, le produit fidélité sera comparé à un produit multisupport classique d'assurance vie. Afin de comparer les deux produits et de mettre en place le mécanisme du produit fidélité, une hypothèse a été prise et les taux techniques du portefeuille épargne sont mis à 0%. Les simulations seront faites dans un environnement Solvabilité 2. Afin de pouvoir évaluer l'efficacité du produit à répondre aux enjeux du contexte actuel, les indicateurs suivants seront principalement utilisés : la PVFP, le SCR, le ratio de solvabilité, le taux servi moyen ainsi que la bonification.

Étude des impacts du produit fidélité en vision court terme

La première étude consiste à analyser l'impact sur la solvabilité à la date initiale (T0) du produit fidélité. Pour cela, une étude de sensibilité est réalisée sur le paramètre $p_{\text{fidélité}}$. Cette première analyse a pour but de comprendre les interactions et les déformations du bilan qu'entraîne un tel produit. Les valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ considérées sont les suivantes : 0%, 25%, 50%, 75% et 100%. **Lorsque $p_{\text{fidélité}} = 0\%$, le produit fidélité n'est pas actif, c'est donc le produit classique qui est en place.**

La sensibilité sur ce paramètre est importante pour plusieurs raisons. En effet, il pilote le mécanisme principal du nouveau produit qui repose sur le transfert d'une partie de la PB vers des supports en UC. L'étude de sensibilité sur $p_{\text{fidélité}}$ permet d'observer des phénomènes différents d'une simulation à l'autre. De plus, **le produit est intégré sur l'ensemble du portefeuille sur les 6 premières années de projection** (une période de garantie) dans le but de pouvoir observer les conséquences du produit lorsqu'il est actif et d'autres effets résiduels lorsqu'il ne l'est pas.

L'analyse des composantes du bilan Solvabilité 2 (BE et PVFP) a permis de recenser les mouvements qu'entraîne le produit ainsi que les causes d'une rentabilité ou perte supérieure par rapport au produit classique. Sur les 40 années de projection, plusieurs périodes se distinguent entre les deux produits. Le produit agit de façon positive et négative pour l'assureur et les effets se distinguent sur trois périodes (cf figure 5). Ce dernier permet de générer davantage de marge grâce à une fidélisation des assurés mais le manque de PBB comparé à un produit classique montre cette fois-ci un aspect négatif. La figure 5 et la table 2 présentent les écarts de PVFP observés.



	Différence de PVFP euros
Période 1 :	1,19 M€
Période 2 :	-1,00 M€
Période 3 :	1,42 M€
Total :	1,61 M€

TABLE 2: Différence de PVFP par période entre la simulation $p_{fidélité} = 100\%$ et $p_{fidélité} = 0\%$

FIGURE 5: Différence des résultats financiers entre la simulation $p_{fidélité} = 100\%$ et $p_{fidélité} = 0\%$

Au global, la PVFP est augmentée d'au maximum 5,98% avec $p_{fidélité} = 100\%$ comparée à un produit classique.

Plus les résultats financiers sont importants, plus le mécanisme du produit fidélité aura de l'impact. Dans les univers de choc et notamment dans celui de l'action, les produits financiers sont faibles et ainsi le mécanisme ne s'active pas de façon assez importante pour fidéliser les assurés. Cela entraîne des résultats similaires entre les différentes simulations, que le produit fidélité soit actif ou non. Une baisse plus importante de la PVFP dans les univers de choc entraîne donc une hausse du SCR, ainsi **le ratio de solvabilité est stable avec le produit fidélité**. Sans pénaliser son ratio de solvabilité, l'assureur pourra espérer un meilleur rendement.

Le produit fidélité apporte aussi des avantages non négligeables pour les assurés. Le taux servi est croissant en fonction du paramètre fidélité. **La bonification offerte aux assurés fidèles est toujours au dessus de 20%**. Ces observations sont sous estimées en univers risque neutre mais permettent de confirmer les effets positifs du produit pour l'assuré.

Analyse prospective du produit fidélité

L'analyse en vision prospective du produit fidélité vient compléter la première étude. Cette vision est essentielle pour observer les réels impacts économiques sur l'assureur d'un tel produit ainsi que les indicateurs vus précédemment cette fois-ci dans un univers monde réel. De plus, cette étude permet de faire ressortir d'autres effets de la garantie fidélité peu visibles sur la première étude.

L'évaluation de l'entreprise d'assurance a été projetée sur 5 années. Pour chaque année d'évaluation, des projections en monde réel ont été réalisées en amont et ce, pour différentes valeurs du paramètre fidélité. Les projections monde réel ont été réalisées sous un scénario déterministe et l'hypothèse d'évolution des taux est la cristallisation de la courbe des taux sans risque du 31/12/2020. La courbe sera donc supposée constante pour reproduire un contexte de taux bas qui perdure. De plus, le contexte choisi est ainsi très défavorable car cette courbe comprend des taux particulièrement faibles.

Concernant la vision assuré, les indicateurs sur le taux servi et sur la bonification sont présentés au travers des figures 6 et 7.

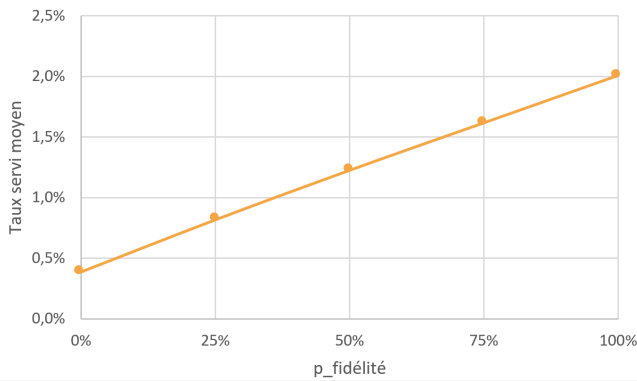


FIGURE 6: Taux servi moyen sur les 5 années de projection monde réel en fonction de $p_{fidélité}$

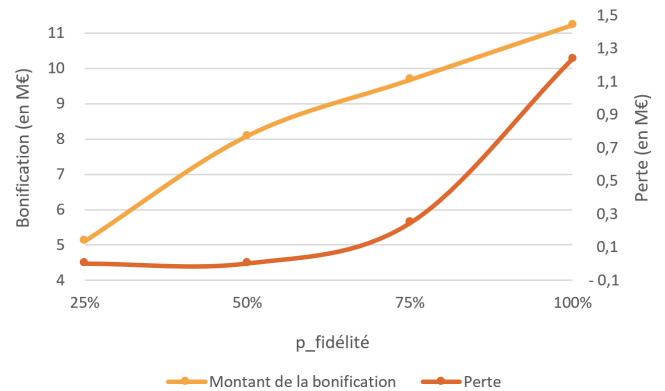


FIGURE 7: Évolution de la bonification et des pertes engendrées pour l'évaluation en $T = 5$

Dans ce contexte, les rendements financiers sont plus importants (notamment ceux de l'action) et permettent d'accroître les effets précédemment observés. Les assurés bénéficient d'avantages plus importants (taux servi et bonification) mais avec $p_{fidélité}$ trop élevé l'assureur réalise des pertes, **les garanties perdues sont insuffisantes pour verser la bonification minimum de 10% promise aux assurés fidèles**. De plus, l'assureur génère plus de marges au fil du temps (visibles sur les figures 8 et 9).

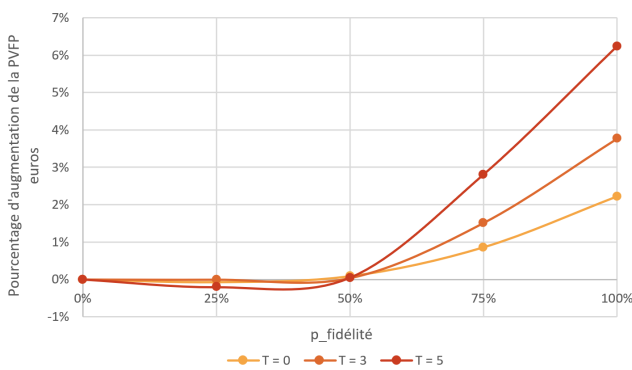


FIGURE 8: Comparaison de l'augmentation de la PVFP euros en vision prospective

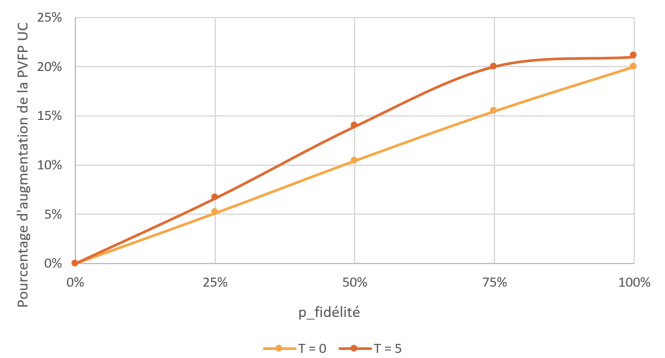


FIGURE 9: Comparaison de l'augmentation de la PVFP UC en vision prospective

Pour des valeurs de $p_{fidélité} \leq 50\%$, le mécanisme du produit fidélité (transfert de la PB en UC fidélité) n'est pas assez fort pour fidéliser les assurés et créer une marge supplémentaire.

L'avantage d'évaluer la solvabilité en vision prospective est que les résultats du mécanisme de fidélité sur les premières années de projection monde réel sont acquis. La hausse du SCR reste similaire à celle observée lors de la première étude (voir figure 10). Ainsi, avec une hausse de la PVFP cette fois-ci plus importante, **le ratio de solvabilité est ainsi en hausse avec le produit fidélité au fur et à mesure de l'avancement des années de projection** (voir figure 11).

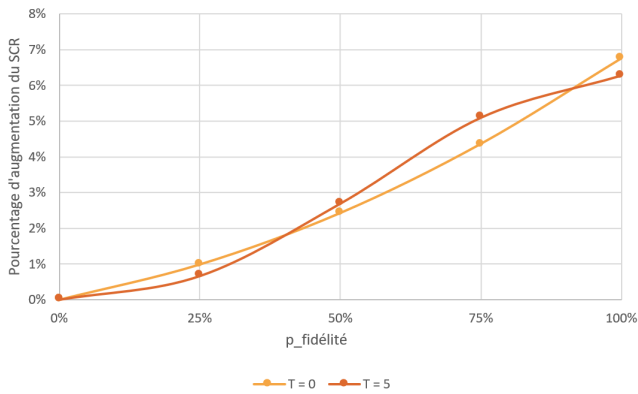


FIGURE 10: Illustration de l'augmentation similaire du SCR avec le produit fidélité entre l'année de projection 0 et 5

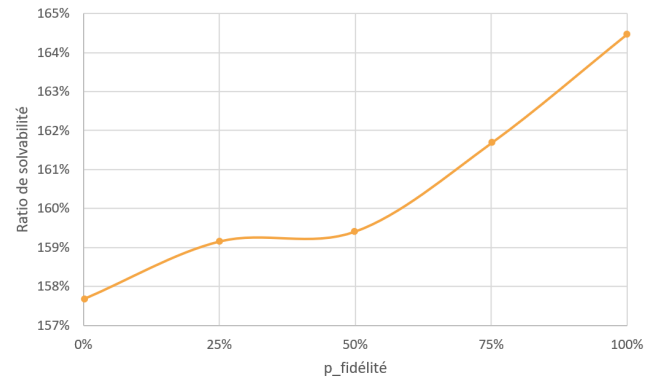


FIGURE 11: Ratio de solvabilité projeté en $T = 5$ en fonction de $p_{fidélité}$

Après avoir analysé plusieurs indicateurs (rentabilité, capital réglementaire, contribution au SCR par support et chaque sous-module de risque, bonification d'un point de vue assuré et assureur, taux servi), des notes finales pour chaque paramétrage du produit fidélité ont été calculées (en comparaison avec le produit classique). L'impact sur chaque indicateur a été évalué et l'ensemble des notes a été agrégé pour obtenir les notes finales. La table 3 présente les résultats obtenus.

$p_{fidélité}$:	25%	50%	75%	100%
Note finale :	0,45	0,25	0,65	0,35

TABLE 3: Tableau récapitulant notes finales des paramètres

Conclusion

En conclusion, le paramètre $p_{fidélité}$ optimal semble être une valeur proche de 75%. En effet, cette valeur permet d'accroître de façon conséquente la rentabilité de l'assureur sans le pénaliser dans le temps. Ce paramètre permet à l'assureur de réaliser un maximum de résultats sans mettre en péril sa capacité à verser la bonification sur le long terme. De plus, l'assureur peut continuer de doter légèrement la PBB avec ce paramétrage, cela permettra de se différencier par rapport à $p_{fidélité} = 100\%$ sur les pertes liées à la capacité d'absorption dans les périodes défavorables. Du point de vue de l'assuré, la garantie fidélité accumulée avec ce paramètre est conséquente ainsi que le taux servi.

Dans ce mémoire, une étude complémentaire a été réalisée dans le but de comparer le produit fidélité avec un nouveau contrat connu du marché offrant une garantie brute de frais. La hausse du ratio de solvabilité est beaucoup plus faible avec le produit fidélité. Cependant, le ratio de solvabilité avec le produit fidélité décroît moins rapidement que celui observé avec la garantie brute de frais. De plus, le produit fidélité permet d'offrir des garanties aux assurés bien plus importantes.

Les études de ce mémoire ont été réalisées sous des hypothèses spécifiques permettant d'observer l'ensemble des effets du produit. Cela a permis de comprendre davantage le produit mais pas de maximiser son potentiel de rendement du point de vue de l'assureur. Le résultat du choix de la calibration finale en dépend fortement. De plus, les conséquences observées du produit ouvrent à de nouvelles études et notamment sur l'actif de l'assureur car les mouvements de rachats sont impactés avec ce produit.

Synthesis note

Market rates that have been low for several years have now reached critical levels. The risk-free interest rate curve for 12/31/2020 provided by EIOPA shows negative values up to the 20-year maturity. The presence of such a context over several years makes traditional life insurance savings contracts a burden for insurers. Indeed, this activity is very dependent on the performance of insurers' assets because of the guarantees offered to policyholders (e.g.: capital guarantee, minimum return). The continuation of this context exhausts the latent wealth of insurers and the options and guarantees offered to policyholders will become difficult to guarantee.

Insurance companies, constrained by Solvency 2 regulations, are trying to implement new solutions to meet the current challenge. They have proposed life insurance contracts with a considerable reduction in the rates guaranteed to policyholders. Guarantees in capital gross of charges are now proposed on the market, which translates into a capital guarantee of less than 100%. Always with the same objective, the insurers impose a minimum part of the capital invested in units of account. A support of life insurance where the risk is supported by the insured persons contrary to the fund in euros. Insurers are also restricted to find interesting solutions on the asset side that do not penalize their solvency ratios (e.g.: investing in riskier assets, for a higher return, is costly in terms of regulatory capital).

However, the solutions mentioned above have disadvantages. Indeed, insurers are moving away from their main function which is to cover the insured against the risk of the financial markets. These solutions are all the more difficult to implement in a population that has always known the famous triptych of the euro fund: Liquidity, Security, Profitability. The objective of this thesis is to answer the following question: In a context of continued low interest rates, how can insurers offer life insurance contracts that guarantee the sustainability of their solvency while offering advantageous guarantees to policyholders?

It will be based on the implementation of a multi-support life insurance product whose guarantees depend on the behavior of the insured. They depend on his behavior but also on that of other policyholders.

The fidelity product

The fidelity product is at the heart of the study in this thesis. As a reminder, its purpose is to offer a solution to the current low interest rate context by combining profitability, solvency and attractiveness. It is a multi-support contract composed of a fund in euros and unit-linked products (UL). The UL products are divided into two parts: the traditional UL fund and the fidelity guarantee (also called " UL fidelity "). This new component represents the whole challenge of this product, the main mechanism of which is to transfer part of the profit-sharing to this fidelity guarantee expressed in unit-linked.

The fidelity product has several characteristics which are the following:

- **Guarantee period:** This is the duration of the fidelity contract. At the end of this period, the insured can renew his contract or return to an old life insurance contract. Its duration is fixed at 6 years.
- **Fidelity guarantee:** During the guarantee period, the insured accumulates this guarantee which will be paid out at the end of the period. This guarantee is expressed in unit-linked, it will vary according to the performances of the financial markets and will strongly depend on the fidelity of the insured.
- **Fidelity of an insured:** An insured is considered loyal if he or she does not make a partial (or total) surrender during the guarantee period.
- **Bonus:** At the end of the life of the contract, the accumulated loyalty guarantee is paid out to all policyholders still present. Loyal policyholders benefit from a minimum 10% bonus on this guarantee.
- **Lost guarantee:** When an insured makes a surrender and thus becomes non-loyal, he or she loses a portion of the guarantee accumulated up to the time of the surrender.

The fidelity product is divided into two periods. The first is the accumulation and loss of the fidelity guarantee, which lasts for the entire guarantee period. The second is the payment of the fidelity guarantee and the bonus process.

Accumulation and loss of fidelity guarantee

Each year, the profit-sharing is calculated on the euro fund, the charges are deducted and the policyholders' capital is revalued by a target rate (according to a determined policy). The remaining profit-sharing base is then partly paid into the policyholder's fidelity guarantee or allocated to the Reserve for Profit-Sharing (RPS). Figure 12 illustrates this cycle.

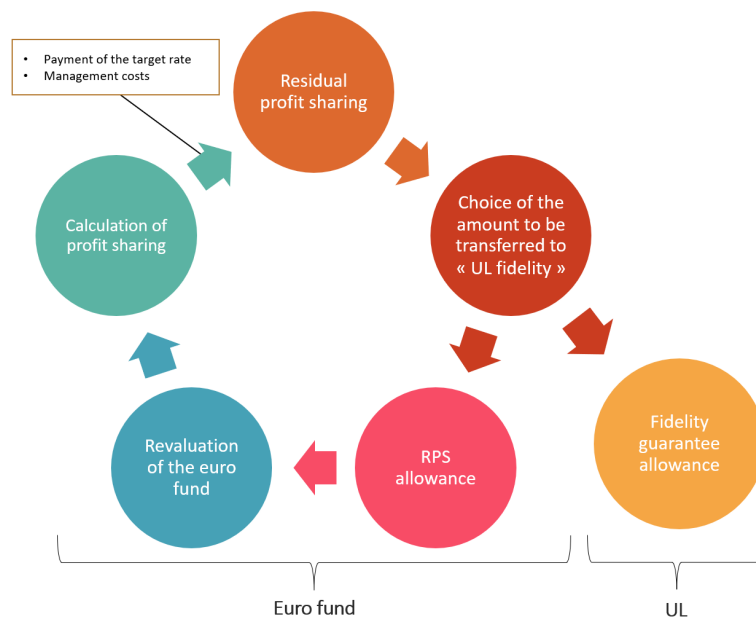


Figure 12: Annual cycle explaining the constitution of the fidelity guarantee

The proportion of residual profit sharing transferred to the fidelity guarantee is controlled by a parameter called $p_{fidelity} \in [0\%, 100\%]$.

$$\text{Endowed amount on the fidelity guarantee} = p_{fidelity} \times \text{Residual profit sharing} \quad (2)$$

The fidelity guarantee is therefore accumulated thanks to the capital invested in the euro fund. However, this guarantee is lost in proportion to the surrenders made by the insured during the guarantee period. All the lost guarantees will be included in the bonus process. Figure 13 illustrates with a simple example the loss of fidelity guarantee by a policyholder.

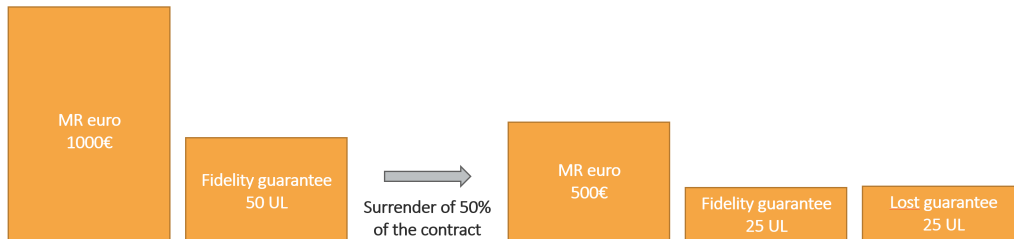


Figure 13: Loss of fidelity guarantee on surrender

Payment of the fidelity guarantee and bonus

One of the specificities of the fidelity product is that it considers that all policyholders who have subscribed to the contract in the same year are part of the same group. At the end of the guarantee period, fidelity guarantees are paid out to policyholders with a bonus for the loyals. This bonus is financed with the lost guarantees, so its amount depends on the behavior of the other policyholders in the group. To make the product attractive, the insurer commits to ensuring that the bonus represents at least **10% of the fidelity guarantee**. The insurer will realize losses if the lost guarantees are not sufficient to finance this percentage. The value of this percentage is the result of a chosen assumption. Figure 14 illustrates this mechanism in a simplified way with a group of two insureds (one loyal and one not).

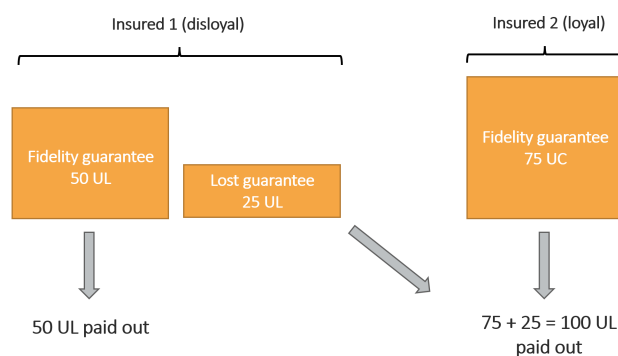


Figure 14: Bonus mechanism at the end of the fidelity guarantee

Situations initiales et indicateurs utilisés

In order to evaluate the effects of the fidelity product and the mechanisms that result from it, the contract was introduced into an ALM model. The portfolio used is fictitious and represents observable

market characteristics (see Figure 15 and Table 4), the liabilities are composed of 46 model points. The loading rates on outstanding amounts are 0.6% for the euro fund, 0.9% for the unit-linked fund and 1.2% for the fidelity guarantee.

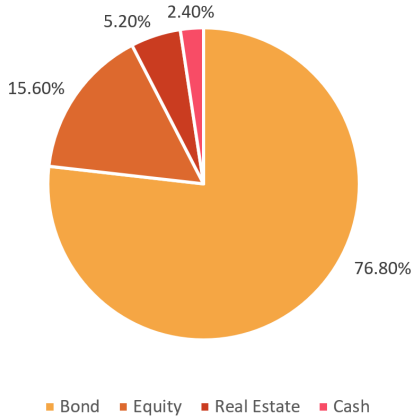


Figure 15: Initial asset allocation (excluding UL)

	Average value
Number of insurance policies	500
Age	57,7 years old
Fiscal seniority	4,7 years
Initial MR (€)	19,6 M€
Initial MR (UC)	4,3 M€
Loading rates (€)	0,60%
Loading rates (UC)	0,90%
Contractual profit sharing	90,7%
Guaranteed rate	0,58%

Table 4: Average model point

The insurer's balance sheet amounts to 1.13 billion euro 1.13 billion (including the unit-linked part) and the initial solvency ratio, without integration of the RPS, is 192%.

For the studies carried out, the fidelity product will be compared to a classic multisupport life insurance product. In order to compare the two products and to set up the fidelity product mechanism, an assumption has been made and the guaranteed rates are set at 0%. The simulations will be carried out in a Solvency II environment. In order to evaluate the efficiency of the product in meeting the challenges of the current context, the following indicators will be used: the PVFP, the SCR, the solvency ratio, the average rate served and the bonus.

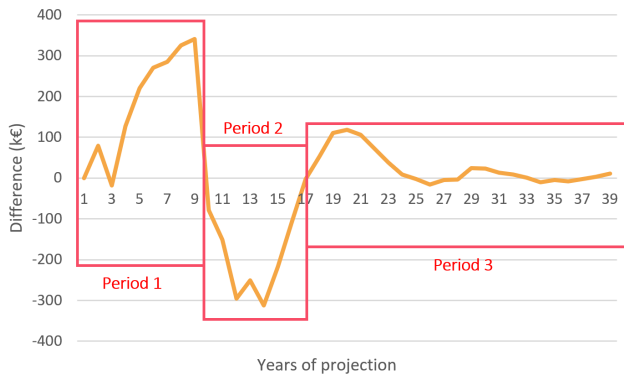
Study of the impact of the fidelity product in the short term

The first study consists in analyzing the impact of the fidelity product on solvency at the initial date (T0). To do this, a sensitivity study is carried out on the parameter $p_{fidelity}$. The purpose of this first analysis is to understand the interactions and distortions of the balance sheet that such a product entails. The values of $p_{fidelity}$ considered are: 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. **When $p_{fidelity} = 0\%$, the fidelity product is not active, so the classic product is in place.**

The sensitivity of this parameter is important for several reasons. Indeed, it drives the main mechanism of the new product, which is based on the transfer of part of the profit-sharing to unit-linked products. The sensitivity study on $p_{fidelity}$ allows us to observe different phenomena from one simulation to another. Moreover, **the product is integrated over the whole portfolio for the first 6 years of the projection** (one guarantee period) in order to observe the consequences of the product when it is active and other residual effects when it is not.

The analysis of the components of the Solvency 2 balance sheet (BE and PVFP) has allowed to identify the movements that the product entails as well as the causes of a higher profitability or loss compared to the traditional product. Over the 40-year projection period, several periods can be distinguished between the two products. The product acts positively and negatively for the insurer, and the effects can be distinguished over three periods (see figure 16). The fidelity product allows the insurer to generate more margin thanks to policyholder loyalty, but the lack of RPS compared to a

classic product shows a negative aspect this time. Figure 16 and Table 5 show the observed differences in PVFP.



	Difference of PVFP (euro fund)
Period 1 :	1,19 M€
Period 2 :	-1,00 M€
Period 3 :	1,42 M€
Total :	1,61 M€

Table 5: Difference in PVFP per period between the simulation $p_{fidelity} = 100\%$ et $p_{fidelity} = 0\%$

Figure 16: Difference in financial results between simulation $p_{fidelity} = 100\%$ et $p_{fidelity} = 0\%$

Overall, the PVFP is increased by a maximum of 5.98% with $p_{fidelity} = 100\%$ compared to the traditional product.

The greater the financial results are, the greater the impact of the fidelity product mechanism will be. In the shock universes, and especially in the equity one, the financial results are low and thus the mechanism is not activated to a sufficient extent to retain policyholders. This leads to similar results between the different simulations, whether the fidelity product is active or not. A larger decrease in PVFP in the shock universes thus leads to an increase of the SCR, so that **the solvency ratio is stable with the fidelity product**. Without penalizing its solvency ratio, the insurer can expect a better return.

The fidelity product also brings significant advantages for the insured. The rate served is increasing according to the loyalty parameter. **The bonus offered to loyal policyholders is always above 20%**. These observations are underestimated in a risk-neutral universe but confirm the positive effects of the product for the insured.

Prospective analysis of the fidelity product

The prospective analysis of the fidelity product completes the first study. This vision is essential to observe the real economic impacts of such a product on the insurer as well as the indicators seen previously, this time in a real world universe. Moreover, this study allows us to highlight other effects of the fidelity guarantee that were not visible in the first study.

The evaluation of the insurance company was projected over 5 years. For each year of the valuation, real world projections were carried out in advance for different values of the fidelity parameter. The real world projections were carried out under a deterministic scenario and the assumption of rate evolution is the crystallization of the risk free rate curve of 31/12/2020. The curve will therefore be assumed to be constant in order to reproduce a persistently low interest rates context. Moreover, the context chosen is very unfavorable because this curve includes particularly low interest rates.

Concerning the insured vision, the indicators on the rate served and on the bonus are presented through the figures 17 and 18.

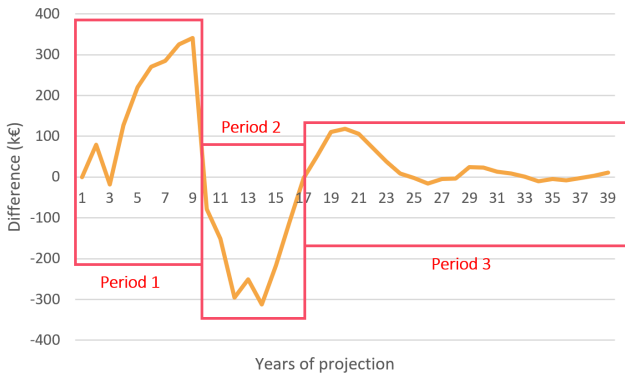


Figure 17: Average served rate over the 5 years of real world projection as a function of $p_{fidelity}$

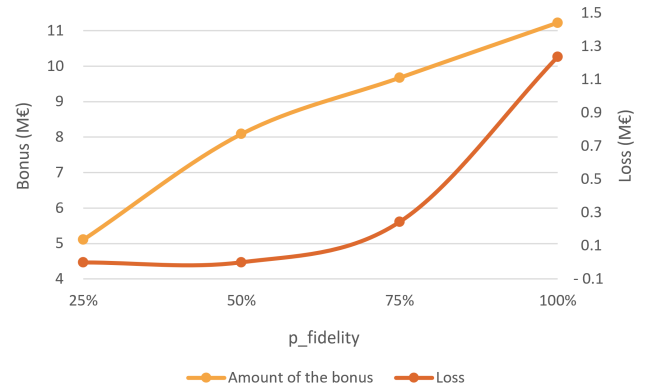


Figure 18: Evolution of the bonus and losses generated for the evaluation in $T = 5$

In this context, the financial returns are greater (especially those of the equity) and make it possible to increase the effects previously observed. Policyholders benefit from greater advantages (served rate and bonuses) but with $p_{fidelity}$ too high, the insurer makes losses, **the lost guarantees are insufficient to pay the minimum bonus of 10% promised to loyal policyholders**. In addition, the insurer generates more margins over time (visible in Figures 19 and 20).

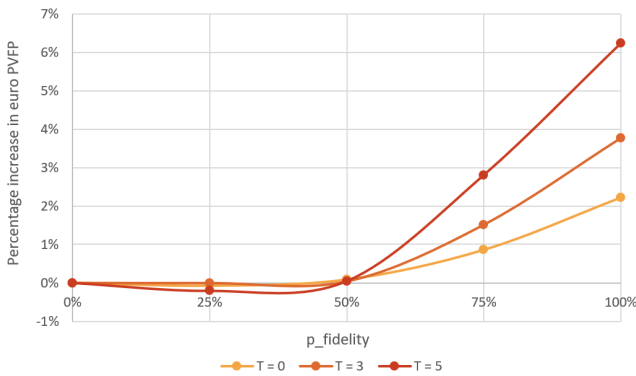


Figure 19: Comparison of the increase of the euro PVFP in prospective vision

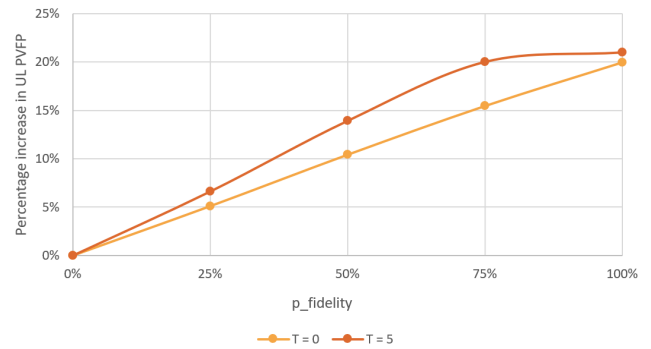


Figure 20: Comparison of the increase of the UL PVFP in prospective vision

For values of $p_{fidelity} \leq 50\%$, the fidelity product mechanism (transferring the profit-sharing into UL fidelity) is not strong enough to retain policyholders and create additional margin.

The advantage of evaluating solvency on a forward-looking basis is that the results of the fidelity mechanism over the first few years of real-world projections are acquired. The increase in SCR remains similar to that observed in the first study (see figure 21). Thus, with a larger increase in PVFP, the solvency ratio increases with the fidelity product as the projection years progress (see figure 22).

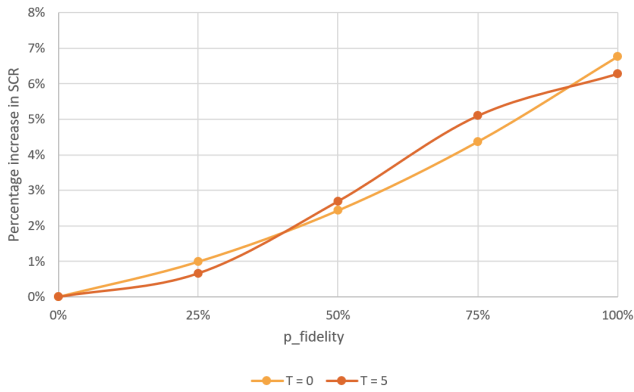


Figure 21: Illustration of the similar increase in SCR with fidelity product between projection year 0 and 5

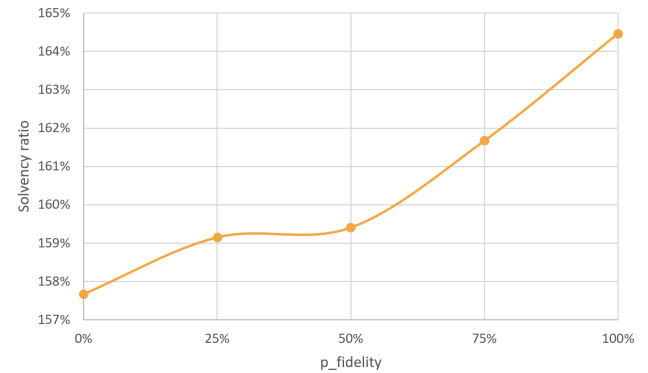


Figure 22: Projected solvency ratio in $T = 5$ as a function of $p_{fidelity}$

After analyzing several indicators (profitability, SCR, contribution to the SCR by support and each risk sub-module, bonus from a policyholder and insurer point of view, rate served), final scores for each fidelity product parameterization were calculated (in comparison with the traditional product). The impact on each indicator was evaluated and all the scores were aggregated to obtain the final scores. The table 6 presents the results obtained.

$p_{fidelity}$:	25%	50%	75%	100%
Final score :	0.45	0.25	0.65	0.35

Table 6: Table summarizing final scores for parameters

Conclusion

In conclusion, the optimal $p_{fidelity}$ parameter seems to be a value close to 75%. Indeed, this value allows the insurer's profitability to be significantly increased without penalizing it over time. This parameter allows the insurer to achieve maximum results without jeopardizing its ability to pay the bonus over the long term. Moreover, the insurer can continue to slightly endow the RPS with this parameterization, which will allow it to differentiate itself from $p_{fidelity} = 100\%$ on the losses linked to the absorption capacity in unfavorable periods. From the insured's point of view, the fidelity guarantee accumulated with this setting is substantial as well as the rate served.

In this thesis, an additional study was conducted to compare the fidelity product with a new contract known in the market offering a gross fee guarantee. The increase in the solvency ratio is much lower with the fidelity product. However, the solvency ratio with the fidelity product decreases less rapidly than that observed with the gross fee guarantee. In addition, the fidelity product provides much greater guarantees to policyholders.

The studies in this thesis were conducted under specific assumptions to observe the full effects of the product. This allowed for a greater understanding of the product but not for maximizing its performance potential from the insurer's perspective. The outcome of the final calibration choice is highly dependent on this. Moreover, the observed consequences of the product open the door to new studies, particularly on the insurer's assets, as surrender movements are impacted by this product.

Remerciements

Je remercie en premier lieu Monsieur Christophe Eberlé, président fondateur d'Optimind, pour l'accueil au sein de son entreprise et ainsi d'avoir rendu possible la réalisation de mon stage.

Je remercie également Gildas Robert, partner de Actuarial and Financial Services, pour m'avoir permis de réaliser mon mémoire dans cette practice.

Je tiens ensuite à remercier mes tutrices, Linda Mbakop et Julie Boccara, pour leur encadrement et leurs conseils pendant toute la durée du stage.

Je tiens également à remercier Quentin Guibert, pour sa disponibilité et son suivi qui ont contribué à l'avancement des études réalisées dans ce mémoire.

J'adresse également tous mes remerciements à l'ensemble des consultants d'Optimind pour leur disponibilité et leur aide qui ont participé au bon déroulement de ce stage.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Note de Synthèse	5
Synthesis note	13
Remerciements	21
Table des matières	23
Introduction	27
1 L'assurance en contexte de taux bas	29
1.1 Introduction à Solvabilité 2	29
1.1.1 Présentation générale	29
1.1.2 Focus sur le pilier 1	31
1.2 L'assurance vie épargne	38
1.2.1 Présentation générale	38
1.2.2 Le fonds en euros	38
1.2.3 Les unités de compte	39
1.2.4 Options et garanties	40
1.3 L'assurance vie dans un contexte de taux bas	41
1.3.1 Zoom sur l'évolution des taux jusqu'à aujourd'hui	41
1.3.2 Les taux bas, une conséquence de la politique monétaire de la BCE	41
1.3.3 Une baisse des taux historiquement profitable aux assureurs	43

1.3.4	Les scénarios futurs possibles	44
1.4	Les premières solutions adoptées par les assureurs	46
1.4.1	Une part minimum d'UC imposée	46
1.4.2	Diminution de la garantie	47
1.5	Une nouvelle solution : Une garantie basée sur la fidélité	49
1.5.1	Introduction	49
1.5.2	Fonctionnement général	49
2	GSE et modèle ALM utilisés	53
2.1	Les générateurs de scénarios économiques	53
2.1.1	Définition d'un GSE	53
2.1.2	Les étapes pour générer des scénarios économiques	54
2.1.3	GSE risque neutre	54
2.1.4	GSE monde réel	58
2.1.5	Le modèle de Vasicek pour modéliser l'inflation	59
2.2	Le modèle ALM	59
2.2.1	Les enjeux de la gestion actif/passif	59
2.2.2	Méthodologie et hypothèses	60
2.2.3	Les méthodes de calcul	63
2.2.4	Les indicateurs utilisés	68
2.2.5	Utilisation des deux univers de projection	71
3	Impacts du produit fidélité	73
3.1	Données utilisées	73
3.1.1	Présentation des composantes Solvabilité 2 sans le produit fidélité	76
3.2	Évaluation de la solvabilité de l'entreprise à la date initiale	80
3.2.1	Présentation de l'étude	80
3.2.2	Déformation du bilan Solvabilité 2	81
3.2.3	Analyse du capital réglementaire	88
3.2.4	Analyse du ratio de solvabilité	95
3.2.5	La performance du produit du point de vue de l'assuré	96
3.2.6	Conclusion	99

3.3	Analyse prospective du produit fidélité	100
3.3.1	Présentation de l'étude	100
3.3.2	Bonification servie à l'assuré	101
3.3.3	Analyse de la rentabilité	102
3.3.4	Évolution du SCR	106
3.3.5	Évolution du ratio de solvabilité	110
3.3.6	Comparaison avec une garantie brut de frais	111
3.4	Conclusion de l'étude	112
	Conclusion	117
	Bibliographie	118

Introduction

L'activité d'assurance est réglementée depuis le 1er janvier 2016 par la directive Solvabilité 2. La réglementation est cruciale car cette activité a pour but d'être en capacité de garantir les engagements pris envers des assurés. C'est pour cela que les assureurs détiennent un actif composé principalement d'obligations. Ce sont des investissements présentant un risque modéré et offrant un rendement égal à celui du marché à l'achat. Ce rendement est donc connu pendant toute la durée de l'obligation. Depuis près de 40 ans les taux du marché sont en baisse constante pour atteindre à la fin 2020 des taux négatifs jusqu'à la maturité 20 ans. Ainsi les rendements des assureurs deviennent faibles et à terme, ils ne suffiront plus pour permettre à l'assureur de respecter ses engagements. Cela se traduit par une baisse du ratio de solvabilité.

Plusieurs leviers sont déjà mis en place pour réagir dans un tel contexte. Les assureurs peuvent diversifier leur actif pour espérer un meilleur rendement mais cela augmente le risque et pénalise ainsi leur ratio de solvabilité. Dans le contexte réglementaire actuel, la prise de risque fait diminuer la solvabilité de l'assureur. En assurance vie, les assureurs peuvent diminuer les garanties offertes aux assurés ou encore les obliger à investir en unités de compte, un placement où le risque est pris par les assurés. Cependant ces solutions présentent des limites du point de vue des assurés car ces derniers avertis au risque s'attendent à une couverture du risque de la part de l'assureur.

Ce mémoire a pour objectif de répondre à la problématique suivante :

Dans un contexte de taux bas maintenu, comment les assureurs peuvent-ils proposer des contrats d'assurance-vie garantissant la pérennité de leur solvabilité tout en offrant des garanties avantageuses aux assurés ?

Il s'appuiera sur la mise en place d'un nouveau produit multisupport d'assurance vie dont les garanties offertes dépendent du comportement des assurés. Les assurés fidèles n'effectuant pas de rachat sur leurs contrats d'assurance vie obtiendront des rendements supérieurs.

Dans un premier chapitre, l'activité d'assurance vie sous Solvabilité 2 dans un contexte de taux bas sera expliquée pour contextualiser l'étude. Le fonctionnement du nouveau produit sera présenté dans cette partie.

Dans un second chapitre, les outils ainsi que les hypothèses choisis pour les études réalisées seront exposés.

Finalement, les résultats des études seront présentés et analysés. Les premiers résultats seront issus d'une étude de sensibilité sur un paramètre du nouveau produit en environnement risque neutre. Cette étude permettra d'analyser les impacts du produit sur les composantes du bilan solvabilité 2

d'un assureur mais aussi sur la solvabilité et sur la performance du point de vue de l'assuré. L'analyse se basera sur la compréhension des mécanismes qu'entraîne le nouveau produit. Une seconde étude sera menée pour évaluer les impacts de façon prospective. Cela aura pour but de comprendre l'évolution dans le temps des impacts observés lors de la première étude. Et ainsi, la pérennité d'une activité d'assurance avec la mise en place d'un tel produit pourra être jugée.

Chapitre 1

La solvabilité des assureurs mise à mal par le contexte de taux bas

1.1 Introduction à Solvabilité 2

1.1.1 Présentation générale

Introduction

Le principal objectif d'un régime prudentiel est de définir un niveau de capital nécessaire à l'entreprise pour exercer et gérer les risques liés à son activité avec un certain niveau de confiance. Dans le domaine de l'assurance, il permet de garantir aux assurés que les assureurs seront en capacité de répondre à leurs engagements à travers une exigence sur les fonds propres à détenir. Dans le domaine de l'assurance, l'inversion du cycle de production rend la réglementation de son activité primordiale. En effet, l'assureur reçoit une importante quantité d'argent sur l'ensemble de ses contrats pour des prestations futures incertaines, d'où la nécessité d'un cadre réglementaire rigoureux.

Solvabilité 2 est le nom de l'actuel régime prudentiel entré en vigueur en 2016, il concerne toutes les entreprises d'assurances, mutuelles et instituts de prévoyance en Europe (exception pour les petites entreprises ayant moins de 5M€ de primes et 25M€ de provisions [†]). Il remplace l'ancien régime Solvabilité 1 créé dans les années 70 avec quelques révisions en 2002.

Les défauts de Solvabilité 1

Solvabilité 1 ne prenait pas en compte certains points essentiels comme :

- Risque de marché : Un investissement risqué ne pénalisait pas davantage l'assureur.
- Volatilité des sinistres : Les engagements risqués n'étaient pas plus pénalisés non plus. Le capital réglementaire des assureurs dépendait d'un coût global de sinistres alors qu'en réalité, la solvabilité dépend davantage de la volatilité de ces derniers.

[†]Les critères d'applicabilité sont susceptibles d'évoluer dans le cadre de la révision Solvabilité 2

- L'analyse était rétrospective alors qu'une exigence de solvabilité doit permettre de couvrir un risque futur.

Malgré sa robustesse, Solvabilité 1 posait plusieurs inconvénients. L'exigence de solvabilité sous cette réglementation était davantage liée au niveau d'activité de l'entreprise plutôt que son exposition au risque. Le bilan était comptabilisé en valeur historique et non en valeur économique. De plus, les différents cadres réglementaires au sein de l'Europe étaient hétérogènes.

Les objectifs de Solvabilité 2

Ce nouveau régime surpasse les limites de Solvabilité 1. Il comprend de nombreux changements et ses objectifs sont les suivants :

- Adopter une approche prospective.
- Utiliser une évaluation économique du bilan.
- Prendre en compte de la volatilité des sinistres.
- Pousser les assureurs à considérer tous les types de risques.
- Harmoniser le régime prudentiel au niveau européen.
- Renforcer la compétitivité du marché.

Les trois piliers de Solvabilité 2

Solvabilité 2 repose sur trois piliers fondamentaux explicités, de manière simplifiée, par la Figure 1.1.

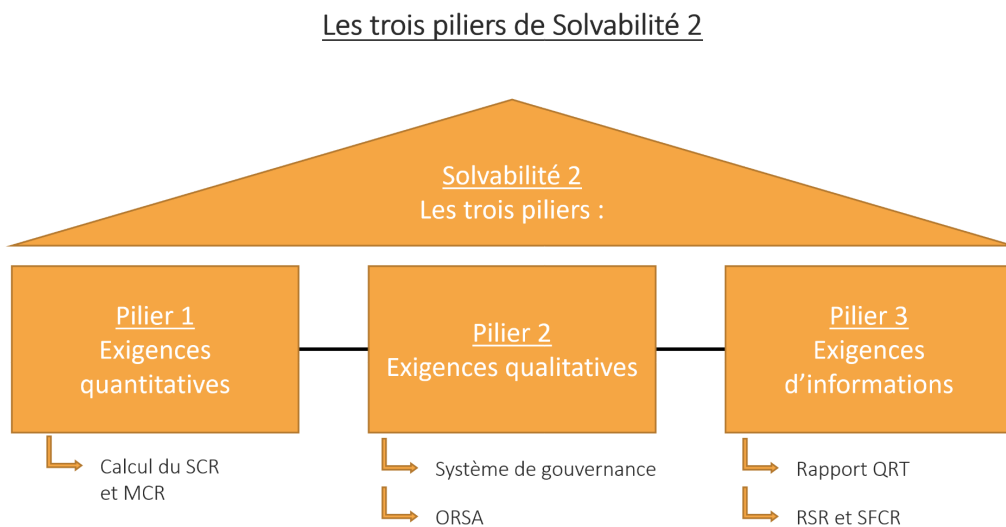


FIGURE 1.1: L'architecture de Solvabilité 2 en trois piliers

1.1.2 Focus sur le pilier 1

Le pilier 1 a pour objectif de cadrer des exigences quantitatives. Il permet à un organisme d'assurance de garantir sa solvabilité en définissant un cadre de calcul précis.

Valorisation économique du bilan

Solvabilité 2 apporte d'importants changements avec le concept de "**Fair Value**" ou encore "**Market Consistency**", cela correspond à une façon de comptabiliser le bilan. Elle consiste à enregistrer les actifs et passifs à leur valeur de marché. La valeur de marché du passif correspond à la valeur à laquelle celui-ci pourrait être échangé, la valeur à laquelle une entreprise d'assurance accepterait de prendre le risque de récupérer la gestion du portefeuille en question.

Valorisation de l'actif

Il existe deux méthodes pour valoriser l'actif : **Mark to market** et **Mark to model**.

La méthode **Mark to market** consiste à comptabiliser les placements financiers cotés sur le marché par leurs cours observés. La grande majorité des actifs que détient une entreprise d'assurance est concernée par cette méthode.

La méthode **Mark to model** est utilisée lorsque les actifs ne sont pas disponibles sur des marchés suffisamment liquides, des actifs dont la valeur de marché n'est pas connue. La fair value peut dans ce cas là, être calculée à l'aide de simulations mathématiques dans un univers risque neutre.

Valorisation du passif

Les passifs, correspondant aux engagements envers les assurés, sont aussi calculés selon le principe de fair value. Tout comme l'actif, il existe deux méthodes différentes de valorisation :

Cas 1 : Le passif peut être répliqué par des actifs financiers. Autrement dit, il est possible de trouver un portefeuille d'actifs répliquant les mêmes flux futurs que le passif. Afin d'obtenir la fair value, la méthode **Mark to market** vu précédemment sera alors appliquée ce portefeuille d'actifs .

Cas 2 : Le passif n'est pas répliquable, la fair value est égale à la somme du *Best Estimate Liabilities* (BEL) et d'une marge pour risque. Le calcul de ces deux valeurs sera explicité par la suite.

Finalement, la figure 1.2 permet de visualiser le changement de valorisation et la composition du bilan économique.

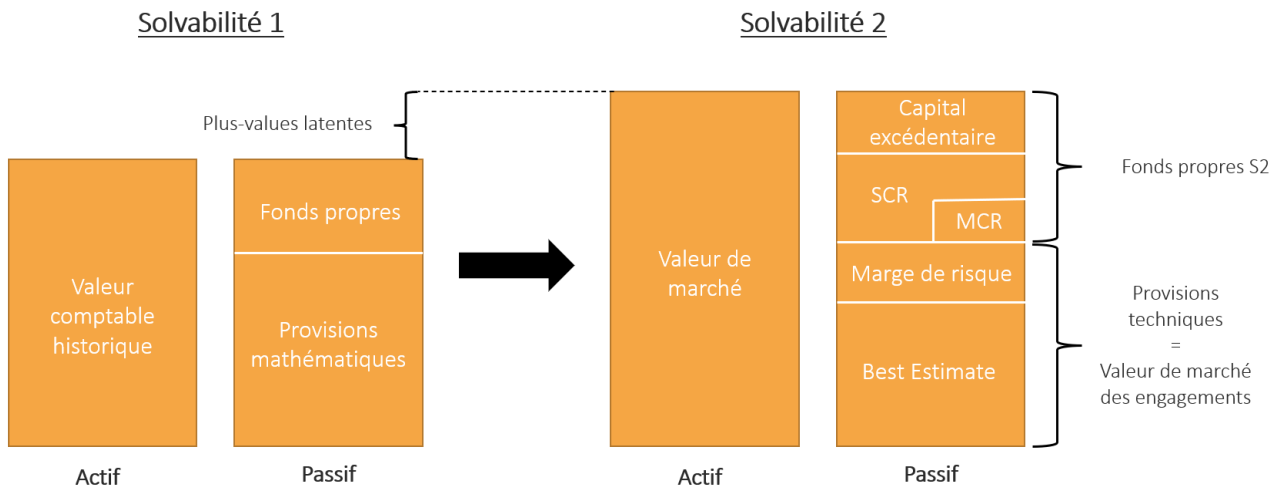


FIGURE 1.2: Passage du bilan en valeur historique à une valeur économique

Calcul du BEL (Best Estimate Liabilities)

Le Best estimate correspond à la somme des valeurs actualisées probables des flux de trésoreries futurs, la formule 1.1 présente la formule mathématique permettant de la calculer.

$$BEL = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}} \otimes \mathbb{P} \left[\sum_{j=1}^M DF(j)F(j) \right], \quad (1.1)$$

avec :

- M le nombre d'années de projection.
- j l'année de projection.
- $DF(0, j)$ le facteur d'actualisation pour l'année j .
- $F(j)$ flux de passif (entrant et sortant) de l'année j .
- \mathbb{Q} et \mathbb{P} respectivement la mesure de probabilité risque neutre et historique (risque réel). Le lien entre ces deux mesures de probabilité sera explicité plus loin dans le mémoire.

Calcul du SCR par la formule standard

Le SCR (Solvency Capital Requirement) est le capital réglementaire requis par Solvabilité 2. C'est le capital (niveau de fonds propres) nécessaire que doit détenir un organisme d'assurance pour garantir ses engagements avec une probabilité de 99,5% sur un horizon d'un an. Autrement dit, une entreprise ayant des fonds propres égaux au SCR aura une probabilité de ruine de 0,5% dans l'année. Deux approches sont proposées pour calculer ce montant en capital : **la formule standard** et le **modèle interne**. L'approche modèle interne laisse plus de liberté à l'assureur pour évaluer sa propre exposition au risque. Cette méthode ne sera pas explicitée dans ce mémoire car la formule standard sera utilisée.

- Une approche modulaire

La formule standard est une approche modulaire, elle recense des grandes catégories de risque sous forme de modules composés eux-mêmes de plusieurs sous-modules reflétant un risque (cf Figure 1.3).

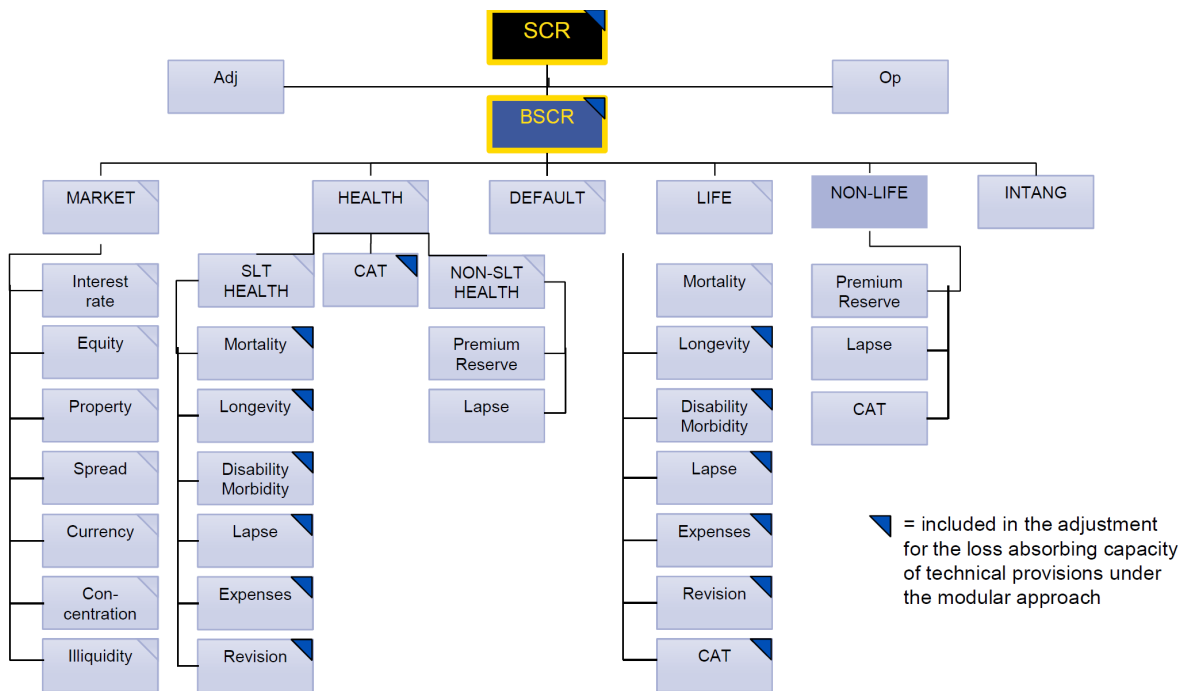


FIGURE 1.3: Ensemble des modules de la formule standard, source : ACPR (2011)

Les risques principaux auxquels un assureur vie est sujet sont le risque de marché (MARKET) et le risque de souscription vie (LIFE). Il est aussi soumis aux risques suivants : Opérationnels, Intangible et Default.

• **Calcul du SCR pour le risque d'un sous module :**

Un SCR (Solvency Capital Requirement) est le capital réglementaire que doit détenir l'assureur pour pouvoir faire face à un risque. Le SCR pour un risque donné est calculé en mesurant l'impact d'un choc sur le bilan. La NAV (Net Asset Value, défini par l'équation 1.2) dans un scénario central est alors comparée avec la NAV dans le scénario choqué comme l'illustre la figure 1.4. Un scénario choqué correspond à un scénario où le risque étudié entraîne une situation défavorable.

$$NAV = Actif_{Valeur\ de\ marché} - BEL \tag{1.2}$$

A noter que quelque soit le risque considéré, l'équation 1.2 utilise l'actif en valeur de marché. Pour être cohérent avec la définition du SCR donné précédemment, le choc appliqué pour un risque doit correspondre à une situation défavorable pouvant se produire dans l'année avec une probabilité de 0,5%. Au travers d'un exemple simplifié, la Figure 1.4 présente la méthodologie pour calculer un SCR avec des chiffres choisis arbitrairement.

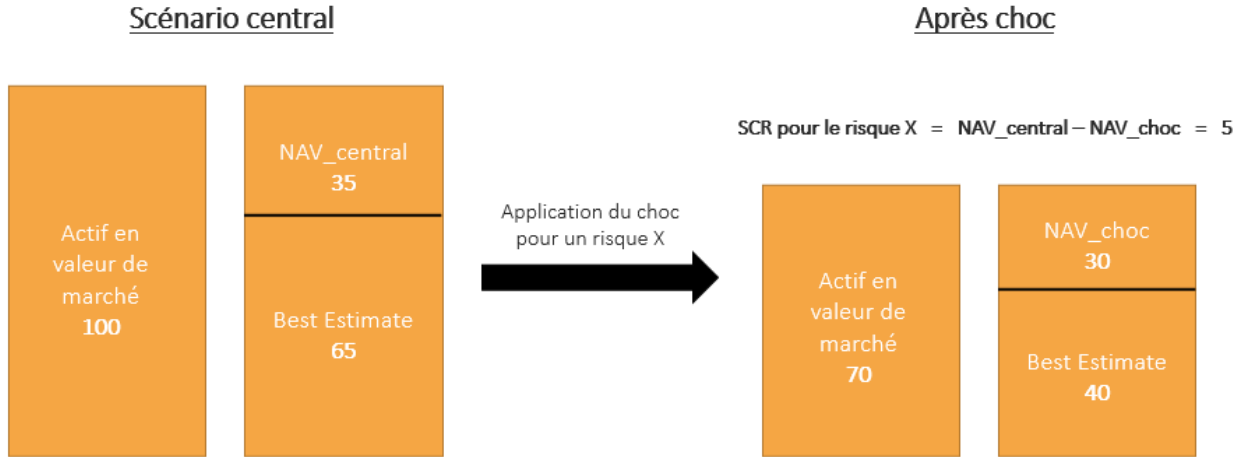


FIGURE 1.4: Calcul du SCR pour un risque donné

Le calcul du $SCR_{marché}$ servira d'exemple pour expliciter la démarche permettant d'obtenir le capital réglementaire pour un module principal. Une fois tous les $SCR_{i,i \in \{actions, spread, \dots\}}$ calculés, le $SCR_{marché}$ est calculé par une agrégation des SCR_i faite à partir d'une matrice de corrélation.

$$SCR_{marché} = \sqrt{\sum_{(i,j) \in n \times n} \rho_{ij} \times SCR_i \times SCR_j}, \quad (1.3)$$

avec :

- n le nombre de sous-modules présents dans le module *Market*.
- ρ_{ij} le coefficient de corrélation entre le risque i et j .

Certains chocs vont impacter la valeur de marché initiale de l'actif ainsi que la proportion NAV/Best estimate (Ex : les risques de marché). D'autres n'impacteront pas la valeur de marché initiale mais uniquement la proportion NAV/Best Estimate (Ex les risques de souscription vie). Il convient alors de définir la **capacité d'absorption**. C'est un indicateur permettant de mesurer la capacité qu'à un assureur à diminuer ses engagements lors d'une situation économique défavorable (application d'un choc de marché). Autrement dit, si le Best Estimate d'un assureur diminue après l'application d'un choc de marché alors il bénéficiera d'une capacité d'absorption. La perte de valeur du bilan impactera à la fois la NAV et le Best Estimate. L'équation 1.4 présente le calcul permettant d'obtenir la capacité d'absorption.

$$Capacité\ d'absorption = \frac{BE_{avant\ choc} - BE_{après\ choc}}{Actif_{avant\ choc} - Actif_{après\ choc}} \quad (1.4)$$

Dans l'exemple de la figure 1.4, la capacité d'absorption vaut 83% (le calcul est détaillé par l'équation 1.5).

$$Capacité\ d'absorption = \frac{65 - 40}{100 - 70} = \frac{25}{30} \approx 83\% \quad (1.5)$$

Dans cet exemple, la capacité d'absorption est très importante. En effet, la baisse en valeur de marché du bilan est absorbée quasiment intégralement par le BE. La NAV est quant à elle très peu impactée, cela explique aussi la valeur faible du SCR. Plus la capacité d'absorption se rapproche de 100% moins l'assureur se retrouvera impacté par la situation économique défavorable.

- **Calcul du BSCR :**

L'étape suivante consiste à agréger les SCR des différents modules de risque principaux à l'aide d'une autre matrice de corrélation et d'y ajouter le SCR_{intang} afin d'obtenir le besoin en capital global, le BSCR défini par l'équation 1.6.

$$BSCR = \sqrt{\sum_{(i,j) \in m \times m} \kappa_{ij} \times SCR_{module_i} \times SCR_{module_j}} + SCR_{intang}, \quad (1.6)$$

avec :

- m le nombre de modules de risque principaux (il y a 6 recensés par la formule standard)
- κ_{ij} le coefficient de corrélation entre le module i et le module j (cf Figure 1.1)
- SCR_{intang} égal à 80% de la juste valeur des actifs incorporels, des actifs n'ayant pas de forme physique (Ex : Brevets).

La table 1.1 représente les coefficients de corrélations utilisés pour le calcul du BSCR.

Corrélations	SCR marché	SCR défaut	SCR vie	SCR santé	SCR non-vie
SCR marché	1				
SCR défaut	0,25	1			
SCR vie	0,25	0,25	1		
SCR santé	0,25	0,25	0,25	1	
SCR non-vie	0,25	0,5	0	0,25	1

TABLE 1.1: Matrice de corrélation des modules principaux de risque, source : COMMISSION EUROPÉENNE (2014)

L'agrégation à travers une matrice de corrélation permet de prendre en compte l'effet de diversification et ainsi réduire la charge en capital. En effet, toutes les situations défavorables pour chaque risque ne peuvent pas statistiquement se produire la même année. La figure 1.5 illustre l'effet de la diversification lié à l'agrégation expliquée précédemment. Ce phénomène de diversification est aussi valable pour l'agrégation des sous-modules en modules.

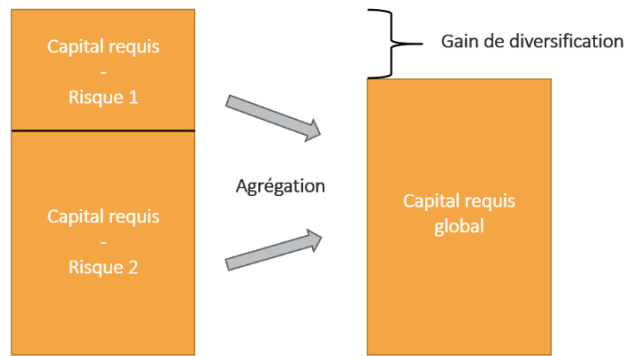


FIGURE 1.5: Diminution du capital suite à l'agrégation

Le risque de marché est le risque le plus important pour l'activité d'assurance vie, la capacité pour un assureur à répondre à ses engagements envers les assurés dépend fortement de la performance des marchés financiers. En effet, une des principales garanties offerte aux assurés est une revalorisation minimum de leur encours (cette garantie sera explicitée dans la partie dédiée à l'assurance vie). Il est donc crucial d'investir dans des actifs ayant la capacité de répondre à ces engagements. De plus, certains actifs sur les marchés financiers (Ex : Action) possèdent une volatilité très importante, le besoin en capital du risque de marché est donc logiquement le plus conséquent pour les assureurs vie. A titre d'exemple, le choc appliqué aux actions de type 1 dans le calcul du SCR est de 39% (corrigé régulièrement par un effet dampener dont le niveau dépend de l'état d'un indice action).

- **SCR final :**

Finalement, le SCR final est défini par la somme du $BSCR$ et deux autres composantes présentées par l'équation 1.7.

$$SCR = BSCR + Adj + SCR_{op}, \quad (1.7)$$

avec :

- Adj correspond à l'ajustement visant à tenir compte de la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques et/ou des impôts différés
- SCR_{op} dû à des pertes potentielles liées à des défaillances dans les processus internes de l'entreprise, à des erreurs humaines ou encore à des événements extérieurs

MCR

Le MCR correspond à un seuil de fonds propres en dessous duquel la poursuite de l'activité d'assurance devient inacceptable. Il est compris entre 25% et 45% du SCR

L'assureur peut alors se retrouver dans trois situations.

- Cas 1 : L'assureur détient assez de fonds propres pour couvrir le SCR et MCR, il peut donc exercer son activité d'assurance normalement.

- Cas 2 : L'assureur détient assez de fonds propres pour couvrir le MCR mais pas assez pour le SCR. Le régulateur peut demander à l'assureur un plan de redressement pour se retrouver dans le cas 1.
- Cas 3 : Le régulateur intervient et impose un retour immédiat au cas 2. Sinon l'assureur perd l'agrément et ne peut plus exercer son activité.

Le ratio de solvabilité

Un indicateur alors très utilisé pour évaluer et comparer la solvabilité de l'assureur est le *Ratio de solvabilité*. Ce dernier est défini ci-dessous par l'équation 1.8.

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres éligibles au SCR}}{\text{SCR}} \quad (1.8)$$

Dans un premier temps les fonds propres disponibles sont catégorisés par "Tier", ils sont au nombre de 3 :

- **Tier 1** : Cette catégorie correspond aux fonds propres de meilleure qualité. Elle est composée des capitaux propres, des primes liées, des résultats non distribués et des dettes subordonnées respectant les clauses stipulées à l'article 75 de la directive 2009/138/CE.
- **Tier 2** : Cette catégorie est composée des passifs subordonnés, valorisés conformément à l'article 75 de la directive 2009/138/CE ainsi que des passifs subordonnés du Tier 1 déclassé en Tier 2 suite à un dépassement de limites.
- **Tier 3** : Cette catégorie est composée des passifs subordonnés, valorisés conformément à l'article 75 de la directive 2009/138/CE ainsi que du montant égal à la valeur des actifs d'impôts différés nets (article 76).

Les fonds propres éligibles se calculent à partir des fonds propres disponibles. Des conditions sur les Tiers sont requises, par exemple, au moins 50% du capital requis doit être des fonds propres du Tier 1.

Un arrêté datant de fin 2019 permet aux assureurs d'ajouter dorénavant une partie de Provision pour Participation aux Bénéfices (PBB) en plus des fonds propres éligibles pour calculer le ratio de solvabilité. Cet arrêté ne change rien concernant l'appartenance de la PBB aux assurés mais permet d'augmenter considérablement le ratio de solvabilité des assureurs.

Calcul de la marge pour risque

La Marge pour Risque (*RM*) se calcule par une approche "Coût du capital". Cette approche est détaillée dans l'article 37 du règlement délégué (COMMISSION EUROPÉENNE (2014)). La marge pour risque vient s'ajouter au BEL pour donner une valeur de marché au passif. Elle peut être interprétée comme la part des provisions techniques permettant de s'assurer que le montant des provisions techniques est équivalent au montant que l'assureur doit disposer pour honorer ses engagements.

$$RM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}, \quad (1.9)$$

avec :

- CoC représente le taux de coût du capital égal à 6%
- r_t le taux sans risque de maturité t

Comme toutes les branches de l'activité d'assurance, l'assurance vie est soumise à Solvabilité 2. Les contrats d'assurance vie épargne offrent de nombreuses options et garanties aux assurés et certaines naissent des performances de l'actif. Les chocs de marché imposés par Solvabilité 2 vont alors fortement impacter cette branche de l'assurance qui sera présentée dans la partie suivante.

1.2 L'assurance vie épargne

1.2.1 Présentation générale

L'assurance vie est une branche spécifique de l'assurance qui fait naître des engagements dont l'exécution dépend de la durée de vie de l'assuré. Le risque que prend l'assureur dans un contrat d'assurance vie ne porte pas sur l'évènement du décès de l'assuré (évènement certain) mais sur la durée de vie résiduelle de ce dernier. En pratique, pour le cas de l'épargne, qui représente une grande partie de l'activité d'assurance vie, l'aléa porte alors aussi sur le moment où les sommes devront être remboursées à l'assuré lorsque celui-ci fait une demande de rachat.

Par la suite, les différents supports d'épargne aujourd'hui disponibles en assurance vie seront présentés.

1.2.2 Le fonds en euros

Le fonds en euros est un support d'épargne pour les assurés qui recherchent de la sécurité, les épargnants peuvent investir leur capital tout en étant écartés des risques de marché. Ce support offre de nombreux avantages aux assurés, il est très populaire en France. Le triptyque connu du fonds en euros est le suivant : **rentabilité-sécurité-liquidité**

Le taux technique

Le taux technique est un taux qui représente la revalorisation minimum qui sera appliquée au contrat d'assurance vie pendant toute sa durée de vie. Il est déterminé contractuellement dès la souscription. De plus, ce taux est réglementairement plafonné et ce montant est limité en fonction de la durée du contrat.

Ce taux permet aux assurés de recevoir une revalorisation minimum malgré les performances potentiellement défavorables des marchés financiers. En plus de ce taux technique, l'assureur peut promettre un Taux Minimum Garanti (TMG) ayant le même rôle qu'un taux technique mais peut être promis

par l'assureur que pour une période de 2 ans maximum. L'assuré est informé du TMG offert grâce à des lettres d'information annuelles.

Ces raisons implique que le fonds en euros représente un risque pour les assureurs.

Cependant, les taux techniques et TMG offerts aux assurés sont déterminés de façon prudente dans le but de permettre aux assureurs de répondre à leurs engagements. Pour compenser cette prudence (tables de mortalités prudentes, TMG plafonnés), la réglementation impose le concept de la participation aux bénéfices.

La Participation aux Bénéfices (PB)

La participation aux bénéfices est la part des produits financiers (au prorata de la provision mathématiques sur le bilan) et des résultats techniques versée aux assurés en plus du TMG. Certaines clauses peuvent proposer des participations aux bénéfices supérieures au minimum réglementaire. La PB réglementaire de la PB contractuelle seront alors distinguées. En plus de ces deux participations aux bénéfices, l'assureur peut reverser une part des produits financiers restants à une partie (ou la totalité) des bénéficiaires des contrats d'assurance vie. Cela est appelé "participation aux bénéfices discrétionnaire".

Le mécanisme de la PB prend en compte deux résultats : le **résultat technique** (résultat lié à la mortalité et la gestion) et le **résultat financier**. La participation aux bénéfices minimum réglementaire est présentée par l'encadré suivant.

PB financière = 85% du bénéfice financier **OU** 0% du déficit financier

PB technique = 90% du bénéfice technique **OU** 100% du déficit technique

Finalement,

Participation aux bénéfices = PB financière + PB technique - Intérêts techniques

Les intérêts techniques correspondent aux montants minimums à reverser (taux technique et TMG).

La réglementation offre cependant la possibilité à l'assureur de doter une partie de la PB en provision pour participation aux bénéfices (PPB) avec l'obligation de la reverser sous 8 ans à l'assuré. Cela permet aux assureurs de lisser leurs résultats et de continuer à servir des taux intéressants malgré des années potentiellement défavorables dans le futur.

1.2.3 Les unités de compte

Les unités de compte (UC) sont des supports d'épargne en assurance vie destinés à des assurés prêts à prendre des risques en compensation d'un potentiel surplus de rendement. Contrairement au fonds euros, le contrat n'est pas exprimé en euros mais en **nombre de parts**. Le capital est investi sur différents supports dont la valeur des parts varie en fonction des marchés financiers. La volatilité de ce placement est donc plus importante que celle du fonds en euros comme le montre Figure 1.6.

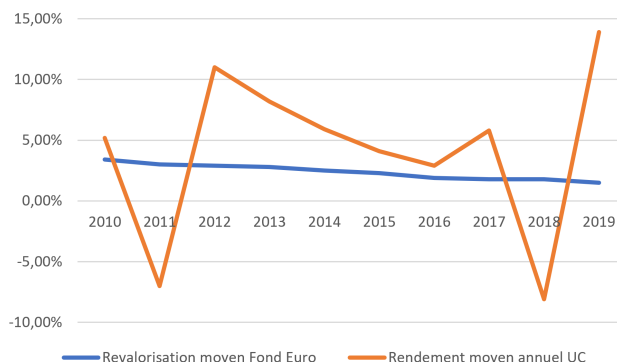


FIGURE 1.6: Comparaison des rendements moyens annuels du fonds en euros et des UC

L'assureur garanti à l'assuré un nombre d'unités de compte (nombre de parts) et non un montant en euros. Ce produit d'épargne peut être composé d'actions, d'obligations souveraines/corporates, d'ETF (Exchange-Traded Fund), de valeurs mobilières ou encore de patrimoine immobilier (SCI).

Les unités de compte sont disponibles en grande partie dans des produits dits **multi-supports**. Ce sont des produits composés d'une partie en fonds euro et d'une autre en UC. Concernant la partie UC, le risque lié à la volatilité des marchés financiers est porté par l'assuré. Une proportion plus importante de l'épargne investie sur les supports en UC permet un transfert de risque des assureurs vers les assurés. La réduction du risque porté par les assureurs aura un effet baissier sur le capital réglementaire requis par Solvabilité 2 . Ce point est détaillé dans une prochaine partie (1.4.1).

1.2.4 Options et garanties

Droit de rachat

Le rachat est l'opération par laquelle l'assuré demande à récupérer une partie ou la totalité (rachat partiel ou total) de l'épargne accumulée depuis le début du contrat. En assurance-vie, cette opération est possible à toute date pendant la durée du contrat.

Le rachat est une composante très importante en assurance vie, elle lie fortement le passif avec l'actif. L'assureur doit s'assurer d'avoir une quantité d'actifs assez liquide pour être en capacité de rembourser à tout moment les assurés suite à des demandes de rachat.

Les arbitrages

L'arbitrage est un droit offert aux assurés sur des contrats multi-supports. Cela consiste à transférer une partie du capital de la partie fonds en euro à celui des unités de compte et inversement.

Le contexte de taux bas installé depuis plusieurs années épuise les richesses latentes des assureurs et diminue leur solvabilité. En effet, comme expliqué précédemment, l'assurance vie étant très dépendante du contexte économique. Le besoin d'innovation des assureurs est maintenant indispensable.

1.3 L'assurance vie dans un contexte de taux bas

1.3.1 Zoom sur l'évolution des taux jusqu'à aujourd'hui

Les Obligations Assimilables du Trésor (OAT) sont des taux d'État français. Ces OAT sont des taux de référence et sont considérées comme des investissements sécurisés car un pays comme la France présente généralement peu de risque de faire défaut. Ces taux représentent un niveau minimum de rendement auquel l'assureur peut s'attendre avec une prise de risque minimale.

Cependant, dans ce contexte économique actuel, les taux long terme suivent une baisse prolongée et ont atteint des valeurs négatives pour la première fois en 2019 (voir figure 1.7).



FIGURE 1.7: Évolution de l'OAT 10 ans en France depuis le début des années 80 (source : BANQUE DE FRANCE (2021))

1.3.2 Les taux bas, une conséquence de la politique monétaire de la BCE

Ce contexte de taux bas est en partie le résultat de la politique de la BCE (Banque Centrale Européenne). Son principal objectif était de viser une inflation inférieure à, mais proche de 2% jusqu'à la fin juillet 2021 pour passer à une cible symétrique de 2% à moyen terme. Des politiques monétaires sont prises en ce sens. Cette politique est la conséquence des crises financières passées.

Les politiques monétaires conventionnelles

Classiquement, la BCE peut modifier les taux directeurs, un outil très efficace pour atteindre ses objectifs. Ces taux sont au nombre de 3 :

- Le taux central (taux de refinancement) : C'est le taux directeur principal, il est utilisé lors des opérations de refinancement, c'est le taux auquel les banques commerciales peuvent emprunter auprès de la BCE pour une durée d'une semaine.

- Le taux de prêt marginal : C'est le taux auquel les banques commerciales peuvent emprunter auprès de la BCE pour une durée de 24h. Ces taux sont utilisés pour des besoins de liquidité urgents.
- Le taux de dépôt : C'est le taux d'intérêt proposé aux banques qui souhaitent déposer leur surplus de trésorerie auprès de la BCE.

En baissant donc ces derniers, les banques commerciales peuvent emprunter de l'argent à faible coût pour ainsi accorder des prêts attractifs aux particuliers. Ce levier permet ainsi de baisser l'inflation, de relancer l'économie tout en faisant baisser les taux du marché.

Les politiques monétaires non conventionnelles

Après avoir utilisé les taux directeurs pour atteindre ses objectifs monétaire, la BCE a usé de nouveaux moyens appelés "mesures non conventionnelles".

Une mesure connue est le **TLTRO** (Targeted Long Term Refinancing Operation), ce sont des emprunts à taux d'intérêts faibles, remboursables qu'après 4 ans. L'accès des banques à de la liquidité est donc assoupli.

Une autre mesure très répandue est le **Quantitative Easing** (QE), la BCE intervient sur les marchés financiers et effectue un rachat massif d'actifs de façon mensuelle. Les principaux actifs concernés sont les obligations d'états européens. Cependant, dû à une loi interdisant la BCE de financer les États, ces rachats d'actifs se font sur les marchés secondaires. Cette forte hausse d'achats va induire une baisse des taux d'intérêt. L'augmentation de la liquidité circulante permet d'empêcher une déflation et ainsi un ralentissement de l'économie. C'est un levier utile pour relancer l'économie.

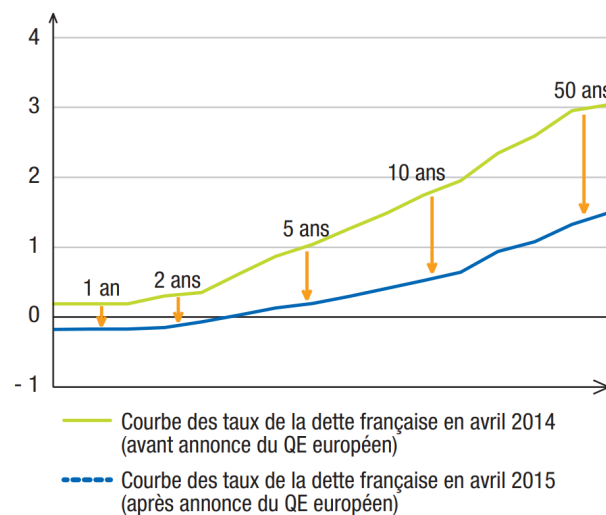


FIGURE 1.8: Évolution de la courbe des taux des titres d'État français suite à l'annonce du QE européen (en%), source : BANQUE DE FRANCE (2019)

Le QE s'élargit et la BCE met en place les **PEPP** (Pandemic Emergency Purchase Programme). Ce programme a été mis en place en 2020 pour réduire l'impact de la crise économique engendrée par la pandémie de la COVID-19. Cette fois ci, ce sont des rachats temporaires d'actifs et principalement des

obligations d'états. Cela permet donc comme le QE de relancer l'économie mais aura pour conséquence le maintien du contexte de taux bas voir négatif.

1.3.3 Une baisse des taux historiquement profitable aux assureurs

La baisse des taux que connaît le marché depuis près de 40 ans a longuement profité aux assureurs. L'actif des organismes d'assurance a toujours contenu une part importante d'obligations (souveraines ou d'entreprises). Ces actifs possèdent la particularité d'avoir un rendement fixe sous forme de coupons, connu lors de l'achat. Lorsque les taux sont en baisse, l'assureur continue de profiter de ce rendement supérieur à ceux du marché du fait d'avoir investi dans ces obligations dans le passé, à un taux plus élevé.

Ce contexte a été pendant des années profitable pour les assureurs mais aussi pour les assurés. En effet, ayant un actif peu risqué avec des rendements supérieurs à celui du marché, les assureurs ont pu revaloriser les contrats en fonds en euros avec des taux supérieurs à ceux du marché et inférieurs à leur taux de rendement de l'actif (voir la figure 1.9). Cela explique la popularité de ce support au sein de la population, le tryptique rentabilité-sécurité-liquidité représente tous les avantages d'un investissement.

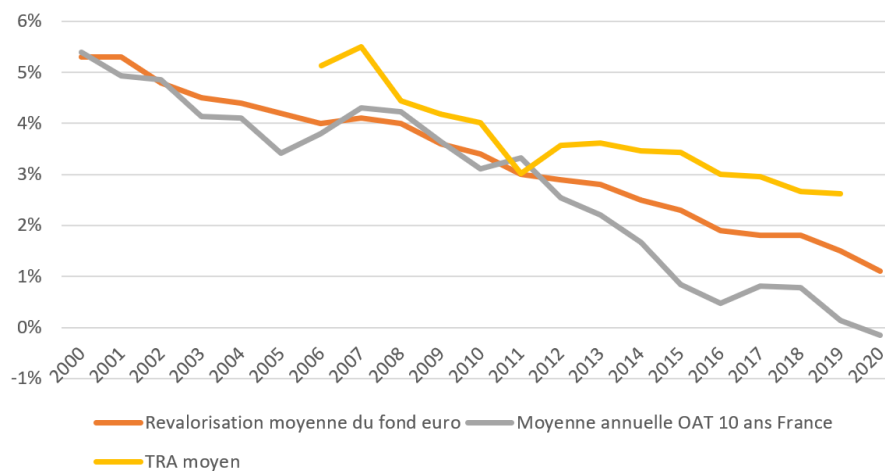


FIGURE 1.9: Illustration de la baisse des taux profitable pour les assureurs

Cependant cette baisse des taux atteint des niveaux critiques, le taux pour l'OAT 10 en France est même devenu négatif. Il convient de penser que cette baisse a atteint (ou presque) un seuil à partir duquel les taux ne diminueront plus. En effet, si cette baisse devient trop importante, il sera plus intéressant de conserver l'argent physiquement que de l'investir. Le coût serait moins important que le coût des investissements à taux trop négatifs.

Deux scénarios sont alors à imaginer, le premier serait que les taux remontent de façon brutale ou progressive. Dans ce mémoire, le scénario de remontée progressive des taux sera présentée. Le second scénario serait que ce contexte de taux bas perdure.

1.3.4 Les scénarios futurs possibles

Scénario futur 1 : La remontée des taux

Dans le cas d'une remontée des taux, l'assureur est sujet à une vague de rachats de la part des assurés plus ou moins importante selon la brutalité de la remontée. En effet, la concurrence pourrait proposer des nouveaux produits offrant des rendements supérieurs. Ces rachats résultent d'un comportement rationnel et sont dus aux taux du marché supérieurs aux taux servis par les assureurs aux assurés. Cependant, il faut aussi nuancer par le fait qu'il faudrait une concurrence forte pour que certains acteurs ayant une forte inertie soient impactés. De plus le comportement des assurés n'est pas nécessairement rationnel.

Dans le cas où une telle situation se produit, les assureurs seraient forcés de revendre leurs actifs en moins-value pour verser les prestations aux assurés. En effet, lorsque les taux remontent, l'actualisation est plus importante et ainsi les valeurs de marché baissent (cf équation 1.10).

$$Prix_{obligation} = \sum_{t>0} \frac{Flux_t}{(1+r_t)^t}, \quad (1.10)$$

avec :

- $Flux_t$ l'ensemble des flux perçus l'année t (coupon et remboursement de l'obligation)
- r_t les taux du marché de maturité t

Les rachats représentent donc une perte potentielle dépendant de l'intensité de ces derniers. Une solution est donc pour l'assureur de garder une duration d'actif plus faible que le passif pour être capable de réagir face à cette situation. En effet, cela lui permet de pouvoir réinvestir plus rapidement dans des actifs rentables. La duration permet d'apprécier la date moyenne à laquelle les flux se produisent (Les flux peuvent être des coupons lorsque le produit s'agit d'une obligation ou des prestations s'il s'agit d'un passif d'assurance). Elle se calcule grâce à une date moyenne des flux pondérée par leurs valeurs actualisées (cf équation 1.11).

$$Duration_{obligation} = \frac{\sum_i T_i \frac{F_i}{(1+TRI)^{T_i}}}{\sum_i \frac{F_i}{(1+TRI)^{T_i}}}, \quad (1.11)$$

avec :

- T_i la i -ème année (ex : $T_1 = 1, T_2 = 2, \dots$)
- TRI le taux de rendement actuariel de l'obligation
- F_i le flux généré par l'obligation la i -ème année (coupons et remboursements)

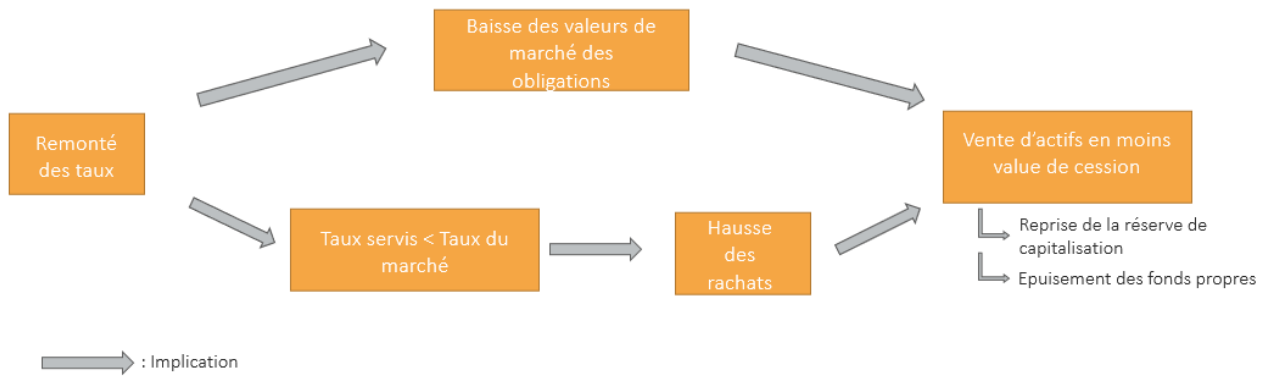


FIGURE 1.10: Schématisation simplifiée du risque de remontée des taux

Scénario futur 2 : La perduration des taux bas

Dans le cas où les taux bas perdurent, l'assureur finira par épuiser toutes ses obligations investies dans le passé avec un rendement intéressant et devra donc réinvestir dans des actifs à très faible rendement. Cela rendra donc à terme l'engagement envers les assurés difficile à maintenir, c'est le risque de réinvestissement. Aujourd'hui les assureurs détiennent encore des anciens actifs qui leur permettent de répondre pour le moment à leurs engagements. Cependant le risque de réinvestissement doit être anticipé par les assureurs. Une première solution serait d'allonger la durée de l'actif pour permettre un surplus de rendement. En effet, les obligations à plus grande maturité entraînent des rendements plus importants. Néanmoins, cette solution expose davantage l'assureur au risque de taux et de rachat.

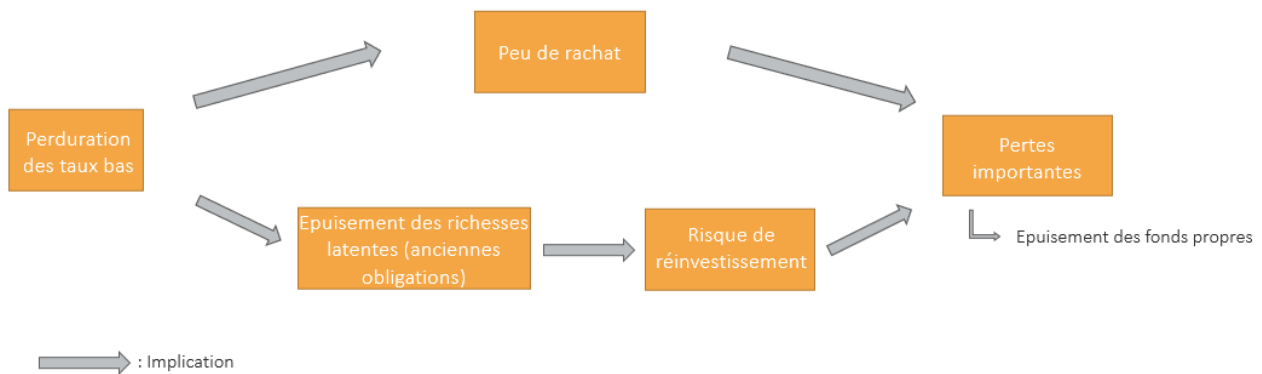


FIGURE 1.11: Schématisation simplifiée du scénario 2

Ce scénario est le plus probable de se produire compte tenu des mesures prises par la BCE depuis plusieurs années, et qui ont été accentuées par la crise du COVID-19. Les assureurs ont déjà commencé à réagir face à cette situation en restructurant leurs passifs. La partie suivante explique les premières solutions apportées.

1.4 Les premières solutions adoptées par les assureurs

Plusieurs leviers sont actuellement utilisés par les assureurs, ceux présentés dans ce mémoire sont la part minimum d'UC imposée et la diminution de la garantie. De plus l'évolution sur les frais de gestion peut aussi être utilisée.

1.4.1 Une part minimum d'UC imposée

Les rendements obligataires étant de plus en plus faibles, les assureurs se retrouvent obligés de diversifier leurs actifs afin d'espérer des rendements plus importants (Ex : Part plus importante d'actions/d'immobilier). Cependant, les chocs réglementaires sous Solvabilité 2 pour ces actifs sont très importants, c'est une solution qui fait augmenter considérablement le SCR.

Afin de diversifier son actif tout en limitant l'augmentation du capital réglementaire, certains assureurs imposent une condition pour les nouvelles collectes : un pourcentage minimum du capital investi en unités de compte. Aujourd'hui, de nombreux nouveaux produits d'assurance vie commercialisés requièrent une part minimum du capital investi en unités de compte.

Ce mécanisme est expliqué graphiquement sur la figure 1.12.

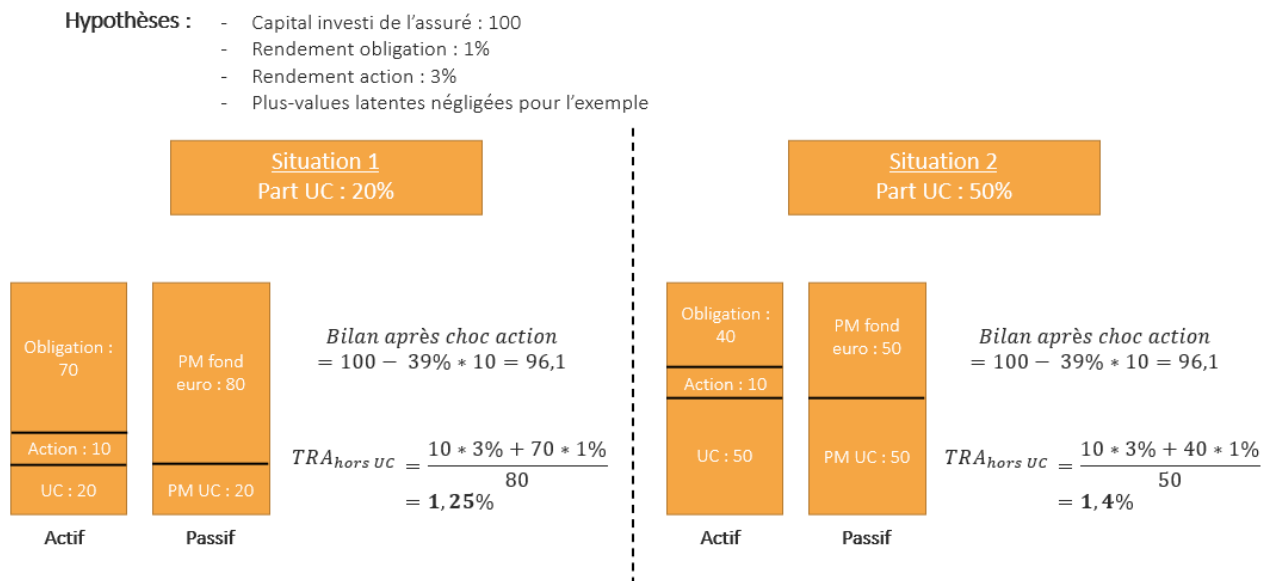


FIGURE 1.12: Explication du levier UC utilisé par les assureurs

- **Explication des deux situations de la figure 1.12 :**

Dans les deux situations, l'assuré investit un capital de 100. Dans la situation 1, la part d'UC est de 20% tandis que dans la situation 2 cette part est de 50%.

Dans cette exemple, l'impact des actions sera étudié. En effet, les actions (de type 1) représentent un actif important dans le calcul du capital réglementaire dû au choc important appliqué (39%).

Dans la situation 1, la proportion des actions dans l'actif (hors UC) représente $\frac{10}{80} = 12,5\%$. Dans la situation 2, cette proportion représente $\frac{10}{50} = 20\%$. La taille du bilan après le choc action est égale dans les deux situations, le capital réglementaire sera donc proche.

Cependant, dans la situation 2, le taux de rendement de l'actif bénéficie d'un surplus de 0,15% (1,4% au lieu de 1,25%).

Conclusion : En imposant une part minimum d'UC et pour un capital investi égal, l'assureur peut ainsi augmenter son taux de rendement de l'actif tout en stabilisant le capital réglementaire. L'assureur gagne donc en rentabilité et la revalorisation sur la partie fonds en euros sera plus importante pour l'assuré (mécanisme de participation aux bénéfices).

Limite : Dans la situation 2, l'assuré est soumis à un risque de perte en capital plus important que dans la situation 1.

Cet exemple est très simplifié, en pratique il faudrait prendre d'autres paramètres en compte. En effet dans la partie du fonds euro, l'assureur bénéficie de la capacité d'absorption grâce à la participation aux bénéfices. Alors que dans la partie UC, le choc aura un impact sur les marges futures car l'encours sera naturellement moins important.

Le versement minimal sur les supports en UC demandé en ce moment sur le marché est généralement autour de 30% du capital investi mais peut monter à 60%.

Afin de favoriser l'investissement en UC, les assureurs prennent des frais pour des arbitrages des unités de compte vers le fonds en euros. L'arbitrage inverse quant à lui, ne comporte majoritairement pas de frais. Cette politique incite donc plus les assurés à transférer leur capital du fonds en euros vers des unités de compte. De plus, de nombreux messages à caractère promotionnel poussent une nouvelle fois les assurés à investir davantage en unités de compte (source : LAMY (2020)).

Ces nouvelles mesures font évoluer la part d'unités de compte observée sur le marché français comme le montre la figure 1.13 sur ces trois dernières années.

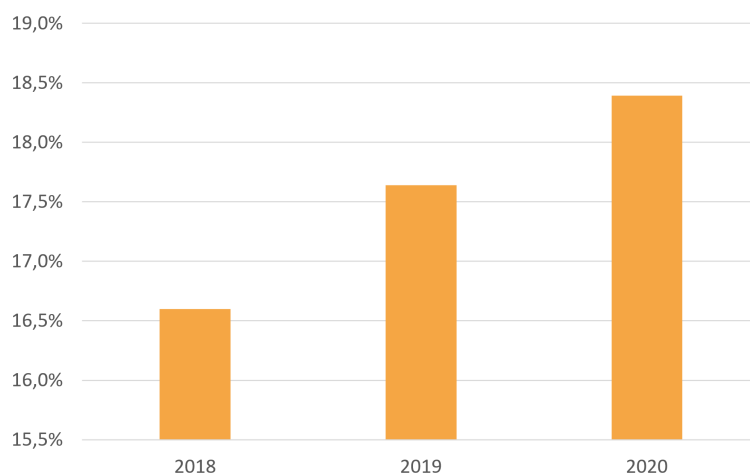


FIGURE 1.13: Évolution de la part UC au sein des portefeuilles des assureurs sur les trois dernières années (source : Benchmark réalisé par Optimind

)

1.4.2 Diminution de la garantie

L'autre levier utilisé par les assureurs pour réagir face à ce contexte économique est de diminuer la garantie offerte aux assurés. L'assureur propose alors un TMG "brut de frais" contrairement aux TMG

net de frais. Il faudra donc soustraire les frais à ce taux pour obtenir la revalorisation et ainsi le capital réellement garanti. Si le TMG brut de frais est inférieur aux frais du contrat, alors la revalorisation garantie sera inférieure à 100%. Dans des conditions défavorables où il n'y a pas de participation aux bénéfices à reverser, l'assuré peut voir son capital revalorisé inférieur à celui investi du fait des frais de gestion amputés.

Cette pratique permet aux assureurs de diminuer leurs engagements, d'augmenter leur capacité d'absorption lors de scénario défavorable et ainsi réduire la charge en capital.

L'étude de ce levier a déjà été réalisée lors de précédents mémoires. Les résultats présentés dans le mémoire de BOCCARA (2019) serviront d'exemple pour illustrer les impacts de ce levier. Deux études ont été réalisées pour visualiser l'impact de la diminution de la garantie sur le ratio de solvabilité. Les hypothèses sont identiques à l'exception du TMG net de frais valant 0% ou -2% pour l'ensemble des nouvelles collectes. La figure 1.14 permet de visualiser les résultats obtenus.

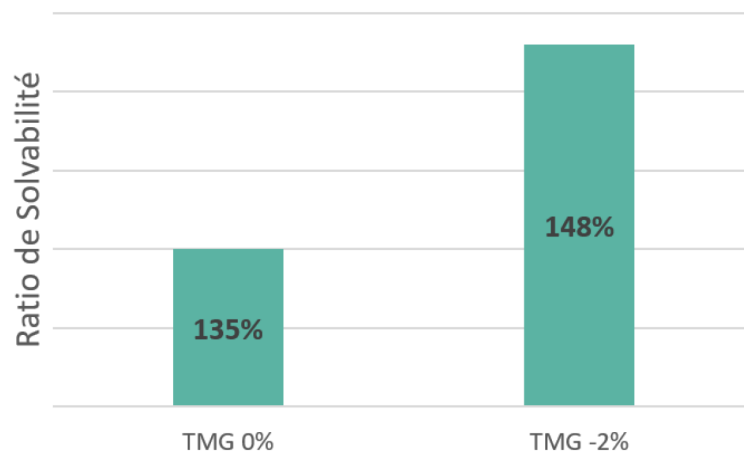


FIGURE 1.14: Impact de la diminution de la garantie sur le ratio de solvabilité, source : BOCCARA (2019)

Le paramètre de la garantie est un outil efficace pour faire évoluer le ratio de solvabilité des assureurs. Cependant, en offrant un TMG négatif aux assurés, l'assureur dévie de sa fonction principale qui est de protéger l'assuré d'un risque d'investissement. De plus, les français représentent une population averse aux risques, il peut donc être difficile de mettre en place un tel produit sur le marché. Cette conclusion est la même pour le levier sur la part d'unités de compte minimum.

De plus, cette diminution de la garantie n'est pas juste théorique. En effet, un assureur a déjà enregistré une revalorisation de -2% en 2018 et plusieurs acteurs ont déjà commencé à lancer une telle garantie (DEMICHELI, 2020).

1.5 Une nouvelle solution : Une garantie basée sur la fidélité

1.5.1 Introduction

Rappel du besoin de changement

En vue de trouver des nouvelles solutions pour adapter l'assurance vie épargne dans ce contexte de taux bas, il sera présenté un contrat d'assurance-vie multi-support basé sur la fidélité différent de ceux habituellement proposés sur le marché. Ce produit fera l'objet de ce mémoire et les impacts de ce contrat seront analysés dans les parties suivantes.

Au fur et à mesure des années, les provisions mathématiques des contrats en fonds en euros augmentent dû aux revalorisations annuelles. Les montants de ces revalorisations sont de plus en plus importants. Dans un contexte de taux bas où les rendements sont faibles, l'assureur épuise ses richesses latentes, la situation n'est pas durable. De plus, les nouveaux leviers actuels utilisés transfèrent une grande partie des risques à l'assuré.

Le nouveau contrat imaginé propose une bonification liée à la fidélité des assurés et a pour but de répondre au contexte économique actuel. Ce nouveau levier permettrait d'améliorer la rentabilité de l'assureur et la performance du produit pour l'assuré en transférant durant les années de souscription du capital du fonds en euros vers des UC. Plusieurs termes relatifs à ce nouveau contrat seront utilisés dans ce mémoire, il convient donc de les définir.

Définitions

- **Période de garantie** : C'est la durée du contrat fidélité. Au terme de cette période, l'assuré peut renouveler son contrat ou retourner sur un ancien contrat d'assurance vie.
- **Garantie fidélité** : Tout l'avantage de ce contrat d'assurance vie repose sur cette garantie. Durant la période de garantie, l'assuré accumule cette garantie qui sera reversée au terme de la période. Cette garantie est exprimée en unités de compte, variera en fonction des performances des marchés financiers et dépendra fortement de la fidélité de l'assuré.
- **Fidélité d'un assuré** : Un assuré est considéré comme fidèle s'il n'effectue pas de rachats partiels (ou total) durant la période de garantie. Une bonification au terme de la période de garantie sera reversée uniquement aux contrats fidèles.
- **Garantie perdue** : Lorsqu'un assuré effectue un rachat et devient donc non fidèle, celui-ci perd une partie de la garantie accumulée jusqu'au moment du rachat.
- **Frais de chargement sur encours du contrat** : Chaque année, la garantie fidélité accumulée est prélevée de 1,2% au titre des chargements. Les chargements sur encours des supports euros et UC restent cependant les mêmes que pour un produit classique. Ces derniers détaillés lors de la présentation des hypothèses.

1.5.2 Fonctionnement général

Le fonctionnement de ce produit se déroule en 3 grandes étapes : La souscription, la constitution de la garantie fidélité et le versement de cette dernière.

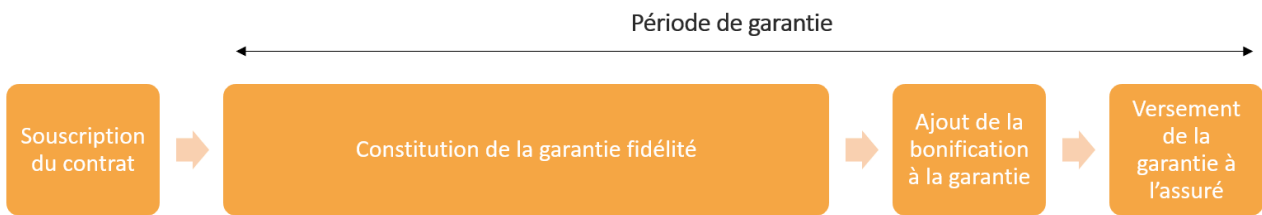


FIGURE 1.15: Schématisation des étapes du produit fidélité

Étape 1 : La souscription d'un groupe d'assurés

Même si ce contrat est souscrit individuellement par les assurés, un groupe d'assurés ayant souscrit à la même période est considéré. En effet, les droits (garantie fidélité) que les assurés accumulent, vont dépendre du comportement des autres assurés du groupe. La garantie perdue des assurés non fidèles servira pour financer la bonification des assurés fidèles.

Étape 2 : Constitution et perte de la garantie fidélité

- Constitution de la garantie :

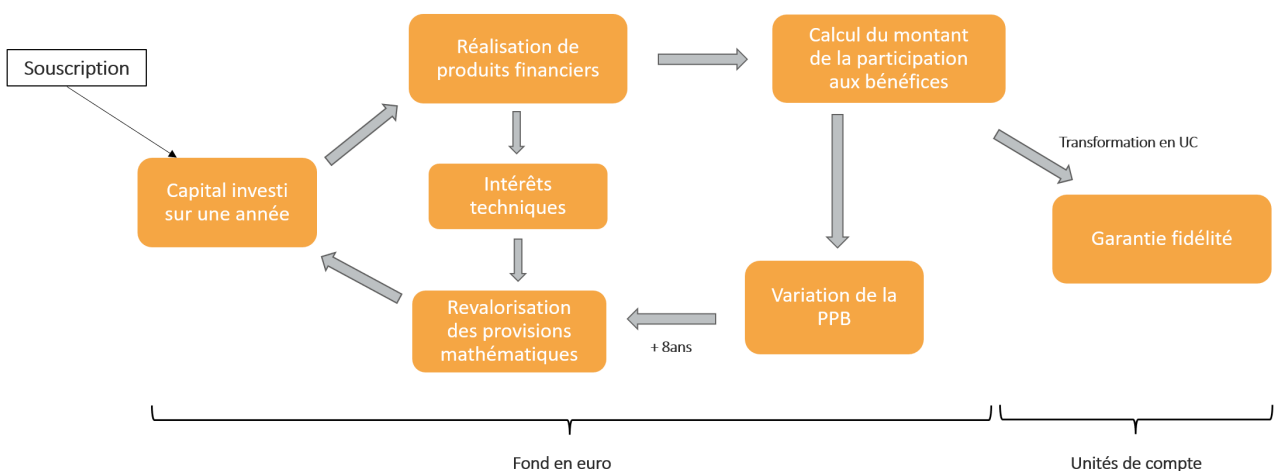


FIGURE 1.16: Constitution de la garantie fidélité par arbitrage de la participation aux bénéfices

Les intérêts techniques sont distribués directement en fin d'année sur le contrat en euros.

Le montant de participation aux bénéfices est déterminé à partir des produits financiers soustraits des intérêts techniques. Elle sera dotée en partie sur la Provision pour Participation aux Bénéfices pour ensuite être reversée sur l'encours euros sous 8 ans. **L'autre partie sera convertie en unités de compte et ajoutée sur la garantie fidélité en début d'exercice.** Le calcul de la garantie fidélité se fait en fin d'exercice comptable mais est reversée uniquement en début de l'exercice suivant. Ce choix a été retenu pour des raisons de modélisation.

La proportion de la participation aux bénéfices qui sera arbitrée en UC décrite par l'équation 1.12 sera appelée $p_{\text{fidélité}}$.

$$p_{\text{fidélité}} = \frac{\text{Montant doté sur la garantie fidélité}}{\text{Montant de la PB}} \quad (1.12)$$

Une des hypothèses prise est que l'évaluation des droits fidélité (montant de la participation aux bénéfices arbitrée en UC) se fait en fin d'année mais l'opération d'arbitrage s'effectue en début d'année suivante.

- Perte de la garantie :

Lorsque l'assuré effectue un rachat (partiel ou total) de son contrat, il perd, au prorata de ses rachats, une partie (ou la totalité) de la garantie fidélité accumulée depuis le début du contrat fidélité.

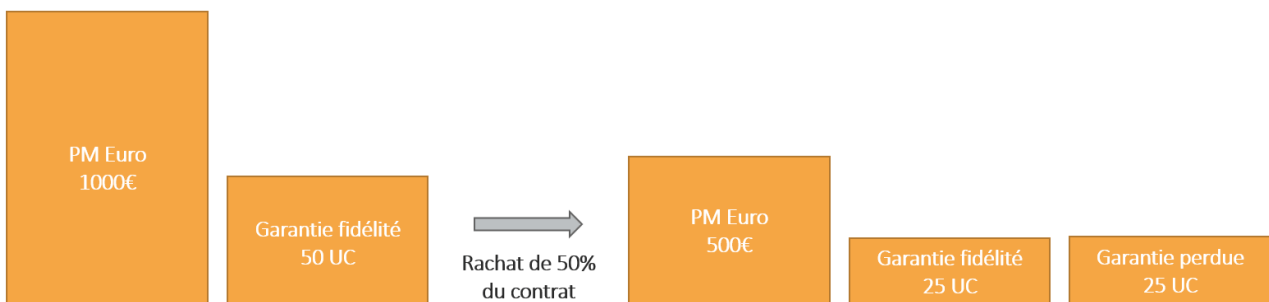


FIGURE 1.17: Perte de la garantie fidélité lors d'un rachat

Dans l'exemple illustré par la figure 1.17, la garantie fidélité de 50 UC, représente la garantie accumulée depuis la souscription du contrat jusqu'au moment du rachat.

Étape 3 : Bonification et distribution de la garantie fidélité

Au terme de la garantie fidélité, tous les assurés encore présents à cette date reçoivent le nombre d'unités de compte de la garantie fidélité. En plus de cette garantie, et si le client est fidèle, ce nombre d'UC est bonifié du nombre total d'UC perdu par les autres assurés durant la période de garantie. Le principe est le même qu'une tontine basée sur les rachats à la place des décès. La Figure 1.18 illustre ce mécanisme avec un exemple simplifié composé uniquement de deux assurés. Un assuré est fidèle et l'autre non dû à des rachats effectués durant la période de garantie.

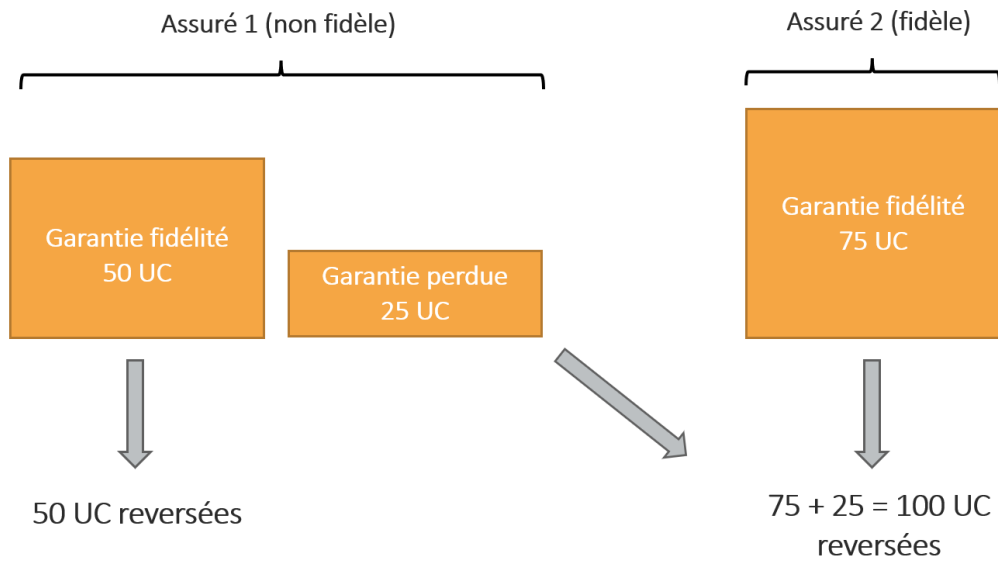


FIGURE 1.18: Mécanisme de bonification au terme de la garantie fidélité

Dans cet exemple simplifié, l'assuré 2 fidèle reçoit une bonification de $\frac{25}{75} \approx 33\%$ de sa garantie fidélité originale. Dans le contrat fidélité considéré, l'assureur s'engage à bonifier la garantie fidélité accumulée **d'au moins 10%** si l'assuré est fidèle. L'assureur réalisera donc des pertes si les garanties perdues ne suffisent pas pour financer la bonification de 10% pour les clients fidèles.

En plus de ses mécanismes simples présentés ci-dessus, le produit fidélité va créer des interactions et effets complexes sur le passif, l'actif et sur de nombreux indicateurs qu'utilisent les assureurs. Afin d'observer les impacts futurs de ce produit, il est nécessaire de pouvoir l'intégrer au sein d'une activité d'assurance et modéliser par la suite les effets que le produit engendre. Cela sera effectué dans la suite de ce mémoire.

Chapitre 2

Générateurs de scénarios économiques et modèle ALM intégrant le produit fidélité

Un générateur de scénarios économiques et un modèle ALM (Asset Liabilities Management) sont nécessaires pour visualiser l'impact d'un produit d'assurance vie sur un assureur. Ce sont des outils qui permettront de modéliser dans le futur l'activité d'assurance intégrant le produit fidélité.

2.1 Les générateurs de scénarios économiques

2.1.1 Définition d'un GSE

Un générateur de scénarios économiques est un outil de projection de grandeurs financières et économiques sur un horizon de temps donné. Cet outil permet donc par exemple de simuler des taux, des indices actions, immobiliers ou encore l'inflation. Les modèles de taux sont une des composantes au coeur des GSE et varient suivant les grandeurs à projeter.

L'analyse des scénarios économiques est à la base de la politique de gestion actif/passif d'un organisme d'assurance. En effet, la simulation de différents scénarios économiques influe sur la valeur de l'actif et ainsi modifie la valeur des engagements envers les assurés (ex : Mécanisme de participation aux bénéfices). Il est donc essentiel pour un assureur de pouvoir modéliser ces scénarios pour mettre en place des politiques adaptées.

Il existe deux univers de projection : **Risque neutre** pour une valorisation moyenne et **monde réel** pour une vision risque. Ces deux univers reposent sur des hypothèses différentes et ont donc une utilité différente.

Les modèles qui seront présentés dans cette partie sont expliqués de façon plus détaillée dans le mémoire d'actuariat BONNEFOY (2016).

2.1.2 Les étapes pour générer des scénarios économiques

Pour pouvoir projeter des scénarios économiques, il est nécessaire de choisir (judicieusement) des modèles qui définiront les dynamiques des indices projetés. En effet, si l'indice à modéliser prend des valeurs négatives, il est nécessaire que le modèle choisi permette de générer de telles valeurs. De plus, pour obtenir des valeurs pertinentes, il faut au préalable calibrer les paramètres de ces modèles avec des données de marché. La figure 2.1 schématise les grandes étapes pour générer des scénarios économiques.



FIGURE 2.1: Les grandes étapes nécessaires pour générer des scénarios économiques

A noter que les données utilisées pour la calibration des modèles sont différentes dans l'univers monde réel et risque neutre. En univers monde réel, des données historiques sont utilisées tandis qu'en univers risque neutre, les prix du marché et certaines volatilités implicites seront utilisées.

2.1.3 GSE risque neutre

L'univers Risque-Neutre

L'univers risque neutre représente un univers où les primes de risque sont nulles. Cet univers repose sur l'hypothèse d'absence d'opportunité d'arbitrage et de complétude des marchés financiers (un marché où tout produit peut être répliqué par un portefeuille d'actifs risqué et sans risque). Ces deux hypothèses sont équivalentes avec l'existence d'une probabilité martingale (probabilité risque neutre). L'univers risque neutre est un univers dans lequel tous les actifs rapportent en moyenne le taux sans risque et dans lequel la valeur actualisée d'un processus de prix est martingale. Cela est cohérent avec une vision prudentielle du fait qu'on ne considère pas de prime de risque sur les actifs.

Sous solvabilité 2, le passif du bilan est valorisé grâce à un modèle ALM utilisant des scénarios économiques générés en univers risque neutre.

Courbe des taux utilisée

Dans ce modèle, les simulations réalisées sous l'environnement risque neutre utiliseront la courbe des taux sans risque du 31/12/2020. Cette courbe des taux présente une situation très défavorable avec des taux négatifs jusqu'à la maturité 20 ans (cf Figure 2.2). L'utilisation de cette courbe est donc pertinente pour considérer par la suite un environnement de perdurance des taux bas.

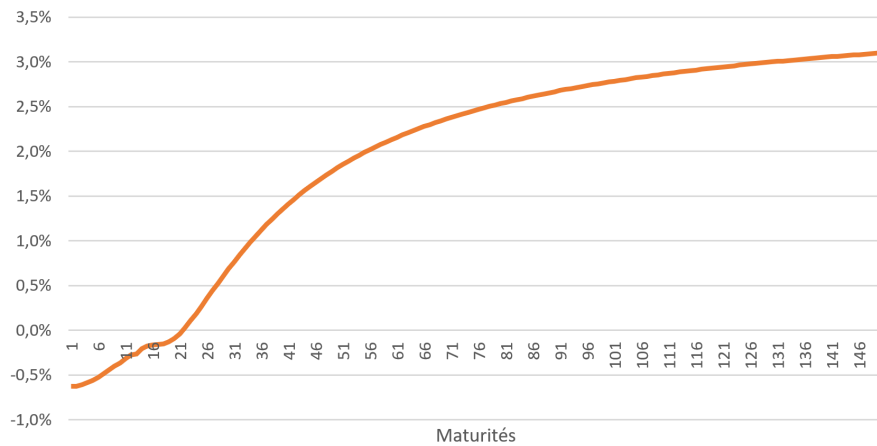


FIGURE 2.2: Courbe de taux sans risque fournie par l'EIOPA au 31/12/2020

Modèle "Hull & White" pour les taux

Le modèle retenu pour les taux en risque neutre est le modèle Hull & White (ou encore Vasicek généralisé). Ce modèle a été choisi car il permet de modéliser les taux négatifs, ce qui est indispensable dans le contexte de taux bas actuel. Il permet aussi de reproduire parfaitement la courbe des taux initiale (grâce au paramètre v_t introduit par l'équation 2.1). Celle choisie est la courbe des taux sans risque sans VA (*Volatility Adjustment*) publiée par l'EIOPA tous les mois.

Dans le modèle Hull & White la dynamique du processus de taux est celle présentée par l'équation 2.1 (source D. BRIGO ET F. MERCURIO (2006)).

$$dr_t = [v(t) - a(t)r(t)]dt + \sigma(t)dW(t), \quad (2.1)$$

avec :

- $a(t)$ une fonction déterministe qui représente la vitesse de retour à la moyenne.
- $v(t)$ une fonction déterministe calibrée pour reproduire parfaitement la courbe des taux initiale.
- $\sigma(t)$ une fonction déterministe représentant la volatilité du processus.
- $W(t)$ un mouvement brownien standard sous la mesure de probabilité risque neutre.

Définition 1 On appelle "mouvement brownien" un processus stochastique $(W_t)_{t \geq 0}$ à valeurs réelles en temps continu tel que :

- $W_0 = 0$ presque sûrement.
- $W_t - W_s \sim \mathcal{N}(0, t - s)$, $0 \leq s \leq t$.
- W_t est à accroissements indépendants.

Dans le cadre de cette étude, le modèle considéré est une simplification du modèle de Hull & White, $a(t)$ et $\sigma(t)$ seront des réels positifs. La dynamique décrite par ce nouveau modèle est présentée par la formule 2.2.

$$dr_t = [v(t) - ar(t)]dt + \sigma dW(t) \quad (2.2)$$

En absence d'opportunité d'arbitrage (AOA), $v(t)$ doit avoir la forme de l'équation 2.3.

$$v(t) = \frac{\partial f^M(0,t)}{\partial t} + af^M(0,t) + \frac{\sigma^2}{2a}(1 - \exp(-2at)) \quad (2.3)$$

Où $\frac{\partial f^M(0,t)}{\partial t}$ est la dérivée du taux forward instantané selon la seconde variable. Avec, le taux forward instantané de maturité T à la date $t = 0$ décrit par l'équation 2.4.

$$f(0,T) = \frac{\partial \ln B(0,T)}{\partial T}, \quad B(0,T) \text{ le prix du zéro-coupon de marché, de maturité } T \quad (2.4)$$

En résolvant l'équation 2.3, la discrétisation de l'équation 2.5 est obtenue.

$$r_{t+h} = r_t \exp(-ah) + \int_t^{t+h} \exp(-a(t+h-u))v(u)du + \sigma \sqrt{\frac{1 - \exp(-2ah)}{2a}} Z, \quad (2.5)$$

avec :

- h le pas de discrétisation
- Z une variable aléatoire tel que $Z \sim \mathcal{N}(0,1)$

Calibrage du modèle "Hull & White"

Pour calibrer ce modèle, les prix des swaptions seront utilisés. En effet, le calibrage des paramètres se fera en réduisant l'erreur quadratique (voir formule 2.6) entre les prix des swaptions (option sur un swap de taux) donnés par le modèle ($PS^{modèle}$) et les prix des swaptions du marché (PS^M) obtenus grâce aux volatilités implicites des swaptions.

$$d(a,b) = (a - b)^2, \quad (a,b) \in \mathbb{R}^2 \quad (2.6)$$

La calibration a été faite pour 15 maturités ($M = \{1,2,..,9,10,12,15,20,25,30\}$) et 15 tenors ($T = \{1,2,..,9,10,12,15,20,25,30\}$).

Les paramètres du modèle $(a,\sigma) \in \mathbb{R}^2$ sont donc la solution du problème de minimisation 2.7.

$$\operatorname{argmin}_{(a,\sigma) \in \mathbb{R}^2} \sum_{i \in M, j \in T} d(PS_{a,\sigma}^{modèle}(i,j), PS^M(i,j)) \quad (2.7)$$

Modèle log-normal avec volatilité constante par morceau pour les actions

Dans l'environnement risque neutre, le modèle choisi pour simuler les cours de l'action est un modèle log-normal à volatilité constante par morceau. Autrement dit, la volatilité est dépendante du temps, et plus particulièrement de l'année.

Le prix de l'action S suit ainsi la dynamique suivante présentée par l'équation 2.8.

$$\frac{dS_t}{S_t} = r_t dt + \sigma_t^i dW_t, \quad (2.8)$$

avec,

- r_t le taux court obtenu précédemment par le modèle "Hull & White" décrit précédemment.
- $\sigma_t^i = \sigma_i$ la volatilité constante entre l'année i et $i + 1$ du prix de l'action. $\sigma_i \in \mathbb{R}$ étant une constante donnée pour l'année i . Dans les modélisations, $i \in [1, 2, \dots, 40]$.

Après application de la formule d'Itô, le prix de l'action satisfait l'équation 2.9.

$$S_t = S_0 \exp\left(\int_0^t \left(r_s - \frac{\sigma_s^i}{2}\right) ds + \int_0^t \sigma_s^i dW_s\right) \quad (2.9)$$

Le modèle de "Black & Scholes" à volatilité constante pour l'immobilier

Le cours de l'immobilier I est quant à lui modélisé plus simplement. Sa dynamique suit celle d'un modèle Black & Scholes à volatilité constante décrit par l'équation 2.10.

$$\frac{dI_t}{I_t} = r_t dt + \sigma_I dW_t, \quad I_0 > 0, \quad (2.10)$$

avec,

- r_t le taux court suivant le modèle "Hull & White" décrit précédemment.
- σ_I une constante positive représentant la volatilité du cours de l'immobilier.

La résolution de cette dynamique permet d'obtenir la discrétisation de l'équation 2.11.

$$I_{t+h} = I_t \exp\left(\int_t^{t+h} r_s ds - \frac{\sigma_I^2}{2} h\right) + \sigma_I \sqrt{h} Z, \quad (2.11)$$

avec,

- h le pas de discrétisation

2.1.4 GSE monde réel

L'univers monde réel est quant à lui un univers dans lequel les actifs évoluent selon les tendances historiques passées. Les valeurs projetées des indices sont censées représenter au mieux les valeurs économiques futures.

Dans cet univers, le calibrage des modèles se fait donc sur des valeurs historiques. La profondeur de cet historique joue un rôle très important dans les résultats des projections. En effet, la prise en compte d'une (ou plusieurs) crise économique dans l'historique peut changer drastiquement les valeurs moyennes des indices. Dans ce mémoire l'étendue de l'historique sera de 10 ans (du 1er janvier 2011 au 31 décembre 2020). Cet historique ne prend pas en compte la crise économique de 2008 mais prend en compte la crise qu'a entraîné la crise sanitaire du COVID-19.

Cet univers est principalement utilisé comme un outil de pilotage, il permet par exemple à une entreprise d'assurance de visualiser sa situation économique dans le temps. Dans ce mémoire, le risque de spread n'a pas été modélisé.

Hypothèse d'évolution de la courbe des taux

Comme dans l'environnement risque neutre, des scénarios d'évolution de la courbe des taux sont nécessaires pour réaliser les projections. Dans ce mémoire, les projections monde réel seront réalisées sous un scénario déterministe.

Pour être cohérent avec un contexte de taux bas durable, l'hypothèse retenue sera **la cristallisation de la courbe des taux initiale**. Cela signifie que pendant les années de projection dans cet univers, la courbe des taux sera supposée constante égales à celle du 31/12/2020. Sous ce scénario déterministe, le cours de l'action et l'immobilier résultent d'une moyenne des simulations du GSE monde réel. Les modèles utilisés dans ce GSE sont présentés dans la partie qui suit.

Le modèle de "Black & Scholes" à volatilité constante pour les actions et l'immobilier

Les données choisies pour le modèle immobilier sont les valeurs de l'indice brut IEIF (Institut de l'Épargne Immobilière & Foncière) France. Concernant les actions, l'indice choisi est l'Euro Stock 50 avec les dividendes réinvestis. Le modèle choisi pour calibrer et projeter les cours des actions et de l'immobilier sera le modèle de "Black & Scholes" à volatilité constante. La dynamique d'un processus S_t est présentée par l'équation 2.12.

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dw_t, \quad (2.12)$$

avec,

- σ la volatilité constante
- μ le rendement instantané
- $S_0 = 100$ dans ce mémoire

La résolution de cette équation permet d'obtenir la formule 2.13.

$$S_t = S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W_t\right) \quad (2.13)$$

2.1.5 Le modèle de Vasicek pour modéliser l'inflation

Classiquement, le modèle utilisé pour modéliser l'inflation est celui de Vasicek, il sera utilisé dans ce mémoire. La dynamique de l'indice inflation noté s_t est définie par l'équation 2.14. Les données utilisées pour calibrer ce modèle proviennent de l'indice IPCH (Indice des Prix à la Consommation Harmonisé) France.

$$ds_t = \lambda(\mu - s_t)dt + \sigma dW_t, \quad (2.14)$$

avec,

- σ la volatilité constante
- μ la moyenne
- λ la vitesse de retour à la moyenne

La résolution de l'équation 2.14 permet d'obtenir l'équation 2.15 ci-dessous.

$$s_t = s_0 \exp(-\lambda t) + \mu(1 - \exp(-\lambda t)) + \sigma \int_0^t \exp(-\lambda(t-u)) dW_u \quad (2.15)$$

2.2 Le modèle ALM

2.2.1 Les enjeux de la gestion actif/passif

La gestion actif/passif, ou encore ALM (Assets Liabilities management) est née du cycle de production inversé propre aux entreprises d'assurances. La souscription d'un contrat d'assurance vie induit la production de flux de passif futurs incertains liés aux engagements de l'assureur. L'assureur investit un capital sur différents actifs afin que les flux financiers découlant de celui-ci coïncident avec les flux de passif. Cela dans le but d'optimiser son investissement.

De plus, dans le bilan d'une entreprise d'assurance vie, l'actif et le passif sont très liés. Dans un premier temps le passif influe sur l'actif, l'ensemble des prestations versées aux assurés (décès, rachats, arbitrages) va forcer l'assureur à récupérer de la liquidité en vendant des actifs. Dans un second temps, les garanties (réglementaires ou contractuelles) offertes aux assurés peuvent varier en fonction de la performance des marchés financiers (ex : Participation aux bénéfices, bonification des unités de compte dans le cas du produit fidélité). L'actif joue aussi un rôle sur le passif.

Le contexte économique volatile oblige les assureurs à mesurer les différents risques auxquels ils sont sujets. Pour cela il est nécessaire de projeter les différentes interactions entre l'actif et le passif pour obtenir les indicateurs permettant d'apprécier la solvabilité de l'assureur.

Il est donc important de pouvoir comprendre ce bilan et anticiper ses déformations dans le but de réduire les risques liés à l'activité d'assurance. Cette observation est possible grâce à un outil de

modélisation prospective. Dans le cadre de ce mémoire, il ne sera pas fait une étude ALM mais l'utilisation d'un tel outil est nécessaire pour observer les impacts du produit fidélité sur un assureur.

2.2.2 Méthodologie et hypothèses

Les grandes étapes d'un modèle ALM :

Pour utiliser un modèle ALM, il est nécessaire de réaliser des étapes préliminaires avant d'obtenir les indicateurs permettant d'apprécier la situation de l'entreprise. La figure 2.7 schématise le processus.

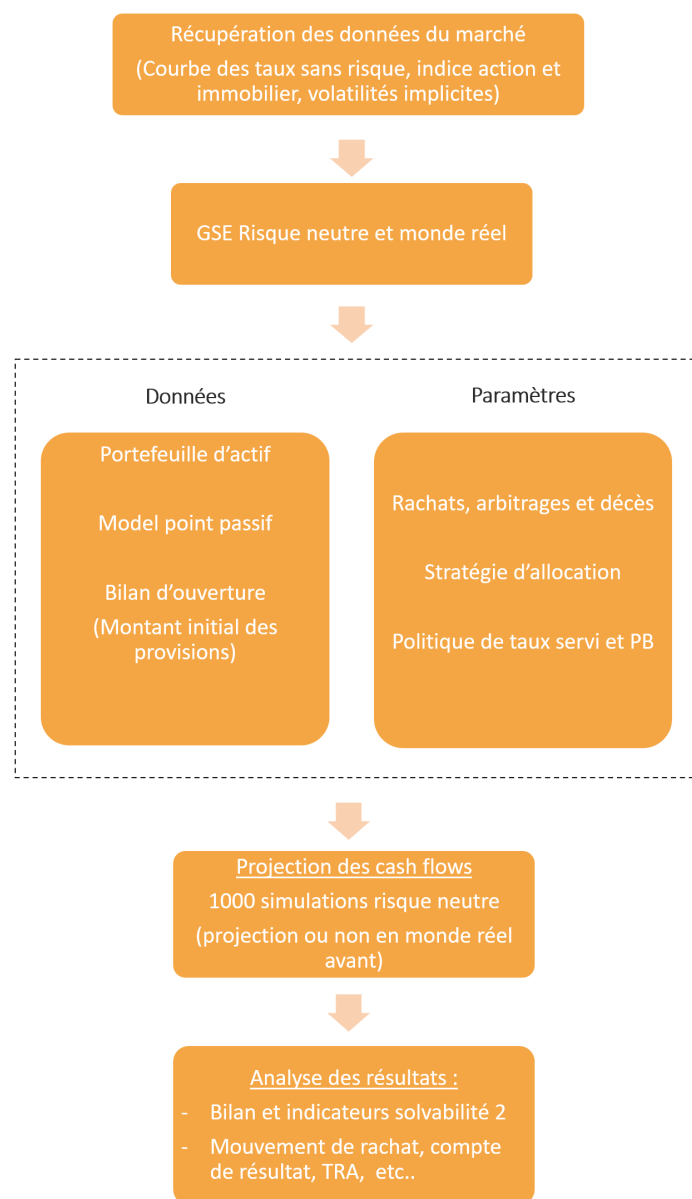


FIGURE 2.3: Les grandes étapes d'une étude actif/passif en épargne

Fonctionnement global du modèle

Le modèle utilisé dans ce mémoire est une adaptation d'un modèle ALM d'Optimind déjà présenté en détail dans le mémoire d'actuariat CAPGRAS (2018). Le produit fidélité a donc été implémenté dans ce modèle.

Une fois les données de passif et d'actif récupérées, le modèle va chaque année réaliser les projections sur un horizon d'étude donné en suivant les différentes étapes présentées sur la figure 2.4. Dans un premier temps, le modèle vieillit les actifs et calcule les flux de trésorerie de l'année (en incluant le montant de la participation aux bénéfices devant être transféré en unité de compte fidélité). Cela va donc déterminer la quantité d'actifs à vendre et à acheter et ainsi permettre d'obtenir les produits financiers de l'année. Une fois les produits financiers déterminés, le modèle va donc pouvoir calculer la participation aux bénéfices à distribuer aux assurés et le montant à transférer en UC fidélité pour l'année suivante.

Le modèle réalise les projections sur une durée de 40 ans avec un pas annuel. Le nombre de simulations considéré est de 1000, cette valeur a été choisie dans le but d'obtenir un écart de convergence faible sur le calcul du Best Estimate. Avec ce nombre de simulations, l'ordre de grandeur de l'écart est 0,05% (ce pourcentage donné est une moyenne sur plusieurs simulations).



FIGURE 2.4: Schématisation du fonctionnement global du modèle ALM utilisé (PELLÉ (2021))

Le modèle et les données utilisés

La figure 2.5 montre les différentes composantes du bilan que le modèle épargne modélisera.

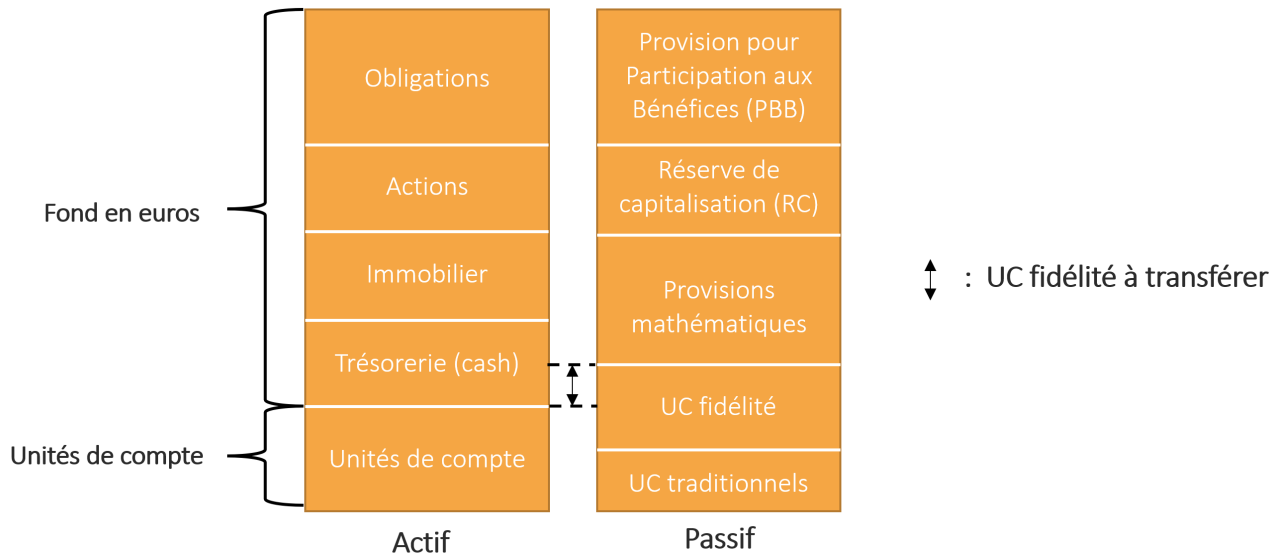


FIGURE 2.5: Le bilan modélisé dans l'outil ALM

La réserve de capitalisation (RC) est une provision qui a pour objectif de lisser les effets de plus et moins values obligataires. Si une plus value est réalisée lors de la vente d'une obligation, celle-ci sera dotée dans la réserve de capitalisation. Inversement, si une moins value est réalisée, l'assureur pourra reprendre une partie de sa RC pour compenser la perte. Cela permet également de dissuader les assureurs à revendre des obligations en plus values latentes pour réaliser des bénéfices. En effet, la baisse des taux d'intérêts augmente la valeur de marché des obligations, en particulier celles avec des coupons élevés. Ces obligations anciennes sont très importantes pour assurer les engagements envers les assurés.

La section "UC fidélité" de la figure 2.5 représente toutes les unités de compte liées à la nouvelle garantie fidélité introduite dans ce mémoire. Cette section est détaillée sur la figure 2.6. De plus, une partie des UC fidélité apparaît dans la partie euro sur la figure 2.5. Cette partie représente les UC fidélité calculés en fin d'année qui seront reversés l'année suivante aux assurés.

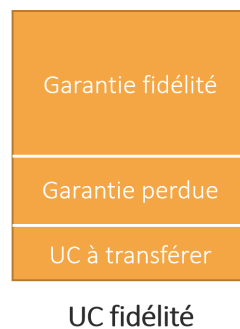


FIGURE 2.6: Détail de la section UC fidélité

La garantie fidélité représente l'ensemble de toutes les garanties fidélités accumulées depuis le début du contrat par les assurés. La garantie perdue représente l'ensemble des garanties perdues (causées par des rachats) depuis le début de la garantie par les assurés. Les UC à transférer quant à eux, représentent les droits fidélité (montant à doter sur la garantie fidélité) calculés en fin d'exercice qui seront reversés au début de l'exercice suivant.

La base originale d'actifs et de passifs utilisée provient d'un ajustement fidèle avec les données actuelles du marché au 31/12/2020. Cette dernière résulte d'une étude menée par le groupe de travail de gestion actif-passif de l'institut des actuaires (GROUPE DE TRAVAIL ALM (2020)) et des données fournies par la FFA (FFA (2020)).

Lors des simulations faites dans ce mémoire, certaines valeurs de cette base comme les taux techniques et la participation aux bénéfices contractuelle seront modifiées. En effet, le produit fidélité considéré dans ce mémoire est conçu pour fonctionner avec des taux techniques nuls afin que le mécanisme d'arbitrage en UC fidélité puisse être activé. Dans un univers de taux bas, les produits financiers peuvent ne pas suffire à rémunérer les intérêts techniques promis aux assurés et dans ce cas là, il n'y aura plus de participation aux bénéfices qui pourra être transférée en unités de compte fidélité. Afin de comprendre et d'observer les impacts du produit, les taux techniques de cette base seront donc modifiés.

2.2.3 Les méthodes de calcul

Politique de taux servi et participation aux bénéfices

La politique de taux servis retenue dans cette étude consiste à reverser un taux cible à l'assuré. Les produits financiers sont dans un premier temps répartis à la maille model point pour pouvoir ensuite calculer le montant de PB contractuelle à reverser (voir 2.16).

$$PB_{contractuelle}(mp) = Prod_{fi}(mp) \times Tx_{contractuel} - Chgt - IT \quad (2.16)$$

Avec :

- $Tx_{contractuel}$ le taux de participation aux bénéfices établi contractuellement
- $Chgt$ les chargements sur encours. Ici ils sont donc prélevés sur la participation aux bénéfices.
- IT les intérêts techniques calculés à partir des intérêts techniques (ou TMG).
- $Prod_{fi}(mp)$ la part des produits financiers attribués aux model point mp . Les produits financiers sont déterminés à partir des coupons d'obligations et des plus-values réalisées lors des cessions d'actions et d'immobilier.

$$Prod_{fi}(mp) = Prod_{fi} \times \frac{PBB + PM_{tot}}{PBB + PM_{tot} + RC} \times \frac{PM_{euro}(mp)}{PM_{euro.tot}}$$

Avec :

- PBB et RC respectivement la provision pour participation aux bénéfices et la réserve de capitalisation.
- $PM_{euro}(mp)$ la PM euro du model point mp et $PM_{euro.tot}$ la PM euro totale du portefeuille.

Le taux cible correspondant au taux que l'assureur doit rajouter en plus du TMG. Cette stratégie de taux cible impose à l'assureur de verser des taux semblables à ceux du marché. Cela aura pour conséquence de réduire les rachats des assurés. Ce taux cible est déterminé à partir du taux sans risque 10 ans (appelé Tx_{10ans} dans l'équation 2.17).

$$Tx_{cible} = \max(Tx_{10ans} + \rho, TMG) - TMG \quad (2.17)$$

$$Montant_{cible} = Tx_{cible} \times PM_{tot} \quad (2.18)$$

Avec $\rho \in \mathbb{R}$ permettant d'obtenir un taux cible légèrement inférieur à Tx_{10ans} . Cela correspond en pratique à la tolérance de l'assuré sur le taux servi comparé aux taux du marché. Dans ce mémoire, $\rho = -0,2\%$. Pour résumer, l'assureur versera le taux du marché si celui-ci est supérieur au TMG dans le but de réduire un maximum les rachats conjoncturels.

Finalement, le taux servi et la participation aux bénéfices suivent le mécanisme décrit par la figure 2.7.

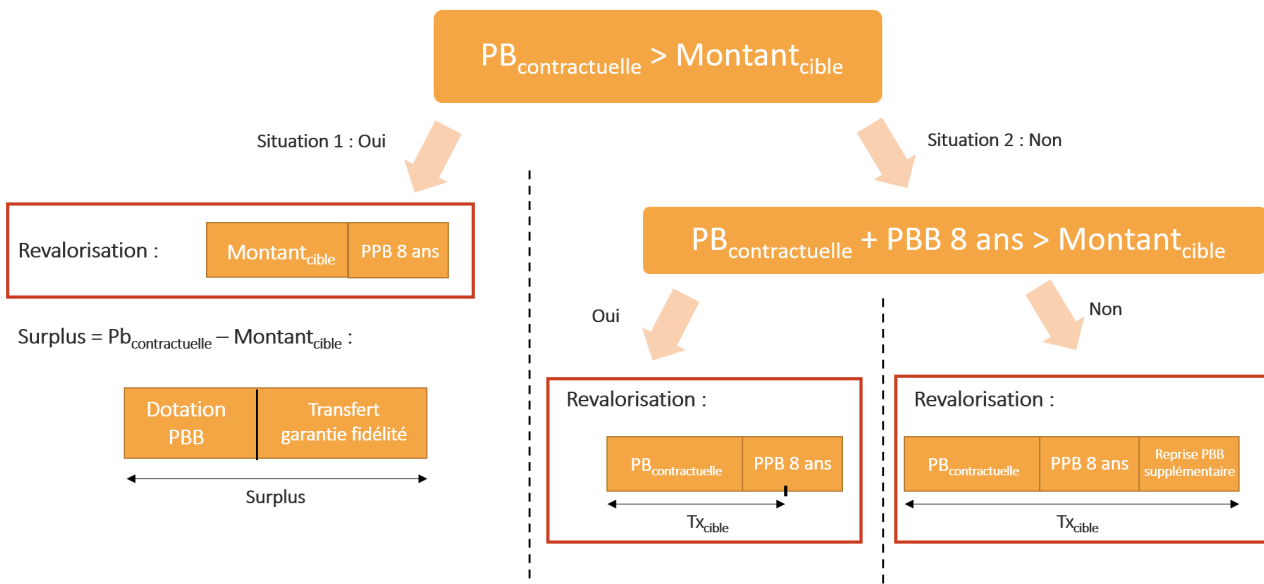


FIGURE 2.7: Politique de taux servis

Avec "PPB 8 ans", une partie de la PB, dotée en PBB 8 ans auparavant, reversée obligatoirement à l'assuré. De plus, dans la situation la plus défavorable (partie droite de la figure 2.7), si la PPB restante ne suffit pas à rémunérer le montant cible alors l'assureur réduira sa marge financière pour verser tout de même le montant cible. Si la marge financière ne suffit pas, l'assureur servira alors un taux inférieur au taux cible, des rachats supplémentaires seront déclenchés. Ce phénomène sera explicité par la suite.

Dans la situation 2, les produits financiers ne permettent pas de couvrir le montant cible, l'assureur devra alors reprendre une partie de la PBB. Dans la situation 1, la $PB_{contractuelle}$ suffit cette fois pour servir le taux cible. Le "surplus" est alors doté d'une partie en PBB et de l'autre sur la garantie de fidélité. Le paramètre $p_{fidélité}$ pilotera la proportion de ce surplus qui ira en garantie de fidélité. Par exemple, si $p_{fidélité} = 100\%$ alors rien ne sera doté en PBB. Le montant de la garantie de fidélité après la revalorisation est défini par l'équation 2.19.

$$GF(mp, j_+) = GF(mp, j_-) + \frac{\max(0, \text{surplus}(mp, j - 1)) \times p_{\text{fidélité}}}{\text{Valeur}_{UC}(j)}, \quad (2.19)$$

avec :

- j l'année de projection
- mp le modèle point considéré
- $GF(mp, j_-)$ la garantie fidélité accumulée par le modèle point mp jusqu'à l'année de projection j avant la revalorisation
- $GF(mp, j_+)$ la garantie fidélité accumulée par le modèle point mp jusqu'à l'année de projection j après la revalorisation
- $\text{Valeur}_{UC}(j)$ le cours des unités de compte en année j
- $\text{surplus}(mp, j)$ le reste des produits financiers une fois les intérêts techniques déduits. La formule 2.20 présente le calcul de cette valeur pour une année donnée.

$$\text{surplus}(mp) = PB_{\text{contractuelle}}(mp, j) - Tx_{\text{cible}} \times PM_{\text{euro}}(mp) \quad (2.20)$$

- $PM_{\text{euro}}(mp)$ la provision mathématique euro du model point mp

Dans la formule (2.19), le montant transféré sur la garantie fidélité est divisé de la valeur du cours des unités de compte car la garantie est exprimée en nombre de parts.

Modélisation des rachats

Deux types de rachats différents sont à considérer dans la modélisation : les rachats **structurels** et **conjoncturels**.

Les rachats structurels représentent des mouvements de rachat qui suivent une tendance globale indépendante du rendement du portefeuille. Cette tendance provient de plusieurs critères comme l'âge ou encore l'ancienneté fiscale.

Par exemple, les mouvements de rachat sont soumis à des prélèvements fiscaux qui varient en fonction de l'ancienneté fiscale du contrat. Après 8 ans, l'assuré bénéficie d'un abattement fiscal sur les plus-values générées au cours des 8 dernières années. Les rachats sont donc naturellement plus importants après 8 ans comparés à ceux des premières années. Cette hausse doit être observable sur la 8^{ème} année d'une table de rachats structurels.

Sur un contrat fonds en euros, la revalorisation réelle distribuée à l'assuré peut correspondre à un taux supérieur au TMG, ce taux est appelé "taux servi".

Les rachats conjoncturels sont des mouvements de rachats dus au contexte économique. En effet si les taux de rendement disponibles sur le marché sont supérieurs au taux servi, l'assuré va alors décider de racheter son contrat pour pouvoir investir sur des actifs plus attractifs. Ainsi les rachats sont dans cette situation une conséquence directe du contexte économique.

Pour simplifier les modélisations, les rachats partiels ne seront pas modélisés dans ce mémoire. Uniquement les rachats totaux seront considérés. Les assurés d'un model point effectuant un rachat perdront donc l'intégralité de leur garantie fidélité accumulée jusqu'au moment du rachat. Cette garantie perdue servira à bonifier les autres assurés du model point encore présents au terme de la garantie fidélité.

Dans le modèle, les garanties fidélité (exprimées en nombre d'UC) accumulées et perdues sont calculées de la façon présentée par les équations 2.21 et 2.22.

$$GF(mp, t_+) = GF(mp, t_-) \times (1 - Tx_{rachat}(mp, j)), \quad (2.21)$$

$$GF_{perdue}(mp, t_+) = GF_{perdue}(mp, t_-) + GF(mp, t_-) \times Tx_{rachat}(mp, j), \quad (2.22)$$

avec :

- mp le model point considéré
- t_- et t_+ respectivement les temps juste avant et après la date t du rachat
- $GF(mp, t_-)$ et $GF(mp, t_+)$ la garantie fidélité accumulée par le modèle point mp avant et après la date du rachat
- $GF_{perdue}(mp, t_-)$ et $GF_{perdue}(mp, t_+)$ la garantie fidélité perdue par le modèle point mp avant et après la date du rachat

L'hypothèse retenue pour les rachats structurels est présentée par la figure 2.8.

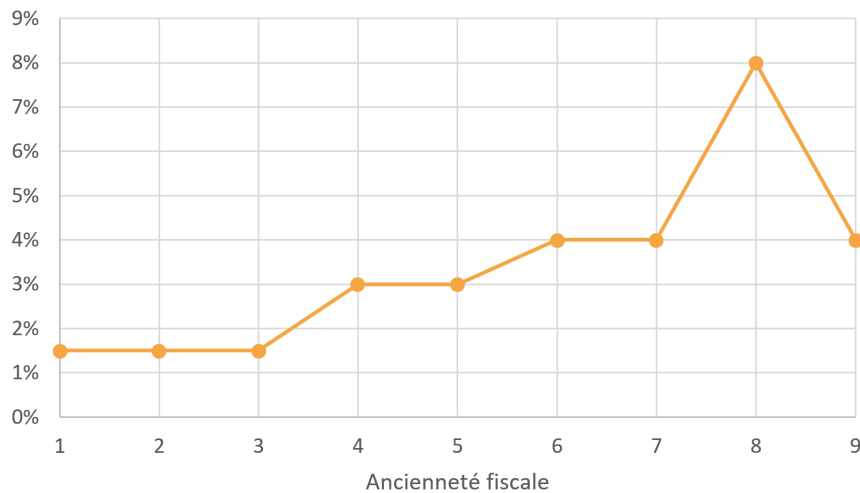


FIGURE 2.8: Loi des rachats structurels

Le taux de rachat structurel pour les anciennetés fiscales supérieures à 9 ans est constant égal à 4%.

Les rachats conjoncturels sont déclenchés suite à une différence (noté d , voir la formule 2.23) entre le taux servis (noté T_{servis}) et le taux du marché (noté $T_{marché}$).

$$d = T_{servis}(j - 1) - T_{marché}(j), \quad (2.23)$$

avec :

- j l'année de projection

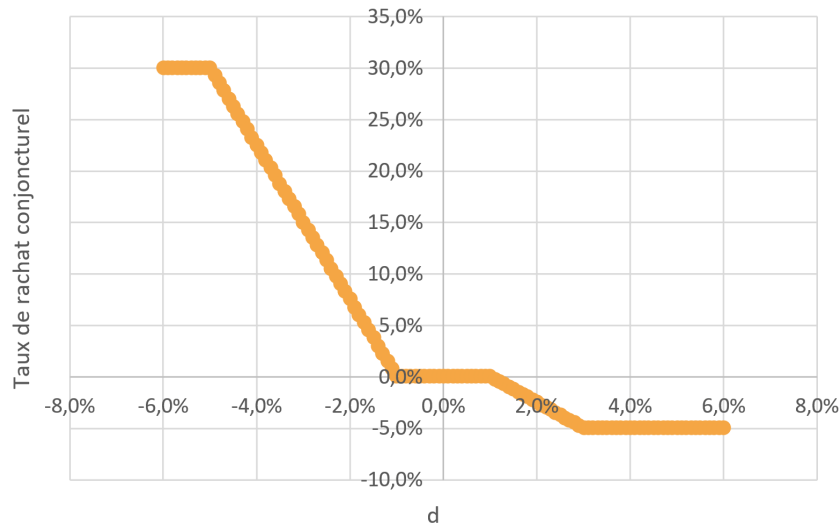


FIGURE 2.9: Loi des rachats conjoncturels

Il convient de noter que cette loi est asymétrique. En effet, lorsque d est négatif (Taux du marché supérieur au taux servis), la hausse des taux de rachat est bien plus importante que la baisse des taux de rachat lorsque d est positif.

Finalement, les rachats observés dans le modèle correspondent à la somme des rachats structurels et des rachats conjoncturels.

Dans ce mémoire et dans les modélisations, le taux servi utilisé pour les rachats conjoncturels sera différent d'un taux servi classiquement défini. En effet, une hypothèse a due être retenue pour prendre en compte le produit fidélité dans les rachats. La figure 2.24 présente l'hypothèse choisie.

$$T_{servis}(mp, j) = \frac{IT(mp, j) + [GF(mp, j_+) - GF(mp, j_-)] \times Valeur_{UC}(j) + PBB_{j-8}}{PM(mp, j)}, \quad (2.24)$$

avec :

- j l'année de projection.
- mp le modèle point considéré .
- $IT(mp, j)$ les intérêts techniques versés au model point mp l'année j .
- $GF(mp, j)$ et $GF(mp, j - 1)$ la garantie fidélité accumulée par le modèle point mp juste avant et après l'instant t , date en fin d'année où à lieu le transfert vers la garantie fidélité.
- $GF(mp, j_+) - GF(mp, j_-)$ le montant rajouté à la garantie fidélité.
- $Valeur_{UC}(t)$ le cours des unités de compte à l'instant t
- PBB_{j-8} le reste de la PBB dotée 8 ans avant l'année de projection j en cours. Ce montant servira à revaloriser les contrats en euros, il ne rentrera pas dans le fonctionnement du produit fidélité.
- $PM(mp, j)$ la provision mathématique du model point mp l'année j .

Bonification

La bonification dans le modèle se calcule par model point au terme de la garantie fidélité, le calcul de cette dernière est détaillée par la formule 2.25.

$$Bonification(mp) = \max [GF_{perdue}(mp, j), \text{bonification garantie} \times GF(mp, j)] \times Valeur_{UC}(j), \quad (2.25)$$

avec :

- j le terme de la garantie fidélité, l'année de la bonification
- mp le modèle point considéré
- $GF_{perdue}(mp, j)$ la garantie fidélité perdue au sein model point mp pendant la durée de fidélité
- $GF(mp, j)$ la garantie fidélité accumulée par la model point mp pendant la durée de fidélité
- "Bonification garantie" le pourcentage de bonification de la garantie fidélité promis aux assurés fidèles. Ce pourcentage sera de 10% dans ce mémoire.

Si les garanties perdues ne suffisent pas pour financer les bonifications, l'assureur réalisera une perte décrite par la formule 2.26.

$$Perte = \sum_{mp=1}^N [Bonification(mp) - GF_{perdue}(mp, j) \times Valeur_{UC}(j)], \quad (2.26)$$

avec :

- N le nombre de model points

Stratégie d'allocation des actifs

La stratégie utilisée dans le modèle est une stratégie d'allocation fixe des actifs. A chaque fin d'année, l'outil calcule la proportion de chaque actif dans le bilan qui sera différente de l'allocation initiale. En effet, une hausse du cours de l'action va augmenter sa proportion dans le bilan. Au moment du rebalancement, les actifs sont vendus/achetés de manière à garder une allocation fixe définie en amont.

2.2.4 Les indicateurs utilisés

Les modélisations seront réalisées sur un horizon de projection de $M = 40$ ans sur $S = 1000$ simulations. Des indicateurs annuels ou par simulations seront calculés grâce à des moyennes.

Le BEL (Best Estimate Liabilities)

Le BEL défini dans le chapitre 1 (1.1) se calcule dans le modèle grâce à une somme actualisée des flux et d'une moyenne sur les scénarios, ce calcul est détaillé par la formule 2.27.

$$BEL = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^M F_i(j) \times DF_i(j) \xrightarrow{S \rightarrow +\infty} \mathbb{E}^{\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}} \left[\sum_{j=1}^M F(j) DF(0, j) \right], \quad (2.27)$$

avec :

- $F_i(j)$ le flux de passif de l'année j dans la simulation i . Ce flux est calculé de la façon suivante :

$$F_i(j) = \text{Flux}_{\text{sortant passif}}(i, j) - \text{Flux}_{\text{entrant passif}}(i, j) \quad (2.28)$$

- $DF_i(j)$ le facteur d'actualisation de la simulation i pour l'année j au temps 0
- $DF(0, j)$ le facteur d'actualisation pour l'année j au temps 0

La PVFP (Present Value of Futur Profit)

La PVFP est la somme des résultats actualisés futurs, dans le cadre Solvabilité 2, elle est calculée avec la courbe des taux sans risque publiée tous les mois par l'EIOPA.

La façon dont est calculé le résultat chaque année est définie par l'équation 2.29.

$$\text{Résultat} = \text{Solde}_{\text{sous}} + \text{Solde}_{\text{fi}} - \text{Frais}, \quad (2.29)$$

avec,

- $\text{Solde}_{\text{sous}}$ le solde de souscription :

$$\text{Solde}_{\text{sous}} = \text{Primes} + \Delta\text{PM} - \text{Rachats} - \text{Décès}$$

Où ΔPM représente la variation de provisions mathématiques sur l'année, Rachats et Décès les prestations effectuées durant l'année.

- Solde_{fi} le solde financier :

$$\text{Solde}_{\text{fi}} = \text{Produits financiers} - \text{Intérêts techniques} - \text{PB} - \Delta\text{PBB} - \Delta\text{RC} - \text{UC fidélité}$$

Où UC fidélité représente le montant de participation aux bénéfiques transféré en unités de compte et ΔRC la variation de la réserve de capitalisation sur l'année.

La PVFP peut finalement être calculée, l'équation 2.30 détaille le calcul.

$$PVFP = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^M \text{Résultat}_i(j) \times DF_i(j) \xrightarrow{S \rightarrow +\infty} \mathbb{E}^{\mathbb{Q} \otimes \mathbb{P}} \left[\sum_{j=1}^M \text{Résultat}(j) \times DF(j) \right], \quad (2.30)$$

avec :

- M le nombre d'années de projection
- j l'année de projection
- S le nombre de simulations
- i le numéro de simulation
- $DF_i(j)$ le facteur d'actualisation de la simulation i pour l'année j au temps 0
- $\text{Résultat}_i(j)$ le résultat de l'année j pour la simulation i

La VIF (Value In Force)

Dans le modèle ALM considéré, la VIF (équation 2.31) correspond à la PVFP minorée de la marge pour risque. Cette grandeur représente la valeur du portefeuille, c'est à dire les profits futurs diminués des coûts d'immobilisation du capital.

$$VIF = PVFP - RM, \quad (2.31)$$

avec :

- RM la marge de risque (Risk Margin) calculée grâce à la formule 1.9 défini dans le chapitre 1.

Pour calculer la marge pour risque il est nécessaire de connaître les SCR projetés ($SCR_{projeté}(t)$ avec $t \in [1, 2, 3..]$). A noter les SCR projetés utilisés pour le calcul de la RM sont des SCR non financier. Le modèle permet uniquement de calculer le SCR initial, il faut donc pouvoir estimer les SCR projetés. L'hypothèse retenue est que le rapport du SCR avec le BEL reste constant sur toutes les années de projection. Le mécanisme d'écoulement pour obtenir le BEL sur les différentes années de projection est défini par l'équation 2.32.

$$BEL(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N BEL_i(j), \quad (2.32)$$

avec :

- i le numéro de la simulation en cours
- j l'année de projection
- N le nombre de simulations effectuées
- $BEL_i(j)$ l'écoulement du BEL de la simulation i pour l'année de projection j .

$$BEL_i(j) = Flux_{BE_i}(j) \times \frac{DF_i(j)}{DF_i(j-1)}$$

- $Flux_{BE_i}(j)$ les flux du passif l'année j pour la simulation i
- $DF_i(j)$ le facteur d'actualisation de la simulation i pour l'année j au temps 0

Le SCR projeté utilisé pour le calcul de la RM est finalement calculé grâce à la formule 2.33.

$$SCR_{projeté}(j) = \frac{BEL(j)}{BEL(0)} \times SCR_{non\ financier}(0), \quad (2.33)$$

avec :

- $SCR_{non\ financier}(0) = SCR_{opérationnel}(0) + SCR_{vie}(0)$, c'est le SCR non financier obtenu à la date initiale $T = 0$.

Le TRA (Taux de Rendement de l'Actif)

Le taux de rendement de l'actif $TRA(j)$ (équation 2.34) pour une année j est obtenu avec la moyenne des taux de rendement de l'actif de chaque simulation.

$$TRA(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TRA_i(j) \quad ; \quad TRA_i(j) = \frac{Prod_{fi}(i, j)}{VNC_{actifs}(i, j - 1)}, \quad (2.34)$$

avec :

- $Prod_{fi}$ les produits financiers de l'année de projection j .
- $VNC_{actifs}(j - 1)$ la valeur net comptable totale de l'actif à la clôture de l'exercice précédent (Année j).

2.2.5 Utilisation des deux univers de projection

Dans le cadre de ce mémoire, l'évaluation de la solvabilité d'une entreprise d'assurance est certaines fois effectuée à différentes années de projection afin de pouvoir apprécier la situation de l'entreprise dans le temps. Pour cela, il est nécessaire de projeter la situation économique de l'entreprise grâce à l'environnement monde réel défini précédemment pour ensuite évaluer la solvabilité de cette dernière à la date de projection souhaitée appelée T .

Afin de réaliser ces modélisations, il faut lancer le modèle épargne deux fois : Une première fois pour projeter en monde réel jusqu'à la date T et une seconde fois pour évaluer la solvabilité en risque neutre.

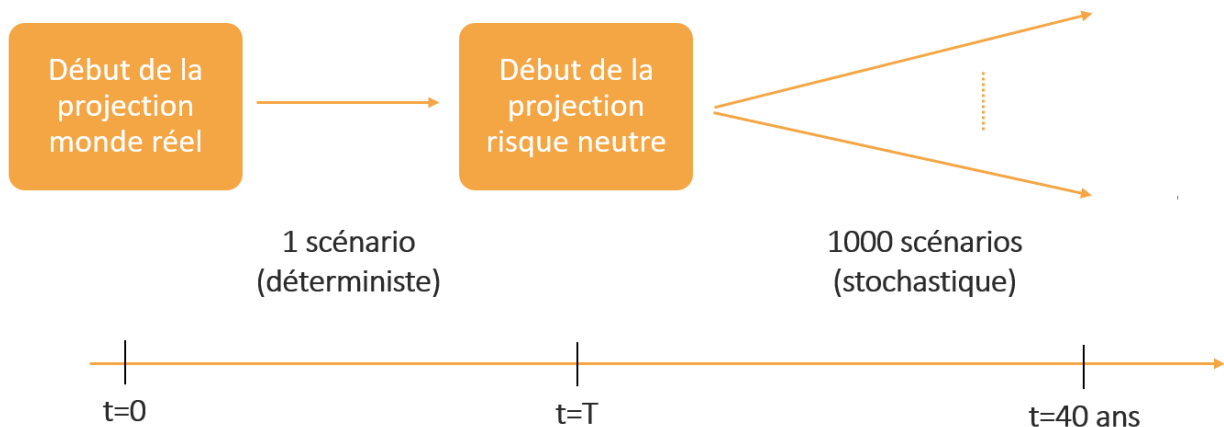


FIGURE 2.10: Schématisation de l'utilisation des deux univers de projection

Il est impératif d'exporter toutes les données (d'actif et de passif) nécessaires après la première projection monde réel pour assurer la cohérence de la seconde projection risque neutre.

Les projections en monde réel seront réalisées sur un seul scénario central. L'évolution de la courbe des taux dans ce scénario dépendra des hypothèses économiques choisies. Les cours de l'action et de

l'immobilier seront déterminés par une moyenne des sorties du GSE monde réel.

Les données récupérées entre les simulations monde réel et risque neutre sont expliquées dans les sous-parties suivantes.

Hypothèses sur le passif

Après T années de projection en run-off, la taille du portefeuille de passif est moins importante qu'à la date initiale. Le nombre de polices ainsi que les provisions mathématiques sont plus faibles à cause des décès, rachats et arbitrages des T -premières années.

De plus, il est nécessaire de prendre en compte dans le modèle les taux servis avant la date de début de projection. Cela permet que les rachats modélisés la première année de projection risque neutre soient cohérents avec les taux servis de la dernière année de la simulation monde réel. Une autre donnée concernant le passif est la garantie fidélité accumulée par chaque model point à la date T ainsi que la garantie à reverser en $t = T + 1$ au titre des droits fidélités acquis durant l'année T .

Pour rappel, la réglementation impose que la PBB dotée soit reversée sous 8 ans aux assurés. Cela impose donc que les montants et les dates des dotations de la PBB durant les simulations monde réel doivent être exportés. En effet, la PBB doit pouvoir se liquider durant les projections risque neutre en respectant la réglementation.

Hypothèses sur l'actif

Tout comme le passif, des informations sont nécessaires concernant les hypothèses de l'actif. En effet, pendant les années de projection en monde réel, l'assureur vend et achète des actifs. Il faut donc considérer la quantité d'actions, d'immobilier et d'obligations que possède l'entreprise à la date T ainsi que leurs plus ou moins values latentes.

Chapitre 3

Impacts du produit multi-support fidélité avec le portefeuille fictif

3.1 Données utilisées

Hypothèses du passif

Le passif est renseigné avec les trois éléments suivants :

- Provision mathématique initiale euros : 900,7 millions d'euros
- Provision mathématique initiale UC : 198,2 millions d'euros
- Provision pour participation aux bénéfices : 22,5 millions d'euros
- Réserve de capitalisation : 13,5 millions d'euros

Le détail de la provision mathématique initiale ainsi que de la partie UC est visible à la maille de chaque model point. Un model point est un regroupement d'assurés ayant des caractéristiques similaires, il est composé des informations suivantes :

- Numéro du model point
- Nombre de polices
- Sexe
- Âge
- Ancienneté fiscale
- Provision mathématique du fonds euro
- Provision mathématique de l'UC
- Prime annuelle euro
- Prime annuelle UC
- Durée des primes

- Chargement sur encours euro
- Chargement sur encours UC
- Taux technique
- Type de contrat (produit fidélité ou non)
- Garantie fidélité accumulée
- Garantie fidélité perdue

Le model point moyen des 46 model points du portefeuille est présenté par la table 3.1.

	Valeur moyenne
Nombre de polices	500
Age	57,7 ans
Ancienneté fiscale	4,7 ans
PM d'ouverture €	19,6 M€
PM d'ouverture UC	4,3 M€
Chargement sur encours €	0,60%
Chargement sur encours UC	0,90%
PB contractuelle	90,7%
Taux technique	0,58%

TABLE 3.1: Model point moyen du passif

Les taux techniques et les PB contractuelles sur l'ensemble du portefeuille représentent les données observables sur le marché. Cependant, ces valeurs seront modifiées dans les études réalisées dans ce mémoire. Les taux techniques seront mis à 0%, cela dans le but de visualiser le mécanisme de fidélité du nouveau produit et de le comparer à un produit classique. En effet, ce produit est conçu pour transférer de la participation aux bénéficiaires vers les UC, un montant qui serait faible si les taux techniques sont élevés. De plus, les modélisations sont faites avec une hypothèse de frais réels constants égaux à 0,25%.

Lors des études du produit fidélité, l'ensemble du portefeuille possédera le contrat fidélité pour toute la durée de la période de garantie. Cette période de garantie sera fixée à 6 ans, le dernier calcul des droits se fera ainsi lors de la 6^{ème} année. Durant la 7^{ème} année, l'ensemble des garanties fidélité sera reversé et intégré au stock d'UC classiques.

A la fin des années de projection (40 années), les quelques contrats restants sont rachetés intégralement et la réserve de capitalisation est récupérée et intégrée en résultat.

Une des limites du modèle utilisé est de ne pas prendre en compte les fonds propres comptables. Ces derniers ne seront donc pas modélisés dans le cadre de ce mémoire.

Hypothèses de l'actif

Comme expliqué précédemment, quatre actifs sont modélisés dans ce mémoire : les obligations, les actions, l'immobilier et le cash. Pour un bilan initial (hors UC) d'une taille de 1,040 milliard d'euros, la répartition des actifs en valeur nette comptable est présentée par la table 3.2.

	VNC (M€)	Pourcentage	Notation moyenne
Obligations d'état	359,71	38,4%	
Obligations d'entreprise	359,71	38,4%	A
Action	146,13	15,6%	
Immobilier	48,71	5,2%	
Cash	22,48	2,4%	

TABLE 3.2: Situation initiale de l'actif

Les montants de plus ou moins values latentes sont aussi renseignés et présentés par la table 3.3.

	Plus/Moins values latentes	Valeur de marché (en M€)	Duration
Obligations d'état	34,09%	482,34	10,06 ans
Obligations d'entreprise	17,27%	421,85	6,51 ans
Action	19,88%	175,18	
Immobilier	12,46%	54,782	

TABLE 3.3: Situation initiale de l'actif

La valeur de marché des obligations a été calculée grâce à la formule 3.1 qui prend en compte la valeur du nominal ainsi que des coupons de l'obligation.

$$VM_{oblig}^m(t) = \sum_{k=1}^m C^m \times N^m \times B(t, k) + N^m \times B(t, m), \quad (3.1)$$

avec :

- $VM_{oblig}^m(t)$ la valeur de marché de l'obligation de maturité m à la date t .
- C^m le taux de coupon de l'obligation de maturité m .
- N^m le nominal de l'obligation de maturité m .
- $B(t, k)$ le prix zéro-coupon de maturité k à la date t .

Les plus-values latentes des obligations d'état sont importantes car la courbe des taux utilisée représente un environnement de taux particulièrement bas. Celle choisie est la courbe des taux sans risque fournie par l'EIOPA au 31/12/2020.

Le portefeuille obligataire se compose de 20 obligations d'états différentes ayant des maturités résiduelles allant de 1 an à 20 ans. Les maturités résiduelles des obligations d'entreprises vont quant à elles de 1 an à 15 ans. Les informations nécessaires pour le modèle concernant les obligations sont les suivantes :

- Le type de l'obligation (Etat ou entreprise)
- La maturité résiduelle
- La valeur nette comptable
- La valeur comptable

- La valeur nominale
- La valeur de marché

De plus, un spread arbitraire de 0,5% est ajouté aux obligations d'entreprises fictives pour prendre en compte le caractère risqué de ces obligations.

Dans ce mémoire, les actions, l'immobilier et le cash sont modélisés par un seul model point. Autrement dit, dans chaque simulation, un seul cours de l'action est modélisé tout comme l'immobilier. De plus, les dividendes et les loyers ne sont pas modélisés, les seuls produits financiers provenant des actions et de l'immobilier proviennent de la réalisation de plus values lors de la vente de ces actifs.

Les supports fonds en euros et unités de compte ne sont pas adossées aux mêmes actifs. De ce fait, le transfert de la participation aux bénéfices vers les unités de compte fidélité entraîne automatiquement de la vente d'actifs.

3.1.1 Présentation des composantes Solvabilité 2 sans le produit fidélité

Bilan Solvabilité 2

Avant d'analyser les effets qu'apporte le produit fidélité par rapport au produit classique, il convient de présenter le bilan solvabilité 2 de l'assureur à la date initiale. La figure 3.1 présente les valeurs de Best Estimate et PVFP obtenues suite à une évaluation de la solvabilité en $T = 0$.

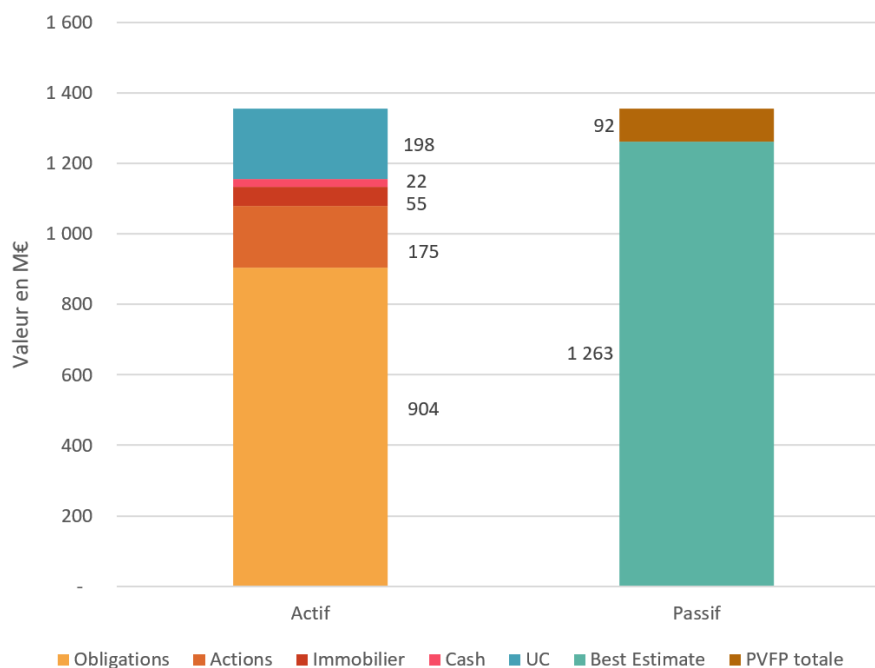


FIGURE 3.1: Présentation du bilan solvabilité 2 initial sans le produit fidélité

La part UC de l'assureur représente ici 15% du bilan en valeur de marché. Le Best Estimate représente 93% du passif de l'assureur. C'est une valeur élevée mais cohérente compte tenu des hypothèses prises. En effet, la simulation est faite de telle sorte à reproduire un contexte de taux bas.

Ces composantes du bilan Solvabilité 2 seront comparées avec celles obtenues lors des simulations intégrant le produit fidélité. De plus, les impacts sur l'activité euros et UC seront analysés séparément dans la plupart des cas. En effet, les phénomènes expliquant l'évolution du bilan Solvabilité 2 pour ces deux supports sont très différents. Il convient alors de décomposer le passif (en valeur de marché) par activité. Cela est visible sur les figures 3.2 et 3.3. Malgré les taux techniques égaux à 0% pour l'ensemble du portefeuille, la PVFP euros représente seulement 6% du bilan sur ce support. Cela est dû à l'épuisement rapide des richesses latentes dû au contexte de taux bas. Les différentes causes responsables des bénéfices et pertes de l'assureur sur les années de projection seront explicitées dans la suite lorsque le produit fidélité sera analysé. La partie UC apporte naturellement plus de rentabilité relativement à la taille de l'encours initial. Pour rappel, sur le support UC, le risque est porté par les assurés et l'assureur réalise de la marge grâce aux chargements sur encours.

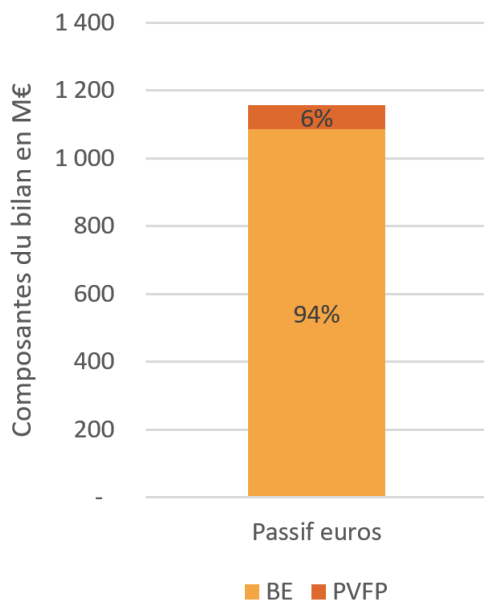


FIGURE 3.2: Passif initial obtenu sur l'activité euros

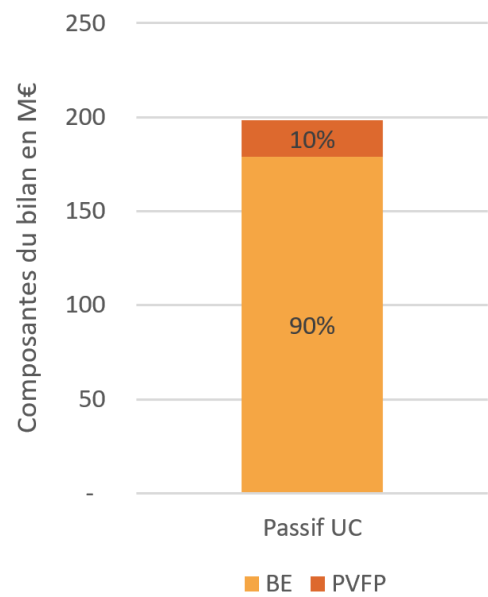


FIGURE 3.3: Passif initial obtenu sur l'activité UC

Solvabilité initiale

Un des indicateurs parmi les plus importants est le ratio de solvabilité de l'assureur, il permet notamment d'apprécier la santé économique de l'assureur. Les fonds propres comptables n'étant pas modélisés, le ratio de solvabilité sera calculé avec la formule 3.2. La VIF est calculée avec la formule 2.31.

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{VIF}{SCR} \quad (3.2)$$

Le SCR ainsi que le ratio de solvabilité obtenus sans le produit fidélité à la date initiale sont présentés sur la table 3.4.

	SCR	BSCR	VIF	Ratio de solvabilité
Valeurs obtenues	43,8 M€	38,1 M€	84,3M€	192,6 %

TABLE 3.4: Situation initiale de l'actif

Afin de comprendre comment les sous-modules de risque ont impacté la valeur du SCR, un calcul de contribution après diversification sera réalisé. Ce calcul permet de prendre en compte l'effet de diversification résultant de l'agrégation avec la matrice de corrélation. Un risque ayant une corrélation avec de nombreux autres risques aura naturellement une contribution plus importante. En effet, la probabilité d'occurrence d'un tel risque sera donc plus élevée étant donné qu'il peut se produire lorsque les autres risques se réalisent. Ces nouvelles contributions permettent de savoir précisément quel poids ont réellement les risques sur le SCR obtenu.

Les contributions des sous-modules de risque après diversification seront calculées selon la méthode d'Euler fonctionnant par projection orthogonale. Cette méthode est expliquée de façon plus détaillée dans le mémoire GRANDPERRIN (2015). La contribution après diversification (en pourcentage du SCR) pour un risque A est présentée par l'équation 3.3, le SCR de marché a aussi été pris pour l'exemple.

$$Contribution_A = \frac{SCR_A}{SCR_{marché}^2} \times \sum_{k \in M} \gamma_{kA} \times SCR_k, \quad (3.3)$$

avec :

- $M = \{\text{Action, Immobilier, ...}\}$ l'ensemble des sous-modules de risque de marché
- γ_{kA} le coefficient de corrélation entre le sous-module A et k

De plus, il est possible de vérifier la cohérence de la formule en regardant si la somme de toutes les contributions fait un total de 100% du SCR après diversification.

$$\begin{aligned} \sum_{k_1 \in M} Contribution_{k_1} &= \sum_{k_1 \in M} \frac{SCR_{k_1}}{SCR_{marché}^2} \times \sum_{k_2 \in M} \gamma_{k_1 k_2} \times SCR_{k_2} \\ &= \frac{1}{SCR_{marché}^2} \sum_{k_1, k_2 \in M} \gamma_{k_1 k_2} \times SCR_{k_1} \times SCR_{k_2} \\ &= \frac{SCR_{marché}^2}{SCR_{marché}^2} \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dans les modélisations réalisées, le BSCR résulte de l'agrégation du SCR vie et SCR marché qui eux-mêmes résultent d'une autre agrégation. La contribution totale pour chaque sous-module de risque peut donc s'écrire de la façon décrite par l'équation 3.4.

$$Contribution_{totale_A} = \sum_{i \in M} Contribution_i \times 1_{A \in i} \times \sum_{j \in i} Contribution_A \times 1_{A=j}, \quad (3.4)$$

avec :

- A le sous-module de risque considéré
- $M = \{\text{Marché}, \text{Vie}\}$ l'ensemble des modules de risque principaux.

De plus, ces modules sont composés de leurs sous-modules de risque respectifs. Dans le cadre de ce mémoire ces sous-modules sont les suivants :

- $\text{Marché} = \{\text{Action}, \text{Immobilier}, \text{Taux d'intérêts}, \text{Spread}\}$
- $\text{Vie} = \{\text{Mortalité}, \text{Longévité}, \text{Catastrophe}, \text{Rachat}, \text{Frais}\}$

La figure 3.4 présente les résultats issus des calculs de diversification présentés précédemment.

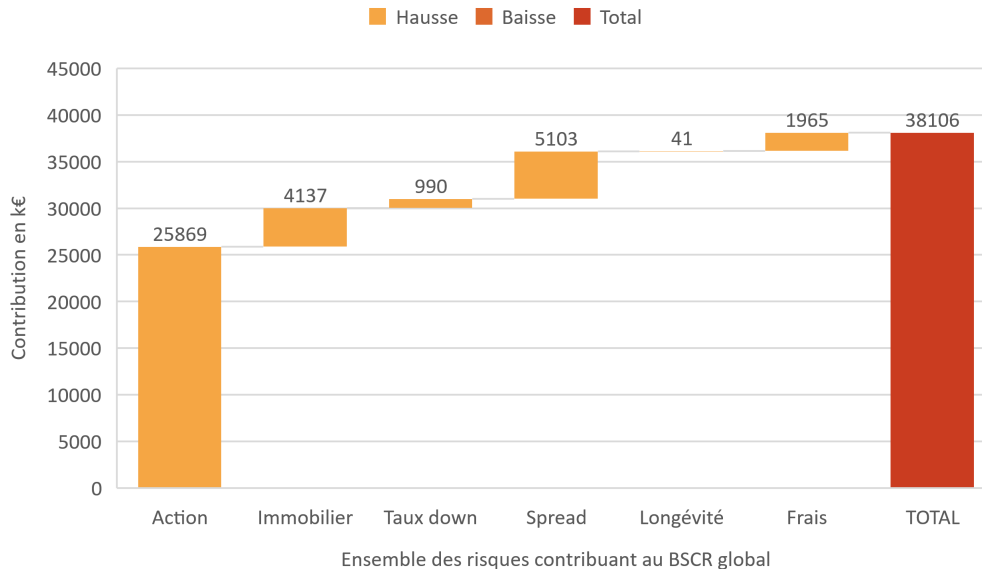


FIGURE 3.4: Décomposition du BSCR initial par sous-module de risque

Il en ressort que le sous-module de risque action représente la contribution majoritaire du BCSR de l'assureur. A noter que sur cette figure, le SCR de rachat n'a pas d'influence. Le choc de rachat baissier coûteux pour l'assureur sur la partie euro est compensé par des résultats plus importants sur la partie UC. Dans cet univers de choc, la PVFP globale n'est pas plus faible que dans le scénario central et donc le SCR pour ce risque ne rentre pas dans le calcul du SCR total. Ce phénomène est causé par les hypothèses de modélisation choisies. En effet, le portefeuille fictif composé de taux techniques nuls sous estime considérablement le choc de rachat baissier. La partie euro pèse moins dans ce contexte.

Une fois les risques retenus pour le calcul du SCR identifiés, il sera présenté pour chacun d'entre eux, le détail de contribution par support. Pour un risque donné A , la contribution à un risque après diversification d'un support sera calculée d'après la formule 3.5.

$$\text{Contrib}_{\text{support}}(A) = \frac{PVFP_{\text{support}} - PVFP_{\text{support}}^A}{SCR_{\text{brut}}(A)} \times \text{Contribution totale}_A, \quad (3.5)$$

avec :

- $\text{Contribution totale}_A$ la contribution après diversification du sous-module de risque A calculé par l'équation 3.4

- $support = \{Euros, UC\}$
- $PVFP_{support}$ la PVFP obtenu sur le support donné dans le scénario central
- $PVFP_{support}^A$ la PVFP obtenu sur le support donné dans le scénario de choc du risque A
- $SCR_{brut}(A)$ le SCR calculé pour le risque A (méthode présentée par la figure 1.4)

A noter que ces contributions peuvent être négatives, cela veut dire qu'un choc peut apparaître bénéfique pour un support et compenser une partie de la perte de l'autre support. Grâce à cette méthode, les figure 3.5 et 3.6 ont été obtenues. Elles représentent le détail des contributions des sous-modules de risque par support, c'est un détail de la figure 3.4. De plus, la part de l'UC dans la contribution du SCR total est de 3,11%.

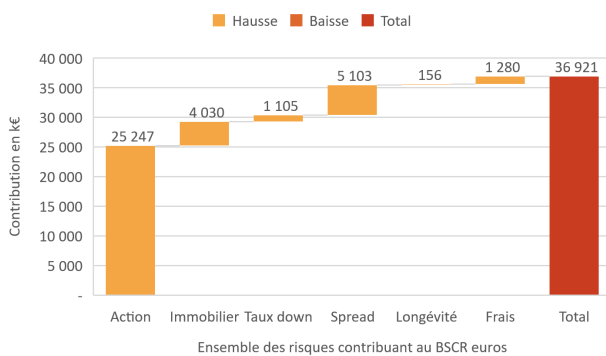


FIGURE 3.5: Décomposition du BSCR euros initial par sous-module de risque

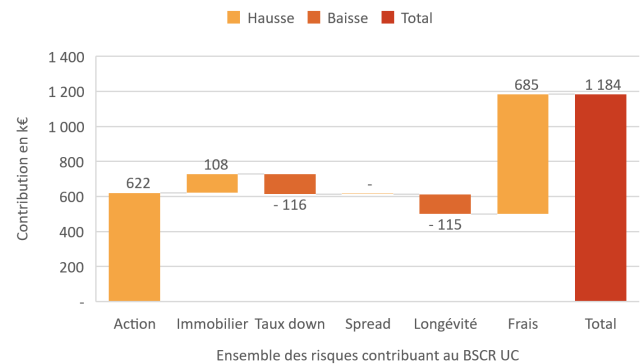


FIGURE 3.6: Décomposition du BSCR UC initial par sous-module de risque

3.2 Évaluation de la solvabilité de l'entreprise à la date initiale

3.2.1 Présentation de l'étude

Pour rappel, le produit fidélité a été imaginé pour permettre aux assureurs d'améliorer leur situation économique dans un contexte de taux bas tout en permettant une hausse de performance pour l'assuré. Afin de quantifier concrètement ces effets là, il a été nécessaire de réaliser une étude modélisant l'intégration de ce produit au sein d'une activité d'assurance. Les résultats obtenus ainsi que des analyses sur ces derniers seront présentés dans cette partie.

Dans cette partie, des modélisations seront réalisées avec la mise en place du produit fidélité sur les six premières années pour l'ensemble du portefeuille épargne. Pour les années de projection supérieures à la durée de la période de garantie, le contrat multi-support standard remplacera le produit fidélité pour le reste de la durée de vie du portefeuille. Les premiers droits pour la garantie fidélité seront calculés à la fin de la première année et reversés dès la deuxième année. De même, la garantie fidélité ainsi que la bonification sont calculées à la fin de la sixième année et reversées à la fin de la septième année.

Une telle étude permet d'observer dans un premier temps les mécanismes du produit fidélité sur les premières années mais aussi ses effets bénéfiques et pénalisant pour l'assureur. Dans un second temps,

le retour la septième année à une garantie standard permettra de mettre en avant les effets résiduels du produit.

Sensibilité sur le paramètre fidélité

La première étude consiste à analyser l'impact sur la solvabilité à la date initiale du produit fidélité. Pour cela, une étude de sensibilité sera réalisée sur le paramètre $p_{\text{fidélité}}$ présenté précédemment. Cette première analyse permettra de comprendre les interactions et les déformations du bilan qu'entraîne un tel produit. Les valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ considérées sont les suivantes : 0%, 25%, 50%, 75% et 100%.

La sensibilité sur ce paramètre est importante pour plusieurs raisons. Dans un premier temps, le mécanisme global du nouveau produit repose sur le transfert d'une partie de la PB vers des supports en UC. Ce mécanisme est piloté directement par $p_{\text{fidélité}}$. L'étude de sensibilité sur ce paramètre permettra d'obtenir des phénomènes différents d'une simulation à une autre. Dans un second temps, le produit fidélité engendre des effets positifs et négatifs. Une étude de sensibilité sur $p_{\text{fidélité}}$ permettra de faire réassortir de façon différente ces effets pour obtenir finalement des évolutions non linéaires de certaines composantes.

Une deuxième étude a été réalisée et apportera une analyse en vision prospective du produit fidélité. Cela permettra d'apprécier les effets pour l'assureur d'un tel produit dans le temps.

3.2.2 Déformation du bilan Solvabilité 2

Cette partie consiste à apprécier les effets du produit à une date unique initiale. Cela dans le but d'observer les impacts d'une différence de paramétrage du produit. Tous les indicateurs présentés dans cette partie résultent ainsi d'une évaluation de la solvabilité de l'assureur en environnement risque neutre à la date $T = 0$.

L'analyse du BE permettra de visualiser clairement les effets qu'entraîne le produit fidélité tandis que l'analyse de la PVFP permettra de comprendre comment ces effets impactent le résultat.

Analyse sur le bilan global et par support

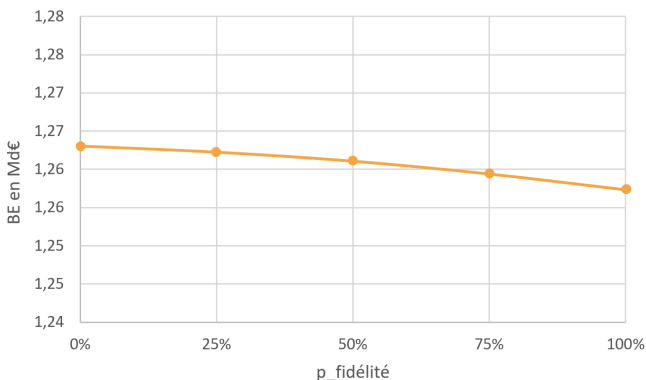


FIGURE 3.7: Evolution du Best Estimate en fonction du paramètre fidélité

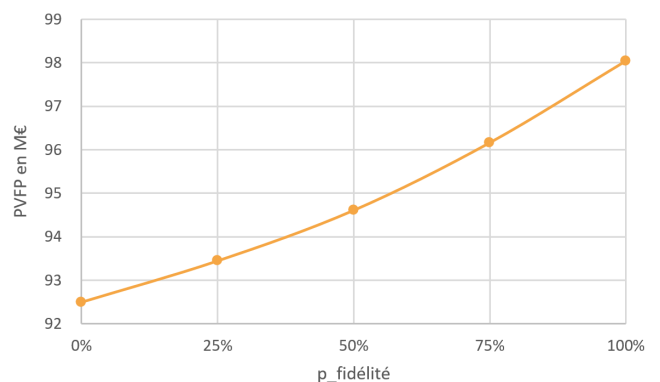


FIGURE 3.8: Evolution de la PVFP en fonction du paramètre fidélité

D'un point de vue bilan Solvabilité 2, le produit fidélité a un léger impact favorable. En effet, une baisse du Best Estimate relativement faible (figure 3.7) et une hausse de la PVFP (figure 3.8) sont observables.

Le produit fidélité entraîne des arbitrages entre l'euros et l'UC, il est donc pertinent de décomposer les composantes du bilan entre l'activité euros et UC pour comprendre d'où proviennent ces variations. La figure 3.9 et la figure 3.10 permettent d'éclaircir cela. Pour rappel, le Best Estimate total observé est la somme du Best Estimate euros et UC.

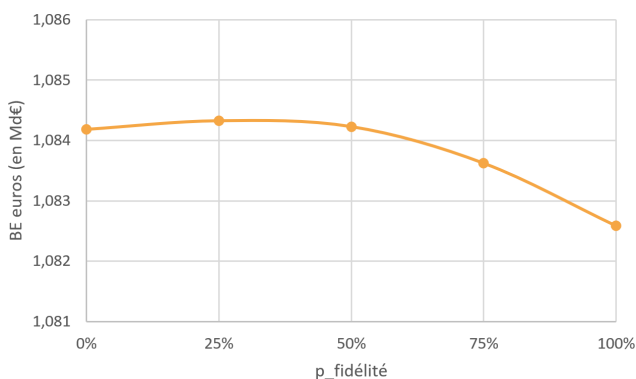


FIGURE 3.9: Evolution du Best Estimate euros en fonction du paramètre fidélité

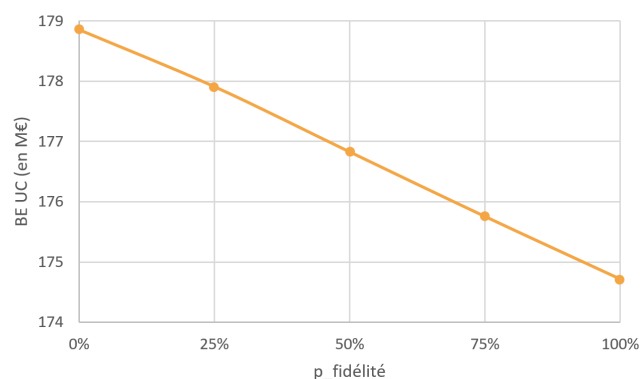


FIGURE 3.10: Evolution du Best Estimate UC en fonction du paramètre fidélité

Sur les deux graphiques, l'étendue de l'axe des ordonnées (montant du BE) est égale à 5 millions d'euros pour permettre d'identifier, relativement, sur quel support la variation du BE est importante. Le BE euros est donc relativement stable en fonction du paramètre de fidélité, une légère baisse pour des valeurs élevées de $p_{fidélité}$ est observable sur la figure 3.9. Cependant, une baisse plus significative est présente pour le BE UC. Plus le paramètre fidélité est important, plus le BE UC est faible. Malgré la part minoritaire de l'activité UC, ce support contribue davantage à la baisse du BE total. Cependant, cette baisse reste relativement faible.

Analyse détaillée des flux de BE

Dans cette étude, l'analyse des flux de BE est pertinente car elle permet d'identifier et comprendre l'ensemble des mécanismes principaux qu'entraîne le produit fidélité. La part du BE dans le bilan est importante et ainsi les variations sont relativement faibles. Les mécanismes expliqués dans cette partie n'ont donc pas pour but d'expliquer les variations observées contrairement à l'analyse de la PVFP qui sera faite dans la sous partie suivante.

Pour rappel, le BE est la somme actualisée des flux de passif sur chaque année de projection. Les flux se décomposent en flux entrants venant s'ajouter négativement et les flux sortants venant s'ajouter positivement au flux de l'année considérée.

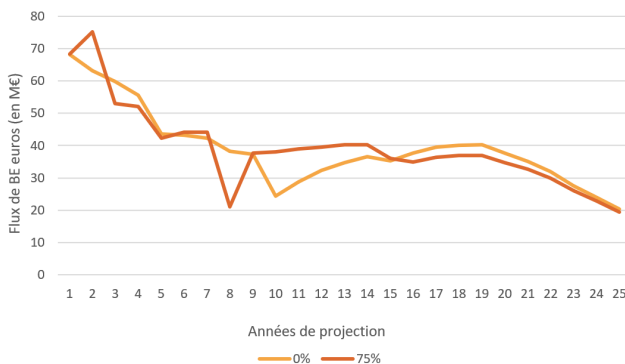
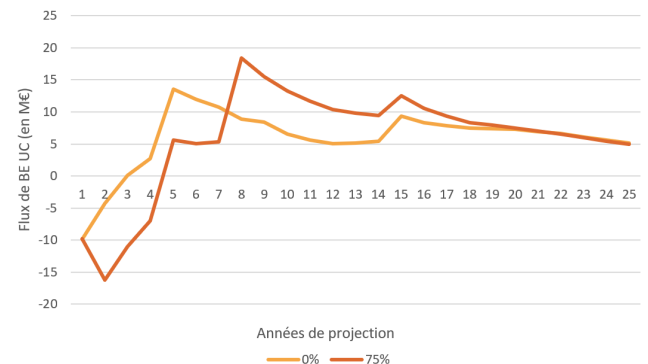
La table 3.5 recense l'ensemble des flux entrants et sortants qui impact le BE.

Flux sortants	Flux entrants
Rachats	Primes
Prestations décès	Nouvelles collectes
Arbitrages sortants	Arbitrages entrants

TABLE 3.5: Ensemble des flux impactant le Best Estimate

Les arbitrages liés au transfert des produits financiers sur la garantie fidélité représentent des flux entrants pour l'activité UC et des flux sortants pour l'activité euros.

Dans le but d'analyser en détail les flux de BE, deux simulations avec deux paramètres de fidélité différents sont comparées sur la figure 3.11 pour le BE euros et sur la figure 3.12 pour le BE UC. Les deux paramètres choisis sont $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 75\%$. Le choix de 75% est arbitraire, le but ici est de choisir une valeur de $p_{\text{fidélité}}$ assez élevée pour observer des différences visibles sur les résultats présentés par la suite.

FIGURE 3.11: Valeur des flux de BE euros selon la valeur de $p_{\text{fidélité}}$ FIGURE 3.12: Valeur des flux de BE UC selon la valeur de $p_{\text{fidélité}}$

Sur ces deux graphiques, seulement les 25 premières années de projection sont représentées car les flux pour les deux simulations sont similaires après cette date là, les effets résiduels du produit fidélité se dissipent. De plus, les valeurs des flux sur les deux graphiques sont les flux actualisés pour pouvoir comparer des écarts entre les deux simulations de la même manière en début et milieu de projection, cela pour prendre en compte l'effet d'actualisation. La somme de tous les flux observés sur les deux graphes permettent d'obtenir les valeurs de BE présentées sur la figure 3.9 et 3.10.

Analyse des flux de BE euros

Plusieurs phases peuvent être identifiées sur la figure 3.11. En effet, sur certaines années de projection, les flux d'une simulation peuvent être supérieurs à ceux d'une autre simulation et inversement pour d'autres années. Cependant, la somme totale de ces flux est quasiment identique comme le montre la courbe horizontale de la figure 3.9. Plus précisément, les valeurs de BE sont respectivement de 1,0793 Md€ et 1,0795 Md€ pour $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 75\%$.

Première phase : La période de garantie fidélité. Le pic observé sur la courbe de la simulation 75% la deuxième année est lié à l'arbitrage au titre de la garantie fidélité accumulée la première année. Toujours à cause de ces arbitrages, cette courbe devrait être au dessus de la courbe 0% durant toute

la période de garantie. Cependant, le transfert des produits financiers sur la garantie fidélité (au lieu d'une dotation de la PPB) entraîne une **fidélisation des assurés**. En effet, comme expliqué avec la formule 2.24, le taux servi influant sur les rachats prend en compte le montant de capital transféré en garantie fidélité. Cela entraîne donc une baisse considérable des rachats les années suivantes tout le long de la garantie fidélité (voir la table 3.6).

Cela entraîne donc une stabilité des flux de BE euros sur les années de la période de garantie. Il y a d'un coté plus de flux liés à l'arbitrage fidélité mais d'un autre coté moins de rachats dû à la hausse du taux servi. Ce mouvement explique les flux de BE proches pour les deux courbes.

Années :	1	2	3	4	5	6	7
$p_{\text{fidélité}} = 0\%$:	3,61%	3,78%	4,01%	4,00%	4,07%	4,04%	4,00%
$p_{\text{fidélité}} = 75\%$:	3,61%	3,78%	1,76%	2,14%	2,55%	2,83%	3,01%

TABLE 3.6: Comparaison des taux de rachat entre les deux simulations de l'exemple pendant la période de garantie

Seconde phase : Le relâchement de la PPB. D'après les hypothèses de modélisation, la PPB initiale est supposée avoir été dotée linéairement sur les huit dernières années précédant la date T0 (début de projection). La réglementation impose que le montant doté en PBB soit reversé sous 8 ans. Pour rappel, les hypothèses choisies font que ce montant là est reversé la 8^{ème} année sauf cas défavorable majeur pour l'assureur. Dans la simulation sans le produit fidélité, le montant doté en PBB la première année est bien supérieur aux dotations faites avant l'année T0. Ce montant est donc reversé la 9^{ème} année et ainsi un pic à la baisse la 10^{ème} année est observée suite à la baisse des rachats.

Les revalorisations faites dans la simulation 0% sont plus importantes que celles de la simulation 75%. En effet, durant les premières années, lorsque le contrat fidélité est actif, le montant transféré en unités de compte fidélité est doté en PBB pour le scénario 0%. Cela entraîne une hausse des rachats pour le scénario 75%, d'où la courbe des flux supérieure pour cette modélisation.

Troisième phase : Équilibre de la PPB. Au bout de la 15^{ème} année, toute la PPB dotée différemment à cause de la garantie fidélité a été reversée. En effet, le dernier flux lié à la garantie fidélité étant la 7^{ème} année, la PPB à l'année 15 ne contient donc plus de montant lié à des dotations faites pendant la période de garantie. Période pendant laquelle la politique de dotation de la PPB était différente entre les deux simulations.

La PPB étant le levier majeur sur les taux servis et ainsi sur les rachats, le montant des encours à cette période s'équilibre pour les deux simulations. De plus, les caractéristiques de l'actif et du passif à cette date sont similaires, cela explique des flux proches sur le reste des années de projection.

- Analyse des flux de BE UC

Concernant les flux de BE UC, deux phases dans les années de projection sont notables : pendant la période de garantie et après la période de garantie.

Première phase : Période de garantie fidélité. A partir de la 2^{ème} année (versement des droits accumulés la première année) jusqu'à l'année de projection 7, de nombreux arbitrages entrants au titre de la garantie fidélité sont présents dans la partie UC. Ces flux importants sont plus élevés que les prestations UC, cela implique des valeurs de flux UC négatives pour les 4 premières années de projection. Les flux avec le produit fidélité restent nettement inférieurs que ceux sans jusqu'à la 7^{ème} année de projection.

Seconde phase : Après la période de garantie fidélité. A l'année 7 de projection, la garantie fidélité est reversée aux assurés sur le stock d'UC. La provision mathématiques UC est ainsi bien plus importante pour la simulation avec $p_{\text{fidélité}} = 75\%$ que pour la simulation avec $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ (cf table 3.7).

$p_{\text{fidélité}}$:	0%	75%
Provision mathématiques UC :	158,78 M€	207,88 M€

TABLE 3.7: Comparaison du niveau des provisions mathématiques à l'année de projection 7

Ainsi, pour des taux de rachat et décès égaux, les flux correspondants aux prestations seront naturellement plus importants pour la simulation 75%, c'est ce qui est observable sur la figure 3.12. En effet, ces taux sont égaux car le rachat conjoncturel n'est pas modélisé au sein de l'activité UC.

Les flux de BE observables sur les premières années ont été actualisés négativement car la courbe des taux sans risque est négative sur les 20 premières maturités. Cette actualisation va augmenter la valeur brut du flux. Cela a pour conséquence que le poids pour chacun de ces flux va, une fois actualisé, avoir un impact important dans le BE UC.

Analyse détaillée des flux de PVFP

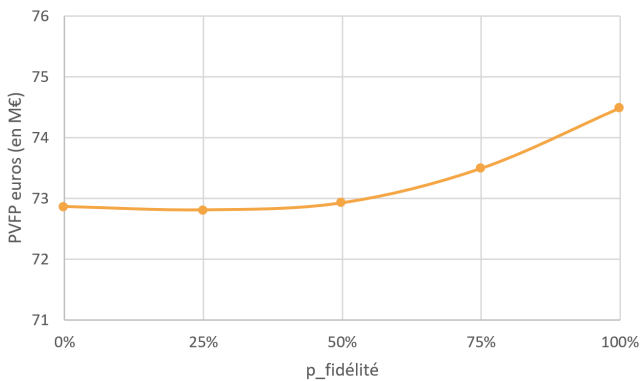


FIGURE 3.13: Evolution de la PVFP euros en fonction du paramètre fidélité

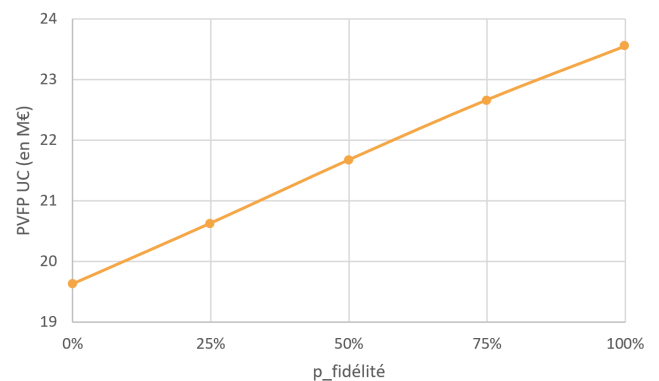


FIGURE 3.14: Evolution de la PVFP UC en fonction du paramètre fidélité

Tout comme l'analyse précédente sur le BE, l'étendue de l'axe des ordonnées est égale à 5 millions d'euros pour permettre d'identifier quelle activité (euros ou UC) provoque la tendance de hausse de la PVFP totale. Similaire au BE euro, la PVFP euros est relativement stable en fonction du paramètre de fidélité avec une hausse pour $p_{\text{fidélité}} = 75\%$ et 100% (figure 3.13). La hausse observée de la PVFP UC (figure 3.14) est quant à elle plus conséquente.

- Analyse des flux de PVFP euro

Les flux de PVFP euros diffèrent avec l'intégration du produit fidélité. Cette différence se produit en particulier sur le **solde financier** et par **période**. Sur certaines périodes, le produit fidélité a un impact positif sur le solde financier et d'autres non. Trois périodes se distinguent. Pour l'analyse de cette composante, les comparaisons se feront entre la simulation sans le produit fidélité ($p_{\text{fidélité}} = 0\%$)

et la simulation avec $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. Ce choix de paramètre a été fait dans le but d'observer des différences plus marquées.

La figure 3.15 illustre les différences de flux de PVFP euros entre deux simulations prises pour exemple. Ces flux ont été décomposés par période car des phénomènes précis et différents sont notables suivant ces dernières. Les explications des différences de PVFP faites ci-dessous appuient ce schéma.

De plus, les sommes des différences des résultats actualisés par période sont présentées sur la table 3.8. Cela permet de localiser sur quelles périodes le produit est rentable. C'est un outil qui sera aussi utile dans la compréhension des impacts du produit dans des univers de choc. **La période 1 comprend les années de projection 1 à 9, la période 2 les années 10 à 17 et enfin la période 3 les années 18 à 40.**

	Période 1	Période 2	Période 3	Total
Différence de PVFP euros :	1,19 M€	-1,00 M€	1,42 M€	1,61 M€

TABLE 3.8: Somme des différences entre la simulation $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ des flux de PVFP euros par période

La colonne "Total" représente donc la différence de PVFP entre les deux scénarios.

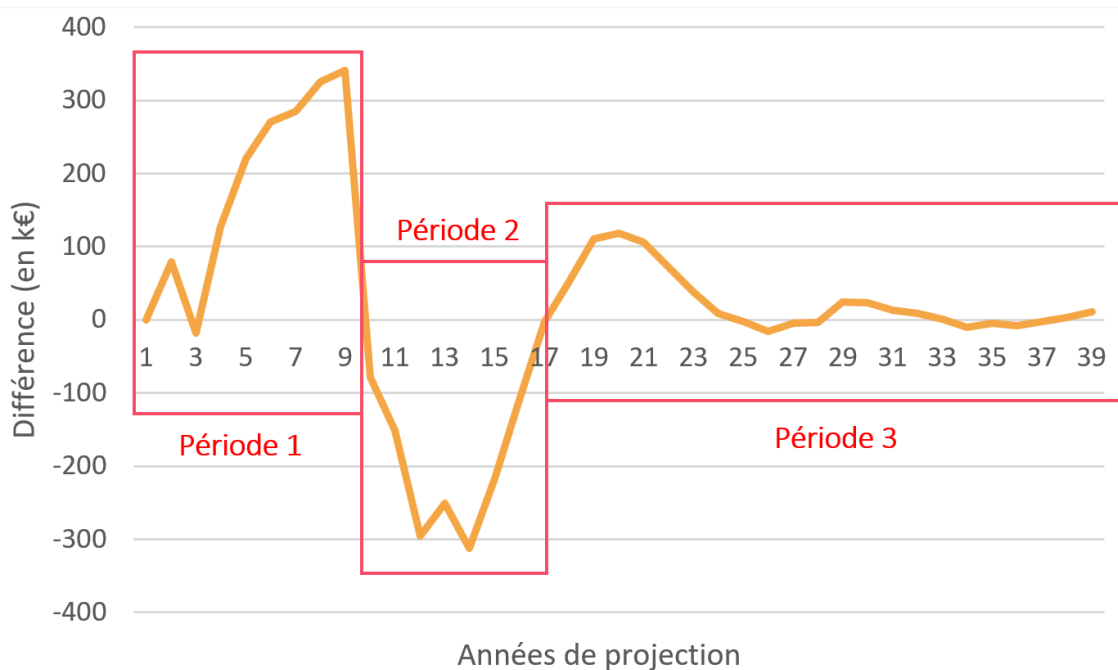


FIGURE 3.15: Différence des résultats financiers entre la simulation $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 0\%$

Période 1 : Période de garantie fidélité et les premières années suivant cette dernière.

Lors des premières années, la garantie fidélité se constitue et fidélise les assurés grâce à l'augmentation du taux servi. Pour rappel, le versement sur la garantie fidélité est pris en compte dans le taux servi et ainsi les rachats diminuent. En comparant la simulation avec $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 100\%$, la baisse des rachats compense les sorties liées aux transferts vers garantie fidélité. La PM euros est finalement plus élevée sur les premières années de projection avec l'intégration du produit fidélité.

La conséquence de ce phénomène est que l'encours euro sans le produit fidélité diminue plus vite que celui avec le produit. Pour des produits financiers équivalents, les chargements sur encours sont donc plus importants et créent la différence sur cette période. Le produit est donc plus rentable. Autrement dit, la participation aux bénéfices calculée (formule 2.16) est moins importante avec $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ qu'avec $p_{\text{fidélité}} = 100\%$, cela grâce à la déduction des chargements plus importante avec le produit fidélité.

Après la période de garantie fidélité, la différence entre les encours est importante et l'assureur profite encore quelques années de cette différence.

Période 2 : De la fin de la période 1 jusqu'à l'équilibre de la PPB

A partir de l'année de projection 8, les taux de rendement de l'actif en baisse depuis le début la production gardent cette tendance pour atteindre des faibles valeurs (1,5% en moyenne l'année 8 de projection et 1,1% en moyenne l'année 12). A cette période, les richesses latentes s'épuisent et les obligations achetées pendant le début des années de projection (courbe des taux basse) apportent des rendements faibles.

De plus, au sein des scénarios stochastiques, nombreux sont défavorables et requièrent une reprise de la PPB pour servir le taux cible aux assurés. Cependant cette dernière n'a pas été dotée pendant la période de garantie avec produit fidélité et ne suffit donc pas pour couvrir le taux cible. Les résultats financiers sont donc plus faibles avec le produit fidélité.

Pendant cette période, le reversement de la PPB plus important sans le produit fidélité réduit petit à petit les encours de PM entre les simulations. Ainsi, l'assureur ne dispose plus de ce levier pour obtenir des résultats supérieurs avec le produit fidélité.

La fin de cette période se situe vers l'année 17, le montant de PPB pour les deux simulations s'équilibre pour atteindre un niveau équivalent (6,1 M€ pour $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ et 5,7 M€ pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$). De plus, le reversement de la PPB toutes ces années (pour $p_{\text{fidélité}} = 0\%$) combiné aux scénarios défavorables où la rémunération au taux cible n'a pas été possible (pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$) a créé une fidélité plus importante des assurés avec $p_{\text{fidélité}} = 0\%$. Ces deux phénomènes ont fait que la PM euros ne s'est pas seulement équilibrée mais est devenue plus importante pour la simulation avec $p_{\text{fidélité}} = 0\%$.

Période 3 : De l'équilibre de la PPB jusqu'à la fin de projection

Par construction du scénario risque neutre, la courbe des taux est de plus en plus haute au fur et à mesure des années. A l'année 20 de projection, la courbe des taux possède un taux 10 ans de 2,26% comparé à -0,36% sur la courbe des taux sans risque initiale. A cette date, la PM plus importante pour la simulation $p_{\text{fidélité}} = 0\%$, les montants de PPB sont les mêmes ainsi que les produits financiers. Cela a pour conséquence que la rémunération au taux cible coûte plus cher sans le produit. Sur l'ensemble de cette période le produit fidélité est plus rentable.

Les mécanismes vus précédemment permettant à l'assureur d'augmenter sa rentabilité fonctionnent suffisamment pour $p_{\text{fidélité}} \in [50\%, 100\%]$. Pour un assureur voulant trouver un levier qui améliore la PVFP de l'activité euros, activité qui pèse dans ce contexte de taux bas, il faudra donc choisir à priori les valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ citées précédemment. Les valeurs inférieures ne provoquent pas une fidélisation assez importante.

- Analyse des flux de PVFP UC

La hausse de la PVFP UC s'explique en partie grâce la marge générée par les chargements sur encours

plus importants avec la garantie fidélité. Cette différence s'explique par la constitution d'une garantie fidélité avec le produit.

Durant les premières années de projection, le marge supplémentaire des simulations avec le produit par rapport à la simulation sans s'explique totalement par les frais de gestion récupérés de la garantie fidélité. Pour rappel, ces frais sont de 1,2%. Après la période de garantie, la différence de résultat s'explique par la différence des frais prélevés sur l'encours UC classique. En effet, une fois la garantie fidélité reversée, la PM UC est bien plus importante (cf table 3.7) et les frais prélevés sont ainsi supérieurs pour les simulations avec le produit fidélité.

De plus, des arbitrages plus conséquents du fait des PM euros plus importantes entraînent une augmentation de la PM UC classiques avec le produit fidélité. Ainsi, une marge supplémentaire est aussi dégagée grâce à ce phénomène.

Conclusion

En conclusion, la hausse de rentabilité du produit fidélité s'explique principalement par le support partie UC et plus particulièrement par les chargements sur encours récupérés sur ce support. En ayant une vision bilan Solvabilité 2, le produit a à priori un impact positif car il permet de réduire le BE et d'augmenter la PVFP. Cependant, l'impact reste modéré, il y a une augmentation maximum de la PVFP de $\frac{5,5}{92,5} \approx 5,98\%$ pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$.

3.2.3 Analyse du capital réglementaire

La capital réglementaire

Après avoir analysé la déformation du bilan Solvabilité 2 par le produit fidélité, il convient de regarder l'impact sur le besoin en capital réglementaire : le SCR.

Les SCR obtenus après les 5 simulations dans l'environnement risque neutre pour les différentes valeurs étudiées du paramètre $p_{\text{fidélité}}$ sont rassemblés sur la figure 3.16.

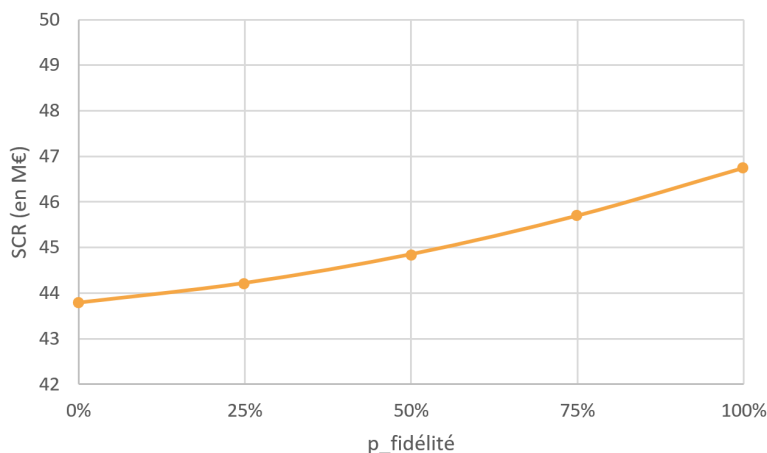


FIGURE 3.16: Évolution du SCR en fonction du paramètre fidélité

La première remarque est que le produit fidélité a un impact négatif sur le capital réglementaire de l'assureur. En effet, la figure 3.16 montre une croissance quasi linéaire du SCR en fonction du paramètre $p_{\text{fidélité}}$. Pour la valeur de 100% de ce paramètre, l'augmentation du SCR est de 6,76% par rapport au SCR obtenu sans le produit fidélité.

Pour expliquer cette hausse du SCR, il faut dans un premier temps décomposer l'évolution du SCR entre les évolutions des contributions pour chacun des deux supports. La méthode utilisée pour retrouver les contributions euros et UC est celle présentée par la formule 3.5. Il suffit de faire la somme sur toutes les contributions des sous-modules de risque pour un support donné pour obtenir la contribution de ce dernier. Les figures 3.17 et 3.18 représentent ainsi l'évolution de la contribution par support au BSCR global de l'assureur.

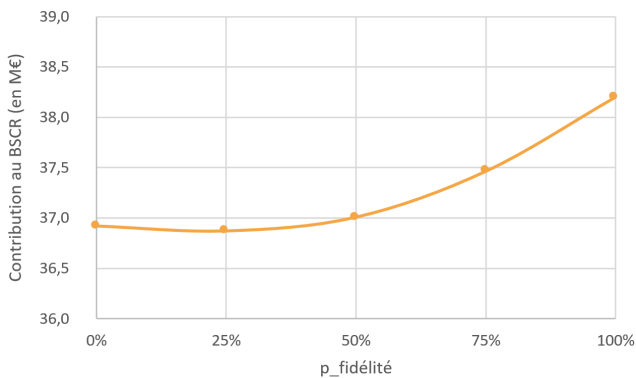


FIGURE 3.17: Évolution de la contribution du support euros en fonction du paramètre fidélité

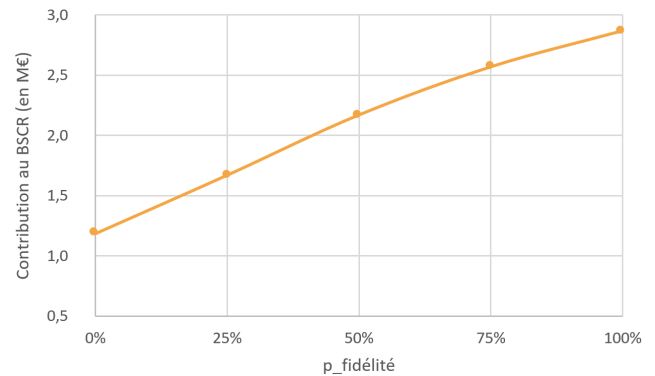


FIGURE 3.18: Évolution de la contribution du support UC en fonction du paramètre fidélité

L'évolution relative de la contribution UC est élevée et croissante en fonction du paramètre fidélité. L'augmentation maximale est de 142% passant de 1,2 M€ à 2,9 M€ avec $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. L'évolution de la contribution euros n'est quant à elle pas linéaire, elle est stable pour $p_{\text{fidélité}} \in [0\%, 50\%]$ avec une très légère baisse pour $p_{\text{fidélité}} = 25\%$. Une hausse est observée pour $p_{\text{fidélité}} \in [50\%, 100\%]$ avec une augmentation maximale de 3,5%. Concernant l'analyse de la contribution euros, il sera présenté les causes de son augmentation et non pas pour quoi cette dernière est stable pour des faibles valeurs de $p_{\text{fidélité}}$. En effet, une des conséquences du produit fidélité faisant augmenter la contribution du support euros n'est pas présente pour des faibles valeurs de $p_{\text{fidélité}}$.

Explication de la hausse de la contribution euros

La hausse du SCR par l'activité euros peut apparaître à priori contre intuitive à cause de l'effet volume à la baisse qu'engendrerait le produit. En effet, l'arbitrage d'une partie de la participation aux bénéfices a pour but de diminuer le coût des garanties futures. Ce phénomène réduit la revalorisation future qui aurait intégré le relâchement de la PPB dotée 8 ans auparavant. En ne dotant pas cette PPB, le capital à garantir dans les années futures sera plus faible. Cependant, d'autres mécanismes influent dans le calcul du capital réglementaire.

Le but de cette sous section sera d'expliquer d'où provient cette variation à la hausse du SCR par l'activité euros. L'analyse se basera sur les évolutions des contributions des sous-modules de risque sur l'activité considérée (la méthode a déjà été décrite précédemment).

Afin de pouvoir identifier les origines des variations de la contribution euros pour les différentes valeurs

de $p_{fidélité}$, deux valeurs seront retenues pour les comparaisons : $p_{fidélité} = 0\%$ et $p_{fidélité} = 100\%$. La table 3.9 présente l'évolution des contributions euros du BSCR pour les deux simulations considérées.

$p_{fidélité}$:	0%	100%	Variation
Contribution euros :	36,9 M€	38,2 M€	1,3 M€ (+ 3,5%)

TABLE 3.9: Comparaison des contributions euros

Après calcul de la contribution de chaque sous-modules de risque , il est possible de calculer les différences avec les deux paramètres fidélités considérés et ainsi décomposer la variation de la contribution euros par sous-module de risque (voir figure 3.19).

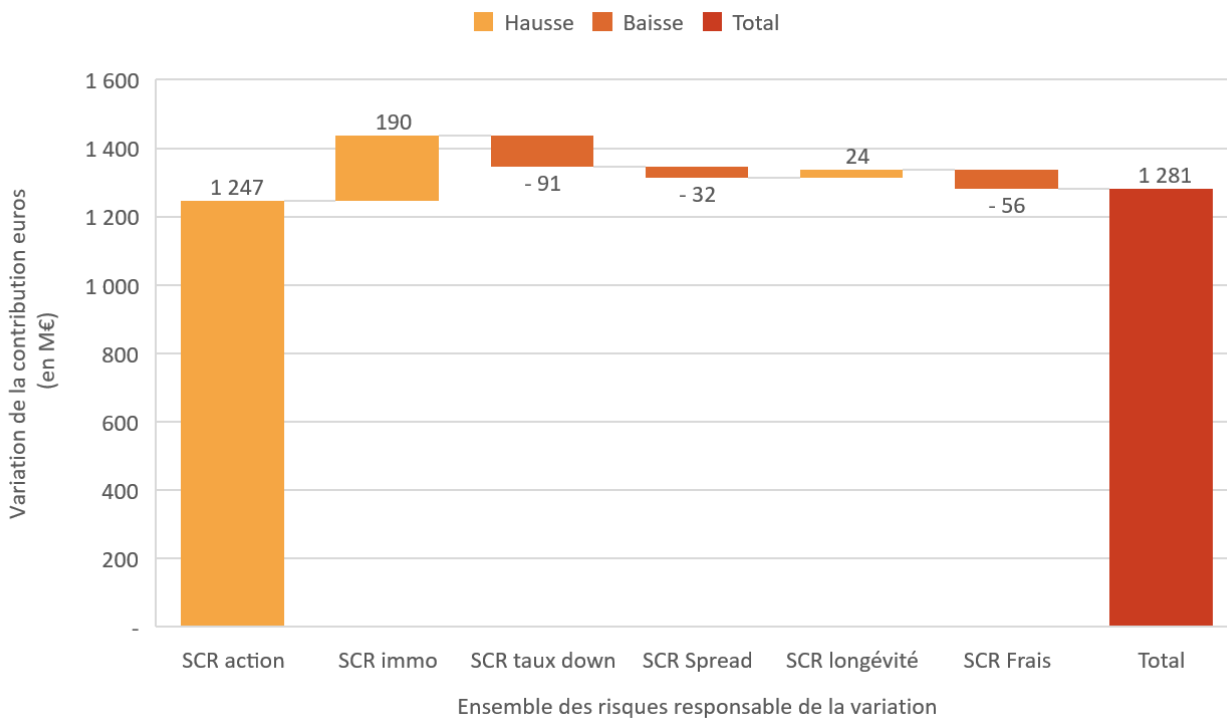


FIGURE 3.19: Décomposition de la variation du BSCR euros entre la simulation $p_{fidélité} = 0\%$ et $p_{fidélité} = 100\%$ par sous-modules de risque

De fait de sa forte contribution comparée aux autres risques, uniquement le SCR action sera analysé. De plus, l'augmentation du SCR immobilier résulte de causes similaires à celle du SCR action mais avec un effet volume plus faible. Il convient de remarquer que le produit réduit la perte de l'assureur dans l'univers de choc de taux à la baisse.

La hausse du SCR action **résulte d'une diminution plus importante de la PVFP euros** lors de l'application du choc pour la simulation $p_{fidélité} = 100\%$ comparé à celle avec $p_{fidélité} = 0\%$ (les chiffres sont présentés sur la table 3.10).

	0%	100%
PVFP EUR central	72,8 M€	74,4 M€
PVFP EUR choc action	47,1 M€	47,4 M€
SCR (différence de PVFP)	25,8 M€	27,0 M€

TABLE 3.10: Détail calcul du SCR euro action

Afin de comprendre pourquoi la baisse de PVFP avec le produit fidélité est plus importante lors du choc action, les simulations stochastiques avec l'application de ce choc seront analysées. Le choc appliqué est de 39%, l'effet Dampener n'est pas pris en compte. La table 3.11 présente les sommes des différences de flux de PVFP euros sous l'univers du choc action entre les deux simulations (la méthodologie utilisée est la même que pour la table 3.8).

	Période 1	Période 2	Période 3	Total
Différence des flux de PVFP euros :	0,56 M€	-1,2 M€	1,00 M€	0,39 M€

TABLE 3.11: Somme des différences entre les simulations $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ des flux de PVFP euros par période dans l'univers du choc action

L'écart entre les deux simulations est dans ce scénario de choc moins important que dans le scénario central. La différence de PVFP est ici de 0,39 M€ comparé à 1,61 M€ dans le scénario central (voir table 3.8). La perte de PVFP dans le scénario action est donc plus importante avec le produit fidélité.

Dans un premier temps, le produit fidélité se différencie moins dans le scénario de choc durant la période 1, la différence sur cette période a environ été divisée par deux. Pour rappel, le produit se différencie sur cette période grâce à la fidélisation des assurés qui rachetaient considérablement moins leurs contrats. Les chargements sur encours permettaient au produit fidélité d'être plus rentable.

Cependant, le choc appliqué aux actions en début de projection fait baisser considérablement la proportion des actions au sein de l'actif. Ainsi, une quantité importante d'obligations sera vendue pour acheter des actions dans le but de retrouver l'allocation initiale des actifs. Finalement, sur les premières années de projection, l'assureur génère des produits financiers bien moins importants du fait des moins values latentes des actions mais aussi à cause des coupons élevés que l'assureur ne reçoit donc plus à cause de la vente d'obligations en début de projection.

Les transferts vers les unités de compte fidélité sont ainsi plus faibles et la fidélisation a moins d'impact. La différence de PM entre les deux simulations est donc plus faible et le produit ne se différencie plus avec des chargements sur encours plus importants (comme c'était le cas dans le scénario central). La figure 3.20 présente les différences moins importantes entre les deux paramétrages (0% et 100%) dans les deux scénarios (scénario central et choc action) pendant la période 1. De plus, la courbe orange clair observée sur cette figure correspond à la différence de résultat financier présentée sur la figure 3.15.

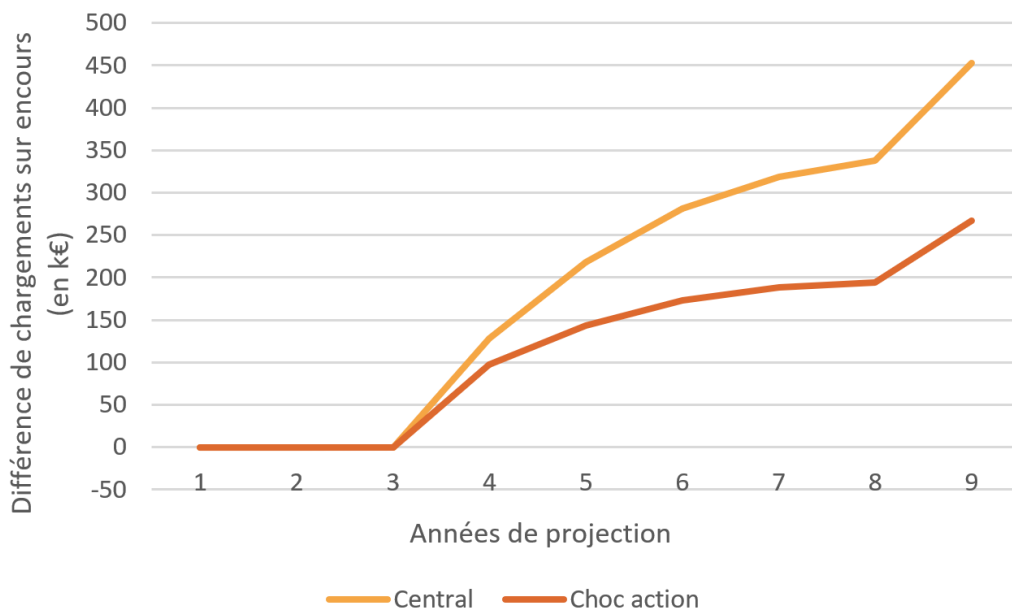


FIGURE 3.20: Illustration de la différence de chargements sur encours moins importante dans l'univers de choc

De plus, l'aspect négatif du produit est encore plus marqué lors de la période 2. Les scénarios sont tous plus défavorables que ce qu'ils étaient dans le scénario central. Ainsi le besoin en PPB est plus que nécessaire. Le produit fidélité est plus pénalisant sur cette période.

Ces différents effets diminuent les avantages du produit fidélité, les PVFP euros pour les deux paramètres dans l'univers choqué sont proches. La perte de PVFP plus importante provoque une hausse du SCR action et ainsi une hausse de la contribution euros.

Pour la simulation avec $p_{fidélité} = 25\%$ dans le scénario central, le mécanisme de fidélisation des assurés de la période 1 n'est pas assez fort. C'est pour cela que la PVFP dans ce scénario est équivalente à celle obtenue sans le produit. Lors du choc action, il n'y a pas de perte plus importante sur cette période et ainsi la contribution euros ne présente pas d'augmentation pour cette valeur du paramètre.

Explication de la hausse de la contribution UC

Pour l'explication de l'évolution de la contribution UC, la méthodologie utilisée précédemment sera utilisée. La contribution globale pour chaque module de risque après diversification a été calculée pour les deux simulations ($p_{fidélité} = 0\%$ et $p_{fidélité} = 100\%$). L'augmentation de 1,684 M€ de la contribution UC est décomposée et présentée sur la figure 3.21. Comme précédemment pour l'analyse des variations de la contribution euros, le choc action est responsable en grande partie de l'augmentation. De plus, les explications données par la suite sont valables pour le risque immobilier, cependant, à cause d'un effet volume moins important, ce dernier influe moins dans l'augmentation de la contribution.

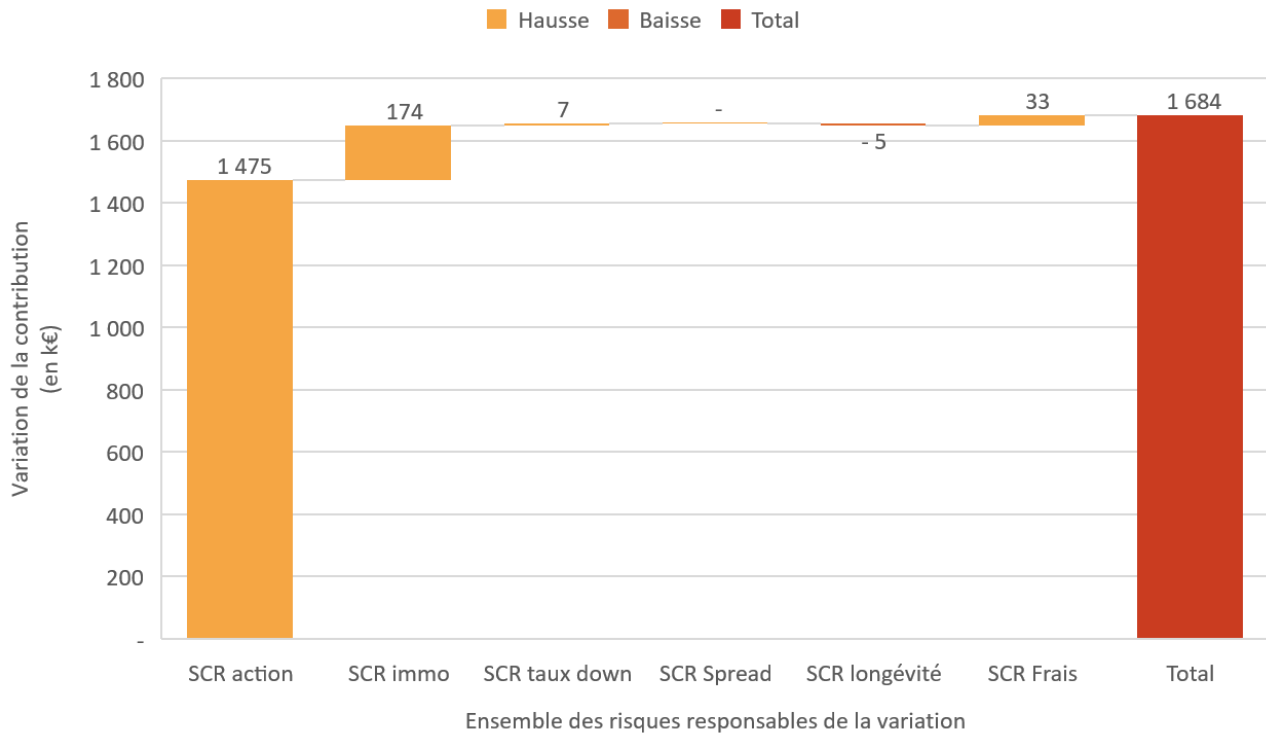


FIGURE 3.21: Décomposition de la variation du BSCR UC entre la simulation $p_{\text{fidélité}} = 0\%$ et $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ par sous-modules de risque

Afin de comprendre pourquoi ce risque joue aussi un rôle dans la hausse de la contribution UC, les simulations stochastiques en choc action de l'analyse faites précédemment seront utilisées. La table 3.12 présente les différentes valeurs de PVFP obtenues sur l'activité UC.

	0%	100%
PVFP UC central	19,60 M€	23,55 M€
PVFP UC choc rachat	18,96 M€	21,40 M€
SCR (différence de PVFP)	0,64 M€	2,14 M€

TABLE 3.12: Détail calcul du SCR UC action

La hausse de la contribution UC provient d'une perte plus importante de PVFP en environnement de choc. Afin de déterminer les causes de ce phénomène, il convient de déterminer les périodes de la projection où la perte est plus importante. La figure 3.22 présente les différences de pertes avec les deux paramètres suite à l'application du choc action. Les valeurs présentées dans cette figure ont été calculées d'après la formule 3.7.

$$Différence(j) = (Res_{100\%}(j) - Res_{100\%}^*(j)) - (Res_{0\%}(j) - Res_{0\%}^*(j)) \quad (3.6)$$

$$= A - B, \quad (3.7)$$

avec :

- $Différence(j)$ représente la différence de perte de résultat UC actualisé lors de l'application du choc action entre les simulations avec $p_{fidélité} = 100\%$ et $p_{fidélité} = 0\%$
- $Res_p(j)$ le résultat UC actualisé (UC fidélité inclus) pour la simulation p l'année de projection j dans le scénario central
- $Res_p^*(j)$ le résultat UC actualisé (UC fidélité inclus) pour la simulation p l'année de projection j dans le scénario choqué

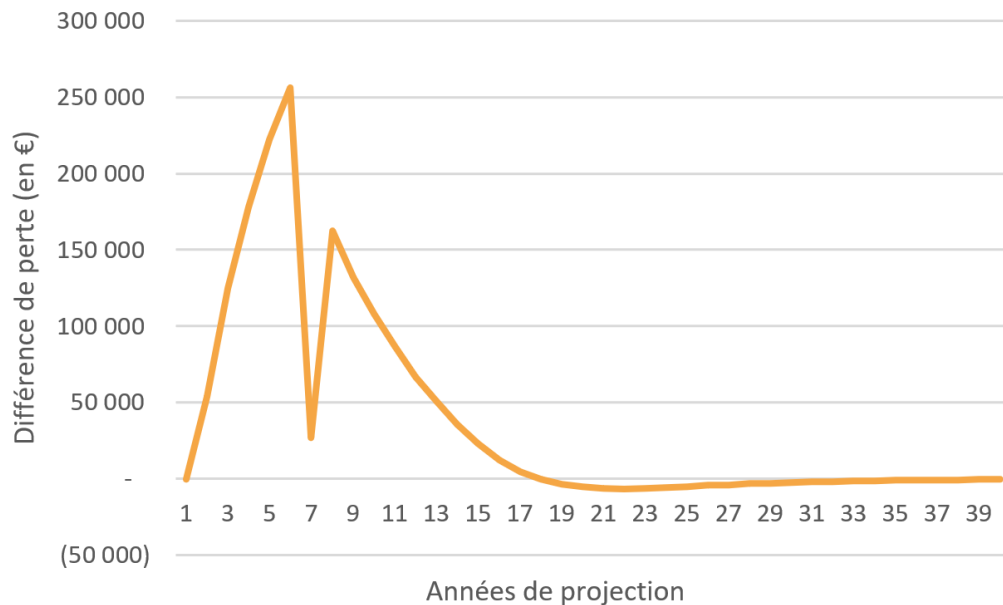


FIGURE 3.22: Comparaison de la perte de frais sur encours après l'application du choc de rachat

Il a été montré précédemment que la hausse de la PVFP UC s'explique par les frais récupérés sur l'encours UC fidélité lors des premières années de projection et sur l'encours UC classique sur le reste de la projection. L'évolution des provisions mathématiques UC permettra de comprendre les valeurs de la figure 3.22. Deux zones sont à distinguer, la première étant de l'année de projection 1 à 7 et la seconde de l'année 7 jusqu'à la fin de la projection.

Deux causes sont responsables de la hausse de l'écart sur la première zone. Comme expliqué dans les analyses sur la contribution euros, les produits financiers sont considérablement impactés dans le scénario du choc action. La participation aux bénéfices et ainsi les transferts en UC fidélité sont beaucoup moins importants, la table 3.13 présente ces différences de valeurs.

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6
100% central	15,7 M€	13,2 M€	10,5 M€	8,4 M€	7,0 M€	5,4 M€
100% choqué	11,0 M€	7,2 M€	5,9 M€	4,6 M€	3,9 M€	2,9 M€

TABLE 3.13: Comparaison des transferts en UC fidélité pour $p_{fidélité} = 100\%$ entre le scénario central et choqué

La marge supplémentaire dégagée grâce aux UC fidélité sur le support UC est atténuée dans l'univers de choc. Cela explique une partie de la perte plus importante de PVFP sur la première zone. De

plus, les rachats conjoncturels dans l'univers de choc sur la partie euros sont plus élevés à cause des taux servis plus faibles. La différence des rachats est encore plus marquée avec $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ car le taux servis prenant en compte les UC fidélité transférés est davantage impacté dans l'univers de choc. Les arbitrages euros vers UC sont ainsi plus impactés entre le scénario central et choqué lorsque $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. La PM UC chute plus rapidement avec le produit fidélité. Cela est la seconde cause expliquant la perte plus importante de PVFP avec le produit fidélité.

La différence de perte de résultat actualisé en chute l'année de projection 7 est due à la bonification liée à la garantie fidélité plus faible dans l'univers de choc. Les pertes liées à cette bonification seront détaillées dans la partie suivante.

Les différences observables sur la seconde zone sont simplement dues aux UC fidélité après la période de garantie. Ces derniers sont plus faibles dans l'univers de choc et l'assureur récupère donc moins de chargements sur encours.

Conclusion

A la date initiale le produit fidélité entraîne un besoin en capital plus élevé. Ce produit a pu montrer ses effets bénéfiques sur la période de constitution de la garantie fidélité ainsi que sur les années qui suivent. L'application de certains chocs de la formule standard annule ou atténue cet effet bénéfique et ainsi la perte de rentabilité est plus importante. C'est pour cela que le besoin en capital augmente avec le produit, la hausse du SCR provient donc d'une perte de marge supplémentaire avec le produit dans les univers de choc et non pas d'une perte plus importante. Cependant, il est important de rappeler que cette hausse du SCR est accompagnée d'une hausse de la PVFP. C'est pour cela que ces analyses seraient incomplètes sans l'analyse du ratio de solvabilité.

3.2.4 Analyse du ratio de solvabilité

Finalement, après avoir présenté les effets du produit sur la rentabilité et le besoin en capital, il convient d'analyser l'évolution du ratio de solvabilité de l'assureur. En effet, ce ratio est un outil efficace pour apprécier la pertinence de mettre en place un tel produit car il met en relation les deux indicateurs cités précédemment.

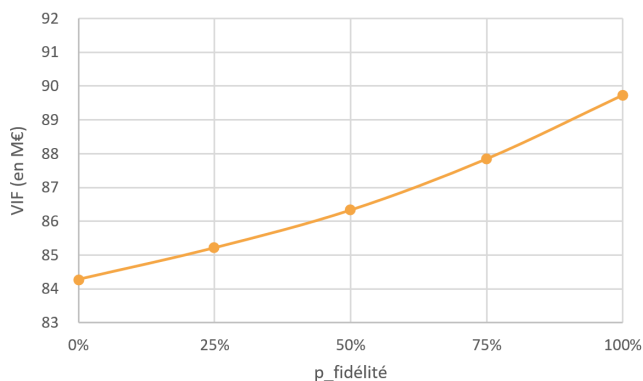


FIGURE 3.23: Évolution de la VIF en fonction du paramètre fidélité

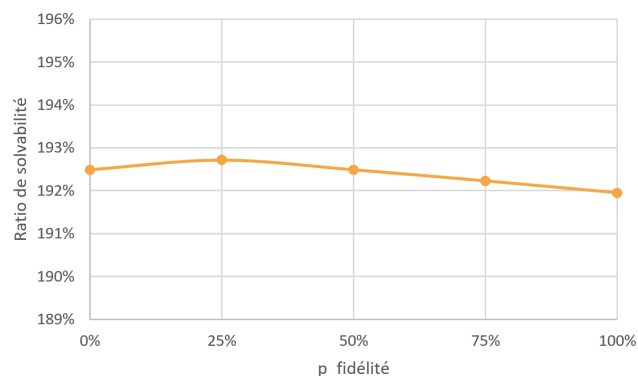


FIGURE 3.24: Évolution du ratio de solvabilité fonction du paramètre fidélité

Le ratio de solvabilité est stable pour l'ensemble des valeurs du paramètre $p_{\text{fidélité}}$. L'augmentation de la VIF est similaire avec l'augmentation du SCR et ainsi le ratio reste stable. La variation la plus importante observée est de +0,12% pour $p_{\text{fidélité}} = 25\%$. Il a été montré précédemment que le coût en capital plus élevé avec le produit est notamment dû à des effets présents sur la période 1. Il sera donc pertinent d'observer le ratio de solvabilité dans une vision prospective. Avec la mise en place du produit fidélité, l'assureur conserve son ratio de solvabilité tout en augmentant son espérance de rentabilité.

3.2.5 La performance du produit du point de vue de l'assuré

Après avoir vu les impacts sur la rentabilité et solvabilité de l'assureur, il est important de regarder la performance du produit du point de vue de l'assuré. En effet, un des enjeux principal de cette nouvelle garantie est de proposer un contrat intéressant pour les assureurs dans un contexte de taux bas mais aussi de proposer un contrat attractif pour les assurés pour répondre aux besoins du marché. De plus, cette partie permettra d'appuyer les analyses faites précédemment qui expliquaient certains résultats avec les mouvements de rachats des assurés.

Le taux servi

Afin de mesurer la performance du produit du point de vue de l'assuré, le taux servi sera regardé sur les différentes simulations. Les valeurs interprétées seront les moyennes de ce taux servi sur les dix premières années. Le choix de 10 ans est pertinent pour deux raisons. La première est que cet intervalle de temps prend en compte la période de garantie fidélité ainsi que les premières fortes revalorisations dues au reversement de la PPB. La deuxième raison est que d'un point de vue du comportement de l'assuré, il convient de regarder l'espérance de rendement sur un court/moyen terme. La revalorisation qu'obtiendrait l'assuré après cette période importe beaucoup moins. **Les résultats présentés dans cette partie sont issus de projections en risque neutre. Les observations faites servent alors d'outils de contrôle sur le fonctionnement de la garantie mais ne reflètent pas les résultats réels que pourrait obtenir un assureur.**

Pour chaque modélisation, le taux servi d'une année correspond à la moyenne du taux servi cette même année sur les 1000 simulations. La moyenne sur ces 10 premières valeurs (10 premières années) sont les valeurs visibles sur la figure 3.25.

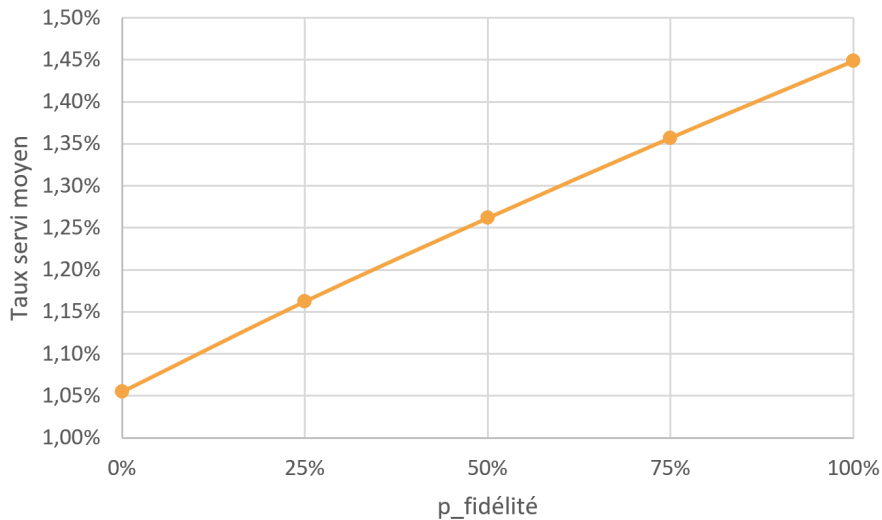


FIGURE 3.25: Évolution du taux servi moyen sur les 10 premières années en fonction du paramètre fidélité

Le produit apparaît donc attrayant pour l'assuré, le taux servi augmente avec ce produit fidélité passant de 1,05% à 1,45% au maximum. Une telle augmentation provoque une différence de 4,47% sur le capital accumulé au bout de 10 ans.

Même si pendant la période de garantie l'assuré ne dispose pas du droit de récupérer la garantie fidélité, il verra son encours augmenter et pourra récupérer la garantie plus tôt comparé au reversement de la PPB au bout de 8 ans. Cependant, cette hausse du taux servi en fonction de $p_{fidélité}$ est sous estimée à cause des rendements de l'actif adossés aux taux sans risque. Il sera donc pertinent de regarder l'évolution de cette composante en univers monde réel.

La bonification servie au terme de la garantie fidélité

Un autre indicateur important du point de vue de l'assuré est la bonification offerte au terme de la garantie fidélité. Cette bonification représente une composante importante du contrat fidélité. En effet, avec ce contrat, les taux techniques offerts aux assurés sont nuls et une partie du capital est transféré en unités de compte, un support risqué pour ces derniers. Il est donc intéressant d'avoir une estimation des bonifications qui seront versées. Pour cela, la valeur de la bonification relative (3.8) sera utilisée dans ce mémoire. Cet indicateur, exprimé en pourcentage, représente le montant de la bonification offert à l'assuré relative au montant de la garantie fidélité accumulée.

$$Bonification_relative_i = \frac{1}{Garantie_fidélité_finale_i} \times \sum_{mp=1}^M Bonification_i(mp), \quad (3.8)$$

avec :

- i le numéro de la simulation, $i \in \llbracket 1, 1000 \rrbracket$.
- M le nombre de model point.

- $Garantie_fidélité_finale_i$ la garantie fidélité accumulée sur l'ensemble du portefeuille au terme de la garantie fidélité.
- $Bonification_i(mp)$ la bonification en nombre d'unités de compte versée au model point mp au terme de la garantie fidélité. Le calcul permettant d'obtenir cette valeur est défini par l'équation 2.25.

Les bonifications relatives ont été calculées pour les valeurs de $p_{fidélité}$ suivantes : 25%, 50%, 75% et 100%. Les valeurs répertoriées sur la figure 3.26 ont été obtenues en effectuant la moyenne sur l'ensemble des simulations risque neutre pour chaque valeur du paramètre fidélité. Pour rappel, dans les hypothèses choisies, l'assuré est garanti d'obtenir une bonification minimum égale à 10% de la garantie accumulée pendant la période de fidélité. La bonification reversée dépend des garanties perdues par les autres assurés lors des rachats.

Une autre composante importante est la perte de l'assureur liée à la bonification offerte. Cette dernière est définie par l'équation 2.26 et les valeurs répertoriées sur la figure 3.27 ont été obtenues de façon identique à la bonification, en effectuant la moyenne sur l'ensemble des simulations risque neutre.

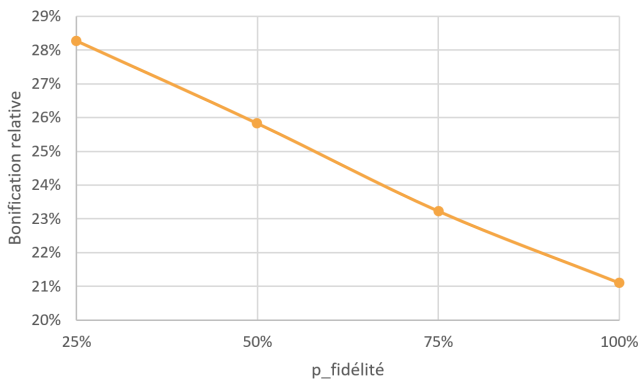


FIGURE 3.26: Évolution de la bonification offerte aux assurés en fonction du paramètre fidélité

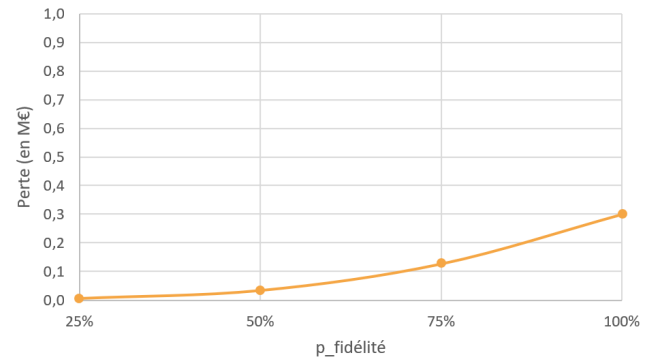
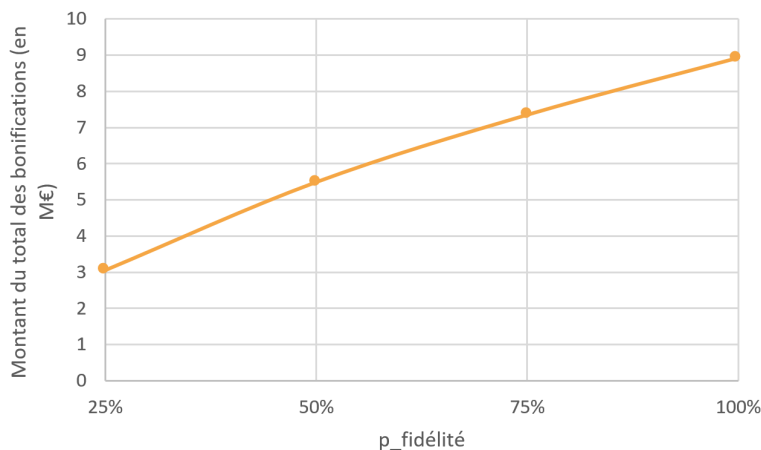


FIGURE 3.27: Perte liée à la bonification en fonction du paramètre fidélité

La bonification relative observée est inversement proportionnelle au taux servi de la figure 3.25. Cela est dû à la fidélisation des assurés. En effet, lors de la période de garantie, plus les transferts vers la garantie fidélité sont importants plus les rachats sont faibles. Si les assurés rachètent moins leur contrat alors ils perdront moins leur garantie fidélité. Finalement, lorsque $p_{fidélité}$ croît, les garanties perdues sont donc moins importantes, les garanties fidélités sont plus élevées et ainsi les bonifications relatives baissent. Les assurés fidèles sont récompensés davantage dans des contextes défavorables où les rachats sont naturellement plus importants. Cependant, même si la bonification relative diminue, le montant de cette dernière croît linéairement (voir la figure 3.28). De plus, les garanties fidélité versées aux assurés sont aussi bien supérieures lorsque $p_{fidélité}$ croît.

FIGURE 3.28: Comparaison du montant des bonifications en fonction de $p_{\text{fidélité}}$

D'autre part, la perte liée à cette bonification en environnement risque neutre ne pénalise pas le résultat de l'assureur. Même si le montant de cette dernière est légèrement croissant en fonction de $p_{\text{fidélité}}$, la perte reste faible et peut être négligée. Cela est dû aux hypothèses de cet univers, les rendements sont limités et donc les rachats sont plus élevés. Ce phénomène alimente les garanties fidélité perdues par les assurés et la bonification pourra être facilement financée par l'assureur grâce à ces dernières.

Même si la bonification relative est en baisse et les pertes en légère hausse, la bonification reste un outil intéressant du point de vue de l'assureur et de l'assuré. En effet, la garantie totale (bonification comprise) reversée à l'assuré est en hausse en fonction de $p_{\text{fidélité}}$, cette garantie offre aux assurés une performance importante sur leur investissement. De plus, cela représente un outil fort d'un point de vue commercial, la bonification peut permettre d'attirer de nouveaux assurés et représente un argument fort pour faire migrer les contrats d'assurance vie vers ce nouveau produit fidélité.

3.2.6 Conclusion

Il a été montré dans cette partie les différents effets et mécanismes qu'engendre le produit fidélité. Dans une évaluation de la solvabilité en univers risque neutre, le produit augmente la rentabilité (hausse de la PVFP de 5,98% au maximum) mais le besoin en capital évolue de la même façon. Les avantages qu'apporte le produit dans le scénario central disparaissent dans les univers de choc, la perte de PVFP est plus importante et ainsi le besoin en capital augmente. Cela conduit à une stabilité du ratio de solvabilité avec les différentes valeurs du produit fidélité. Cela reste bénéfique pour l'assureur. En effet, sans pénaliser son ratio de solvabilité, l'assureur pourra espérer un meilleur rendement.

Les avantages que perd le produit dans les scénarios de choc se situent en partie durant les premières années de projection lorsque le produit fidélité est actif. De plus, dans un univers risque neutre, le bénéfice que peut apporter le produit sur la rentabilité est peu présent dû au faible rendement des actifs dans cet univers. Il est donc intéressant d'observer maintenant la solvabilité de l'assureur de façon prospective afin de pouvoir observer les bénéfices d'un tel produit sur le long terme.

3.3 Analyse prospective du produit fidélité

Afin de réaliser une étude prospective du produit fidélité, il faut vieillir l'actif et le passif de l'assureur pour pouvoir réévaluer la solvabilité comme fait précédemment sur différentes années de projection. Pour cela, des simulations en environnement monde réel seront effectuées en amont de l'évaluation risque neutre sans hypothèse de nouvelles collectes.

3.3.1 Présentation de l'étude

Pour l'étude prospective du produit fidélité, une étude sur 5 ans sera réalisée. Pour chaque valeur de $p_{\text{fidélité}}$ présentée en introduction du chapitre, des projections dans l'univers risque réel seront faites pour l'année 1 à 5. Pour chaque situation économique obtenue avec les projections monde réel, la solvabilité de l'assureur sera évaluée. La figure 3.29 illustre les expériences réalisées.

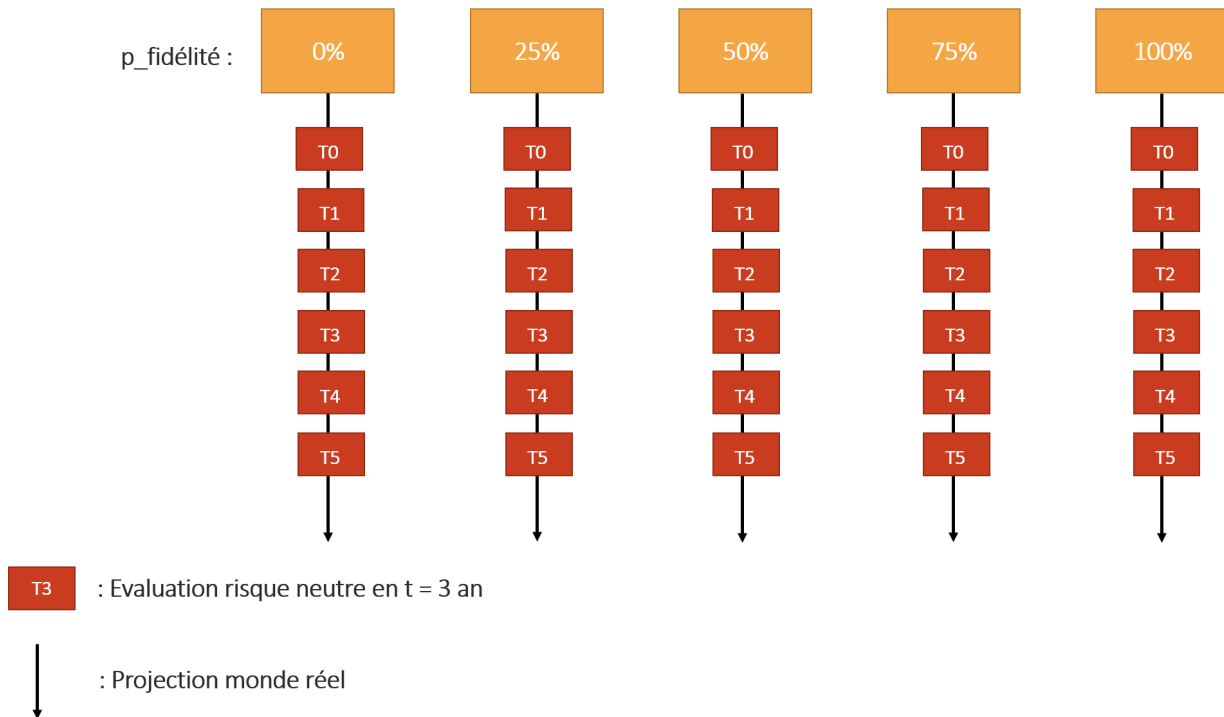


FIGURE 3.29: Présentation des simulations réalisées pour l'étude prospective du produit fidélité

Les projections dans l'univers monde réel sont réalisées sous un seul scénario déterministe et l'hypothèse retenue est la cristallisation de la courbe des taux du 31/12/2020. Sous ce scénario, les cours de l'action et l'immobilier sont naturellement plus élevés, la figure 3.30 présente ces cours en comparaison avec la courbe ayant comme rendement la courbe des taux forward 1 an sur les 5 premières années de projection. Les valeurs initiales ont été fixées à 100 pour comparer l'évolution du cours de chacune des composantes entre elles. De plus, les évolutions de l'action et l'immobilier ont été obtenues grâce à la moyenne des 1000 simulations du GSE monde réel.

La courbe des taux étant figée sur les années de projection monde réel, les tables issues du GSE à la date initiale resteront inchangées et seront utilisées pour l'évaluation de la solvabilité sur les années

prospectives. De plus, les frais et chargement de gestion restent aussi inchangés sur toutes les années de l'étude prospective.

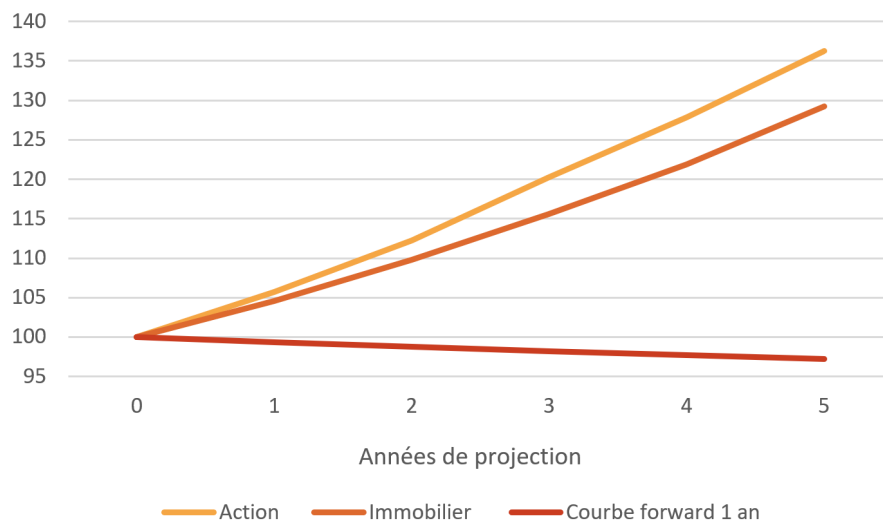


FIGURE 3.30: Comparaison de l'évolution des prix en univers monde réel

Du fait de l'hypothèse de cristallisation de la courbe des taux actuelle sur les années de projection monde réel, les tables utilisées pour l'évaluation en risque neutre de la première étude sont réutilisées. De plus, l'ensemble des hypothèses de frais et de chargement restent constantes sur ces années de projection.

3.3.2 Bonification servie à l'assuré

Les projections en monde réel donnent de plus en plus d'importance à la bonification offerte aux assurés. Dans l'évaluation de la solvabilité en risque neutre en $T = 0$, les rendements sont sous estimés et les rachats sont supérieurs à ceux observés dans un environnement monde réel. Les garanties fidélité perdues sont donc dans la grande majorité des cas suffisantes pour bonifier la garantie fidélité d'au moins 10% sans réaliser de perte. Cependant, dans l'environnement monde réel, les rendements de l'actif supérieurs accentuent la fidélisation des assurés. Comme le montre la figure 3.31, le taux servi moyen sur les 5 premières années de projection en monde réel présente une forte croissance en fonction de $p_{\text{fidélité}}$ une croissance plus importante que celle observée en environnement risque neutre en $T = 0$ (voir figure 3.25). De plus, avec l'hypothèse de cristallisation de la courbe des taux, la différence entre le taux servi et le taux du marché est d'autant plus marqué. Cela impacte davantage les rachats et ainsi la bonification au terme de la garantie fidélité.

Avec un $p_{\text{fidélité}}$ élevé et plusieurs années de projection prospective faites en amont, l'assureur réalisera des pertes importantes liées au versement de la bonification. Cet effet est visible sur la figure 3.32 qui présente, en fonction de $p_{\text{fidélité}}$ en $T=5$, le montant de la bonification versée aux assurés ainsi que les pertes réalisées.

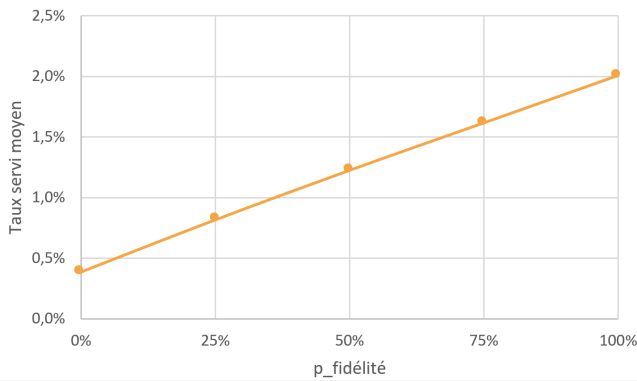


FIGURE 3.31: Taux servi moyen sur les 5 années de projection monde réel en fonction de $p_{fidélité}$

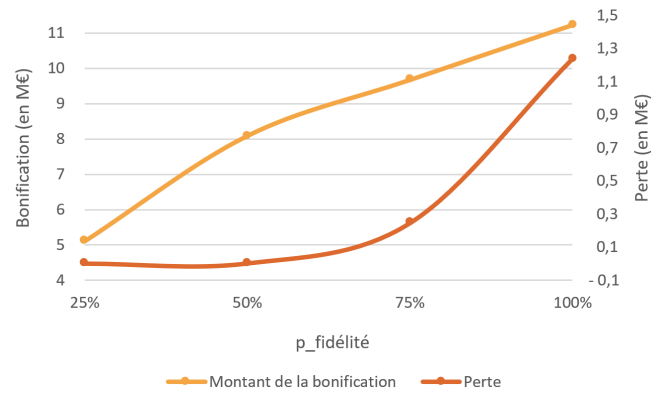


FIGURE 3.32: Évolution de la bonification et des pertes engendrées pour l'évaluation en $T = 5$

L'étude prospective a permis de faire ressortir les effets négatifs de la bonification sur le résultat de l'assureur pour des valeurs de $p_{fidélité}$ trop importantes. La perte observée pour les autres valeurs de $p_{fidélité}$ restent proches de celles obtenues sur la figure 3.27, il y a donc un seuil à ne pas dépasser pour que cette bonification soit pérenne dans le temps pour l'assureur. De plus, les montants de bonification sont proches de ceux obtenus en environnement risque neutre en $T = 0$ et les bonifications relatives observables sur la figure 3.33 sont plus faibles. Cela témoigne une nouvelle fois de la difficulté dans le temps qu'aura l'assureur à reverser la bonification aux assurés. Dans un scénario moyen, un paramétrage élevé comme $p_{fidélité} = 100\%$ entraîne des rachats trop faibles pour une pérennité de la bonification et du produit fidélité.

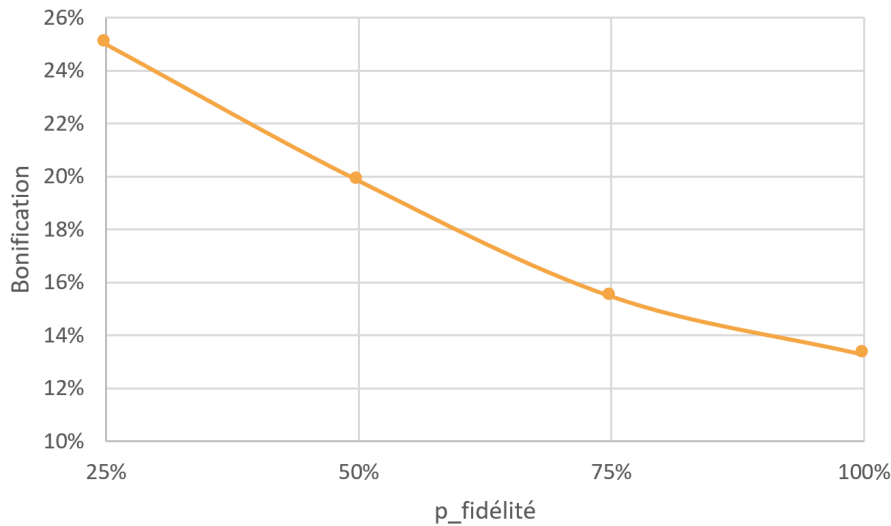


FIGURE 3.33: Évolution de la bonification et des pertes engendrées pour l'évaluation en $T = 5$

3.3.3 Analyse de la rentabilité

Dans une vision prospective sans nouvelle collecte, la PVFP diminue au fur et à mesure des années dues à la baisse du bilan (voir 3.34). Il baisse à cause des rachats et décès observés chaque année.

Il a été montré que le produit améliorait la rentabilité de l'assureur à la date initiale. Concernant la rentabilité euros, la hausse était visible pour des valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ comprises entre 50% et 100%. Afin de visualiser comment cette hausse évolue dans la vision prospective, les augmentations (en %) de la PVFP pour chaque année de projection et pour chaque valeur de $p_{\text{fidélité}}$ sont répertoriées sur la figure 3.35.

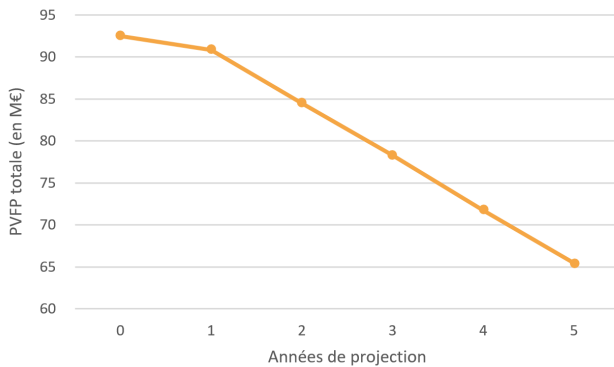


FIGURE 3.34: Évolution de la PVFP sans le produit fidélité

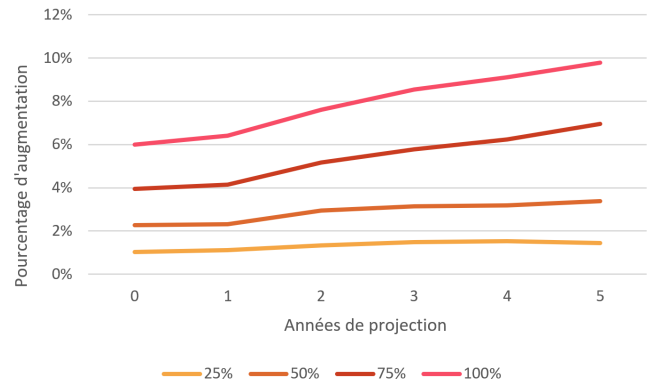


FIGURE 3.35: Augmentation (en %) de la PVFP pour chaque valeur de $p_{\text{fidélité}}$ sur les 5 années de projection

Le produit montre globalement un impact positif sur la rentabilité de l'assureur avec une augmentation relative croissante atteignant au maximum 10% avec le produit fidélité. Afin de comprendre les différentes origines de cette augmentation, l'analyse de la PVFP sera distinguée pour l'activité euros et UC.

PVFP euros

Visible sur la figure 3.35, un écart de PVFP plus important au fur à mesure des années est présent uniquement pour les modélisations avec $p_{\text{fidélité}} \in \{75\%, 100\%\}$. Pour les autres valeurs, l'écart entre le produit et sans le produit reste quasiment constant. Cela est dû à la PVFP euros, comme le montre la figure 3.36 qui montre les pourcentages d'augmentation de la PVFP euros pour différentes années de projection. Pour $p_{\text{fidélité}} \in [0\%, 50\%]$, l'écart observé est légèrement de plus en plus négatif avec des dates de projections éloignées. Pour les autres valeurs ($p_{\text{fidélité}} \in]50\%, 75\%]$), l'écart est positif et croissant en fonction des années de projection.

A la date d'évaluation de la solvabilité $T = 5$ ans, trois composantes jouent un rôle important dans la différence du résultat entre les modélisations. De plus, c'est la différence sur les résultats financiers qui cause des différences de PVFP euros dans les modélisations. Les trois composantes présentées par la suite influent donc sur le résultat financier.

La première est le montant des provisions mathématiques. Comme vu précédemment c'est une composante importante car en contexte de taux bas, les chargements sur encours (déduits ici sur la participation aux bénéfices) représentent une part importante du résultat financier. La seconde est le montant de PPB initiale, cette dernière permet d'absorber les pertes dans des scénarios défavorables. La dernière composante est la richesse latente de l'actif (hors UC) qui influera sur les produits financiers. Dans l'univers monde réel, les plus-values des actions et de l'immobilier augmentent dû à l'augmentation du cours de ces derniers. Le portefeuille obligataire perd cependant en richesse latente,

cela est causé par l'épuisement des anciennes obligations à fort coupons et au rachat de nouvelles en contexte de taux bas.

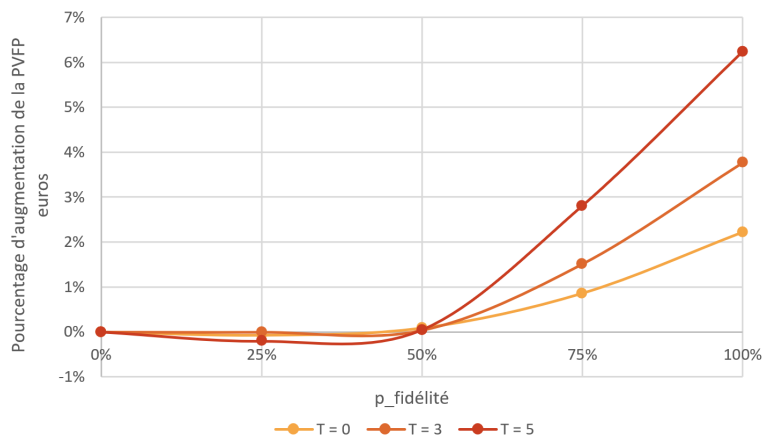


FIGURE 3.36: Comparaison de l'augmentation de la PVFP euros en vision prospective

Pour $p_{fidélité} \leq 50\%$, la fidélisation due au transfert vers les UC fidélités durant les années de projection en monde réel ne suffit pas pour compenser la perte liée à la baisse de la capacité d'absorption sur les actions. Cette dernière étant causée par une PPB initiale moins importante. Les deux phénomènes se compensent et la PVFP euros pour ces valeurs de $p_{fidélité}$ est stable (aucune augmentation n'est visible quelque soit l'année de projection sur la figure 3.36).

Toutefois, une fois le seuil de 50% dépassé, le gain lié à la hausse de la PM devient plus important que la perte provenant d'une PPB moins importante. Pour $p_{fidélité} \in \{75\%, 100\%\}$, l'augmentation de la PVFP euros est donc de plus en plus importante au fur et à mesure des années d'évaluation de la solvabilité.

PVFP UC

L'augmentation de la PVFP UC est quant à elle supérieure pour tout $p_{fidélité}$ sur toutes les années de projection prospective comparé à la PVFP sans le produit fidélité. La figure 3.37 répertorie, pour deux années de projection données (T0 et T5), les pourcentages d'augmentation de la PVFP UC avec les différentes valeurs de $p_{fidélité}$.

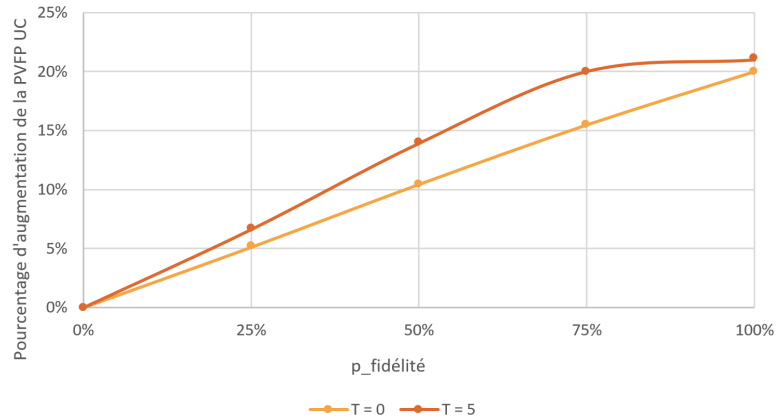


FIGURE 3.37: Comparaison de l'augmentation de la PVFP UC en vision prospective

Observable sur la figure 3.37, le produit fidélité augmente considérablement la PVFP UC dès l'évaluation en T0 avec une augmentation maximale d'environ 20%. En $T = 5$, l'augmentation relative devient de plus en plus importante chaque année de projection prospective pour $p_{\text{fidélité}} \in [0\%, 75\%]$, l'écart entre la courbe $T = 5$ et $T = 0$ est croissant en fonction de $p_{\text{fidélité}}$.

L'augmentation de cet écart est dû à une différence de PM UC initiale car les transferts en UC fidélité ont été plus importants dans l'univers monde réel. Ces derniers résultent d'une sur-performance de l'action et de l'immobilier dans cet univers. Pour illustrer cette explication, l'ensemble des PM UC fidélité représente en $T = 5$ ans 39,7 M€ lors de l'évaluation en risque neutre dès $T = 0$ tandis qu'en monde réel ce montant est de 60,7 M€. Au moment de l'évaluation en risque neutre après des projections en monde réel, la PM UC initiale sera ainsi croissante en fonction de $p_{\text{fidélité}}$, cela entraînera donc rapidement des résultats plus importants dès le début de la projection.

Cependant un autre effet négatif en monde réel vient contre balancer l'aspect positif du produit sur l'activité UC : la bonification offerte aux assurés. Cette dernière est responsable de la baisse de l'écart observée sur la figure 3.37 pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. Comme dit précédemment, lors des projections en monde réel, les produits financiers sont plus élevés qu'en environnement risque neutre. Dans ce contexte et avec un $p_{\text{fidélité}}$ fort, les transferts en UC fidélités sont conséquents et ainsi les rachats conjoncturels sont très faibles pendant cette période. La garantie fidélité perdue ne s'accumule donc presque pas et l'assureur doit s'engager à revaloriser une garantie fidélité importante de 10% avec peu d'UC fidélités perdues. L'assureur réalise donc dans certaines simulations des pertes pour pouvoir garantir ses engagements, d'où la baisse de l'écart observée pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$.

Conclusion

Le bénéfice qu'apporte en plus le produit est croissant sur l'ensemble des années prospectives d'évaluation. Cette analyse est vraie peu importe la paramétrisation du produit sur l'activité UC et pour $p_{\text{fidélité}} \in [50\%, 100\%]$ concernant l'activité euros. La baisse des rachats observable avec le produit fidélité est d'autant plus marquée avec les modélisations en monde réel venant augmenter les produits financiers et ainsi le mécanisme de fidélisation du produit fidélité. Cela provoque donc une rentabilité meilleure sur l'euro ainsi que sur l'UC avec des chargements plus importants. Cependant, lorsque ce mécanisme est trop marqué, les garanties perdues par les rachats sont faibles et les bonifications promises par l'assureur commencent à peser. D'un point de vue rentabilité, un assureur qui voudrait intégrer un tel

produit devra choisir une valeur de $p_{\text{fidélité}}$ autour de 75% pour profiter de la rentabilité du produit sans être pénalisé par les pertes liées à la bonification promise.

Après avoir visualisé le produit avec une vision sur la performance, il est important de vérifier que la solvabilité de l'assureur se conserve voire s'améliore au cours du temps avec ce produit.

3.3.4 Évolution du SCR

Avant de regarder l'évolution du ratio de solvabilité, il convient d'analyser les mouvements du SCR pour comprendre celles du ratio de solvabilité.

Comme dans les analyses précédentes en vision prospective, les écarts en pourcentage du SCR obtenus avec le produit seront utilisés. En effet, le SCR est en baisse au fil des années de projection par effet volume. Pour comparer l'évolution des impacts du produit, il convient donc de regarder les évolutions en pourcentage. Afin d'illustrer les résultats, les années de projection 0 et 5 serviront d'exemple. La figure 3.38 présente pour ces deux dates, le pourcentage d'augmentation du SCR avec les différents paramétrages du produit par rapport au SCR sans le produit ($p_{\text{fidélité}} = 0\%$).

La première remarque à faire est que le SCR est supérieur avec le produit fidélité peu importe les années de projection. Par ailleurs, pour une année de projection donnée, le SCR est croissant en fonction du paramètre fidélité. A cause de la baisse de la taille du bilan sur les années de projection, le SCR est aussi en baisse par effet de volume.

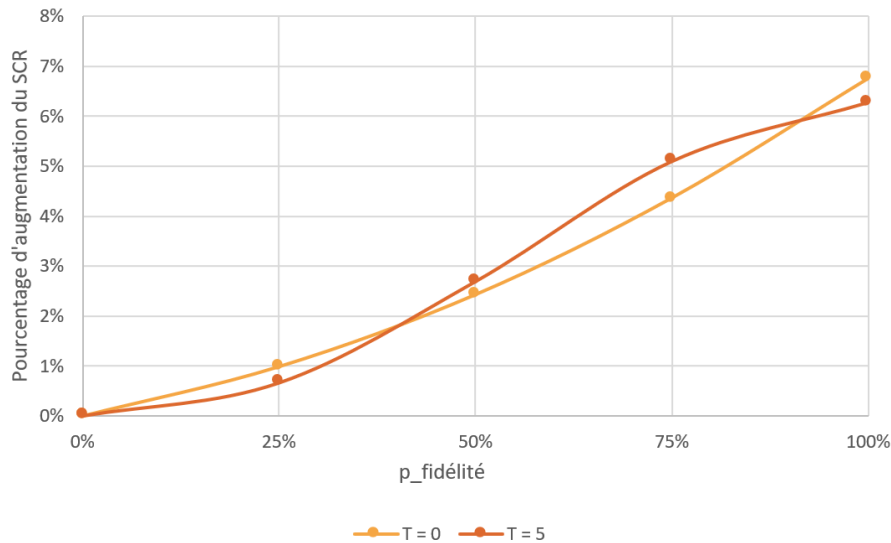


FIGURE 3.38: Comparaison de l'augmentation du SCR avec le produit fidélité entre l'année de projection 0 et 5

Dans un premier temps, il est important de noter que le SCR est toujours en hausse avec le produit fidélité. Cette dernière est stable au cours du temps, les courbes $T = 0$ et $T = 5$ sont proches.

En $T = 0$, le SCR total et notamment le SCR action plus important avec le produit provenait d'une perte de marge supplémentaire dans les scénarios de choc comparé au scénario central. Au fur et à mesure des années de projection, l'origine de ce SCR change et devient différente selon l'activité euros ou UC. La cause de l'augmentation du SCR en $T = 0$ (perte de marge supplémentaire sur la période

1) est progressivement remplacée par une autre cause (expliquée par la suite) au fur et à mesure des années de projection monde réel.

La même méthodologie qu'en date initiale a été utilisée pour décomposer les contributions euros et UC au BSCR de l'assureur. Les évolutions des contributions sont cependant différentes en $T = 5$. Les figures 3.39 et 3.40 présentent les augmentations des contributions euros et UC avec le produit fidélité en $T = 5$ tout en comparant avec celles obtenues en $T = 0$.

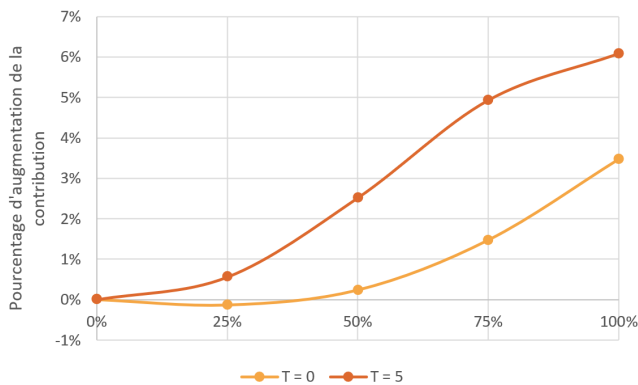


FIGURE 3.39: Comparaison de la contribution euros en avec le produit fidélité entre $T = 0$ et $T = 5$

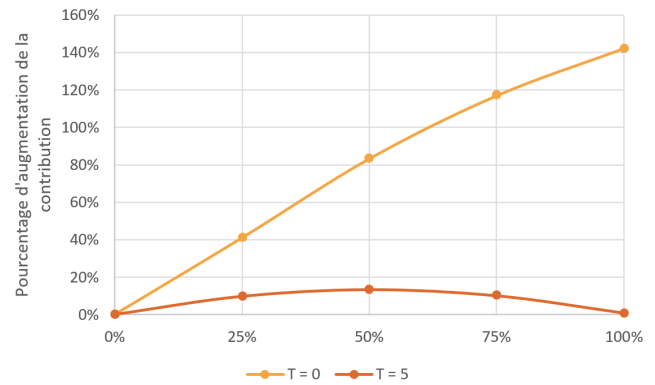


FIGURE 3.40: Comparaison de la contribution UC en avec le produit fidélité entre $T = 0$ et $T = 5$

La contribution euros en $T = 5$ est cette fois-ci croissante en fonction de $p_{fidélité}$ et non pas stable pour des valeurs basses. Les augmentations observées sont plus importantes en $T = 5$ que celles en $T = 0$.

Les différences des augmentations sont considérablement différentes sur le support UC. La contribution UC en $T = 5$ n'est cette fois-ci pas croissante et monotone contrairement aux observations faites avec $T = 0$. Cette dernière reste proche de la valeur sans le produit fidélité avec un maximum pour $p_{fidélité} = 50\%$.

Contribution euros

Dans l'évaluation de la solvabilité à la date initiale, il a été montré que le bénéfice de PVFP qu'apportait le produit provenait majoritairement de la période 1 (années 1 à 9). Dans les univers de choc, en particulier celui de l'action, la PVFP était similaire avec ou sans le produit car le mécanisme de fidélité n'était pas assez important pour faire une différence. Dans une vision prospective et notamment en $T = 5$, le mécanisme permettant de fidéliser les assurés durant les premières années de projection a déjà eu lieu. Ainsi lors de l'évaluation de la solvabilité à cette date, les provisions mathématiques euros sont à l'origine plus importantes. Comme expliqué dans l'analyse de la PVFP projetée, cela permet une hausse de la rentabilité par effet résiduel des premières années de projection en monde réel. Lors de l'évaluation en risque neutre, les univers de choc n'impacteront donc pas le mécanisme de fidélisation qui a déjà eu lieu. Cette cause qui générerait une marge supplémentaire disparaît progressivement avec l'augmentation des années de projection monde réel. La hausse du SCR provient alors d'une autre cause qui apparaît progressivement avec l'avancement des années de projection monde réel.

En $T = 5$, l'écart de PBB initiale entre les deux simulations est beaucoup plus marqué, 8,4 M€ pour $p_{fidélité} = 100\%$ et 88,6 M

euro pour $p_{fidélité} = 0\%$. Ainsi, lorsque l'actif a une rentabilité faible et que le choc action est appliqué, les pertes seront plus conséquentes pour la simulation avec le produit fidélité. Cette situation se produit durant la période 2 (années 10 à 17 à partir de la date d'aujourd'hui) comme le montre la table 3.14. Les valeurs présentées sur cette table ont été calculées d'après la formule 3.9.

$$Diff_{période_A} = \sum_{i \in période_A} \left[PVFP_{100\%}(i) - PVFP_{100\%}^*(i) \right] - \left[PVFP_{0\%}(i) - PVFP_{0\%}^*(i) \right], \quad (3.9)$$

avec :

- $A = \{1, 2, 3\}$ les trois périodes considérées répartissant les années de projection.
- $période_1 = [1, \dots, 9]$, $période_2 = [10, \dots, 17]$, $période_3 = [18, \dots, 40]$.
- $PVFP_{p_{fidélité}}(i)$ le résultat de l'année i actualisé pour un $p_{fidélité}$ donné dans le scénario central.
- $PVFP_{p_{fidélité}}^*(i)$ le résultat de l'année i actualisé pour un $p_{fidélité}$ donné dans le scénario choc action.

	Période 1	Période 2	Période 3
Différence des flux de PVFP euros :	0,11 M€	1,66 M€	-0,04 M€

TABLE 3.14: Somme des différences de perte de PVFP euros entre la simulation $p_{fidélité} = 100\%$ et $p_{fidélité} = 0\%$ après application du choc action

En période 1 et 3, les pertes de PVFP causées par le choc action sont équivalentes dans les deux simulations, les différences observées sont relativement proches de 0. La différence importante de perte avec le choc action se situe en période 2, c'est durant cette période que la cause de l'augmentation de la contribution euro se produit. Lors des évaluations risque neutre en $T = 5$, les rendements obligataires sont plus faibles que dans le scénario risque neutre. Cela est dû à l'hypothèse de cristallisation de la courbe des taux avec celle du 31/12/2020 qui provoque l'achat d'obligations à très faible rendement durant les 5 premières années de projection monde réel. L'assureur épuise donc ses richesses latentes rapidement et se retrouve en période 2 avec un rendement d'actif faible. Cela provoque des pertes plus conséquentes à cause de la PBB initiale faible avec le produit fidélité. L'accentuation de la perte durant cette période avec le produit fidélité provoque la hausse de la contribution euros observée.

Contribution UC

En $T = 5$, l'augmentation de la contribution UC est considérablement différente que celle observée en date initiale. Celle-ci présente des variations non monotones et l'ordre de grandeur est différent (cf figure 3.40). L'augmentation est dans un premier temps croissante pour $p_{fidélité} \in [0\%, 50\%]$ pour atteindre un maximum de 13,3% puis est décroissante pour les autres valeurs.

Comme dans l'analyse de la contribution en $T = 0$, le choc action est fortement responsable de la perte de PVFP UC provoquant la hausse de la contribution.

Dans un premier temps, il y a toujours une perte de marge supplémentaire avec le produit sur les années restantes de la garantie fidélité. Lorsque le choc action est appliqué, les transferts restants en

UC fidélité sont moins importants et la marge supplémentaire dégagée en UC dans le scénario central au titre de ces transferts disparaît. Ce phénomène est croissant en fonction de $p_{\text{fidélité}}$.

Cependant, l'application du choc action a un effet bénéfique sur la perte liée à la bonification. En effet, les produits financiers en baisse sur les années restantes de la période de garantie provoquent une hausse des rachats. La hausse de ces rachats sur les années restantes de la période de garantie suffit pour que les garanties perdues financent la bonification sans que l'assureur réalise de perte. Pour rappel, dans le scénario central, l'assureur réalisait une perte jusqu'à 1,2 M€ pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. Cette perte disparaît dans le scénario choc action et cela explique pourquoi la perte de PVFP pour les valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ entre 50% et 100% est en baisse. La table 3.15 présente les pertes que réalise l'assureur en univers de choc pour l'année de projection $T = 5$, ces dernières ont des montants dérisoires comparés à ceux du scénario central.

	25%	50%	75%	100%
Perte :	2,1 k€	8,8 k€	26,9 k€	64,1 k€

TABLE 3.15: Comparaison des pertes liées à la bonification dans le scénario de choc action

Conclusion

Au fur et à mesure des années de projection, le produit crée toujours une augmentation SCR par rapport au produit classique. De plus, cette augmentation reste constante (cf figure 3.38). Cependant, les origines de cette augmentation changent avec l'avancement des années de projection.

A la date initiale, la hausse du SCR avec le produit fidélité provient des deux activités euros et UC. La hausse de la contribution euros est due à une perte dans les univers de choc d'une marge de rentabilité supplémentaire qu'entraîne le produit en période 1. La contribution UC est plus importante avec le produit car dans les univers de choc, le transfert en UC fidélité est réduit et ainsi la perte de marge liée aux chargements est plus importante.

Avec l'intégration des projections en monde réel, la hausse de la contribution euros causée par la rentabilité en période 1 disparaît car chaque année réalisée dans cet univers ne comptera pas dans l'évaluation de la solvabilité prospective. Cette cause est petit à petit remplacée par des pertes plus importantes en période 2 du fait de l'écart conséquent de PPB initiale, une composante qui permet d'absorber les situations défavorables de la période 2. Cela entraîne l'augmentation plus importante en $T = 5$ de la contribution euro par rapport à l'absence du produit fidélité.

Concernant la hausse de la contribution UC, la cause des transferts en UC fidélité moins importants disparaît elle aussi. Avec la vision prospective cet effet est diminué et impacte moins le SCR. C'est pour cela que l'augmentation relative est plus faible. De plus, une partie de la PVFP est absorbée dans le choc action grâce aux pertes liées à la bonification qui disparaissent. L'augmentation de la contribution UC est ainsi faible pour les fortes valeurs de $p_{\text{fidélité}}$.

La vision prospective a montré que le produit entraînait toujours un besoin en capital plus élevé que celui obtenu sans le produit. Il est donc nécessaire de visualiser le ratio de solvabilité pour savoir si cette hausse du SCR est suivie par une hausse de la rentabilité plus conséquente.

Cependant il est important de noter que le SCR est supérieur mais les causes de l'augmentation liées à des pertes sont plus faibles que les causes liées à une perte de surplus de rentabilité. Les PVFP obtenues sont toujours supérieures avec le produit fidélité et par définition, le SCR est une différence de NAV. La hausse du SCR observé est ainsi le témoin d'une rentabilité bénéfique du produit pour

l'assureur.

3.3.5 Évolution du ratio de solvabilité

Durant les années de projection monde réel, l'augmentation de la PVFP est plus élevée que l'augmentation du SCR, le ratio de solvabilité est ainsi croissant en fonction de $p_{\text{fidélité}}$ sur toutes les années de projection. La figure 3.41 présente les ratios de solvabilité obtenus en $T = 5$ pour les différentes valeurs de $p_{\text{fidélité}}$.

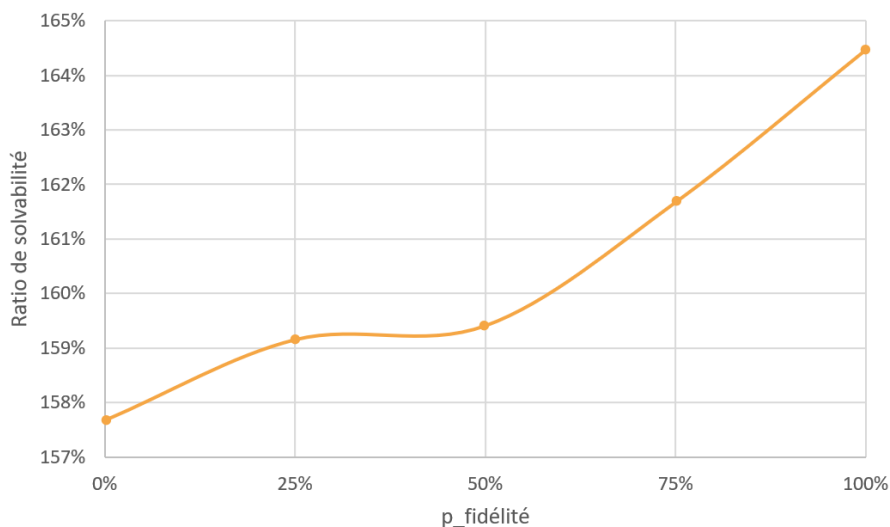


FIGURE 3.41: Ratio de solvabilité projeté en $T = 5$ en fonction de $p_{\text{fidélité}}$

La hausse de l'augmentation de la PVFP euros pour $p_{\text{fidélité}} \in [50\%, 100\%]$ se retrouve sur le ratio de solvabilité en $T = 5$ avec une augmentation plus forte pour ces valeurs. L'augmentation maximum est de 6,8 points pour $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ comparé à 0,23 points en $T = 0$.

Même si cette hausse peut paraître faible, elle représente en réalité un changement considérable pour l'assureur au vu du contexte de l'étude.

Il est important de rappeler que le produit a été modélisé uniquement sur les six premières années. Cela sous estime les effets bénéfiques du produit car quand ce dernier est actif, l'assureur dégage une rentabilité supérieure. De plus, le fait d'arrêter le produit fidélité a permis d'isoler et observer les impacts négatifs du produit comme la perte liée à la bonification et celle liée à l'écart important de la PPB entre les simulations. Intégrer de la nouvelle collecte ou proroger le contrat fidélité aurait pu permettre d'augmenter la rentabilité de l'assureur et compenser les effets négatifs. De plus, comme expliqué précédemment le SCR en hausse venant atténuer la hausse du ratio de solvabilité n'est pas témoin d'un risque de perte plus élevé mais d'un manque à gagner plus important. Dans les univers de choc ou central, la PVFP avec le produit reste constamment supérieure à celle sans le produit fidélité.

Il convient de rappeler que l'étude prospective a été réalisée avec un scénario de taux bas maintenu, la courbe des taux au 31/12/2020 est très défavorable. Malgré ce contexte, la solvabilité de l'assureur s'améliore progressivement.

3.3.6 Comparaison avec une garantie brut de frais

Pour répondre aux problèmes du contexte actuel, plusieurs produits sont mis en place sur le marché et notamment des produits avec une diminution de la garantie (voir la partie 1.4.2). Comme expliqué précédemment, ces produits permettent de soulager considérablement les assureurs dans un environnement de taux bas mais diminuent fortement les avantages offerts aux assurés. Pour rappel, c'est notamment pour ces raisons que le produit fidélité a été présenté.

Un contrat avec une garantie brut de frais a été modélisé avec la même vision prospective que celle présentée précédemment. Le contrat propose alors un taux technique net de frais de -1%. L'assureur peut cette fois-ci se rémunérer intégralement avec les chargements sur encours même si les produits financiers sont inférieurs aux chargements. Naturellement, le même portefeuille a été utilisé.

Évolution du ratio de solvabilité

La mise en place d'un tel produit a un impact brutal sur le ratio de solvabilité. En effet, le ratio de solvabilité obtenu en T0 avec un tel produit est de 234,6%, soit une augmentation d'environ 42 points comparé au produit fidélité. Cependant il est aussi important de comparer son évolution avec l'évolution du ratio de solvabilité obtenue avec le produit fidélité.

La figure 3.42 présente les moyennes des évolutions annuelles des ratios de solvabilité pour le produit fidélité et le produit brut de frais. Ces valeurs ont été obtenues grâce aux projections sur les 5 premières années en vision prospective.

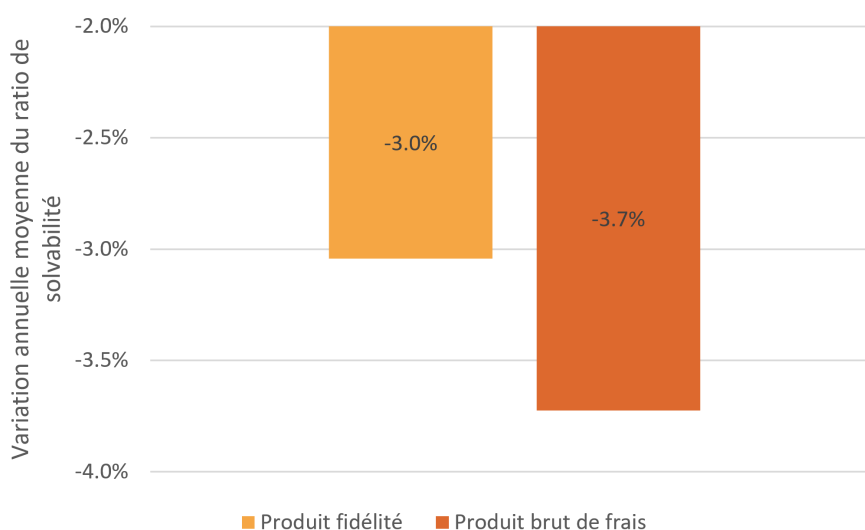


FIGURE 3.42: Comparaison de l'évolution moyenne du ratio de solvabilité entre le produit fidélité et le produit brut de frais

Dans un environnement de taux bas où les richesses latentes s'épuisent, la situation de l'assureur se dégrade moins rapidement qu'avec un produit radical comme celui d'une garantie brut de frais. Ceci est dû à une baisse du SCR plus importante pour le produit fidélité.

Comparaison du taux servi

Pour rappel, dans une activité d'assurance-vie, il est intéressant pour un assuré de pouvoir investir son capital de façon sécurisée et d'obtenir en parallèle un certain rendement. La figure 3.43 représente les taux servis moyens obtenus pour les deux produits en vision court terme (T0). Le taux affiché pour le produit fidélité a été calculé avec $p_{\text{fidélité}} = 100\%$. La méthodologie pour obtenir les valeurs est la même que celle utilisée pour la figure 3.25.

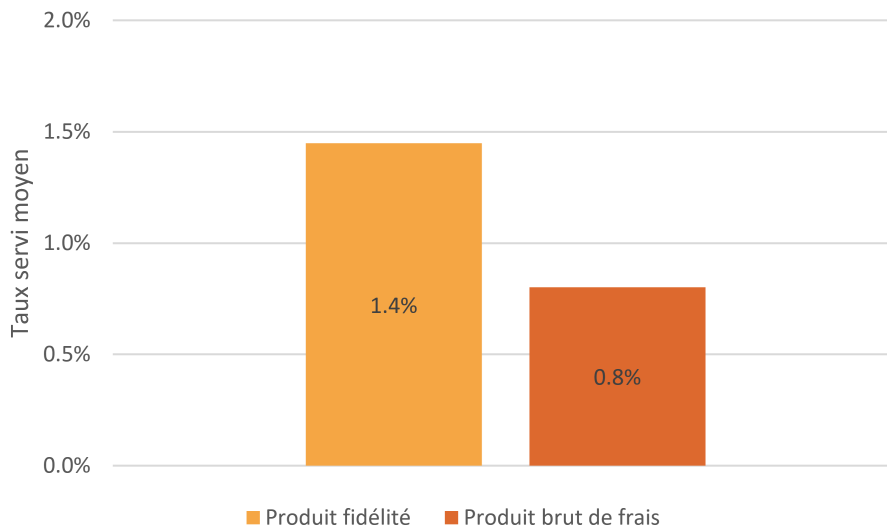


FIGURE 3.43: Comparaison du taux servi moyen entre le produit fidélité et le produit brut de frais

Le taux servi est considérablement supérieur avec le produit fidélité. En effet, le versement sur la garantie fidélité les premières années de projection crée une différence conséquente avec les revalorisations très faibles d'une garantie brut de frais. Ce phénomène est accentué en contexte de taux bas lorsque les rendements de l'actif sont faibles. Dans un tel contexte, le produit fidélité est très avantageux d'un point de vue de l'assuré car en plus de garantir son capital, l'assuré pourra bénéficier d'un rendement supérieur aux taux du marché.

3.4 Conclusion de l'étude

L'évaluation de la solvabilité à la date initiale du produit a permis de montrer les mécanismes résultants de la mise en place du produit fidélité. Le mécanisme fondamental du produit consistant à transférer une partie de la participation aux bénéfices en UC permet de mettre en place une fidélisation des assurés induisant une réduction du taux de rachat. Les encours euros s'écoulent donc moins vite au cours du temps avec le produit fidélité. Avec des conditions initiales identiques en $T = 0$, le mécanisme permet à l'assureur de dégager de plus en plus de marge sur les encours sur chaque support. En effet, dans ce contexte de taux bas, les chargements sur encours jouent un rôle important dans le résultat de l'assureur.

Le produit apporte une stabilité sur le ratio de solvabilité de l'assureur. En effet, l'augmentation de la VIF est similaire à l'augmentation du SCR. Cependant, l'analyse des causes provoquant la hausse du SCR a montré que cette hausse n'était pas un aspect seulement négatif. En effet, deux causes provoquent cette hausse, la première est la perte d'une marge supplémentaire. La seconde est une

perte liée à un résultat moins important. La première cause ne présente pas un aspect négatif car le résultat est dans tous les cas plus important avec le produit. La seconde cause quant à elle, témoigne d'un effet négatif : les pertes de PVFP sont liées à un résultat plus faible avec le produit.

Cependant, les causes responsables du SCR sont en grande majorité dues à une perte de marge supplémentaire, des causes qui montrent que le produit apporte plus d'effets positifs que négatifs.

En continuant les analyses avec une vision prospective, l'étude a permis de comprendre comment le produit évolue dans le temps en faisant apparaître de nouveaux effets.

D'un point de vue rentabilité, le produit permet de garder une augmentation croissante de la PVFP par rapport au produit multisupport classique à condition de choisir un bon paramétrage.

Sur l'activité euros, les projections en monde réel apportent un rendement supérieur comparé au rendement observé lors de l'évaluation risque neutre en $T = 0$. Cela a pour effet de fidéliser davantage les assurés. Ainsi l'évaluation de la solvabilité prospective bénéficie d'encours initiaux plus importants et de ce fait le produit apporte ainsi directement un surplus de rentabilité pour différentes raisons expliquées précédemment. C'est un des effets résiduels des projections monde réel passées. Cependant, les projections monde réel creusent les écarts sur les PPB initiales, cela entraîne des résultats plus faibles avec le produit par manque de capacité d'absorption dans les scénarios défavorables. Il faudra alors choisir des valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ supérieures à 50% pour que le premier effet soit suffisant pour compenser l'effet négatif causé par le manque de PPB. La contribution euros est aussi en hausse avec le produit. Les causes passent d'une perte de surplus de rentabilité vers une perte liée à des résultats plus faibles au fur et à mesure des années de projection monde réel. Il faudra aussi choisir des valeurs de $p_{\text{fidélité}}$ assez hautes pour que la cause liée à la perte de marge supplémentaire reste la cause principale dans l'explication du SCR.

Sur l'activité UC, l'augmentation relative de PVFP qu'apporte le produit augmente pour chaque année de projection monde réel et ce, pour toutes les valeurs de $p_{\text{fidélité}}$. Cela est dû aux écarts croissants des encours initiaux. Les encours sont supérieurs car les transferts en UC fidélité sont plus marqués durant les années de projection monde réel. Ces derniers sont supérieurs dans cet univers grâce à une meilleure performance de l'action et l'immobilier. Cependant, avec une performance élevée combinée à un $p_{\text{fidélité}}$ proche de 100%, l'assureur commence à réaliser des pertes non négligeables liées au versement de la bonification promise. Dans ces conditions, les taux de rachats sont faibles et l'assureur ne dispose pas d'assez de garanties perdues pour bonifier de 10% les garanties fidélité de certains model points. La variation de la contribution au BSCR de ce support avec le produit est le résultat dans un premier temps des transferts plus faibles en UC fidélité sur le reste de la période de garantie fidélité (dans le scénario de choc action comparé au scénario central). Dans un second temps, la disparition de la perte liée à la bonification dans les scénarios de choc, participe à la baisse du SCR.

Le produit fidélité permet d'améliorer la solvabilité en passant d'un ratio de solvabilité constant en fonction de $p_{\text{fidélité}}$ en $T = 0$ à un ratio croissant sur toutes les années de projection monde réel. Le ratio de solvabilité sous estime cependant l'aspect bénéfique du produit fidélité. Les hypothèses de modélisation ont été choisies pour permettre de visualiser l'ensemble des effets positifs et négatifs du contrat et non pas pour maximiser la rentabilité du produit. Cependant les résultats obtenus sont positifs, la solvabilité de l'assureur ne se dégrade pas, même avec un scénario de taux bas maintenu. Une courbe des taux basse constante est particulièrement défavorable.

Afin de donner un aperçu global sur les impacts du produit fidélité comparé au produit classique, la table 3.16 répertorie les observations faites sur différents indicateurs.

	Vision	25%	50%	75%	100%
PVFP euros	T0	≈	≈	+	+
	T+	≈	≈	+	++
PVFP UC	T0	+	+	++	++
	T+	+	+	++	+
PVFP totale	T0	≈	+	+	++
	T+	+	+	++	++
SCR total	T0	≈	-	-	--
	T+	≈	-	-	--
Contribution euros	T0	≈	≈	≈	≈
	T+	≈	-	-	--
Contribution UC	T0	≈	-	-	--
	T+	≈	-	≈	≈
Ratio de solva	T0	≈	-	-	--
	T+	≈	≈	+	+
Bonification vision assureur	T0	≈	≈	≈	≈
	T+	≈	≈	≈	--
Bonification vision assuré	T0	++	++	++	++
	T+	++	++	++	++
Taux servi	T0	+	+	++	++
	T+	+	+	++	++
Note finale		0,45	0,25	0,65	0,35

TABLE 3.16: Tableau récapitulant les effets du produit fidélité

La ligne "Note finale" a été calculée en faisant la moyenne des notations de la colonne en question (voir la table 3.17).

--	-2
-	-1
≈	0
+	1
++	2

TABLE 3.17: Notation utilisée pour la table 3.16

En conclusion, le paramètre $p_{\text{fidélité}}$ optimal semble être une valeur proche de 75%. En effet, cette valeur permet d'accroître de façon conséquente la rentabilité de l'assureur sans le pénaliser dans le temps. Ce paramètre permet à l'assureur de réaliser un maximum de résultats sans mettre en péril sa capacité à verser la bonification sur le long terme. De plus, l'assureur peut continuer de doter légèrement la PBB avec ce paramétrage, cela permettra de se différencier par rapport à $p_{\text{fidélité}} = 100\%$ sur les pertes liées à la capacité d'absorption dans les périodes défavorables. Du point de vue de l'assuré, la garantie fidélité accumulée avec ce paramètre est conséquente ainsi que le taux servi durant les premières années de projection.

Les études réalisées présentent plusieurs limites. Le produit a été intégré sur l'ensemble du portefeuille sur une durée égale à un cycle du produit fidélité. Cela a permis de visualiser à la fois les mécanismes qu'entraîne le produit, les effets positifs, négatifs et résiduels de ce dernier. Cette étude a permis d'avoir une compréhension générale du produit. Cependant, l'intégration de nouvelles collectes ainsi

qu'une intégration progressive du produit fidélité auraient permis d'obtenir des indicateurs reflétant davantage ceux d'une réelle activité d'assurance. De plus, la prorogation du contrat aurait pu être considérée.

L'étude prospective sur 5 ans est pertinente pour une étude de la solvabilité, cependant un horizon sur 10 ans aurait permis d'obtenir des informations supplémentaires pertinentes sur la performance du produit du point de vue de l'assuré.

Conclusion

Le contexte de taux bas représente un poids considérable pour les assureurs et notamment pour l'activité d'assurance vie. Ces derniers ont de plus en plus de mal à garantir leurs engagements envers les assurés et cela pèse sur leur solvabilité. Cette situation n'est pas pérenne et les assureurs mettent en place depuis plusieurs années de nouvelles garanties permettant de réagir à la situation. Cependant ces mesures ne permettent pas de mettre en place une couverture durable couvrant les assurés du risque des marchés financiers.

Le but de ce mémoire a été de présenter une nouvelle solution à mettre en place dans ce contexte. Ce mémoire a souligné les impacts d'un nouveau produit d'assurance vie multisupport dont les garanties varient selon le comportement des assurés. Le mécanisme principal de cette garantie est de transférer une partie de la participation aux bénéfices vers un support spécifique d'unités de compte spécifique. De plus ce produit fonctionne par cycle appelé "période de garantie fidélité".

Le choix de la calibration du produit s'est fait sur le critère de la rentabilité et du capital réglementaire, ces deux composantes ont été analysées séparément et conjointement (ratio de solvabilité). Le critère du taux servi et de la bonification (garantie propre au produit du mémoire) versés aux assurés a aussi été utilisé.

La première étude réalisée a permis de mettre en évidence les phénomènes qu'engendre le nouveau produit, les impacts sur différents indicateurs et le comportement des assurés (évolution du rachat). Avec la mise en place du produit, le ratio de solvabilité de l'assureur à l'année initiale de projection est conservé mais l'espérance de rentabilité augmente considérablement. De plus, les performances du produit du point de vue de l'assuré ont présenté des augmentations notables.

La seconde étude a permis d'apprécier la pérennité du nouveau produit avec des modélisations prospectives (0-5 ans). Le ratio de solvabilité s'améliore avec le produit fidélité comparé à l'absence de ce dernier. La performance du produit pour l'assuré s'est montrée encore plus visible dans le temps. Cette étude a aussi pu montrer les effets négatifs du produit comme la perte de capacité d'absorption liée à une Provision pour Participation aux Bénéfices plus faible ainsi que les difficultés à financer les bonifications promises dans certains scénarios.

Une calibration du produit optimale a été choisie afin de maximiser l'ensemble des critères utilisés dans les deux études.

Cependant, les études réalisées présentent plusieurs limites. Dans un premier temps, le produit a été intégré sur l'ensemble du portefeuille sur une durée égale à un cycle du produit. L'intégration de nouvelles collectes ainsi qu'une intégration progressive du produit auraient permis d'obtenir des indicateurs reflétant davantage ceux d'une réelle activité d'assurance. De plus, la prorogation du contrat aurait pu être considérée.

Bibliographie

- ACPR (3 jan. 2011). Solvabilité 2 : principaux enseignements de la cinquième étude quantitative d'impact.
- BANQUE DE FRANCE (1^{er} jan. 2019). Les politiques monétaires non conventionnelles. *L'eco en bref*.
- BANQUE DE FRANCE (2021). Banque de France. Site internet. URL : <https://www.banque-france.fr/statistiques/parution-reference-name/taux-indicatifs-des-bons-du-tresor-et-oat> (visité le 08/08/2021).
- BOCCARA, J (2019). Pilotage du ratio de couverture dans un contexte de taux bas. Mémoire d'actuariat. Paris : ISUP.
- BONNEFOY, P (2016). Implémentation et calibrage d'un Générateur de Scénarios Économiques : impact sur la volatilité du Solvency Capital Requirement. Mémoire d'actuariat. Paris : EURIA.
- CAPGRAS, S (2018). Calibration et impact des actions de management dans un contexte de taux bas. Mémoire d'actuariat. Paris : ENSAE ParisTech.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2014). RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2015/35. European Economy. Bruxelles.
- D. BRIGO ET F. MERCURIO (2006). Interest Rate Models - Theory and Practice - With Smile, Inflation and Credit. Springer Finance.
- DEMICHÉLIS, R (4 août 2020). La brèche dans la garantie en capital des fonds euros s'agrandit. *Les Echos*.
- FFA (2020). L'assurance française : données clés 2019. Rapp. tech. FFA.
- GRANDPERRIN, L (2015). Allocation de capital : théorie et pratique de la méthode d'Euler. Mémoire d'actuariat. Paris : ISFA.
- GROUPE DE TRAVAIL ALM (2020). Impact de la crise financière sur la solvabilité d'une compagnie d'Assurance Vie « Épargne » représentative du marché français. Rapp. tech. Institut des Actuaire.
- LAMY, T (6 fév. 2020). Assurance vie : les promotions sur les unités de compte ne doivent pas vous aveugler. *Capital*.
- PELLÉ, A (2021). Impact des mesures sur les taux d'intérêts de la revoyure Solvabilité II dans le cadre d'un portefeuille épargne. Mémoire d'actuariat. Paris : Paris Dauphine.