

**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 Actuaires
le 27/06/2022**

Par : Sixte Jonglez de Ligne
Titre : Modélisation et analyse du cantonnement des actifs sous un fonds d'épargne retraite PACTE

Confidentialité : NON OUI (Durée : 1 an 2 ans)

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

*Membres présents du jury de l'Institut
des Actuaires*

Mazars
Entreprise :
Nom : Mazars
Signature :



*Membres présents du jury du Master
Actuariat de Paris Dauphine*

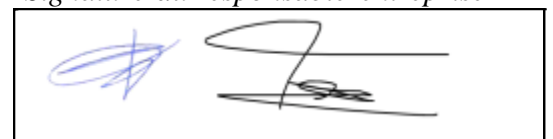
Directeur de mémoire en entreprise :
Nom : Axel TRUY & Ismaël TAHRI HASSANI
Signature :



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

Secrétariat :

Signature du responsable entreprise



Bibliothèque :

Signature du candidat



Résumé

Dans l'article 71, le plan d'action pour la croissance et la transformation des entreprises (PACTE) introduit un nouveau produit d'épargne retraite, le plan épargne retraite PER qui a pour vocation de remplacer les produits de retraite déjà existant. La réforme prévoit la possibilité, jusqu'au 31 décembre 2022, de transférer les droits acquis des anciens produits de retraite vers le PER.

Avec l'introduction du PER, la réforme tente de résoudre le manque d'attractivité observable sur le marché de l'épargne retraite en comparaison avec l'épargne classique (assurance vie, livret A, etc.).

Problématique principale de ce mémoire, la loi PACTE impose la création d'une comptabilité auxiliaire d'affectation au sein du bilan pour les engagements de retraite. Cet impératif vise à renforcer la protection des épargnants retraite et de garantir une distribution plus équitable des rendements. Pour la création de ce canton, l'assureur devra faire un choix sur l'allocation des actifs et des richesses du bilan entre les engagements de retraite et le reste des engagements. Ce choix aura un impact direct sur les rendements servis aux assurés à travers la participation aux bénéfices.

L'objectif de ce mémoire est donc de développer une méthode pour la mise en place de cette comptabilité auxiliaire d'affectation et d'en mesurer les impacts prudentielles, économiques sur une compagnie d'assurance fictive ainsi que les impacts pour les assurés.

Ce mémoire comporte, une analyse des nouveaux produits de retraite PER, une analyse normative du cantonnement dans le cadre du PER, une méthode pour la mise en place du cantonnement, une étude des impacts prudentiels, économiques et du point de vue des assurés du cantonnement sur un assureur fictif ainsi qu'une analyse des mécanismes en jeu dans les impacts observés.

Mots clés : Réforme Pacte, ALM, Retraite, Cantonnement, Gestion des actifs.

Abstract

In Article 71, the Action Plan for the Growth and Transformation of Enterprises (PACTE) introduces a new retirement savings product, the PER retirement savings plan, which is intended to replace existing retirement products. The reform provides for the possibility, until 31 December 2022, of transferring acquired rights from old retirement products to the PER.

With the introduction of the PER, the reform attempts to solve the lack of attractiveness observed on the retirement savings market in comparison with traditional savings (life insurance, Livret A, etc.).

The main issue of this study is the PACTE law, which requires the creation of a subsidiary accounting system for pension commitments within the balance sheet. This requirement aims to strengthen the protection of pension savers and to guarantee a fairer distribution of returns. In order to create this block, the insurer will have to make a choice on the allocation of assets and balance sheet wealth between pension liabilities and the rest of the liabilities. This choice will have a direct impact on the returns paid to policyholders through profit sharing.

The objective of this study was therefore to develop a method for setting up this auxiliary allocation accounting and to measure its impact on a fictitious insurance company.

This thesis includes an analysis of the new PER pension products, a normative analysis of the ring-fencing within the PER framework, a method for setting up the ring-fencing, a study of the prudential, economic and policyholder impacts of the ring-fencing on a fictitious insurer and finally an analysis of the mechanisms at play in the observed impacts.

Keywords: PACTE reform, ALM, Retirement, Ring-fencing, Asset Management.

Note de synthèse

Promulgué en 2019, La réforme PACTE introduit un nouveau produit d'épargne retraite, le plan épargne retraite PER. Ce plan a pour vocation de remplacer les anciens produits de retraite. Depuis 1er octobre 2020, les anciens produits d'épargne retraite ne sont plus commercialisés. Mais des contrats d'anciens produits déjà existants peuvent subsister après cette date s'ils ne sont pas transférés vers le nouveau produit de la loi PACTE. Le transfert des droits acquis peut s'effectuer jusqu'au 31 décembre 2022.

L'objectif premier de la réforme est de redynamiser le marché de l'épargne retraite qui vivait un manque d'attractivité chez les épargnants français en comparaison avec l'épargne classique (assurance vie, livret A, etc.).

Le point central traité par ce mémoire est la mise en place, devenue obligatoire, d'une comptabilité axillaire d'affectation au sein du bilan des assureurs pour les engagements de retraite. L'objectif de cette mesure est de garantir à la fois une protection plus importante des droits acquis des épargnants retraite mais aussi une distribution plus équitable de la participation aux bénéfices issue des performances financières des actifs. Pour répondre à cette nouvelle mesure, l'assureur devra déterminer la façon de répartir les actifs et les richesses au sein du bilan dans les différents cantons. Ce choix d'allocation ainsi que les nouvelles contraintes comptables auront des impacts prudentiels et économiques pour l'assureur. Mais aussi ce choix aura un impact direct sur les rendements servis aux assurés à travers la participation aux bénéfices.

L'objectif de ce mémoire a donc été de développer une méthode pour la mise en place du cantonnement et de mesurer les impacts sur une compagnie d'assurance fictive.

Le cadre du cantonnement

Le cantonnement est une mesure technique qui a pour objectif de protéger l'épargne retraite en imposant des limitations comptables pour les assureurs. Simplement, les actifs en représentation des passifs d'épargne retraite sont séparés du reste de l'actif du bilan de l'assurance. De cette manière, les épargnants retraite sont protégés de la défaillance du prestataire et permet une affectation plus juste de la participation aux bénéfices.

Typiquement, les produits financiers issus des actifs en représentation des passifs de retraite ne pourront être servis qu'aux assurés de ce canton de retraite. De la même manière, les mauvaises performances du reste de l'actif ne pourront pas être compensées par les produits financiers du canton de retraite. Ainsi le canton de retraite se retrouve indépendant du reste du bilan.

L'ensemble des contrats d'épargne retraite présentés dans ce mémoire sont concernés par le cantonnement. Les contrats Madelin, PERP, article 83, 82 et 39 peuvent être transférés en partie ou en totalité selon le choix de l'assuré vers la comptabilité auxiliaire d'affectation avant le 1^{er} janvier 2023. Les nouveaux contrats PER sont, eux, obligatoirement établis dans la comptabilité auxiliaire. Le reste des contrats d'épargne retraite ne sont pas concernés.

Nous retenons trois lignes directrices que le cantonnement devra respecter. Les deux premières sont règlementaires, données par le Codes de Assurance par les articles L 142-4 et L 142-7.

Tout d'abord, la « juste distribution » des richesses du bilan par la répartition des plus-values latentes, de la PPE et de la réserve de capitalisation au regard de la valorisation des engagements de retraite sous un prisme Solvabilité 2.

Ensuite, la prise en compte des écarts de durée observés des différents engagements. Simplement, le cantonnement doit refléter ces écarts de durée au sein de chacun des cantons de retraite et d'assurance vie.

Enfin, la dernière n'est pas rigoureusement réglementaire, c'est une volonté de la réforme PACTE. Son objectif est de réallouer l'épargne des Français vers des investissements d'horizon plus long. En rendant l'épargne retraite plus attractive que le reste des produits d'épargne, nous assisterons à une augmentation des horizons d'investissement.

Pour résumer, voici les trois lignes directrices qui ont dirigé les travaux :

- Faire une juste répartition des richesses du bilan ;
- Prendre en compte les écarts de durée des différents engagements ;
- Rendre les produits d'épargne retraite plus attractif que le reste des produits d'épargne.

La méthode de séparation du bilan sur notre compagnie d'assurance fictive

Pour cette étude nous avons modélisé un bilan d'un assureur vie simplifié comprenant les éléments suivants : les fonds propres, la réserve de capitalisation, la provision pour participation aux excédents et quatre classes d'actifs avec un taux de plus-values latentes associées (obligation, action, immobilier et monétaire). Le but du cantonnement est donc de séparer ces différents éléments.

Le premier élément qui ne pose pas de question est la provision mathématique. Seulement la provision mathématique de retraite (du PER) est à cantonner. Pour les fonds propres, nous choisissons de laisser l'ensemble dans la partie générale associée aux autres engagements non-retraite.

Conformément à l'étude normative des articles L 142-4 et L 142-7 du Code des Assurances, nous séparerons la PPE, la RC et les PVL au prorata du *Best Estimate* des engagements de retraite par rapport à la somme du *Best Estimate* global et des fonds propres actualisés.

En gardant l'allocation cible des classes d'actifs en valeur de marché (70% d'obligations, 10% d'actions, 15% d'immobilier et 5% de monétaire), nous déterminons les valeurs cibles d'un premier découpage du bilan respectant la première ligne directrice : la « juste » répartition des richesses du bilan.

A ce stade, les éléments du passif sont découpés, il reste à distribuer les actifs du bilan entre le canton de retraite et les autres engagements à partir des valeurs cibles d'actifs déterminées précédemment. Au vu de la modélisation des actions, de l'immobilier et du monétaire, le découpage de ces classes est direct. Cependant, le portefeuille d'obligations demande plus de travail. Il faut allouer à chacun des cantons le portefeuille obligataire obligation par obligation tout en respectant les contraintes de valeur de marché cible sans modifier la durée, le rating et le taux de PVL au sein de chaque canton.

Les algorithmes génétiques binaires ont été une bonne réponse à cette problématique du sac à dos. Ce sont des algorithmes d'optimisation qui, partant d'un ensemble de contraintes (ici les valeurs cibles) et prenant une fonction de coût et le portefeuille d'obligations en *input*, sépare le portefeuille en deux de sorte à respecter au mieux les contraintes données. De cette manière, nous obtenons l'allocation des obligations à chacun des cantons et ainsi terminons le premier découpage.

Pour prendre en compte les deux autres lignes directrices dans ce cantonnement, nous avons itérativement créé le deuxième découpage prenant en compte l'écart de durée entre les engagements de retraite et les autres engagements et le troisième découpage donnant un taux de PVL obligataire plus important au canton de retraite. Ces découpages ont été fait de manière à ce que les lignes directrices précédentes sont toujours respectées dans les nouveaux découpages.

Ainsi, nous obtenons trois découpages respectant séquentiellement nos trois lignes directrices fixées.

Les impacts du cantonnement sur la compagnie d'assurance fictive

En partant de la structure des résultats que nous obtenons à l'aide du modèle ALM, nous avons défini trois types de métrique d'analyse qui nous ont permis de mesurer les impacts du cantonnement sur une compagnie d'assurance vie fictive construite pour cette étude : un ratio de solvabilité, une PVFP net de marge pour risque et les taux servis. Ces métriques nous ont permis d'étudier à la fois les impacts prudentiels, économiques et du point de vue de l'assuré.

Le portefeuille de l'assurance fictive, très simplifié, est constitué d'une partie épargne et d'une partie retraite. Les contrats retraite sont modélisés par un MP Madelin et un MP article 83 qui seront transférés entièrement vers un unique MP PER.

Le tableau 0.1 présente les impacts sur les métriques prudentielle et économique des trois découpages.

Tableau 0.1 : variation des métriques prudentielle et économique selon le découpage

Découpage	Métrique prudentielle	Métrique économique
1	-1,2%	-0.2%
2	-0.2%	-0.6%
3	<u>-2,0%</u>	<u>-1.4%</u>

Au regard de ces résultats, le cantonnement a des impacts relativement neutres sur les deux premiers découpages. Cependant, pour le troisième découpage, les métriques prudentielle et économique sont détériorées.

Globalement, les impacts du cantonnement sur l'assureur sont plutôt négatifs mais restent relativement faibles.

L'étude de la chronique des taux servis a permis de valider le troisième découpage comme étant adapté au cadre du cantonnement fixé. Ce découpage permet de ne léser ni les assurés du segment d'épargne ni ceux du segment de retraite.

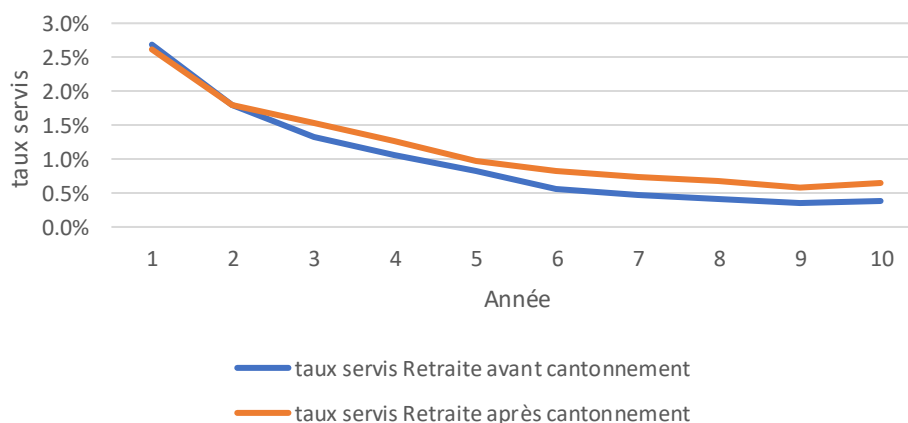


Figure 0.1 : Chronique des taux servis retraite avant et après cantonnement

Comme le montre la figure 0.1, ce troisième découpage permet aussi de rehausser l'attractivité du segment retraite en proposant des taux servis plus importants.

Nous avons pu montrer et expliquer les mécanismes de démutualisation qui entraînaient des revalorisations sur le segment de retraite plus importantes. Cela passe par d'un côté la démutualisation des contraintes de calcul de la PB réglementaire qui déclenche un surplus de participation dans le canton de retraite afin de servir la PB réglementaire et d'un autre côté la démutualisation de l'actif et plus particulièrement du portefeuille d'obligations qui, une fois séparé en deux, entraîne un comportement des produits financiers assez différents qu'avant le cantonnement.

Enfin, un calcul de sensibilité de nos résultats au contexte de hausse et de baisse des taux a été effectué. Le changement d'environnement de taux ne modifie pas les mécanismes observés à la suite du cantonnement dans le cadre de notre modèle ALM et du découpage 3 que nous avons mis en œuvre. Les assurés ne sont pas lésés sur chacun des segments et l'attractivité de la retraite est bien réévalué par rapport à l'épargne. Cependant, la sévérité du cantonnement sur nos métriques prudentielle et économique est atténuée dans un contexte de taux haut et accentuée dans un contexte de taux bas.

Conclusion

Pour conclure sur cette étude, nous pouvons considérer que l'objectif de départ est rempli. Notre cantonnement dans le cadre du troisième découpage respecte l'ensemble des règles et lignes directrices fixées par le Code des Assurances et la réforme PACTE.

Grâce à l'étude des résultats de notre modèle ALM, nous avons pu conclure que les impacts du cantonnement étaient plutôt négatifs pour l'assureur mais restaient d'une sévérité modérée.

L'étude des taux servis nous a permis de mettre en évidence les mécanismes de démutualisation qui sont en jeu dans le cadre du cantonnement. Que ce soit la démutualisation de l'actif ou de passif, ces mécanismes entraînent des taux servis plus importants pour les assurés du segment de retraite. Ceci montre que la mesure du cantonnement peut répondre à l'objectif prioritaire de la réforme PACTE : rendre l'épargne retraite plus attractive.

Notre étude comporte un certain nombre d'hypothèses simplificatrices qui nous ont permis de mener à bien les travaux. Les conclusions sont donc à garder en lien avec les hypothèses prises. Cependant, ce mémoire permet de donner des intuitions qualitatives sur les choix qu'un assureur devra prendre pour la création d'un canton : allocation des richesses, gestion des écarts de durée ou donner un avantage comparatif à un canton par rapport aux autres.

Synthesis note

Promulgated in 2019, the PACTE reform introduces a new retirement savings product, the PER retirement savings plan. This plan is intended to replace the old retirement products. Since 1 October 2020, the old retirement savings products are no longer marketed. However, contracts for existing old products may remain after this date if they are not transferred to the new PACTE reform product. The transfer of acquired rights can take place until 31 December 2022.

The primary objective of the reform is to revitalise the retirement savings market, which was not very attractive to French savers compared to traditional savings (life insurance, Livret A, etc.).

The central point dealt with in this paper is the introduction, which has become compulsory, of an allocation accounting system within the balance sheet of insurers for pension commitments. The objective of this measure is to guarantee both greater protection of the acquired rights of pension savers and a fairer distribution of the profit sharing resulting from the financial performance of assets. In order to comply with this new measure, the insurer will have to determine how to allocate assets and wealth within the balance sheet to the different cantons. This choice of allocation and the new accounting constraints will have prudential and economic impacts for the insurer. But this choice will also have a direct impact on the returns paid to policyholders through profit sharing.

The objective of this thesis was therefore to develop a method for the implementation of the ring-fencing and to measure the impacts on a fictitious insurance company.

The framework of the cantonment

The cantonment is a technical measure that aims to protect retirement savings by imposing accounting limitations on insurers. Simply put, the assets representing the pension liabilities are separated from the rest of the assets in the insurance balance sheet. In this way, pension savers are protected from the default of the provider and allows for a fairer allocation of profit sharing.

Typically, the financial income from assets representing pension liabilities can only be paid out to policyholders of that pension canton. In the same way, poor performance of the remaining assets cannot be compensated for by the financial income of the pension canton. This makes the pension canton independent of the rest of the balance sheet.

All the retirement savings contracts presented in this report are affected by the cantonment. Madelin, PERP, Article 83, 82 and 39 contracts can be transferred in part or in full, depending on the policyholder's choice, to the auxiliary allocation accounts before 1 January 2023. The new PER contracts must be established in the auxiliary accounts. The rest of the retirement savings contracts are not affected.

We have identified three guidelines that the cantonment should respect. The first two are regulatory, given by the Insurance Code in Articles L 142-4 and L 142-7.

Firstly, the "fair distribution" of balance sheet wealth through the allocation of unrealised gains, the profit-sharing reserve and the capitalisation reserve with regard to the valuation of pension commitments under a Solvency 2 prism.

Secondly, taking into account the observed duration differences of the different liabilities. Simply, the cantonment should reflect these duration differences within each of the pension and life insurance canton.

Finally, the last one is not strictly regulatory, it is a desire of the PACTE reform. Its objective is to reallocate French people's savings towards investments with a longer time horizon. By making retirement savings more attractive than the rest of the savings products, we will see an increase in investment horizons.

To summarise, here are the three guidelines that have guided the work :

- Make a fair distribution of balance sheet wealth.
- Take into account the differences in the duration of the various commitments.
- Make retirement savings products more attractive than other savings products.

The balance sheet separation method on our fictitious insurance company

For this study we have modelled a simplified life insurer's balance sheet comprising the following elements: equity, the capitalisation reserve, the profit-sharing reserve and four asset classes with an associated unrealised capital gains rate (bond, equity, real estate and money market). The purpose of the cantonment is therefore to separate these different elements.

The first element which is not an issue is the mathematical provision. Only the mathematical provision for pensions (of the PER) must be transferred to the pension canton. For the equity, we choose to leave the whole in the general part associated with the other non-retirement commitments.

In accordance with the normative study of Articles L 142-4 and L 142-7 of the Insurance Code, we will separate the profit-sharing reserve, the capitalisation reserve and the unrealised capital gains in proportion to the Best Estimate of the pension commitments in relation to the sum of the global Best Estimate and the discounted equity.

Keeping the target allocation of asset classes at market value (70% bonds, 10% equities, 15% real estate and 5% money market), we determine the target values of a first balance sheet breakdown respecting the first guideline: the "fair" distribution of balance sheet wealth.

At this stage, the liabilities have been broken down, and it remains to distribute the balance sheet assets between the pension fund and the other liabilities based on the target asset values determined earlier. In view of the modelling of equities, real estate and money market, the breakdown of these classes is straightforward. However, the bond portfolio requires more work. The bond portfolio must be allocated to each canton on a bond-by-bond basis while respecting the target market value constraints without changing the duration, the rating and the unrealised capital gains rate within each canton.

Binary genetic algorithms have been a good answer to this backpack problem. These are optimisation algorithms which, starting from a set of constraints (in this case the target values) and taking a cost function and the bond portfolio as input, split the portfolio in two in such a way that the given constraints are respected as well as possible. In this way, we obtain the allocation of bonds to each of the cantons and thus complete the first split.

To take into account the other two guidelines in this split, we iteratively created the second breakdown taking into account the difference in duration between pension liabilities and other liabilities and the third breakdown giving a higher bond unrealised capital gains rate to the pension canton. These breakdowns were made in such a way that the previous guidelines are still respected in the new breakdowns.

In this way, we obtain three breakdowns that iteratively respect our three fixed guidelines.

Impact of the cantonment on the fictitious insurance company

Based on the structure of the results we obtain using the ALM model, we defined three types of analysis metrics that allowed us to measure the impacts of the cantonment on a fictitious life insurance company built for this study: a solvency ratio, a PVFP net of risk margin and the rates paid. These metrics allowed us to study the prudential, economic and policyholder impacts.

The portfolio of the fictitious insurance is made up of a savings part and a retirement part. The pension contracts are modelled by one MP Madelin and one MP article 83 which will be transferred entirely to a single MP PER.

Table 0.1 presents the impacts on the prudential and economic metrics of the three breakdowns.

Table 0.1: variations of the prudential and economic metrics according to the breakdown

breakdown	prudential metric	economic metric
1	-1,2%	-0.2%
2	-0.2%	-0.6%
3	<u>-2.0%</u>	<u>-1.4%</u>

In view of these results, the cantonment has relatively neutral impacts on the first two breakdowns. However, for the third breakdown, the economic and solvency metrics are deteriorated.

Overall, the impacts of the cantonment on the insurer are rather negative but remain relatively low.

The study of the chronicle of rates paid made it possible to validate the third breakdown as being adapted to the cantonment framework. This breakdown does not harm policyholders in the savings segment or those in the pensions segment.

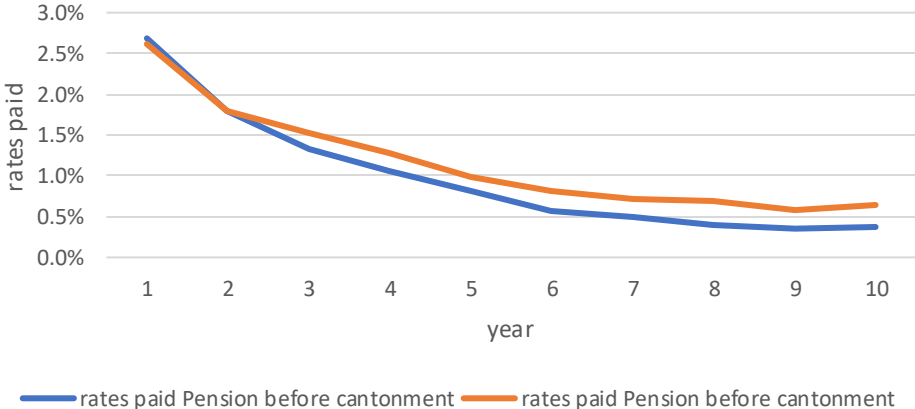


Figure 0.1: Pension rates before and after cantonment

As Figure 0.1 shows, this third breakdown also makes the pension segment more attractive by offering higher rates.

We have been able to show and explain the demutualisation mechanisms that lead to higher revaluations in the pension segment. On the one hand, this involves the demutualisation of contractual liability constraints, which triggers a surplus of profit sharing in the pension canton in order to serve the regulatory profit sharing, and on the other hand, the demutualisation of the assets, and more particularly the bond portfolio, which, once split in two, leads to a quite different behaviour of financial products than before the cantonment.

Finally, a calculation of the sensitivity of our results to the context of rising and falling interest rates was carried out. The change in the interest rate environment does not modify the mechanisms observed following the cantonment in the framework of our ALM model and the breakdown³ that we have implemented. Policyholders are not harmed in any of the segments and the attractiveness of retirement is well re-evaluated compared to savings. However, the severity of the cantonment on our prudential and economic metrics is mitigated in a high-rate environment and accentuated in a low-rate environment.

Conclusion

To conclude this study, we can consider that the initial objective has been met. Our cantonment in the context of the third breakdown complies with all the rules and guidelines set by the Insurance Code and the PACTE reform.

Thanks to the study of the results of our ALM model, we were able to conclude that the impacts of the cantonment were rather negative for the insurer but remained of moderate severity.

The study of the rates paid allowed us to highlight the demutualisation mechanisms at play in the cantonment. Whether it is the demutualisation of assets or liability constraints, these mechanisms lead to higher rates paid for policyholders in the retirement segment. This shows that the cantonment measure can meet the primary objective of the PACTE reform: to make retirement savings more attractive.

Our study includes several simplifying assumptions that enabled us to carry out the work. The conclusions should therefore be kept in line with the assumptions made. However, this brief provides qualitative insights into the choices that an insurer will have to make when creating a canton: allocating wealth, managing duration differences, or giving a comparative advantage to one canton over others.

Remerciements

Je souhaite remercier les associés de Mazars Actuariat Alice THOU, Alexandre GUCHET et Grégory BOUTIER qui m'ont permis d'accomplir ce mémoire au sein du cabinet ainsi que toute l'équipe Mazars Actuariat pour leur accueil et leur bienveillance pendant ce mémoire.

Je remercie particulièrement, Axel TRUY et Ismaël TARHI HASSANI pour leur accompagnement et leurs précieux conseils qui ont rendu possible la bonne réalisation de cette étude.

Enfin, je souhaite remercier Quentin GUIBERT encadrant ce mémoire pour le Master d'Actuariat de Dauphine et Christophe DUTANG directeur du Master d'Actuariat de Dauphine pour l'ensemble des contributions qu'ils ont pu apporter qui je suis sûr m'ont permis de réaliser ce mémoire dans de bonnes conditions.

Table des Matières

RESUME	3
ABSTRACT.....	4
NOTE DE SYNTHESE	5
SYNTHESIS NOTE.....	9
REMERCIEMENTS	13
TABLE DES MATIERES.....	14
INTRODUCTION	15
CHAPITRE 1 : LA REFORME PACTE, LE CHAMBOULEMENT DE L'EPARGNE RETRAITE EN FRANCE	17
1.1 GENERALITES SUR LA RETRAITE EN FRANCE.....	17
1.2 L'EPARGNE RETRAITE PRE-PACTE.....	20
1.3 REFORME PACTE	24
1.4 LE CADRE REGLEMENTAIRE DE SOLVABILITE II.....	34
CHAPITRE 2 : L'OUTIL ALM.....	39
2.1 LE MECANISME DU MODELE ALM.....	40
2.2 GENERATEUR DE SCENARIOS ECONOMIQUES.....	42
2.3 LA MODELISATION DU PASSIF	51
2.4 MODELISATION DE L'INTERACTION ACTIF/PASSIF.....	65
CHAPITRE 3 : APPLICATION DU MODELE ALM AU CANTONNEMENT	72
3.1 METRIQUES D'ANALYSE.....	72
3.2 MODELISATION DE LA COMPAGNIE D'ASSURANCE FICTIVE.....	76
3.3 MISE EN PLACE DU CANTONNEMENT.....	81
3.4 RESULTATS DU CANTONNEMENT.....	96
CONCLUSION.....	113
BIBLIOGRAPHIE.....	115
ANNEXE.....	117

Introduction

Adopté le 11 avril 2019 et promulgué le 22 mai 2019, le plan d'action pour la croissance et la transformation des entreprises, appelé le plus souvent loi PACTE, met au premier plan la résolution des problématiques d'innovation, de transformation, d'agrandissement et de création d'emplois des entreprises françaises.

Cette réforme tente de lever les barrières à la croissance des entreprises, à chaque niveau de leur développement, avec une attention particulière portée sur leur financement. Elle a aussi pour but de mieux distribuer la valeur créée par l'entreprise entre les actionnaires et les salariés. Elle a également pour objectif de permettre aux entreprises de mieux tenir compte des enjeux sociaux et environnementaux dans leur processus de stratégie.

Parmi les articles adoptés par l'Assemblée Nationale, l'article 71 traite d'un point prépondérant de cette réforme : l'épargne retraite. D'après l'article L224-1 du Code monétaire et financier, « le plan (d'épargne retraite) a pour objectif l'acquisition et la jouissance de droits viagers personnels ou le versement d'un capital, payables au titulaire à compter, au plus tôt, de la date de liquidation de sa pension dans un régime obligatoire d'assurance vieillesse ».

Ces plans étant délaissés par les épargnants français, au profit de l'assurance vie et des livrets d'épargne standards, la réforme veut renforcer l'attractivité de l'épargne long-terme et l'orienter vers le financement des entreprises et de l'économie réelle. Pour cela, elle met en place de nouveaux produits d'épargne retraite : le PER (plan d'épargne retraite). Ces produits ont pour vocation de répondre à un système de règles communes et de garder une fiscalité avantageuse.

La réforme prévoit la possibilité de transférer les droits acquis d'anciens contrats d'épargne-retraite vers les nouveaux produits d'épargne-retraite PER. Ce droit de transfert est accordé jusqu'au 31 décembre 2022.

Un autre point majeur de cette réforme est la mise en place d'un cantonnement obligatoire des contrats PER au sein d'une comptabilité auxiliaire des assureurs. Cet impératif vise à renforcer la protection des épargnants et de garantir une distribution plus équitable des rendements.

Ce mémoire a pour objectif d'examiner les problématiques afférentes au cantonnement des actifs, imposé par la réforme PACTE, des nouveaux plans d'épargne retraite PER, ainsi que d'identifier les impacts et les nouveaux mécanismes associés à cette mesure.

Pour mener à bien cette étude, nous commencerons par décrire le système de retraite français. Nous ferons, ensuite, un tour d'horizon du marché de l'épargne retraite pré-PACTE en décrivant les caractéristiques des anciens produits proposés. Nous exposerons, après, les réponses apportées par la réforme PACTE et nous décrirons les nouveaux produits d'épargne retraite PER. Enfin, nous entrerons plus précisément dans la problématique du cantonnement imposé par la réforme PACTE.

Dans un deuxième chapitre, nous présenterons le modèle ALM de Mazars actuariat ainsi que les implémentations réalisées spécialement pour le mémoire. Nous commencerons par montrer les méthodes qu'utilise le modèle pour déterminer le *Best Estimate*. Ensuite, nous présenterons le générateur de scénarios économiques. Enfin, nous aborderons l'ensemble de la modélisation des éléments de passif, d'actifs et leurs interactions.

Nous terminerons par une partie expliquant la méthode du cantonnement retenue ainsi que l'analyse des résultats obtenus à la suite du cantonnement sur une assurance fictive.

Chapitre 1 : La réforme PACTE, le chamboulement de l'épargne retraite en France

1.1 Généralités sur la retraite en France

Depuis 1945, le système de retraite français fonctionne sur le principe de répartition : les pensions des retraités étant financées par les cotisations versées par les actifs. Mais depuis la fin des années 2000, le passage à la retraite de la génération du « baby-boom » a considérablement détérioré la pérennité du régime par répartition avec la diminution du ratio nombre d'actifs cotisants sur nombre de retraités. Ainsi, le régime de retraite par répartition est devenu déficitaire. Cette tendance est confirmée par un rapport de juin 2017 du Conseil d'Orientation des Retraites (COR). Il confirme que l'équilibre financier du système de retraite ne sera pas retrouvé avant 2040 dans le meilleur des cas.

Partant de ce constat, plusieurs réformes se sont succédées pour introduire une partie supplémentaire dans le système des retraites. Ce nouveau régime suit le principe de capitalisation : les cotisations sont épargnées sur un compte individuel qui servira à financer la retraite du cotisant. Aujourd'hui, le système de retraite en France est partagé en 3 parties : le régime général obligatoire de base, le régime complémentaire obligatoire et le régime supplémentaire. La figure 1.1 illustre ce système hiérarchique.

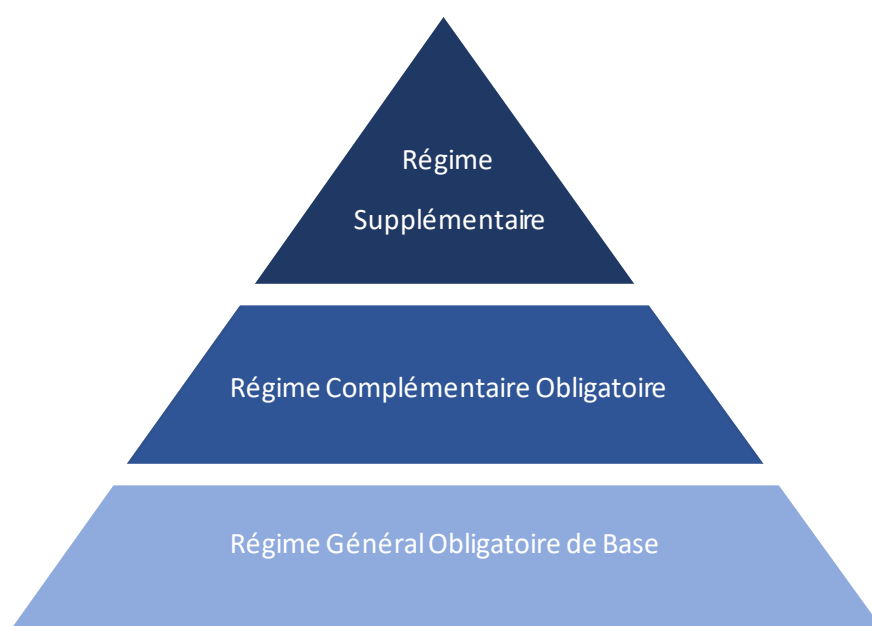


Figure 1.1 : Hiérarchie des régimes de retraite en France

1.1.1 Le régime général obligatoire de base

Ce régime constitue le premier niveau de la retraite en France. Il repose sur les principes d'universalité et d'unité de la sécurité sociale. Ce système fonctionne par répartition et est financé par les charges sociales salariales et patronales ainsi que par des subventions de l'Etat. Les pensions sont ensuite versées par des caisses de retraite auxquelles sont affiliés les cotisants. Chacune de ces caisses correspond à une catégorie socioprofessionnelle, il n'existe donc pas un seul régime universel mais de

nombreux régimes dépendant de la catégorie socioprofessionnelle des cotisants. Le tableau 1.1 illustre ce grand nombre de régimes.

Tableau 1.1 : Les différents régimes sociaux et caisses de retraite (Previsima, 2021)

Catégories socio-professionnelles	Régimes sociaux	Caisses de retraite
Salariés du privé	Régime général	Caisse nationale d'assurance vieillesse (CNAV)
Exploitants agricoles non-salariés	Mutualité sociale agricoles (MSA)	Caisse de retraite de base de la MSA
Salariés agricoles		
Artisans, commerçants et industriels indépendants	Régime général	Caisse nationale d'assurance vieillesse (CNAV)
Professions libérales	Caisse Nationale d'Assurance Vieillesse des professions libérales (CNAVPL) et Caisse Nationale des Barreaux Français (CNBF)	
Fonctionnaires de l'Etat (civils et militaires)	Régimes spéciaux (distincts) des fonctionnaires	Service des retraites de l'Etat (SRE)
Fonctionnaires : agents de la fonction publique territoriale et hospitalière		Caisse Nationale des Retraites des Agents des Collectivités Locales (CNRACL)
Fonctionnaires : Ouvriers de l'Etat		Fond Spécial des Pensions des Ouvriers des Etablissements Industriels de l'Etat (FSPOEIE)
Ministres des cultes	Régime indépendant	Caisse d'assurance vieillesse, invalidité et maladies des cultes (CAVIMAC)

En 2020, les prestations des régimes de base obligatoire étaient d'environ 132,7 milliards d'euros d'après le rapport de la commission des comptes de la Sécurité sociale (CCSS).

1.1.2 Le régime complémentaire obligatoire

Deuxième niveau des régimes obligatoires par répartition, le régime complémentaire obligatoire complète le régime de base. Comme pour le régime de base, les caisses de retraites dépendent de la catégorie socio-professionnelle.

- L'AGRIC-ARRCO pour les salariés du privé
- L'IRCANTEC pour les agents non-titulaires de la Fonction publique et parapublique
- Le RAFP les agents titulaires de la Fonction publique et parapublique
- La CRPN pour le personnel navigant de l'aéronautique civile
- L'IRCEC pour les artistes auteurs rémunérés en droits d'auteur, et les régimes des professions indépendantes et libérales

Les prestations issues de la partie complémentaire des régimes de retraite obligatoires représentaient 82 milliards d'euros en 2020 d'après la CCSS.

1.1.3 Les régimes supplémentaires

Les régimes supplémentaires, aussi appelés épargne retraite, permettent d'apporter un complément à la retraite de base et complémentaire. Ils fonctionnent sous le principe de la capitalisation. Le contrat d'épargne retraite a pour objectif la constitution d'un capital d'épargne, lors de la vie active, dont le titulaire pourra disposer à partir du départ à la retraite. Le plus souvent, les droits acquis lors de la phase de constitution de l'épargne sont versés sous forme d'une rente viagère.

Malgré un niveau d'épargne très élevé en France, l'épargne retraite connaît un développement limité avec seulement 220 milliards d'euros d'encours total pour les produits d'épargne retraite contre 1 700 milliards pour l'assurance-vie et 400 milliards pour les livrets réglementés (livret A, LDD) (La retraite en clair, 2019). Quatre principaux produits se partagent l'épargne retraite en France : le PERP, le Madelin, le Perco et l'article 83. Ces quatre produits sont soumis à des règles complexes et à une portabilité limitée qui expliquent leur faible popularité. Cette portabilité restreinte a pour conséquence de détériorer la qualité des produits proposés du fait de l'absence de réels systèmes concurrentiels dans ce marché. On observe un certain nombre de problèmes :

- Une compréhension complexe des nuances des différents produits ;
- L'épargne retraite subit des frais importants ;
- L'épargne est investie selon des allocations et modalités peu adaptées à un horizon de long terme ;
- Les conditions de sortie sont rigides et la liquidation s'effectue quasi exclusivement sous forme de rente viagère.

1.2 L'épargne retraite pré-PACTE

Nous allons, dans cette partie, décrire les différents produits d'épargne retraite qui existaient avant la réforme PACTE. Nous détaillerons, dans un premier temps, les contrats d'épargne souscrits à titre individuel, puis, dans un second temps, les contrats collectifs proposés en entreprise.

1.2.1 Les contrats d'épargne retraite individuels

PERP

Le plan d'épargne retraite populaire (PERP) (Direction de l'information légale et administrative, 2022) est un produit d'épargne à long-terme qui a pour vocation d'être liquidé lors du départ à la retraite. Tout le monde peut y souscrire auprès d'une banque, d'une compagnie d'assurance, d'un organisme de prévoyance ou d'une mutuelle. Son adhésion ne demande aucune condition d'âge ou d'activité professionnelle.

Fonctionnement du contrat

Ouvrir un PERP équivaut à souscrire un contrat d'assurance vie et sera donc soumis au Code des Assurances. Il en existe trois types :

- Le contrat de rente viagère différée qui prévoit l'acquisition directe de droits à une rente viagère au départ à la retraite.
- Le contrat en unité de rente qui permet d'acquérir des points lors de la phase de constitution qui seront ensuite convertis en rente viagère pour la retraite.
- Le contrat multi-supports qui entraîne la constitution d'un capital versé ou converti en rente viagère lors du départ à la retraite.

Comme le prévoit l'article L. 132-20 du Code des assurances, en assurance vie l'assureur n'a pas moyen d'exiger le paiement des primes. Ainsi lors de la phase de constitution, les versements sont sans conditions de montant et de période.

Le gestionnaire du PERP doit informer régulièrement le titulaire de l'évolution du compte, de la valeur des droits acquis, des frais prélevés chaque année et des conditions d'un éventuel transfert du contrat vers un autre produit d'épargne.

L'épargne constituée est en principe bloquée jusqu'à la retraite mais elle peut être débloquée de façon anticipée dans certains cas exceptionnels : invalidité, surendettement et décès du titulaire ou de l'époux.

Lors du départ à la retraite, l'épargne accumulée est habituellement versée sous forme de rente mais peut, à la demande du titulaire, être versée sous forme de capital dans la limite de 20% des droits acquis. Si le montant de la rente n'excède pas 40 € par mois, l'épargne peut être versée entièrement en capital.

Fiscalité

Les versements sur le PERP au cours d'une même année sont déduits des revenus imposables du titulaire. Cette déduction ne peut dépasser 10% des revenus nets professionnels de l'année précédente avec un plafond de 32 909€ (10% de 8 PASS₂₀₂₀) ou 4 114€ si ce montant est plus élevé. En terme mathématiques :

$$\text{déduction} = \max(4114 \text{ €} ; \min(10\% \text{ revenus nets professionnels} ; 10\% \times 8 \times \text{PASS}_{2020} \text{ €}))$$

Après liquidation, les sommes versées sous forme de rente sont imposées selon les règles applicables aux rentes viagères, pensions et retraites. Le capital versé est lui imposé suivant le barème progressif de l'impôt sur le revenu.

Madelin

Le Madelin est un contrat d'épargne retraite individuelle réservé aux travailleurs non-salariés (professions libérales et travailleurs indépendants). Une version similaire, le Madelin agricole est lui réservé aux agriculteurs. Fin 2018, il existe 1,7 million de contrats Madelin en cours (La retraite en clair, 2020).

Fonctionnement des cotisations

Pour bénéficier des avantages fiscaux que propose le contrat Madelin, les primes doivent être versées de manière régulière (au moins une fois par an). Au moment de la signature du contrat un minimum de versement annuel est défini. Ce minimum est ensuite réévalué chaque année selon l'évolution du Plafond annuel de la Sécurité sociale (PASS). Le montant des primes versées ne pourra excéder 15 fois ce minimum.

Contrairement au PERP, les cotisations annuelles sont exigées tout au long de la vie du contrat jusqu'à la retraite. Si une interruption est observée, alors le contrat est définitivement clôturé. L'épargne constituée n'est pas pour autant perdue. Elle sera versée sous forme de rente, sans les avantages fiscaux, lors de la retraite du titulaire. En revanche, si la régularité et le montant des versements annuels sont respectés, les cotisations sont déductibles du calcul de l'impôt sur le revenu. Il ne reste donc que les charges sociales. Pour le Madelin agricole, les cotisations sont aussi bien déductibles du calcul de l'impôt sur le revenu que des charges sociales.

Rachat d'années antérieures

Il est possible de racheter des années antérieures à l'ouverture du contrat Madelin, si pendant celle-ci le titulaire était travailleur non salarié. Le rachat de ces années antérieures se fait au rythme d'une année par an, c'est à dire que chaque année le titulaire peut racheter une année antérieure. Pour cela, il doit verser le double des cotisations au titre de l'année en cours.

En cas de changement de statut, si le titulaire devient salarié, il n'est plus possible de cotiser sur le contrat Madelin. En revanche, le titulaire peut transférer l'épargne accumulée jusqu'alors sur un autre contrat d'épargne retraite.

Modes de sortie

Pour liquider le contrat Madelin, le titulaire doit avoir préalablement liquidé les pensions de retraite des régimes obligatoires. Les droits acquis sont servis obligatoirement sous forme de rente sauf si celle-ci est inférieure à 40 € par mois et dans ce cas la sortie en capital est possible.

Comme pour le PERP, certains cas exceptionnels peuvent permettre une sortie anticipée de l'épargne constituée. Le décès du conjoint, le surendettement, l'invalidité, la cessation d'activité non salariée par suite d'une liquidation judiciaire, l'expiration du chômage, etc., constituent des cas permettant une sortie anticipée du contrat Madelin.

En cas de décès du titulaire avant la transformation du contrat en rente, l'épargne constituée est attribuée aux bénéficiaires inscrits dans le contrat. Si ce décès intervient après la transformation en rente, deux cas sont possibles. Soit le titulaire a opté pour une rente simple, alors la rente s'arrête ; soit le titulaire a opté pour une rente avec réversion, alors l'option de réversion s'active.

Fiscalité

Les versements sur le contrat Madelin au cours d'une même année sont déduits des revenus imposables du titulaire. Cette déduction ne peut dépasser 10% des revenus nets professionnels de l'année précédente avec un plafond de 32 909€ (10% de 8 PASS₂₀₂₀) ou 4 114€ si ce montant est plus élevé. En terme mathématiques :

$$\text{déduction} = \max(4114 \text{ €} ; \min(10\% \text{ revenus nets professionnels} ; 10\% \times 8 \times \text{PASS}_{2020} \text{ €}))$$

Après liquidation, les sommes versées sont imposées selon les règles applicables aux rentes viagères, pensions et retraites. Dans le cas d'une rente inférieure à 40 € par mois, Le capital versé est lui imposé suivant le barème progressif de l'impôt sur le revenu.

1.2.2 Les contrats d'épargne retraite collectifs

PERCO

Le plan d'épargne pour la retraite collectif (PERCO) (Direction de l'information légale et administrative, 2022) est un contrat d'épargne retraite d'entreprise collectif qui vise à proposer un complément de retraite. Son adhésion est facultative et peut bénéficier à tous les salariés. Cependant, une condition d'ancienneté peut être imposée (trois mois maximum).

Fonctionnement des cotisations

Les versements dans le plan peuvent aussi bien venir du salarié que de l'employeur.

Les versements du salarié sont facultatifs. Ils peuvent provenir de versements volontaires, de l'intéressement, de la participation, de transferts d'autres plans d'épargne salariale ou de droits inscrits sur un compte épargne temps (CET). Le montant des versements volontaires est supérieur à 160 € par année et plafonné à 25% de la rémunération annuelle brute.

Le plan peut être alimenté par abondements, c'est-à-dire versements complémentaires de l'entreprise. Ces abondements ne peuvent excéder trois fois les sommes versées par le salarié ni être supérieure à 16% du PASS soit 6 582 € en 2020. Ces abondements sont soumis à une contribution appelée forfait social.

Les cotisations sont ensuite investies sur un support d'investissement qui réduit progressivement les risques financiers avec l'ancienneté du titulaire. Le plan doit proposer au moins trois supports d'investissement correspondant à des profils de risque différents.

Modes de sorties

Les sommes versées sur le plan sont habituellement bloquées jusqu'au départ à la retraite du titulaire. Néanmoins, il est possible de sortir de ce plan de manière anticipée dans certains cas exceptionnels. La liste de ces cas est différente de celle du contrat Madelin et PERP : décès, surendettement, invalidité, acquisition de la résidence principale, remise en état de la résidence principale à la suite d'une catastrophe naturelle et expiration du chômage.

La sortie à l'issue du départ à la retraite se fait habituellement sous forme d'une rente viagère acquise à titre onéreux. Cependant, le règlement du PERCO peut prévoir la délivrance des droits acquis sous la forme d'un capital.

Fiscalité

Pendant la phase de constitution, l'abondement de l'entreprise est exonéré d'impôt sur le revenu dans la limite de 16 % du PASS. L'intéressement du salarié est aussi exonéré d'impôt sur le revenu dans la

limite de 75 % du PASS. Les revenus des titres sont exonérés d'impôt sur le revenu en cas de réinvestissement dans le plan, sinon ils sont imposables.

Lors de la phase de délivrance des droits acquis, si elle se fait sous forme de rente, la part de la rente correspondant aux gains est soumise aux impôts sur le revenu et aux prélèvements sociaux au taux 17,2%. Et si la liquidation s'effectue sous forme de capital la part correspondant aux gains est soumise aux prélèvements sociaux au taux 17,2%.

En cas de transfert des sommes épargnées sur un PERCO vers un autre plan d'épargne d'entreprise collectif, les taux de prélèvements sociaux issus de l'ancien PERCO sont conservés.

PERE (Article 83)

Le plan d'épargne retraite entreprise (PERE) (La retraite en clair, 2020), aussi connu sous le nom d'Article 83, est un plan de retraite d'entreprise à cotisations définies. L'entreprise peut décider de faire bénéficier ce plan à une partie des salariés ou à tous. Les salariés concernés sont dans l'obligation d'adhérer à ce plan lorsqu'il est mis en place.

Fonctionnement des cotisations

Selon le règlement du plan, les cotisations définies par un taux (souvent en pourcentage du salaire de l'employé) peuvent être soit entièrement à la charge de l'entreprise soit partagées entre le salarié et l'entreprise. En plus de ces cotisations obligatoires, des versements complémentaires facultatifs peuvent être effectués par le salarié.

Modes de sortie

Les sommes versées sur le plan sont habituellement bloquées jusqu'au départ à la retraite du titulaire. Néanmoins, il est possible de sortir de ce plan de manière anticipée dans certains cas exceptionnels : l'invalidité, le décès du conjoint, le surendettement ou l'expiration du chômage constituent des raisons de sortie anticipée.

À l'issue du départ à la retraite du titulaire, les droits acquis lors de la phase de constitution sont versés sous forme de rente viagère que le titulaire soit présent ou non dans l'entreprise à cette date.

Fiscalité

Pour l'entreprise, les cotisations versées sur le plan sont entièrement déductibles de son résultat imposable. Ces versements sont exonérés de charges sociales dans la limite d'un plafond mais la partie des cotisations exonérées sont soumises au forfait social au taux de 20%.

Pour le salarié, les cotisations obligatoires sont exonérées d'impôt sur le revenu dans la limite de 8% de la rémunération annuelle brute et dans la limite maximale de 8% de 8 fois le PASS. Les versements volontaires sont eux exonérés dans la limite de 10% de la rémunération annuelle brute et plafonnés à 10% de 8 fois le PASS.

À la sortie du plan, les sommes versées sous forme de rente viagère sont soumises à l'impôt sur le revenu, aux prélèvements sociaux et bénéficie d'un abattement de 10%.

Retraites chapeaux (Article 39 et Article 82)

Les retraites chapeaux peuvent bénéficier uniquement à une partie des salariés qui sont essentiellement les cadres supérieurs. Ces contrats sont à prestation définie et alimentés seulement par l'entreprise. Il n'y a pas de sortie ou de transfert dans ces plans. Pour bénéficier des prestations, il faut être présent dans l'entreprise lors du départ à la retraite. Contrairement aux contrats Article 39, les contrats Article 82 permettent une sortie en capital. Comme pour les plans précédents, les rentes sont soumises à l'impôt sur le revenu après un abattement de 10%. Les charges sociales sont, elles, appliquées au taux de 10,1%.

Depuis 1^{er} octobre 2020, les anciens produits d'épargne retraite ne sont plus commercialisés. Mais des contrats d'anciens produits déjà existants peuvent subsister après cette date s'ils ne sont pas transférés vers le nouveau produit de la loi PACTE.

1.3 Réforme PACTE

Nous allons, dans cette partie, mettre en évidence les objectifs de la réforme PACTE qui introduit le nouveau plan épargne retraite (PER). Nous verrons ensuite que cette réforme a pour vocation d'harmoniser le fonctionnement de la fiscalité de l'épargne retraite en France. Enfin nous évoquerons la problématique du cantonnement imposé aux assureurs.

1.3.1 Les objectifs de la Loi PACTE pour l'épargne retraite

Donner une meilleure visibilité et une meilleure compréhension des produits d'épargne-retraite en simplifiant et en harmonisant le règlement l'encadrant.

Les règles relatives à l'âge et aux modalités de liquidation/transfert de l'épargne retraite, à l'information sur les droits acquis, ainsi qu'à la gestion financière de ces droits deviennent communes pour tous les nouveaux produits d'épargne retraite.

Pour les produits individuels, le plan d'épargne retraite populaire (PERP) ainsi que le contrat Made lin, réservé aux travailleurs indépendants, sont fusionnés sous le plan épargne retraite individuel (PER individuel). Ce nouveau plan d'épargne maintient un régime fiscal adapté pour les travailleurs non-salariés.

Pour les produits collectifs, la séparation entre l'Article 83 et le plan d'épargne pour la retraite collectif (PERCO) est maintenue. Le PER d'entreprise collectif, prenant la suite du PERCO, est un produit universel et facultatif alors que le PER d'entreprise obligatoire, succédant à l'Article 83, veut cibler certaines catégories de salariés en imposant son adhésion.

Une portabilité de tous les produits d'épargne retraite

La portabilité ainsi que la mobilité de l'épargne retraite est au centre de la réforme. Elle permet à tous titulaires des nouveaux plans d'épargne retraite de transférer leurs droits acquis d'un plan à un autre à tout moment. L'idée est de mieux s'adapter aux différents parcours professionnels actuels. Concrètement, ce transfert est gratuit si l'ancienneté du contrat excède 5 ans et ne peut dépasser 1% de l'encours sinon.

Garder une fiscalité attractive et l'harmoniser pour tous les produits.

Pour les épargnants, la possibilité de déduire de l'assiette d'imposition sur le revenu les versements volontaires est généralisée à l'ensemble des produits de retraite supplémentaire. Cette déduction se fait dans la limite des plafonds existants (généralement 10 % des revenus professionnels et 10% de 8 fois le PASS).

Les sommes issues de l'intéressement, de la participation et des abondements de l'entreprise sont exonérées d'impôt sur le revenu à l'entrée et à la sortie. Le régime des prélèvements sociaux est allégé à la sortie.

La loi PACTE prévoit aussi d'inciter les épargnants à transférer leur contrat d'assurance vie vers l'épargne retraite. Jusqu'au 1^{er} janvier 2023, le rachat d'un contrat d'assurance de plus de 8 ans bénéficiera d'avantages fiscaux doublé si les sommes sont réinvesties dans un PER.

Pour les entreprises, le forfait social est supprimé sur l'intéressement pour les entreprises de moins de 250 employés et sur l'ensemble de l'épargne salariale (intéressement, participation et abondement) pour les entreprises de moins de 50 employés.

Une mobilité au service de la concurrence

L'environnement de l'épargne retraite connaît une faible concurrence se traduisant par des frais élevés et des offres peu attractives. La mobilité des épargnants facilite le changement de prestataires augmentant ainsi la concurrence, faisant baisser les frais et améliorant la qualité des offres.

Une sortie harmonisée et libérant les titulaires quant au choix d'une sortie en capital ou en rente

Pour les liquidations intervenant à la date de départ à la retraite, les épargnants peuvent aussi bien sortir en capital qu'en rente viagère sur les sommes constituées des versements volontaires et de l'épargne salariale (intéressement, participation et abondements employeurs). S'ils choisissent de sortir en rente viagère, ils auront droit à des avantages fiscaux. Le reste des droits acquis seront convertis obligatoirement en rente viagère.

Pour les liquidations anticipées les conditions sont harmonisées pour tous les produits. Les conditions sont les suivantes :

- Invalidité de 2^{ème} et 3^{ème} catégorie de la Sécurité Sociale du titulaire, de ses enfants, de son épouse ou de son époux ou de son partenaire de pacs ;
- Décès de l'époux ou de l'épouse ou du partenaire de pacs ;
- Expiration des droits du salarié à l'assurance chômage ;
- Surendettement ;
- Cession d'activité non salariée à la suite d'un jugement de liquidation judiciaire ;
- Acquisition de la résidence principale (toutefois pour ce cas les droits issus des virements obligatoires ne peuvent être sortie du plan).

Le choix de la rente viagère induit systématiquement une option de réversion au profit du conjoint ou du partenaire.

Une gestion financière mieux adapté mettant en avant le financement de l'économie

L'épargne retraite est par définition un investissement de long terme. Ces produits d'épargne sont donc porteurs de croissance. C'est pourquoi la réforme veut favoriser l'épargne retraite en France dans le but de financer l'économie. Pour rendre plus attractif les produits de retraite, la loi PACTE met en place une gestion pilotée des encours permettant d'orienter l'épargne selon les profils de risques et ainsi ajuster de meilleurs rendements selon le profil de risque des épargnants.

1.3.2 Le Plan Epargne Retraite

Avec la réforme PACTE, le paysage de l'épargne retraite a été complètement chamboulé par l'apparition de trois nouveaux produits : le PER individuel, le PER Obligatoire et le PER d'entreprise Collectif. Le Premier permet à des individus de souscrire à titre individuel tandis que les 2 autres ont pour vocation d'être proposés aux salariés par les entreprises. (Direction de l'information légale et administrative, 2022)

Fonctionnement

Les plans fonctionnent sur le principe de la gestion piloté. L'idée est d'adapter l'investissement des sommes versées sur le plan au profil de risque de l'assuré. Lorsque l'assuré est loin de la retraite, l'épargne est allouée à des actifs ayant un risque plus important et donc ayant un rendement potentiel plus élevé. Et plus l'assuré s'approchera de la retraite moins l'allocation de son épargne deviendra

risquée. Ce mode de gestion n'est pour autant pas obligatoire, l'assuré peut choisir son propre profil de risque mais le mode de gestion par défaut à l'initiation du contrat est la gestion pilotée.

Pour les PER collectif et obligatoire, le plan doit au moins offrir un support d'investissement alternatif supplémentaire. Ce support permet d'investir dans des fonds solidaires.

Au moment de l'initiation du plan, l'entité gestionnaire doit fournir une information claire, précise et complète des caractéristiques, du mode de gestion et de la fiscalité du contrat. Et chaque année, l'assuré doit être informé sur l'évolution de son épargne, du montant des frais, des conditions de transfert et de la performance des investissements. Pour le PER obligatoire, les salariés doivent être informés du caractère obligatoire de l'adhésion.

Quel que soit le plan, les versements sont compartimentés en trois blocs :

- L'épargne volontaire : elle contient les sommes issues des versements volontaires.
- L'épargne salariale : elle contient les sommes perçues dans le cadre de l'entreprise par exemple l'intéressement, la participation, abondement et droits inscrits sur un compte épargne temps (CET).
- L'épargne obligatoire : elle contient les cotisations obligatoires versées par le salarié et l'employeur.

Les sommes versées issues des abondements sont limitées à trois fois le montant que le salarié a versés pendant l'année et à 6 582€.

Sorties anticipées

Lors du départ à la retraite les droits acquis peuvent être liquidés sous forme de rente, de capital ou partiellement en capital et en rente.

Normalement bloquée jusqu'au départ à la retraite, l'assuré peut retirer son épargne et sortir du plan de manière anticipée dans les cas suivant :

- Invalidité du titulaire, de ses enfants, de son époux ou épouse ou de son partenaire de Pacs ;
- Décès de l'époux ou de l'épouse ou du partenaire de Pacs ;
- Expiration des droits aux allocations de chômage ;
- Surendettement ;
- Cessation d'activité non salarié à la suite d'un jugement de liquidation judiciaire ;
- Acquisition de résidence principale (sauf les sommes issues des versements obligatoires).

Mode de liquidation

Lors du départ à la retraite les droits acquis peuvent être liquidés sous forme de rente, de capital ou partiellement en capital et en rente. A l'exception des sommes issues des versements obligatoires qui sont automatiquement liquidés sous forme de rente viagère.

Fiscalité

Ces PER peuvent avoir des phases de constitution différentes. Toutefois, la réforme a pour volonté d'harmoniser leur fonctionnement et leur fiscalité sous un système de règles communes. Avec la réforme, les règles de fiscalité dépendent de l'origine des versements qui alimentent le plan.

À chacun des trois compartiments est donnée une fiscalité particulière.

Epargne volontaire

Deux choix sont possibles sur les sommes venant de l'épargne volontaire. Les sommes peuvent être déductibles ou non du revenu imposable.

Dans le premier cas, les versements viennent diminuer le revenu imposable de l'individu. La déduction pour les travailleurs salariés est limitée à :

$$\max(\min(10\% \text{ revenus professionnels net}_{n-1} ; 8 \text{ PASS}_{n-1}) ; 10\% \text{ PASS}_{n-1})$$

et pour les travailleurs non-salariés à :

$$\max(\min(10\% \text{ bénéfice imposable}_n ; 8 \text{ PASS}_{n-1}) \\ + 15\% \text{ bénéfice compris entre 1 PASS et 8 PASS} ; 10\% \text{ PASS}_{n-1})$$

Les sommes sont ensuite imposées à la sortie selon le choix entre la sortie en rente et la sortie en capital. La partie rente est soumise à l'impôt sur le revenu dans la catégorie pensions et rentes ce qui permet de bénéficier d'un abattement plafonné de 10% et soumise aux prélèvements sociaux de 17,2%. Pour la partie en capital, la part issue des versements est exonérée de prélèvements sociaux mais soumise à l'impôt sur le revenu, et la part des plus-values est soumise au Prélèvement Forfaitaire Unique (PFU) de 30%, soit 12,8% d'imposition et 17,2 % de prélèvements sociaux.

Dans le cas de versements non déductibles du revenu imposable, les revenus sont imposés normalement et la partie en rente est soumise à la même fiscalité. Néanmoins, pour la partie en capital, seulement la part issue des plus-values est imposée selon le PFU de 30%.

Epargne salariale

Pour le salarié, comme pour le PERCO, la participation et l'intéressement placés sur un PER sont exonérés d'impôt sur le revenu. L'abondement quant à lui est exonéré d'impôt sur le revenu s'il est inférieur à trois fois le montant des versements du salarié et de 16% du PASS. Toutefois, ces sommes sont soumises à la CSG (9,2%) et à la CRDS (0,5%).

Pour l'employeur, les sommes versées au titre de la participation, l'intéressement et l'abondement sont soumises au forfait social à un taux de 20%.

A la sortie, la partie en rente est soumise à l'impôt sur le revenu et aux prélèvements sociaux de 17,2%. Pour la partie en capital, seules les plus-values sont soumises aux prélèvements sociaux de 17,2%. Le reste est exonéré d'impôt sur le revenu et de prélèvements sociaux.

Epargne obligatoire

Pour le salarié, les cotisations obligatoires sont déductibles du revenu imposable dans la limite de 8% de la rémunération annuelle brute et de 8 PASS. Ces cotisations sont aussi soumises à la CSG (9,2%) et à la CRDS (0,5%).

Pour l'employeur, les cotisations obligatoires sont exonérées de charges sociales dans la limite de 5 PASS et de 5% de la rémunération du salarié. Elles sont, cependant, soumises au forfait social de 20%.

La sortie se fait obligatoirement sous forme de rente viagère. Cette rente est soumise à l'impôt sur le revenu après abattement de 10% et aux prélèvements sociaux de 10,1%.

La tableau 1.2 résume le fonctionnement fiscal du PER et le tableau 1.3 résume la comparaison entre les anciens produits de retraite et le PER.

Tableau 1.2 : Fiscalité du PER

	Versements volontaires	
	Déductibles	Non déductibles
A l'entrée	Versements déductibles à l'IR (dans la limite des plafonds existants PERP et Madelin)	Versements non déductibles
A la sortie en capital	Versements soumis à l'IR et exonération de PS Plus-values soumises au PFU	Versements exonérés d'IR et de PS Plus-values soumises au PFU + PS
A la sortie en rente	Versements et plus-value soumis à l'IR avec abattement de 10% et PS	Versements et plus-value soumis à l'IR avec abattement de 10% et PS
Déblocage anticipé pour l'achat de la résidence principale	Versements soumis à l'IR et exonérés de PS Plus-values soumises au PFU	Versements exonérés d'IR et de PS Plus-values soumises au PFU
Autres cas de déblocage anticipé	Seulement PS sur les plus-values	

	Epargne salariale	Versements obligatoires
	A l'entrée	Fiscalité inchangée par rapport aux anciens produits Salarié : exonération plafonnée Entreprise : forfait social
A la sortie en capital	Seulement PS sur les plus-values	Pas possible
A la sortie en rente	Versements et plus-values soumis à l'IR et aux PS	Versements et plus-values soumis à l'IR après abattement de 10% et au PS de 10,1%
Déblocage anticipé pour l'achat de la résidence principale	Seulement PS sur les plus-values	Pas possible
Autres cas de déblocage anticipé	Seulement PS sur les plus-values	Seulement PS sur les plus-values

Tableau 1.3 : Caractéristiques des contrats d'épargne retraite

	PER	PERP	MADÉLIN	PERE	PERCO
Déductibilité des versements volontaires	oui	oui	oui	oui	non
Taux technique	0%	0%	Libre	Libre	Pas de taux technique
Actifs éligibles	Tout l'univers de l'assurance vie	Tout l'univers de l'assurance vie	Tout l'univers de l'assurance vie	Tout l'univers de l'assurance vie	Uniquement FCPE et SICAV
Portabilité	Totale	Limitée	Limitée	Limitée	Uniquement vers un autre PERCO
Sortie anticipée en cas d'accident de la vie	oui	oui	oui	oui	oui
Sortie anticipée pour achat de la résidence principale (sommes issues des VV et épargne salariale)	oui	non	non	non	oui
Sortie à la retraite (VV et épargne salariale)	Rente ou capital	rente (20% capital max)	rente	rente	Rente ou capital

1.3.3 La mise en place d'un cantonnement

Au-delà de l'apparition de nouveaux produits de retraite, la loi PACTE veut mettre en place chez les assureurs un cantonnement obligatoire des produits de retraite sous forme d'une comptabilité auxiliaire d'affectation. La figure 1.2 ci-dessous illustre cette mesure comptable.

Cette mesure technique a pour objectif de protéger l'épargne retraite en imposant des limitations comptables pour les assureurs. Simplement, les actifs en représentation des passifs d'épargne retraite sont séparés du reste de l'actif du bilan de l'assurance. De cette manière, les épargnants sont protégés de la défaillance du prestataire et permet une affectation plus juste de la participation aux bénéfices.

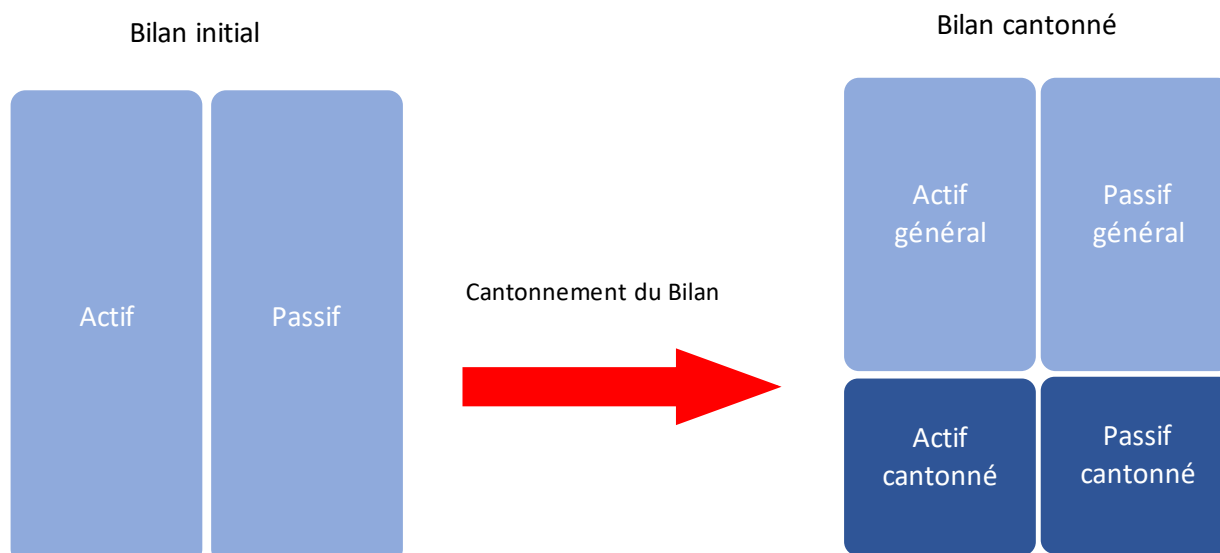


Figure 1.2 : Illustration du cantonnement du Bilan

Typiquement, les produits financiers issus des actifs en représentation des passifs de retraite ne pourront être servis qu'aux assurés de ce canton de retraite. De la même manière, les mauvaises performances du reste de l'actif ne pourront pas être compensées par les produits financiers du canton de retraite. Ainsi le canton de retraite se retrouve indépendant du reste du bilan.

Comme décrit précédemment ce cantonnement permet de protéger les épargnants contre le défaut de la compagnie. Dans une situation de faillite de l'assureur, sans cantonnement, les assurés retraite suivront la compagnie dans sa chute. Ainsi, les assurés retraite sont par nature exposés au risque de défaut de la compagnie d'assurance vie : on peut dire que les risques observés sur les passifs des contrats en euro « contaminent » les contrats d'épargne retraite.

La création d'une comptabilité auxiliaire d'affectation qui se traduit par un cantonnement des contrats de retraite, permet de poser une frontière protégeant les contrats de retraite contre le risque de défaut de la compagnie. En cas de défaillance de celle-ci, la partie cantonnée du bilan continue de fonctionner comme une compagnie distincte de celle qui fait défaut : les adhérents à ces contrats de retraite auront un droit prioritaire sur les actifs en représentation de leur contrat.

La création d'une telle mesure engendre un choix de l'assureur quant aux actifs qui iront dans le canton de retraite et ceux qui resteront dans la partie générale du bilan. De cette manière, l'assureur pourra adapter la répartition des actifs selon des critères de gestion comme par exemple faire correspondre les durations d'actif et de passif.

Les contrats d'épargne retraite éligibles au cantonnement

Les articles L 142-4 et L 142-7 du Code des Assurances nous apportent les modalités de la mise en place de ce cantonnement.

Ces deux articles nous permettent de connaître les contrats d'épargne retraite concernés par ce cantonnement.

Les contrats éligibles au cantonnement sont les suivants :

- « Les engagements mentionnés à l'article L. 142-1. » Article L 142-4 du Code des Assurances. Ce sont les nouveaux contrats PER apportés par la réforme PACTE.
- « Les contrats mentionnés aux 1°, 2°, 5° et 7° de l'Article L. 224-40 du Code monétaire et financier » Article L 142-7 du Code des Assurances
 - 1 – Ce sont les contrats mentionnés à l'Article L. 144-1 du Code des Assurances ayant pour objet l'acquisition et la jouissance de droits viagers personnels (Madelin)
 - 2 - Plan d'épargne retraite populaire mentionné à l'Article L. 144-2 du Code des Assurances (PERP)
 - 5 - Les contrats souscrits dans le cadre des régimes gérés par l'Union mutualiste retraite
 - 7 - Un contrat souscrit dans le cadre d'un régime de retraite supplémentaire mentionné au 2° de l'Article 83 du code général des impôts, lorsque le salarié n'est plus tenu d'y adhérer.
- « Ceux mentionnés aux l'Article L. 137-11 et L. 137-11-2 du Code de la Sécurité Sociale et ceux mentionnés au 3° de l'article 998 du code général des impôts » Article L 142-7 du Code des Assurances. Ce sont les régimes de retraite à prestations définies et les indemnités de fin de carrière (IFC).
- « Les contrats à cotisations définies visant à la constitution d'une prestation versée en rente viagère et correspondant à des avantages mentionnés à l'article 82 du code général des impôts. » Article L 142-7 du Code des Assurances. Cela comprend les contrats de type article 83, 39 et 82.

Les contrats suivants ne sont pas concernés par ce cantonnement :

- « Les engagements mentionnés à l'article L 441-1 » Article 142-4 du Code des Assurances.
- « Les engagements relevant de la convention d'assurance de groupe dénommée « complémentaire retraite des hospitaliers » mentionnée à l'Article L 132-23. » Article L 142-4 du Code des Assurances
- « Les engagements portés par un fonds de retraite professionnelle supplémentaire relevant de l'Article L 381-1 » Article 142-4 du Code des Assurances.

En résumé, l'ensemble des contrats présentés précédemment sont éligibles au cantonnement. Les contrats Madelin, PERP, Article 83, Article 82 et Article 39 peuvent être transférés en partie ou en totalité vers la comptabilité auxiliaire d'affectation avant le 1^{er} janvier 2023. Les nouveaux contrats PER sont, eux, obligatoirement établis dans la comptabilité auxiliaire. Les restes des contrats d'épargne retraite ne sont pas concernés.

Les règles réglementaires à respecter pour l'attribution des richesses

Les deux articles nous donnent aussi de quoi définir les lignes directrices réglementaires à suivre afin de réaliser les transferts vers le canton.

Le point central du découpage est la « juste répartition » des richesses du bilan entre le canton et la partie générale. En d'autres termes, la mise en place du transfert des anciens contrats d'épargne

retraite vers les nouveaux PER ne doit en aucun cas porter préjudice aux assurés retraite. Dans le cas contraire, l'ACPR n'approuverait pas ce transfert.

Pour faire cette juste répartition, les articles nous donnent les critères à respecter.

« Les actifs transférés permettent d'assurer une juste répartition des placements appréciés en valeur de réalisation, de la participation aux bénéfices distribuable et de la réserve de capitalisation au regard de la valorisation des engagements selon la méthode mentionnée au 2° de l'article L. 351-1 » article L 142-7 du Code des Assurances.

Trois éléments sont à transférer avec précaution :

- Les placements en valeur de réalisation : la répartition des plus/moins-values latentes.
- La participation aux bénéfices distribuable : la répartition du stock de participation aux excédents (PPE).
- La réserve de capitalisation : la répartition de la RC.

Ces trois éléments doivent être transférés « au regard de la valorisation des engagements selon la méthode mentionnée au 2° de l'article L. 351-1 ». L'article L. 351-1 fait lui référence au règlement délégué (UE) n°2015/35 décrivant les méthodes et les hypothèses à retenir lors de la valorisation des actifs et des passifs prudentiels.

C'est donc au regard d'une valorisation selon Solvabilité 2 qu'il faut effectuer le transfert. L'interprétation de cette partie que nous avons faite est la suivante : les engagements étant représentés par le *Best Estimate* sous Solvabilité 2, nous découperons les éléments décrits ci-dessus au prorata du *Best Estimate* retraite par rapport à l'ensemble du passif en valeur marché. Pour obtenir la quantité de placements, de PPE et de RC à cantonner, il suffira d'appliquer le prorata suivant :

$$\text{Prorata} = \frac{\text{BE contrats retraite}}{\text{Valeur de marché de l'actif}} = \frac{\text{BE contrats retraite}}{\text{BE} + \text{FP actualisés}}$$

Simplement nous transférons dans le canton de retraite les quantités correspondants aux engagements de retraite dans une vision *Best Estimate*. Nous aurions aussi aimé prendre en compte dans le prorata la contribution des contrats de retraite aux fonds propres actualisés afin de considérer l'ensemble des flux entraînés par les contrats de retraite. Cependant, le format de notre modèle ALM ne nous permet pas d'extraire cette valeur. Nous décidons alors de garder le prorata comme le rapport entre le BE des contrats de retraite et le passif prudentiel.

De cette manière, nous respecterons la disposition de « juste répartition » des articles L 142-4 et L 142-7 du Code des Assurances.

Nous notons cependant qu'une interprétation de la répartition sous le prisme Solvabilité 2 pour la PPE et la réserve capitalisation semble en opposition avec leur propre définition. Ce sont en effet des éléments purement statutaires qui n'ont pas véritablement de sens économique. C'est pourquoi une autre approche aurait pu être de réaliser la répartition de la PPE et de la réserve de capitalisation en proportion de la provision mathématique transféré dans le canton de retraite. Dans la suite, nous mettrons en place une sensibilité de nos résultats sur le choix de la répartition de la PPE et de la RC sous le prisme statutaire et Solvabilité 2.

Un autre point important énoncé par les articles est la prise en compte des différences d'horizon entre les engagements transférés dans le canton et ceux restant dans la partie générale du bilan.

« Lorsque l'horizon des engagements transférés permet un investissement de plus longue échéance que celui du portefeuille qui n'est pas transféré, l'Autorité veille toutefois à ce que les montants transférés des plus-values latentes, de la participation aux bénéfices distribuables et de la réserve de capitalisation reflète la différence entre l'horizon d'investissement du portefeuille transféré et de celui qui ne l'est pas. » article L 142-7 du Code des Assurances.

Ce paragraphe semble laisser une marge de manœuvre pour ajuster le transfert des richesses latentes du portefeuille au bénéfice du portefeuille retraite. Pour prendre en compte cette disposition, nous nous proposons de mesurer l'écart de durée entre les contrats transférés dans le canton et ceux restant dans la partie générale. A l'issue de ce calcul, nous proposerons des modalités d'affectation des richesses visant à corriger ce biais. De cette manière, notre découpage reflètera la différence d'investissement entre le canton et la partie générale du bilan.

Les lignes directrices du cantonnement

Nous retenons trois lignes directrices que le cantonnement devra respecter. Les deux premières sont réglementaires, données par le Code de Assurance par les articles L 142-4 et L 142-7. C'est celles que nous avons exposées dans la partie précédente.

Tout d'abord, la « juste distribution » des richesses du bilan par la répartition des plus-values latentes, de la PPE et de la réserve de capitalisation au regard de la valorisation des engagements de retraite sous un prisme Solvabilité 2.

Ensuite, la prise en compte des écarts de durée observés des différents engagements. Simplement, le cantonnement doit refléter ces écarts de durée au sein de chacun des cantons retraite et assurance vie.

Enfin, la dernière n'est pas rigoureusement réglementaire, c'est une volonté de la réforme PACTE. Son objectif est de réallouer l'épargne des français vers des investissements d'horizon plus long. En rendant l'épargne retraite plus attractive que le reste des produits d'épargne, nous assisterons à une augmentation des horizons d'investissement.

Pour résumer, voici les trois lignes directrices :

- Faire une juste répartition des richesses du bilan ;
- Prendre en compte les écarts de durée des différents engagements ;
- Rendre les produits d'épargne retraite plus attractif que le reste des produits d'épargne .

L'objectif du mémoire sera de mettre en place le cantonnement des engagements de retraite en s'assurant de respecter ces 3 lignes directrices ainsi que de mesurer les impacts d'une telle mesure.

1.4 Le cadre réglementaire de Solvabilité II

Cette partie est dédiée à la présentation du cadre Solvabilité 2 dans lequel nous nous placerons dans notre étude. Comme notre première ligne directrice nous demande d'étudier les engagements sous le prisme de Solvabilité 2, nous avons décidé de nous placer dans ce cadre plutôt que dans le cadre FRPS ou IFRS 17.

En vigueur depuis le 1^{er} janvier 2016, la directive s'inscrit dans le contexte de la régulation du monde financier Bâle II. Son objectif est de mettre en place de nouvelles exigences de capital de solvabilité pour les assureurs à travers de nouvelles méthodes d'évaluation du bilan économique. Cette directive s'articule en trois piliers : les exigences quantitatives, les exigences qualitatives et le *reporting*.

1.4.1 Pilier 1 : les exigences quantitatives

Ce premier pilier décrit les méthodes de valorisation des éléments constituant le bilan économique ainsi que les exigences en termes de capital. Sous Solvabilité II, le bilan n'est plus vu en valeur comptable comme sous Solvabilité I. Les actifs sont en valeur de marché et les passifs sont évalués sous une vision Best Estimate que nous allons présenter.

Les provisions techniques

Sous Solvabilité I, les provisions techniques sont valorisées selon le principe de prudence dans le cadre donné par les normes de comptabilité françaises. Sous Solvabilité II, les provisions sont une estimation moyenne des engagements sans marge de prudence. Deux provisions techniques sont à distinguer : la marge pour risque et le *Best Estimate*.

Le Best Estimate (BE) : est égale à la valeur économique des passifs sans marge de prudence. Il se calcule comme la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs sortant nets des flux entrants, estimés à partir de la courbe des taux sans risque. En pratique, l'assureur vie le calcule de manière stochastique à l'aide d'un outil de gestion actif passif. Cet outil permet de valoriser les options et les garanties proposées par l'assureur.

La marge pour risque (RM) : correspond au coût associé aux risques non couvrables entraînant un aléa sur le *Best Estimate*. Elle peut être vue comme la marge rendant les provisions techniques équivalentes au montant que demandait une entité tierce pour reprendre et servir les engagements d'assurance et de réassurance existant. Dans la formule standard, cette marge est calculée à partir du coût du capital dû aux exigences de capital de solvabilité.

Les fonds propres économiques (FP)

Dans le cadre Solvabilité II, les fonds propres économiques, aussi appelés *Net Asset Value (NAV)*, correspond à la richesse réelle de la compagnie. Ils se calculent comme la différence entre l'actif en valeur de marché et les provisions techniques. A l'intérieur de ces FP, la réforme prévoit deux exigences en capital : le MCR et le SCR. Ce sont des niveaux de fonds propres de référence définis de la manière suivante :

- Le capital Minimum Requis (MCR) est le niveau minimum de fonds propres que doit détenir l'assureur pour exercer son activité. Sous ce niveau, l'assureur n'aura plus la capacité de respecter ses engagements.
- Le capital de Solvabilité Requis (SCR) est le niveau de fonds propres que l'assureur doit détenir pour faire face à une ruine à horizon un an avec une probabilité de 99,5%.

Le ratio de solvabilité d'une compagnie d'assurance se détermine comme le rapport entre les fonds propres économiques et le SCR. De manière mathématique,

$$\text{Ratio de Solvabilité}_t = \frac{FP_t}{SCR_t}$$

Le montant de fonds propres dépassant le SCR est appelé surplus. C'est simplement la différence entre les fonds propres économiques et le SCR.

Le bilan économique Solvabilité II

Nous pouvons résumer l'ensemble des éléments décrit précédemment dans la figure 1.3 du bilan économique qui suit.

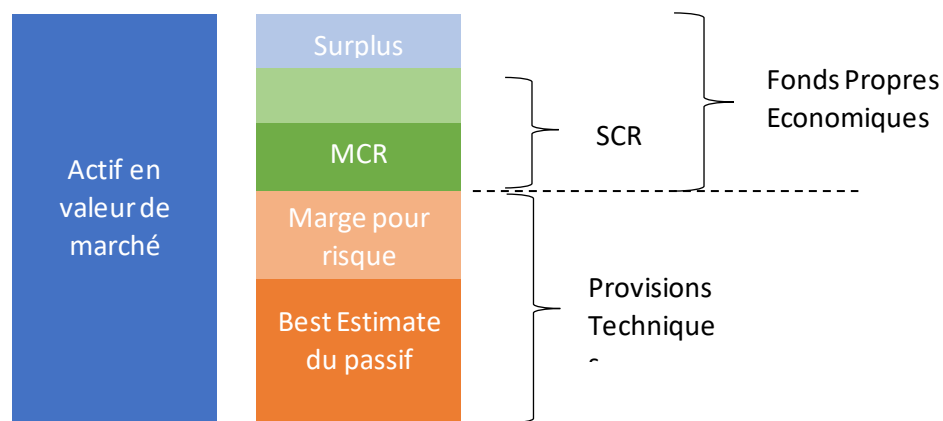


Figure 1.3 : Bilan économique simplifié sous Solvabilité II

Mise en place du Bilan économique

Tout d'abord, explicitons la méthode de calcul du *Best Estimate*. Comme nous l'avons défini le *Best Estimate* est valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs sortant nets des flux entrants à partir de la courbe des taux sans risque. En termes mathématiques ceci donne,

$$BE_t = \sum_{u=t}^{Date\ fin} \mathbb{E}^Q \left[\prod_{s \leq u} \left(\frac{1}{1+r_s} \right) \times F_u \right]$$

Avec :

- F_u la somme des flux de trésorerie à la date u ;
- r_s le taux sans risque à la date s ;
- Q la probabilité risque-neutre.

Nous verrons par la suite comment est calculé le BE en pratique avec l'outil ALM (Asset & Liability Management) que nous avons développé et que nous présenterons dans la partie suivante.

La marge pour risque correspond au coût d'immobilisation du capital réglementaire associé aux flux de trésorerie non couvrables du *Best Estimate*. Son calcul est donné par le Règlement Délégué et s'écrit,

$$RM_t = CoC \times \sum_{u \geq t} \frac{SCR_{RU_u}}{(1+r_{u+1})^{u+1}}$$

Avec CoC le taux du coût en capital et SCR_{RU_u} le SCR excluant le risque de marché à la date u .

Nous pouvons voir que cette formule fait intervenir le SCR à chaque pas de la projection et ainsi son évaluation sur plusieurs années. L'évaluation de la Risk Margin repose sur l'évaluation du SCR initial ainsi que son écoulement sur la durée de projection. Par simplification, nous avons adopté une approche très simplificatrice (RM évaluée par l'application d'un taux forfaitaire de 1,15% sur le BE). La proportion 1,15% a été choisie par observation d'un client. Cela est une limite de notre étude qui s'est davantage focalisée sur les sujets afférents au Best Estimate. Nous déduisons la valeur des fonds propres économiques par,

$$FP_t = \text{Actif en valeur de marché}_t - BE_t - RM_t.$$

En pratique, les assureurs sont amenés à réaliser ce modèle de calcul sur l'ensemble de s années de projection ainsi que sur un grand nombre de scénarios économiques. Pour ce faire, les assureurs se servent de générateurs de scénarios économiques et d'un outil ALM permettant de modéliser l'interaction entre l'actif et le passif. C'est avec cet outil que nous pouvons simuler les flux de trésorerie futurs et ainsi déterminer le BE.

Calcul du SCR sous Solvabilité 2

Pour rappel, le SCR est le montant de capital requis pour faire face à un événement extrême dans l'année ne produisant qu'une fois tous les 200 ans. Sans ce montant, cet événement entrainerait la ruine de l'assureur c'est-à-dire des fonds propres négatifs ou en d'autres termes une valeur de marché de l'actif inférieure au BE. Mathématiquement, ce SCR respecte,

$$SCR = FP_0 - q_{0,5\%}(D(1) \times FP_1).$$

Avec $D(1)$ le facteur d'actualisation et $q_{0,5\%}(D(1) \times FP_1)$ le quantile de niveau 0,5% de la distribution des fonds propres à horizon un an.

Deux types d'approche existent pour mesurer ce SCR. La première est la formule standard. Cette méthode réglementaire, proposée par le régulateur, se veut être commune pour tous les acteurs et ne pas permettre de refléter les risques propres à chaque compagnie. La seconde est l'approche par modèle interne. Elle consiste à déterminer la distribution des fonds propres à horizon un an afin d'ensuite obtenir le quantile recherché.

1.4.2 Pilier 2 : les exigences qualitatives

Dans ce deuxième pilier, la directive Solvabilité II dispose les exigences qualitatives. Le but est de donner de nouvelles clés aux assureurs afin de la renforcer la gouvernance et la gestion de risque.

Pour la gestion de risque, les articles 44, 46 et 48 de la directive Solvabilité II instaurent quatre fonctions clés : l'audit interne, la fonction de conformité, la fonction de gestion des risques et la fonction actuarielle. Ces fonctions permettent aux assureurs d'adapter leur gouvernance aux nouvelles règles prudentielles.

Associé à ces quatre fonctions, la directive exige un processus d'évaluation interne des risques et de la solvabilité, appelé ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*).

De manière annuelle, l'assureur doit répondre aux trois éléments suivants :

- Le besoin global de solvabilité : identifier les particularités du profil du risque de la compagnie.
- Le respect permanent des exigences de capital : évaluer la faculté de la compagnie à respecter ses exigences de capital dans le temps.
- La déviation du profit de risque : mettre en adéquation les hypothèses du calcul du SCR avec le profil de risque de la compagnie.

L'assureur met alors en place un certain nombre de dispositifs et de processus pour identifier, valoriser et *manager* les risques dans le temps afin de respecter continuellement les exigences quantitatives de capital. Ainsi, l'ORSA se place dans un cadre prospectif et pluriannuelle. L'horizon de temps se détermine au regard du profil de risque de la compagnie, généralement des horizons de 3 à 5 ans.

1.4.3 Pilier 3 : le reporting

Le troisième pilier encadre à la fois les *reportings* publics et réglementaires. Ces *reportings* assurent une transparence chez les assureurs.

Deux types de rapports qualitatifs sont à produire :

- Le SFCR (*Solvency and Financial Condition Report*) est un rapport annuelle public.
- Le RSR (*Regular Supervisory Report*) est un rapport au minimum trimestriel et privé entre la compagnie et le régulateur. Nous y retrouvons l'ensemble des éléments nécessaires à la supervision de la compagnie.

Le SFCR se veut être clair et compréhensible pour un public ne connaissant pas les aspects techniques de Solvabilité II. C'est pourquoi, le niveau de détail demandé dans le SFCR est moins important que dans le RSR. Pour faciliter la comparaison des compagnies à travers ces rapports, leur structure est généralement divisée en 5 parties :

1. *Business, External Environment and Performance*
2. *Governance and Remuneration policy*
3. *Risk Profile*
4. *Valuation for Solvency Purposes*
5. *Capital Management*

Ces rapports permettent aux acteurs extérieurs comme les assurés ou le régulateur d'avoir accès à une information régulière et transparente sur la gestion des risques des assureurs.

Les informations quantitatives sont regroupées dans les QRT (*Quantitative Reporting Templates*). Chacun des QRT apportent des informations spécifiques sur les exigences réglementaires associés à Solvabilité II. Nous pouvons par exemple retrouver dans le QRT bilan l'ensemble des actifs et passifs hors fonds propres. Plus de 60 QRT annuels peuvent être demandé pour décrire l'ensemble des informations quantitatives.

Chapitre 2 : L'outil ALM

En assurance vie, plusieurs types d'options et de garanties contractuelles se voient proposés par les assureurs. Afin de contrôler les impacts sur le bilan et la santé financière de la compagnie, les assureurs mettent en place des outils de Gestion Actif-Passif (GAP) aussi appelés outils ALM (*Asset and Liability Management*). Les contrats que nous considérerons dans notre étude ont les caractéristiques suivantes :

- Ce sont des contrats d'assurance vie et de retraite comportant une partie euro et une partie UC. Une implémentation importante sera alors à réaliser dans l'outil ALM qui ne permet pas initialement de modéliser des supports en unités de compte (UC) ;
- Une garantie de taux (TMG) peut être proposée. La revalorisation annuelle de l'encours sera à minima égale à ce taux. Une durée de validité peut être attachée à ce TMG mais nous supposons que cette garantie de TMG sera effective tout au long de la vie du contrat, c'est-à-dire jusqu'à son rachat ou jusqu'au décès de l'assuré ;
- Pour les contrats d'assurance vie, les options de rachat partiel ou complet sont possibles mais une pénalité sur ce rachat est implémentée. Cette pénalité prend la forme d'un taux et permet de limiter les rachats et financer les coûts opérationnels des prestations de rachat. De manière similaire, pour les contrats de retraite, les sorties anticipées et les transferts vers d'autres plans d'épargne retraite sont possibles. Toutefois, le taux de pénalité dépendra du type de contrat de retraite. Les PER n'auront par exemple pas de pénalité ;
- Une garantie de PB contractuelle peut être renseignée. En proposant un taux de PB contractuel supérieur au taux réglementaire, l'assureur peut rendre le contrat plus attractif.
- L'encours peut être revalorisé à travers le versement de primes par l'assuré. Un chargement d'acquisition sera alors appliqué sur ces versements ;
- Un chargement sur encours annuel sera prélevé.

Utilisant un jeu de scénarios économiques simulé à l'aide d'un générateur de scénarios économiques (GSE) et modélisant les interactions entre l'actif et le passif, l'outil ALM permet aux assureurs de valoriser les options et les garanties de leurs contrats. Comprendre ces interactions actif-passif est primordial pour la mise en place d'un cantonnement.

Afin de bien comprendre les mécanismes qui sont en jeu, nous allons présenter le modèle ALM dans ce chapitre. C'est de cette manière que nous pourrons par la suite identifier d'où pourront provenir les écarts et les impacts de la mise en place du cantonnement. En présentant la modélisation retenue, cela nous permettra aussi d'expliquer les raisons des hypothèses qui ont été prises. Ce chapitre est aussi important car il nous permet de mettre en avant la grande quantité d'implémentations qui ont été fait durant l'étude :

- Adaptation des sorties GSE ;
- Contrôles de la martingalité et de *market consistency* du GSE ;
- Modélisation d'une partie UC dans les produits d'épargne et de retraite ;
- Modélisation des produits de retraite (Madelin, Article 83 et PER individuel et collectif) ;
- Tests de *leakage*/fuite au TRA et TSR.

2.1 Le mécanisme du modèle ALM

Cette partie va nous permettre de présenter le mécanisme de l'outil ALM. Partant d'une situation initiale d'une compagnie, notre outil nous permet de projeter le bilan en valeur de marché sur un horizon de temps choisi. Cela doit passer par la projection des facteurs de risque, le choix d'hypothèses techniques et la modélisation des garanties et options proposées dans les *Model Point* (MP) en portefeuille. En sortie du modèle nous retrouvons dans bilan en valeur de marché le *Best Estimate* ainsi que les fonds propres actualisés. Dans un premier temps, nous présenterons la méthode de calcul du *Best Estimate*. Puis dans un second temps, nous décrivons le fonctionnement de l'outil au cours d'une année de projection. Cela permettra d'avoir une vision globale de l'outil avant d'entrer précisément dans la description de la modélisation de chacun des éléments qui le composent.

2.1.1 Calcul du *Best Estimate* par Monte Carlo

Pour rappel, le BE se calcule comme la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs nets de primes. Dans notre modèle ALM, nous dénombrons trois types de flux sortants :

Les prestations : Elles sont divisées en deux parties. D'un côté, les versements de rachats pour les contrats d'épargne vie et de sorties anticipées ou de sorties à la retraite des contrats d'épargne retraite. De l'autre, les versements de capitaux en cas de décès de l'assuré. Ces prestations sont dépendantes des garanties de chaque contrat. Ainsi, elles seront modifiées selon la revalorisation annuelle de l'encours qui résulte du TMG, du taux de PB contractuelle, etc.

Les taxes : Dans notre modèle, elles sont essentiellement modélisées par les prélèvements sociaux.

Les frais : Ils sont composés des frais des placements financiers, de gestion, d'administration et d'acquisition des primes.

Les flux de trésorerie entrant seront exclusivement composés des primes.

Ces flux futurs sont simulés grâce à l'outil ALM qui, à l'aide d'un jeu de scénarios économiques, projette l'actif, le passif et leurs interactions sur une période de temps donnée. En supposant que le jeu de scénarios est de taille nb_sim et que l'outil projette le bilan sur $DateFin$ années, le BE s'obtient par,

$$BE = \frac{1}{nb_{sim}} \sum_{i=1}^{nb_{sim}} \sum_{n=1}^{DateFin} D_n^i \cdot F_n^i = \frac{1}{nb_{sim}} \sum_{i=1}^{nb_{sim}} BE^i$$

Où D_n^i est le facteur d'actualisation en $t = 0$ intervenant à l'année n du scénario i , F_n^i est la somme des flux de trésorerie en année n dans le scénario i et BE^i est le *Best Estimate* du scénario i . En réalité, BE^i n'est pas véritablement un BE, c'est en quelque sorte le BE déterministe du scénario i et la moyenne des BE^i est le BE. Nous appellerons dans la suite les BE^i le BE par scénario et leur moyenne le BE.

À la suite d'une étude de convergence, nous choisirons dans ce mémoire d'utiliser 1000 scénarios économiques et une projection sur 40 ans du modèle ALM pour bien prendre en compte les engagements de retraite.

La figure 2.1 illustre la modélisation du calcul du BE.

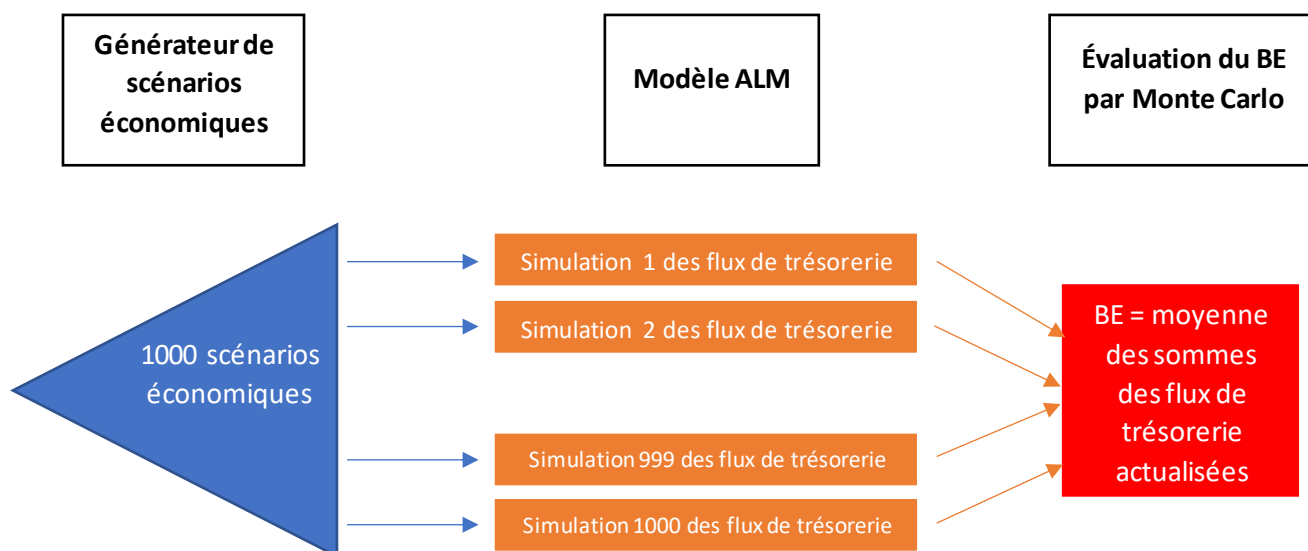


Figure 2.1 : Illustration du calcul du BE par Monte Carlo

2.1.1 Fonctionnement d'une année dans l'outil

Dans notre outil, l'occurrence des étapes sont étalées sur deux périodes : le début et la fin d'année. La figure 2.2 résume les différentes étapes de l'outil.

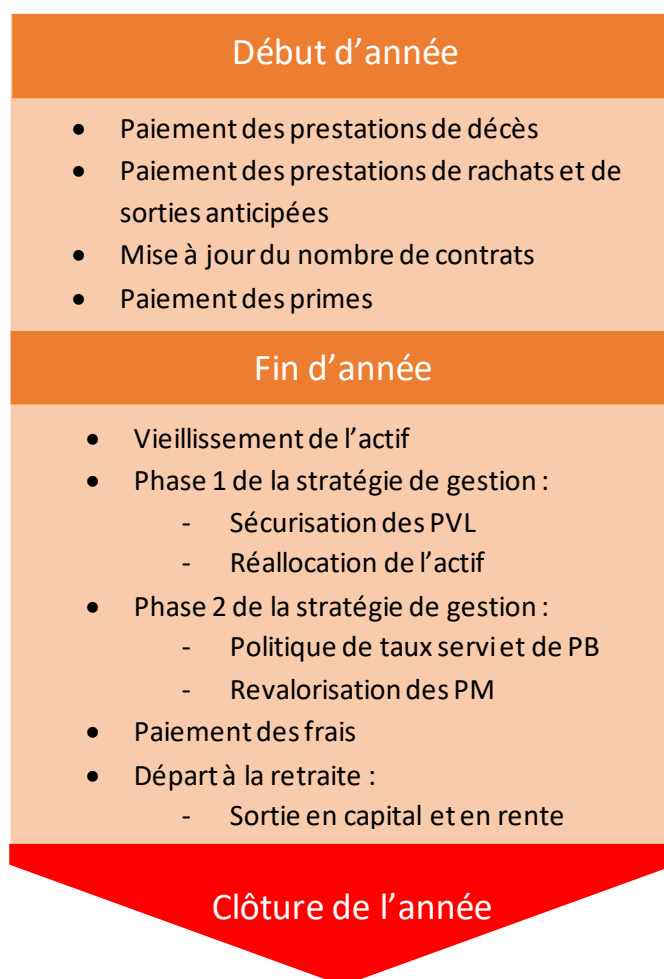


Figure 2.2 : Schéma des étapes du modèle ALM

2.2 Générateur de scénarios économiques

Cette partie est dédiée au choix du générateur de scénarios économiques et à la description de son fonctionnement.

L'approche par Monte Carlo, décrite dans la partie précédente, nous demande de projeter les flux de trésorerie futurs de l'assureur un grand nombre de fois à l'aide d'un jeu de scénarios économiques afin d'obtenir la convergence de la moyenne empirique vers l'espérance. Pour parvenir à ce résultat, nous avons besoin d'un générateur de scénarios économiques.

2.2.1 Choix du générateur de scénarios économiques

Définition du GSE

Un générateur de scénarios économiques (GSE) est un outil de projection des facteurs de risques économiques. Ces facteurs peuvent être par exemple les taux d'intérêt, les rendements des actions ou de l'immobilier. Cet outil prendra en entrée des grandeurs reflétant la situation de marché à un instant donné.

Deux structures de GSE sont possibles : le modèle composite et le modèle intégré.

Les modèles composites proposent de décrire chaque classe d'actifs puis de les agréger pour obtenir un aperçu global de l'actif. Chaque actif est alors modélisé suivant sa propre dynamique et diffusé indépendamment des autres. L'actif global est ensuite reconstitué en utilisant des corrélations entre les classes d'actifs.

Les modèles intégrés décrivent plusieurs classes d'actifs à partir d'une variable de référence, par exemple l'inflation. De cette manière, la cohérence globale est mieux assurée car elle n'est plus seulement assurée par des corrélations. La figure 2.3 illustre le fonctionnement d'une structure intégrée.

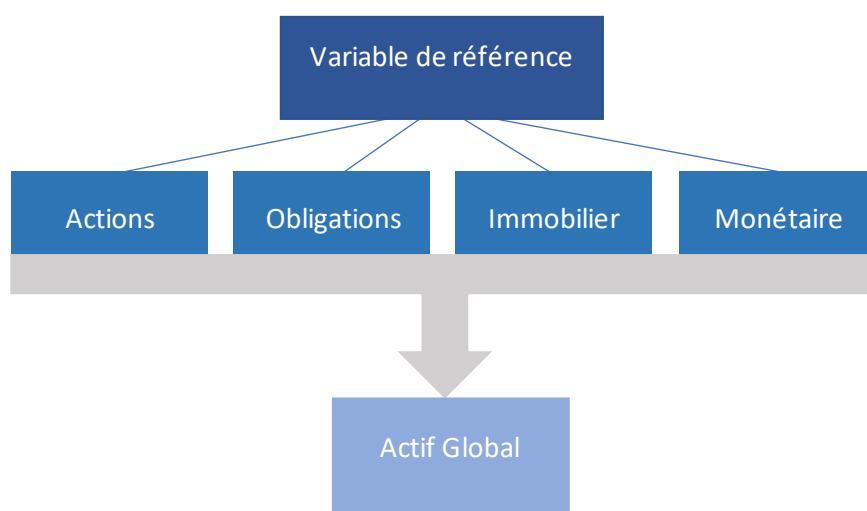


Figure 2.3 : Structure générale d'un modèle intégré

Dans le cadre de notre mémoire, nous retiendrons la structure composite faisant seulement intervenir les corrélations entre classes d'actifs. C'est la pratique que nous pouvons observer sur le marché.

Quelles sont les propriétés souhaitées pour notre modèle de taux ?

Dans l'environnement Solvabilité II, la valorisation du bilan économique doit se faire sous l'univers risque-neutre. Un modèle de taux risque neutre idéal serait un modèle capable de répliquer le prix de n'importe quel instrument financier sur le marché. Toutefois, les contraintes sur le nombre de paramètres empêchent une réplication parfaite de l'ensemble des prix. Ces contraintes permettent de réduire le temps de calcul et le risque de modèle. Il convient donc de cibler d'autres propriétés pour choisir le modèle.

Le recours à un modèle ne supposant pas d'opportunité d'arbitrage fait partie des exigences de l'article 22 du Règlement Délégués sur les modèles de projections. Le modèle devra pouvoir reproduire la structure par terme des taux initiaux. Ce sont les modèles avec Absence d'Opportunité d'Arbitrage (AOA).

Une autre propriété souhaitable est la possibilité de générer des taux négatifs. Nous sommes aujourd'hui dans un contexte de taux historiquement bas et négatif. Il convient donc que le modèle choisi puisse générer des scénarios reflétant cet environnement.

D'autres critères peuvent être pris en compte comme l'explosivité des taux lors des projections ou encore le temps de calcul du calibrage.

Modèle de taux retenu

Nous retenons les deux modèles suivants : le modèle de Hull & White et le modèle gaussien à deux facteurs G2++. Ces deux modèles génèrent des taux négatifs, respectent l'AOA et ne nécessitent pas de schéma de discrétisation.

Nous notons que le modèle LMM+ est aussi une solution largement utilisé sur le marché. Cependant, n'étant pas implémenté dans nos outils et étant relativement complexe à implémenter, nous avons décidé d'écarter cette solution.

Equivalent d'Hull & White à deux facteurs, le modèle G2++ procure des formules d'implémentation plus simple. Il permet, de plus, de prendre en compte la corrélation entre les taux de maturités différentes. Enfin, il procure une qualité de réplication supérieure à Hull & White.

Pour toutes ces raisons, nous retiendrons le modèle G2++ pour générer nos taux.

Modèle action et immobilier retenu

Pour modéliser les rendements actions et immobilier, nous utiliserons le modèle de *Black-Scholes*, étant un standard de marché. Cependant, il conviendra d'utiliser une volatilité moins importante pour le modèle immobilier.

2.2.2 Le modèle gaussien à deux facteurs G2++

Dynamique du modèle (BRIGO & MERCURIO, 2001)

Le modèle suppose que, sous la probabilité risque neutre, le taux court r suit la dynamique,

$$r(t) = x(t) + y(t) + \varphi(t), \quad r(0) = r_0, \quad (1)$$

Avec x et y des processus respectant les équations différentielles,

$$\begin{aligned} dx(t) &= -ax(t)dt + \sigma dW_1(t), & x(0) &= 0, \\ dy(t) &= -bx(t)dt + \eta dW_2(t), & y(0) &= 0, \end{aligned}$$

Où W_1 et W_2 sont des mouvements Brownien corrélés par ρ .

Les paramètres a, b, σ, η et ρ sont, eux, déterminés par le calibrage du modèle.

φ est une fonction déterministe vérifiant $\varphi(0) = 0$, cette fonction permettra d'ajuster le modèle à la courbe des taux observée. Elle sera donc calibrée en fonction des valeurs observées sur le marché.

Nous posons \mathcal{F}_t la filtration engendrée par les processus x et y .

Expression du taux court

Par intégration des équations différentielles stochastiques définissant la dynamique du modèle, le taux court $r(t)$ s'écrit,

$$r(t) = x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) + \eta \int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u) + \varphi(t).$$

Ce résultat se retrouve en utilisant le lemme d'Ito et l'unicité de la décomposition des processus d'Ito. Cette démonstration est mise en annexe.

Loi et moments du taux court

Le taux court est conditionnellement à la filtration \mathcal{F}_t gaussien de moyenne et de variance,

$$\begin{aligned} \mathbb{E}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \varphi(t) \\ \text{Var}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= \frac{\sigma^2}{2a}(1 - e^{-2a(t-s)}) + \frac{\eta^2}{2b}(1 - e^{-2b(t-s)}) + 2\rho \frac{\eta\sigma}{a+b}(1 - e^{-2(a+b)(t-s)}) \end{aligned}$$

La démonstration des formules de la moyenne et de la variance sont mise en annexe.

Prix des obligations zéro-coupon

Expression des prix des obligations zéro-coupon

Pour rappel, le prix d'une obligation zéro-coupon, sous la probabilité risque neutre, à la date t et de maturité T est donné par,

$$P(t, T) = \mathbb{E}_Q \left(e^{-\int_t^T r_s ds} \middle| \mathcal{F}_t \right).$$

En posant $I(t, T) = \int_t^T [x(u) + y(u)] du$, nous pouvons montrer que $I(t, T) | \mathcal{F}_t$ est gaussien de moyenne et de variance,

$$M(t, T) = \frac{1 - e^{-a(T-s)}}{a} x(t) + \frac{1 - e^{-b(T-s)}}{b} y(t),$$

$$\begin{aligned}
V(t, T) = & \frac{\sigma^2}{a^2} \left[T - t + \frac{2}{a} e^{-a(T-t)} - \frac{1}{2a} e^{-2a(T-t)} - \frac{3}{2a} \right] \\
& + \frac{\eta^2}{b^2} \left[T - t + \frac{2}{b} e^{-b(T-t)} - \frac{1}{2b} e^{-2b(T-t)} - \frac{3}{2b} \right] \\
& + 2\rho \frac{\eta\sigma}{ab} \left[T - t + \frac{e^{-a(T-t)} - 1}{a} + \frac{e^{-b(T-t)} - 1}{b} + \frac{e^{-(a+b)(T-t)} - 1}{a+b} \right].
\end{aligned}$$

Nous pouvons retrouver ce résultat et sa démonstration dans le livre (BRIGO & MERCURIO, 2001), à l'appendice 1 page 169.

En remarquant que P est la transformée de Laplace de $I - \int_t^T \varphi(u) du$ suivant une loi normale de moyenne $M(t, T) - \int_t^T \varphi(u) du$ et de variance $V(t, T)$, nous déduisons l'expression du prix zéro-coupon du modèle G2++,

$$P(t, T) = \exp \left\{ - \int_t^T \varphi(u) du - \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a} x(t) - \frac{1 - e^{-b(T-t)}}{b} y(t) + \frac{1}{2} V(t, T) \right\}.$$

Calibrage de la fonction φ

Soient $P^{Ob}(0, T)$ les prix des zéro-coupon de maturité T observés sur le marché.

Soient $f^{Ob}(0, T)$ les taux forward associés à ses prix de zéro-coupon. On a la relation,

$$f^{Ob}(0, T) = - \frac{\partial \ln P^{Ob}(0, T)}{\partial T}.$$

Le but de la calibration va être de faire en sorte que nos prix théoriques coïncident avec les prix observés sur le marché. Cette condition est respectée si et seulement si,

$$P^{Ob}(0, T) = \exp \left\{ - \int_0^T \varphi(u) du + \frac{1}{2} V(0, T) \right\}.$$

En prenant le logarithme et en différenciant par rapport à T les deux termes de cette égalité, nous obtenons,

$$\varphi(T) = f^{Ob}(0, T) + \frac{\sigma^2}{2a^2} (1 - e^{-aT})^2 + \frac{\eta^2}{b^2} (1 - e^{-bT})^2 + \rho \frac{\eta\sigma}{ab} (1 - e^{-aT})(1 - e^{-bT}).$$

La fonction φ sera alors calibrée de cette manière.

Nous pouvons donc réécrire $\exp \left\{ - \int_t^T \varphi(u) du \right\}$ comme,

$$\exp \left\{ - \int_t^T \varphi(u) du \right\} = \exp \left\{ - \int_0^T \varphi(u) du \right\} \exp \left\{ \int_0^t \varphi(u) du \right\} = \frac{P^{Ob}(0, T) \exp \left\{ - \frac{1}{2} V(0, T) \right\}}{P^{Ob}(0, t) \exp \left\{ - \frac{1}{2} V(0, t) \right\}}.$$

Nous en déduisons la nouvelle expression des prix zéro-coupon théorique de notre modèle par,

$$\begin{aligned} P(t, T) &= A(t, T) \exp\{-B(a, t, T)x(t) - B(b, t, T)y(t)\}, \\ A(t, T) &= \frac{P^{Ob}(0, T)}{P^{Ob}(0, t)} \exp\left\{\frac{1}{2}[V(t, T) - V(0, T) + V(0, t)]\right\}, \\ B(z, t, T) &= \frac{1 - e^{-z(T-t)}}{z} \end{aligned}$$

Calibration des paramètres a, b, σ, η et ρ

Pour la calibration des paramètres du modèle de taux nous choisissons les swaptions comme instruments de marche. L'ensemble des instruments financiers de calibration sont mis en annexe. Une swaption est une option sur un swap c'est-à-dire qu'elle permet à son acquéreur de rentrer à la maturité de la swaption dans un swap de maturité et de taux fixé donnés.

Le prix sous la probabilité risque neutre Q avec A.O.A d'une swaption de nominal N , de maturité T_0 sur une swap payeur de taux fixe de strike K et de maturité T_n avec des dates de paiements séparées du pas constant δ s'écrit,

$$ES = \mathbb{E}^Q \left[N e^{-\int_0^{T_0} r_s ds} \left(\sum_{i=1}^n P(T_0, T_i) \delta (L(T_0, T_{i-1}, T_i) - K) \right)^+ \right]$$

Avec $L(T_0, T_{i-1}, T_i)$ le taux forward à T_0 sur la période $[T_{i-1}, T_i]$.

L'avantage d'utiliser des swaptions est que nous pouvons simplifier l'expression de son prix pour faire intervenir le prix de zéro-coupon. Sans rentrer dans le détail du calcul nous obtenons cette nouvelle expression du prix de la swaption sous la probabilité Q^{T_0} forward.

$$ES = NP(0, T_0) \mathbb{E}^{Q^{T_0}} \left[\left(1 - \sum_{i=1}^n c_i P(T_0, T_i) \right)^+ \right]$$

Avec $c_i = K\delta + \mathbb{1}_{i=n}$.

Il nous suffit d'injecter le prix théorique du zéro-coupon de notre modèle G2PP obtenu dans la partie précédente afin de parvenir au prix théorique de la swaption. Après simplification nous obtenons,

$$ES^{G2PP} = NP(0, T_0) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2}}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \left[\Phi(-h_{1,x}) - \sum_{i=1}^n \lambda_{i,x} e^{\kappa_{i,x}} \Phi(-h_{2,x}) \right] dx$$

Avec:

- $h_{1,x} = \frac{\rho(x-\mu_x)}{(1-\rho^2)\sigma_x} - \frac{\bar{y}_x - \mu_y}{\sigma_y \sqrt{1-\rho^2}}$;
- $h_{2,x} = h_{1,x} - \sigma_y \sqrt{1-\rho^2} B(b, T_0, T_i)$;
- $\lambda_{i,x} = c_i A(T_0, T_i) e^{-B(a, T_0, T_i)x}$;
- $\kappa_{i,x} = -B(b, T_0, T_i) \left[\mu_y + \rho \sigma_y \frac{x-\mu_x}{\sigma_x} - \frac{(1-\rho^2)\sigma_y^2}{2} B(b, T_0, T_i) \right]$;
- $\mu_x = -\frac{\sigma^2}{a^2} \left(1 - e^{-aT_0} - \frac{1-e^{-2aT_0}}{2} \right) - \frac{\rho\eta\sigma}{b} \left(\frac{1-e^{-aT_0}}{a} - \frac{1-e^{-(a+b)T_0}}{a+b} \right)$;
- $\mu_y = -\frac{\eta^2}{b^2} \left(1 - e^{-bT_0} - \frac{1-e^{-2bT_0}}{2} \right) - \frac{\rho\eta\sigma}{b} \left(\frac{1-e^{-bT_0}}{b} - \frac{1-e^{-(a+b)T_0}}{a+b} \right)$;

- $\sigma_x = \sigma \sqrt{\frac{1-e^{-2aT_0}}{2a}}$;
- $\sigma_y = \eta \sqrt{\frac{1-e^{-2bT_0}}{2b}}$;
- \bar{y}_x la solution de l'équation en y : $1 - \sum_{i=1}^n \lambda_{i,x} e^{-B(b,T_0,T_i)y} = 0$.

Il reste donc à optimiser les paramètres a, b, σ, η et ρ sur un sous ensemble de swaptions extrait de Bloomberg avec la fonction de coût *PriceError* sur QuantLib qui détermine l'erreur quadratique.

Une fois les paramètres calibrés, nous vérifions la validité du calibrage en testant le modèle sur un autre sous ensemble de swaptions avec la même fonction de coût. C'est le test de *market consistency*.

Test de martingalité

Une fois calibré, le modèle est diffusé pour obtenir le jeu de scénarios de taux. Des variables aléatoires suivant des mouvements browniens ρ corrélés sont simulées et les scénarios sont générés en appliquant le schéma d'Euler.

Afin de valider notre jeu de scénario de taux nous avons réalisé un test de martingalité dont le résultat est satisfaisant. La figure 2.4 donne une illustration du résultat du test.

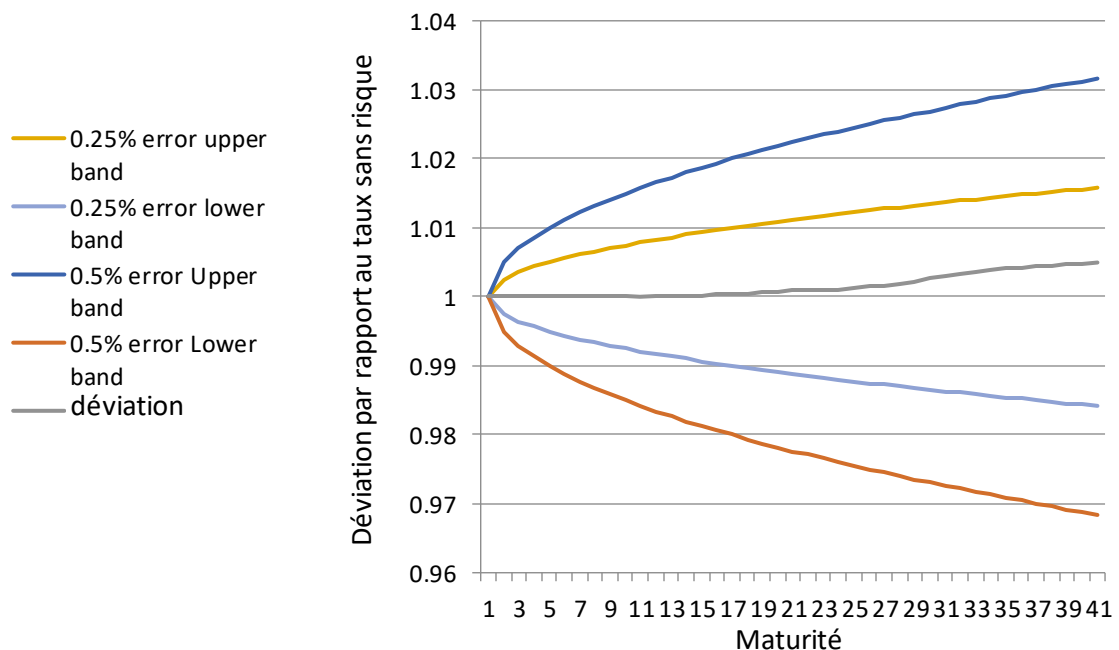


Figure 2.4 : Test de martingalité

Ainsi nous obtenons notre jeu de scénarios de taux que nous utiliserons en *input* de notre outil ALM.

2.2.3 Modèle log-normal à volatilité constante

Modèle que nous utiliserons pour modéliser les rendements actions et immobilier, le modèle hybride log-normal à volatilité constante qui découle directement du modèle Black & Scholes avec un drift stochastique suivant un modèle G1PP (identique au G2PP décrit dans la partie précédente auquel il faut supprimer un paramètre dans la dynamique de r dans l'équation (1)). Nous ne décrivons que le fonctionnement du modèle log-normal à volatilité constante car nous avons déjà décrit le fonctionnement du modèle G2PP dans la partie précédente.

Sous la probabilité historique

Soit S le processus de prix. Dans le modèle log-normal à volatilité constante, le processus de prix suit la dynamique,

$$dS_t = pS_t + \sigma S_t dW_t$$

Avec W un mouvement brownien standard sous la probabilité historique, p le drift et σ la volatilité.

Par lemme d'Ito,

$$d(\ln(S_t)) = \left(p - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W_t$$

Ainsi les rendements logarithmiques de S suivent le mouvement brownien de moyenne $p - \frac{\sigma^2}{2}$ et de variance σ^2 . Dit autrement, $\ln(S_t) - \ln(S_s)$, pour $0 \leq s \leq t \leq T$, suit une loi normale de moyenne $\left(p - \frac{\sigma^2}{2}\right)(t - s)$ et de variance $\sigma^2(t - s)$.

Sous la probabilité risque neutre

Dans cet environnement le rendement annuel espéré est le taux sans risque r qui est supposé déterministe dans le modèle de Black & Scholes. Ainsi la dynamique de S peut se réécrire,

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t (dW_t + \lambda dt) \quad \text{où } \lambda = \frac{p-r}{\sigma}.$$

D'après le théorème de Girsanov, sous la probabilité risque neutre \mathcal{Q} , $W_t^{\mathcal{Q}} = W_t + \lambda t$ est un mouvement brownien standard. Ainsi, nous obtenons la dynamique de S sous \mathcal{Q} ,

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dW_t^{\mathcal{Q}}. \quad (1)$$

Nous pouvons interpréter cette dynamique de la manière suivante. Sous \mathcal{Q} , le rendement espéré des actions est le taux sans risque r et ce rendement varie selon une loi normale centrée sur ce taux.

La résolution de l'EDS (1) nous donne que, pour tout $0 \leq t \leq T$,

$$S_t = S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W_t^{\mathcal{Q}}}.$$

Ainsi la formule de discrétisation est exacte et vaut pour $h \geq 0$,

$$S_{t+h} = S_t e^{r - \frac{\sigma^2}{2}h + \sigma\sqrt{h}\varepsilon}, \quad \varepsilon \sim \mathcal{N}(0,1)$$

Où h représente le pas de discrétisation.

Pour rappel, le modèle est calibré avec une dynamique de taux suivant un modèle G1PP, les taux ne sont donc pas constants pour la calibration, c'est modèle hybride. Le G1PP est calibré de la même manière que pour le G2PP avec des swaptions puis le modèle *equity* est calibré avec des options vanilles en se basant sur les paramètres du G1PP calibré. Les instruments financiers de calibration seront mis en annexe.

2.2.4 Modélisation du portefeuille d'actifs dans l'outil ALM

Nous allons, dans cette partie, définir les différents éléments qui constituent le portefeuille d'actif. De ce portefeuille découleront les produits financiers qui détermineront la participation aux bénéfices. Dans notre modèle, nous retrouvons quatre classes d'actifs :

- Les obligations ;
- Les actions ;
- L'immobilier ;
- Le monétaire.

Le portefeuille d'obligation

Seules des obligations à taux fixes et dont la maturité est en fin d'année sont présentes dans le portefeuille. Les obligations utilisées ont des notations allant de AAA à BBB avec certaines obligations non notées. Par souci de simplicité, nous ne modéliserons pas le risque de spread. Comme nous travaillons en univers risque neutre, nous devons mettre en place une risque neutralisation des obligations. Dans cet univers, les actifs ont un rendement moyen égal à celui du taux sans risque. Pour une obligation, cela signifie que la valeur actualisée au taux sans risque des *cash-flows* distribués est égale au prix de l'obligation. L'objectif de la risque neutralisation est d'annuler le spread de l'obligation. Pour ce faire, il suffit de recalculer le taux de coupon sur le taux sans risque afin de retrouver l'égalité,

$$\text{Prix de l'obligation} = \text{valeur actualisée des cashflows distribués.}$$

Cette procédure est illustrée dans la figure 2.5 qui suit.

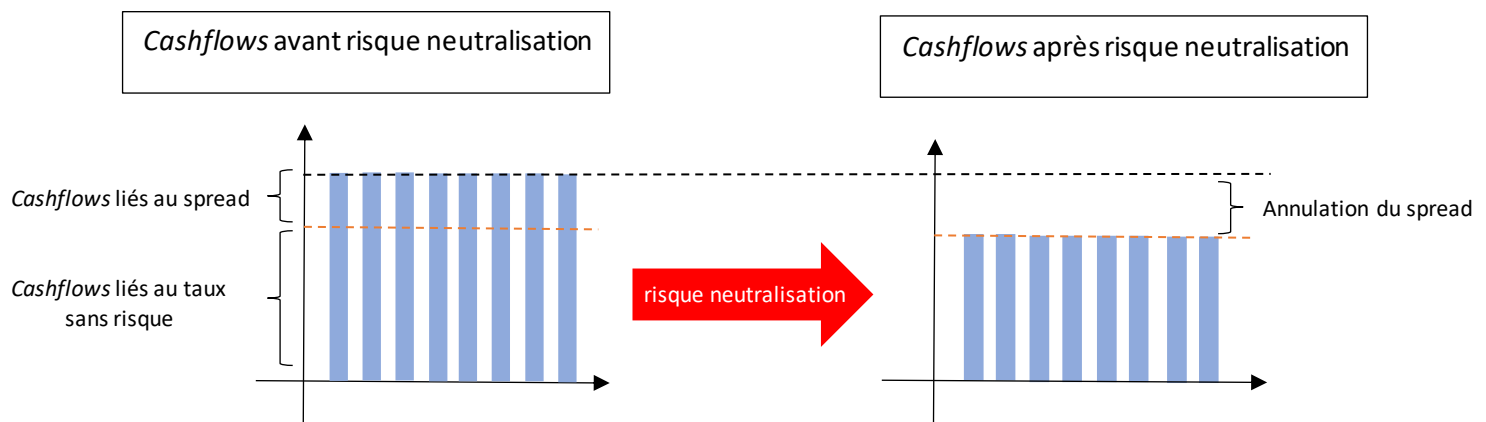


Figure 2.5 : Risque neutralisation dans le cas d'une obligation à taux fixe

Il convient de rappeler la définition du taux actuariel d'une obligation. C'est le taux qui permet d'égaliser la valeur actuelle de l'obligation avec la somme des flux futurs. En termes mathématiques, le taux actuariel est défini à la date t pour une obligation de taux de coupon Tx_{coupon} , de nominal N et de maturité T par,

$$VM(t) = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{Tx_{coupon} \times N}{(1+T_a)^i} + \frac{N}{(1+T_a)^{T-t}} \text{ avec } T_a \text{ le taux actuariel de l'obligation.}$$

Pour risque neutraliser l'obligation l'idée va être de transformer le Tx_{coupon} de manière à obtenir l'égalité,

$$VM(t) = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{Tx_{coupon}RN \times N}{(1 + ZC(t, t + i))^i} + \frac{N}{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}$$

Avec $Tx_{coupon}RN$ le taux de coupon risque neutralisé et $ZC(t, t + i)$ le taux zéro coupon à la date t de maturité $t + i$. Et nous appliquons cette méthode sur l'ensemble des obligations de notre portefeuille pour obtenir ce que nous souhaitons.

Une autre méthode aurait pu être utilisée pour risque neutralisé notre obligation. Elle fonctionne en transformant les flux de *cashflows* dans l'expression de la valeur de marché par,

$$VM(t) = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{Tx_{coupon} \times \frac{(1 + ZC(t, t + i))^i}{(1 + ZC(t, t + i))^i} \times N}{(1 + T_a)^i} + \frac{\frac{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}{(1 + ZC(t, T))^{T-t}} \times N}{(1 + T_a)^{T-t}}$$

Nous obtenons ainsi,

$$VM(t) = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{Tx_{coupon} \times \frac{(1 + ZC(t, t + i))^i}{(1 + T_a)^i} \times N}{(1 + ZC(t, t + i))^i} + \frac{\frac{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}{(1 + T_a)^{T-t}} \times N}{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}$$

D'où,

$$VM(t) = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{Tx_{coupon}RN_i \times N}{(1 + ZC(t, t + i))^i} + \frac{\frac{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}{(1 + T_a)^{T-t}} \times N}{(1 + ZC(t, T))^{T-t}}$$

Cette méthode de risque neutralisation nous permet d'obtenir des taux de coupon risque neutralisés différents à chaque pas de temps.

Pour notre étude, nous retenons par souci de simplicité la première méthode nous permettant d'obtenir un seul taux de coupon risque neutralisé par obligation. C'est ainsi que nous obtenons notre portefeuille d'obligations initial que nous décrivons plus précisément dans le chapitre suivant.

Le portefeuille d'action

Dans notre outil les actions sont modélisées par un unique *model point* action qui évolue selon le CAC 40.

Le portefeuille d'immobilier

L'immobilier est modélisé de la même manière que les actions par un unique *model point*.

Le portefeuille monétaire

Nous prenons l'hypothèse que le portefeuille monétaire nous rapporte le taux sans risque. Cela se traduit par une capitalisation de la valeur du monétaire au taux zéro coupon 1 an qui est fourni par le GSE.

2.3 La modélisation du passif

Cette partie est dédiée à la présentation de la modélisation du passif. Nous exposerons les hypothèses simplificatrices que nous avons supposées lors de l'implémentation des différents postes de passif. Le portefeuille étant constitué de contrats d'assurance vie et de produits de retraite (Article 83, Madelin qui deviendront respectivement des PER collectif et individuel), nous décrivons la modélisation des garanties que proposent ces contrats.

Les contrats d'assurance vie proposent une garantie de rachats, une garantie de l'épargne accumulée en cas de décès, un TMG et un taux de PB contractuelle.

Les contrats de retraite proposent une garantie de sortie anticipée, une garantie de l'épargne accumulée en cas de décès, un TMG, un taux de PB contractuelle et une sortie en rente ou/et en capital.

Le tableau 2.1 expose la liste des garanties modélisées.

Tableau 2.1 : liste des garanties modélisées dans l'outil ALM (GRESHAM, 2021)

Partie UC	Modélisée
Arbitrages et modes de gestion	Non modélisés
Sortie en rente ou en capital	Modélisée
Loi de sortie anticipée	Modélisation partielle
Transferts	Non Modélisés
Garantie Décès	Modélisée
TMG et PB	Modélisée

2.3.1 Les hypothèses prises

Un certain nombre d'hypothèses ont été établies pendant la création de l'outil ALM. Ces hypothèses permettent de simplifier l'outil tout en respectant le cadre Solvabilité 2. Plus précisément, elles permettent de calculer le *Best Estimate* représentant au mieux les *cash-flows* futurs de l'entreprise d'assurance.

Voici la liste de ces hypothèses :

- La mortalité est fonction de l'âge et est déterministe ;
- Les décès et rachats s'effectuent en début d'année ;
- Les revalorisations des provisions ont lieu en fin d'année après les rachats et les décès ;
- La sortie en rente et en capital des contrats retraite s'effectuent après les revalorisations ;
- La phase de restitution de la rente n'est pas modélisée. La sortie en rente s'effectue sous la forme d'un capital calculé à partir de la somme des flux d'arrérages probabilisés et actualisés. De plus, l'écart entre les taux techniques contractuels et taux techniques réellement servis du GSE est pris en compte dans le résultat technique ;
- Les contrats sont regroupés de manière homogène en *Model Point* (MP). Le regroupement s'effectue selon l'âge, les taux servis et taux minima garantis ;
- Seules les provisions suivantes sont modélisées : la provision mathématiques PM, la provision pour participation aux excédents PPE et la réserve de capitalisation RC ;
- L'entreprise d'assurance fonctionne en *run-off*. Aucun contrat n'est souscrit lors de la phase de projection. Et dans le respect du cadre Solvabilité 2, les primes futures sont réduites à zéro ;

- L'entreprise fictive disparaîtra au bout de 40 ans. Les contrats restant à cette date seront entièrement rachetés ;
- Le portefeuille de contrat d'épargne retraite est construit de telle sorte que tous les contrats aient atteint le départ à la retraite.

2.3.2 Modélisation des différents postes passif du bilan

La Provision Mathématique (PM)

Cette provision représente la dette probable de l'assureur envers ses assurés. D'après l'Article R. 331-3 du Code des Assurances, la Provision Mathématique (PM) se détermine comme la différence entre les valeurs actuelles probables des engagements pris par l'assureur et ceux pris par les assurés. Nous avons donc la formule,

$$PM = VAP_{\text{assureur}} - VAP_{\text{assurés}}.$$

Dans l'outil ALM, la provision mathématique évolue chaque année selon le modèle,

$$PM_{\text{cl\^oture}}(t) = (PM_{\text{ouverture}} - \text{Décès} - \text{Rachats} + \text{Primes} - \text{Chargement acquisition} + \text{Revalorisation} - \text{Commission sur encours} - \text{Prélèvement sociaux})(t).$$

Les fonds propres (FP)

Ce module de passif est en quelque sorte la richesse durable de l'entreprise. Les Fonds Propres sont composés du capital social apporté par les actionnaires, de la réserve (l'ensemble des résultats nets des années précédentes non redistribués aux actionnaires) et du résultat net de l'année. Ainsi chaque année, ce module évolue selon le résultat net de l'entreprise. Nous faisons le choix de ne redistribuer aucune part du résultat aux actionnaires. Ainsi pour déterminer les fonds propres en fin d'année, il suffit d'ajouter le résultat aux fonds propres de l'année précédente. Nous pouvons alors résumer l'évolution des fonds propres par,

$$FP_n = FP_{n-1} + Res_n.$$

Avec FP_n les fonds propres de l'année n et Res_n le résultat net en norme comptable française de l'année n .

La provision pour participation aux excédents PPE

La PPE peut varier de plusieurs manières en fonction de la conjoncture économique et des stratégies de gestion. C'est un élément indispensable de la revalorisation évoqué dans le calcul de la PM. Nous décrivons dans la suite son évolution.

La réserve de capitalisation RC

La réserve de capitalisation (RC) est une provision ayant pour objectif de neutraliser les plus ou moins-values réalisées sur cession d'obligations. Ainsi sa valeur ne change que lors de cession d'obligation. Le rôle de cette provision est de dissuader les compagnies d'assurance de réaliser des plus-values ponctuelles sur obligation en cas de baisse des taux et d'ensuite réinvestir sur les obligations moins performantes. Un autre rôle de cette provision est de lisser le résultat de la compagnie.

Dans l'outil ALM, la RC est simplement mise à jour lors de la vente d'obligation. Les plus ou moins-values réalisées sur les obligations sont ajoutées ou retranchées à la RC.

2.3.3 Modélisation des sorties en rente et en capital de la partie retraite

Comme présenté dans le premier chapitre, les contrats d'épargne retraite proposent différentes modalités de sortie à l'issue du départ à la retraite. Certains ne proposent qu'une sortie sous forme de rente, c'est le cas du Madelin ou de l'article 83, tandis que d'autres donnent la possibilité d'une sortie mixte entre rente et capital, c'est le cas du nouveau PER ou du PERCO.

Cette partie est dédiée à la description de la modélisation de ces deux types de sortie : sortie en rente et sortie en capital.

Sortie en capital

Au cours de la phase de constitution, la provision mathématique de chaque contrat est revalorisée en fonction des contraintes contractuelles et des performances financières de la compagnie. A l'issue de cette phase, c'est-à-dire au moment du départ à la retraite, une certaine quantité de provision mathématique est constituée : c'est l'épargne constituée.

Pour une sortie en capital totale, l'ensemble de l'épargne constituée est versé sous la forme d'un capital. Sa modélisation est assez simple. Le montant de l'épargne constituée est payé par l'assureur à l'assuré sous forme de prestations. Ainsi, au niveau du bilan, il suffit de reprendre la provision mathématique du montant de la prestation et de diminuer la partie monétaire de l'actif de cette même prestation. Ce mécanisme va donc entraîner des ventes d'actifs par la suite pour rééquilibrer l'allocation des classes d'actifs.

Un sujet important à traiter lors de la sortie est la gestion de la provision pour participation aux excédents (PPE). Comme les montants de cette provision doivent être redistribués aux assurés sous 8 ans, nous pouvons considérer que le contenu de la PPE correspond à une épargne en cours d'acquisition et n'appartient donc pas à l'assureur.

Dans le cadre du cantonnement la gestion de la PPE est importante. Comme nous nous sommes placés dans l'hypothèse d'une sortie de l'ensemble des assurés retraite au cours de la projection, à partir d'une certaine année il n'y aura plus aucun assuré dans le canton de retraite. Si nous ne faisons pas sortir la PPE en même temps que les assurés, nous nous retrouverons alors avec un montant de PPE qui ne pourra plus être redistribué aux assurés et sera par conséquent enregistré en tant que résultat pour l'entreprise.

Vu de cette manière, il semble logique de faire sortir la même quantité de PPE que de PM en proportion de la quantité de PM globale. En terme mathématiques, la reprise de PPE à réaliser à l'année t vaut,

$$SortiePPEretraite(t) = PPE(t) \times \frac{SortiePMretraite(t)}{PM(t)}.$$

Cette reprise est, dans le modèle, écolée de la même manière que la sortie de la PM.

Sortie en rente

La deuxième possibilité qui est offerte par les contrats d'épargne retraite est la sortie en rente.

Nous allons d'abord définir ce qu'est une rente et la manière dont elle est calculée. Une rente viagère est une somme, appelée arrérage, versée régulièrement par l'assureur à condition que l'assuré soit en vie à la date du versement.

Pour déterminer le montant de l'arrérage que doit servir l'assureur, un certain nombre de paramètres sont à définir :

- Table de mortalité : elle permet de prendre en compte les probabilités de survie et de décès des assurés.
- Taux technique : c'est le taux d'actualisation et de capitalisation
- Réversion : c'est une option qui permet de donner à un bénéficiaire, défini dans le contrat, une part de la rente après le décès de l'assuré. La part est définie dans le contrat.
- Fractionnement : les arrérages peuvent être versés à différentes périodicités : mensuellement, annuellement...
- Nature : il existe différents types de rente : la rente viagère (sommes versées jusqu'à la mort de l'assuré), la rente certaine (sommes versées sur une période de temps déterminée à l'avance que l'assuré soit vivant ou non), la rente temporaire (sommes versées sur une période de temps déterminée en cas de vie de l'assuré) ...
- Terme : La rente peut être à terme d'avance (les sommes sont versées en début de période) ou à terme échu (les sommes sont versées en fin de période).

Pour ce mémoire, nous considérerons un seul type de rente : la rente viagère à terme échu sans option de réversion avec versement annuelle. Quant au choix de la table de mortalité et du taux technique, ils sont imposés de manière réglementaire et fonction du type de contrat d'épargne retraite considéré. La table de mortalité réglementaire en vigueur est la TGF-05. Le taux technique réglementaire doit correspondre au minimum entre 3,5% et 60% du taux moyen des emprunts d'état (TME). Cependant, le taux technique peut être différents entre les différents types de contrats, nous parlerons de taux technique contractuel. Le tableau 2.2 résume les taux techniques en fonction des contrats.

Tableau 2.2 : taux techniques en fonction des contrats

Type de contrat	Taux technique contractuel
PER	0% obligatoire
PERP	0% obligatoire
Madelin	Au plus égal à 60% du TME
Article 83	Au plus égal à 60% du TME
Article 39	Au plus égal à 60% du TME

Les taux techniques des nouveaux contrats PER sont obligatoirement à 0% afin d'éviter une course aux taux techniques entre les différents acteurs d'assurance. Cette course aux taux techniques les plus élevés pourrait entraîner une détérioration de la solidité financière des assureurs.

Fin 2020 le TME valait -0,29% et -0,11% fin août 2021, ce qui explique le 0% obligatoire.

Passons maintenant au calcul de l'arrérage. Le montant des arrérages, si nous les considérons constants, est donné par,

$$\text{Epargne constituée à échéance} = \text{Arrérage} \times a_{x, \text{taux technique}} \times (1 + f).$$

D'où,

$$\text{Arrérage} = \frac{\text{Épargne constituée à échéance}}{a_{x,\text{taux technique,table de mortalité}} \times (1 + f)},$$

Où,

$$a_{x,\text{taux technique,table de mortalité}} = \sum_{k=1}^{\omega-x} \frac{\frac{l_{x+k}^{\text{table de mortalité}}}{l_x^{\text{table de mortalité}}}}{(1 + \text{taux technique})^k}$$

Avec :

- x : l'âge de l'assuré au moment de la liquidation de la rente c'est-à-dire l'âge de départ à la retraite ;
- ω : l'âge limite de la table ;
- f : le taux de frais de conversion et de gestion sur les rentes ;
- $l_x^{\text{table de mortalité}}$: le nombre de survivant à l'âge x de la table de mortalité.

Nous considérerons dans notre étude que la table de provisionnement et de tarification sont les mêmes de sorte que la provision mathématique de rente soit exactement égale à l'épargne constituée,

$$PM_{\text{rente}} = \text{Arrérage} \times a_{x,\text{taux technique,table de mortalité}} \times (1 + f).$$

Dans cette étude, nous avons décidé de ne pas modéliser la phase de restitution de la rente. Avec ce choix, l'épargne constituée sort de la compagnie comme pour la sortie en capital, sous forme d'un capital équivalent à la rente en prestations au moment du départ à la retraite. Cependant, nous avons pris en compte l'effet sur les PM de l'écart entre le taux technique contractuel et les taux techniques effectivement observés lors de la projection. Ces taux sont fournis par nos jeux de scénarios économiques.

Cet écart de taux technique a un impact direct sur le $a_{x,\text{taux technique,table de mortalité}}$ qui est fonction du taux technique. Ainsi nous avons d'un côté, le $a_{x,\text{taux technique contractuel,table de mortalité}}^{\text{contractuel}}$ et de l'autre $a_{x,\text{taux technique réel,table de mortalité}}^{\text{réel}}$. Ces termes nous permettent de déterminer l'écart entre ce qui sera réellement servi par l'assureur et ce que l'assureur avait provisionné. Cet écart est à la charge de l'assureur et vaut,

$$\begin{aligned} \text{Ecart} = & \text{Arrérage} \\ & \times \left(a_{x,\text{taux technique contractuel,table de mortalité}}^{\text{contractuel}} \right. \\ & \left. - a_{x,\text{taux technique réel,table de mortalité}}^{\text{réel}} \right) \times (1 + f), \end{aligned}$$

Où

$$a_{x,\text{taux technique,table de mortalité}} = \sum_{k=1}^{\omega-x} \frac{\frac{l_{x+k}^{\text{table de mortalité}}}{l_x^{\text{table de mortalité}}}}{(1 + \text{taux technique})^k}$$

Si $\text{Ecart} > 0$: l'assureur réalise un gain technique, sinon il réalise une perte technique. Cet écart est donc ajouté au résultat technique.

Sortie en capital fractionné

Comme l'indique le terme fractionné, ce mode de sortie permet de percevoir l'épargne sous forme de capital en plusieurs fois plutôt qu'en une. Cela permet de s'adapter aux besoins patrimoniaux de l'assuré et contrer de potentielles conséquences fiscales négatives en limitant le passage à la tranche d'imposition supérieure. Les montants des versements de la liquidation sont simplement déterminés en divisant le montant d'épargne accumulée par la durée et la périodicité (mensuelle, annuelle, etc.). En cas de décès le capital restant dû est versé aux bénéficiaires.

Nous avons choisi de ne pas modéliser cette garantie dans notre modèle.

Choix de la proportion de sortie en rente

Pour les contrats Madelin et article 83 seule la sortie en rente est possible donc le taux est de 100%.

Pour le PER, n'ayant pas de données à disposition pour modéliser cette proportion de sortie en rente du fait de la récente introduction sur le marché de ces produits, nous avons choisi par avis d'expert un taux de 60%. Ce choix est bien évidemment arbitraire mais il respecte la volonté de la réforme PACTE d'augmenter la flexibilité sur le choix des sorties en rente ou en capital au moment de la liquidation des plans épargne retraite.

2.3.4 Evolution des flux de trésorerie.

Comme nous l'avons vu lors de la présentation de la méthode de calcul du BE, nous déterminons le BE à partir de la projection des flux de trésorerie par le modèle ALM. Ces flux se décomposent en plusieurs parties : les décès, les rachats de la partie vie, les sorties anticipées de la partie retraite, les primes, les prélèvements sociaux, les frais, les sorties retraite et les écarts de provisionnement des rentes.

Nous allons dans cette partie décrire la modélisation et l'évolution de ces flux de trésorerie.

Prestations liées au décès

Ces prestations décès sont calculées et payées en début d'exercice. Nous supposons que la mortalité est déterministe et fonction de l'âge de l'assuré. La table de mortalité utilisée dans notre modèle est pour des questions de prudence la table de mortalité des femmes : TF 00-02. Les femmes ont des probabilités de décès moins importante que celle des hommes. Dans le contexte d'une étude de contrat de retraite impliquant des engagements viager (sortie en rente), il apparaît plus pertinent et prudent de choisir la table de mortalité des femmes.

Nous modélisons la prestation décès comme la part des PM qui doit être reversée aux bénéficiaires des contrats pour chaque *model point* (MP),

$$Prestation_{DC}(t) = \sum_{i=1}^{Nb_{MP}} proba_{DC}(age\ MP_i) \cdot PM_i(t-1)$$

Avec i le numéro du *model point* et $PM_i(t-1)$ la valeur de la provision mathématique du *model point* i en fin d'année $t-1$.

Prestations liées aux rachats des contrats d'assurance vie

Pour les contrats d'assurance vie, une option de rachat total ou partiel du contrat est intégrée. C'est aux assurés que revient le choix d'exercer ou non cette option à tout moment. Nous dénombrons deux types de motivation à exercer cette option : les rachats structurels et les rachats conjoncturels.

Rachats structurels

Les rachats structurels sont une conséquence du cadre fiscal avantageux dont bénéficie l'assurance vie. L'imposition des plus-values, dans le cadre de l'assurance vie, dépend de l'ancienneté du contrat.

Le tableau 2.3 ci-dessous décrit ce cadre fiscal.

Tableau 2.3 : Cadre fiscal des contrats d'assurance vie

	Imposition sur les plus-values issues de versements effectués avant le 27/09/2017	Imposition sur les plus-values issues de versements effectués après le 27/09/2017
Entre 0 et 4 ans	52,20%	30%
Entre 4 et 8 ans	32,20%	30%
Après 8 ans	Abattement fiscal annuel sur les plus-values rachetées de 4600€ pour une personne seule et 9200€ pour un couple	
	24,7%	24,7% pour les plus-values issues des versements cumulés inférieure à 150000€ et 30% au-delà de 150000€

Cette fiscalité explique pourquoi la quantité des rachats structurels augmente avec l'ancienneté du contrat. Les assurés ont intérêt de racheter leur contrat après 8 ans et partiellement pour bénéficier de l'abattement annuel de 4 600€.

Dans notre outil, ces rachats sont modélisés par des taux qui reflètent ce cadre fiscal. Comme nous le voyons sur la courbe des rachats structurels ci-dessous, les taux de rachats augmentent après le passage du palier 4 ans et 8 ans. Nous implémentons aussi un pic en début de 5ème et 9ème année. Ce sont les années de passage de palier. La figure 2.6 illustre la loi de rachats structurels.

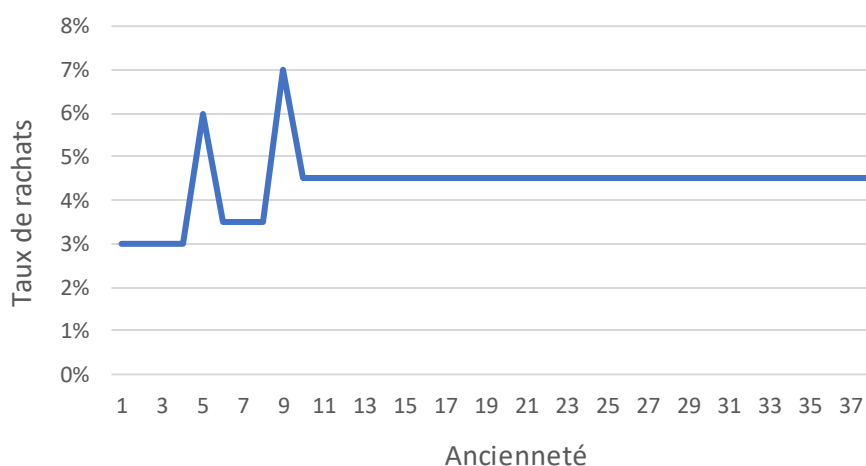


Figure 2.6 : taux de rachats structurels

Rachats conjoncturels

Ces rachats sont dus à la conjoncture économique et à la concurrence sur le marché de l'assurance vie. L'effet de la concurrence sur les rachats est facilement tangible. Si les taux servis par les assureurs concurrents sont plus avantageux, les assurés ont intérêt à racheter leur contrat afin d'obtenir des taux servis plus intéressants. Pour la conjoncture économique prenons un exemple. En cas de hausse des

taux, un acteur d'assurance vie entrant pourra se constituer un portefeuille d'obligations plus performant et proposer des contrats avec des taux plus avantageux comparés aux autres assureurs. Les assurés auront donc tout intérêt à racheter leur contrat pour profiter des taux plus importants de la concurrence. Ainsi, il est important que les assureurs gardent une attention particulière aux taux proposés par la concurrence afin d'éviter des rachats massifs.

L'outil ALM utilise la loi de rachat proposée par l'APCR dans QIS 5 qui se détermine à partir du taux servi par l'assureur (TS) et le taux attendu par l'assuré (TA) connaissant la conjoncture économique. Les rachats conjoncturels s'écrivent,

$$RC = \begin{cases} RC_{max} & Si TS - TA < \alpha \\ RC_{max} \times \frac{TS - TA - \beta}{\alpha - \beta} & Si \alpha \leq TS - TA < \beta \\ 0 & Si \beta \leq TS - TA < \gamma \\ RC_{min} \times \frac{TS - TA - \gamma}{\delta - \gamma} & Si \gamma \leq TS - TA < \delta \\ RC_{min} & Si TS - TA \geq \delta \end{cases}$$

Les paramètres RC_{max} , RC_{min} , α , β , γ et δ sont donnés par l'APCR sous la forme de fourchettes.

Tableau 2.4 : Paramètres de la loi de rachats conjoncturels

	Min	Max	Outil ALM
α	-6%	-4%	-5%
β	-2%	0%	-1%
γ	1%	1%	1%
δ	2%	4%	3%
RC_{min}	-6%	-4%	-5%
RC_{max}	20%	40%	30%

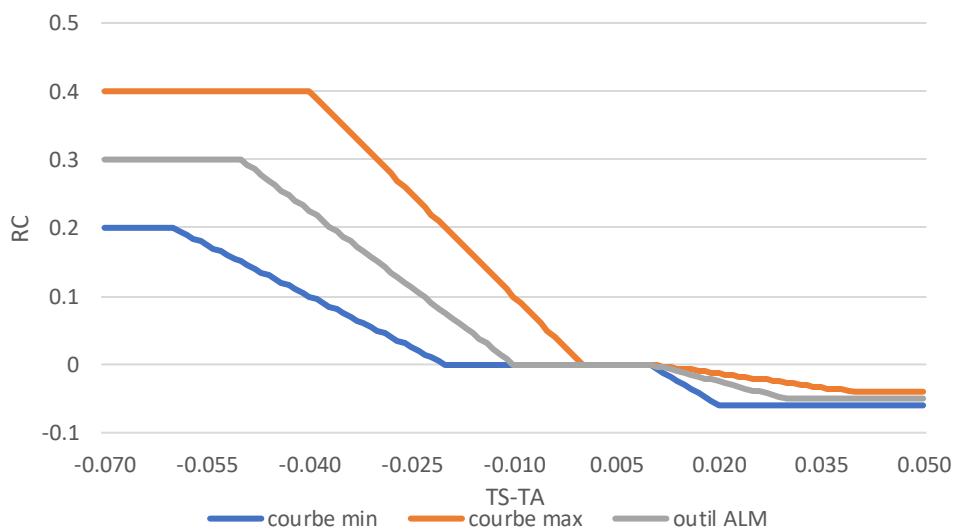


Figure 2.7 : Rachats conjoncturels en fonction du spread de taux

Il reste donc la modélisation du taux attendu par les assurés. Nous assimilerons ce taux aux taux proposés par concurrence. Comme nous l'avons décrit précédemment, les assurés sont sensibles aux taux proposés par la concurrence qui peuvent les diriger vers le rachat de leur contrat afin que leur épargne bénéficie de garanties plus avantageuses. Ainsi il semble pertinent de prendre le taux attendu comme le taux concurrent.

Le taux concurrent

Ce taux joue un rôle central dans la décision de l'assuré de racheter ou non son contrat. Si le taux concurrent est supérieur à celui pratiqué par son assureur, l'assuré a tout intérêt à rediriger son épargne vers la concurrence en levant l'option de rachat de son contrat d'assurance vie. La modélisation de ce taux concurrent est assez complexe car les assurés ont à leur disposition une multitude d'informations. Ces informations sont difficiles à comparer et la qualité des produits proposés par les assureurs est compliquée à classer du fait de la multitude de garanties et d'options offertes. C'est pourquoi, résumer les informations à disposition des assurés avec un unique taux concurrent est une simplification forte.

Nous pourrions appliquer 2 types de modélisation pour ce taux concurrent. La première, proposée par l'APCR, passe par l'utilisation des taux moyens d'emprunt d'Etat pour approcher le taux concurrent. La seconde, celle implémentée dans l'outil ALM, est d'agréger 3 types de taux concurrent afin d'obtenir un résultat plus représentatif de la réalité du marché.

Voici les 3 profils de concurrence modélisés :

- Un assureur ayant une allocation cible d'actif agressive ;
- Un nouvel entrant sur le marché de l'assurance vie ;
- Une banque proposant un livret A.

L'assureur agressif va chercher un portefeuille d'actifs plus risqué afin d'obtenir un rendement plus important. Pour ce faire, il va choisir une allocation cible d'actifs avec une proportion d'actions plus forte. Nous définissons alors son allocation cible de cette manière : 30% d'actions et 70% d'obligations. Le portefeuille d'actifs de notre compagnie fictive sera présenté dans le chapitre 3 mais à titre de comparaison l'allocation est la suivante : 70% d'obligations, 10% d'actions, 15% d'immobilier et 5% de monétaire. Avec cette allocation définie, nous pouvons déterminer le taux pratiqué par l'assureur agressif à la date t ,

$$Taux_{Agressif}(t) = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^4 0,3 \times rendement_{actions}(t-i) + 0,7 taux_{zC}(t-i, T).$$

Le rendement des obligations est déterminé à partir du taux zéro-coupon de maturité T , égale à 8 ans et les rendements actions s'obtiennent à partir du générateur de scénario économique. Pour déterminer le taux concurrent agressif, nous prenons la moyenne des rendements actions et obligations en proportion de l'allocation cible sur les 5 dernières années. Ceci permet de modéliser une prise d'information de l'assuré sur plusieurs années.

Pour le nouvel entrant sur le marché de l'assurance vie, nous prenons ses rendements d'actifs égaux aux OAT 10 ans à la date de son entrée sur le marché. De cette manière, le nouvel entrant peut se différencier des autres assureurs déjà présents depuis un certain nombre d'années dans le contexte d'une hausse des taux. Dans ce cas, le nouvel entrant aura un portefeuille d'actifs plus performant. Ce taux se détermine par, $Taux_{entrant}(t) = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^4 taux_{zC}(t-i, 10)$.

Enfin, pour la banque, le taux du livret A est défini comme le taux zéro-coupon de maturité un an,

$$Taux_{LivretA}(t) = taux_{zC}(t, 1).$$

Ayant défini les 3 profils de taux concurrents, nous considérerons un taux concurrent agrégeant ces 3 informations en prenant le plus grand car c'est celui-ci qui intéressera le plus les assurés pour sa prise de décision. Ce qui donne,

$$Taux_{concurrent}(t) = \max(Taux_{Agressif}, Taux_{entrant}, Taux_{LivretA})(t).$$

Nous obtenons le taux attendu par l'assuré TA en prenant le taux concurrent défini ci-dessus. Nous pouvons alors donner quelques intuitions sur l'évolution du taux de rachats conjoncturels par rapport au spread entre le taux servi par l'assureur et le taux attendu par l'assuré (TS-TA). Lorsque ce spread est positif, l'assureur propose un taux servi plus important que le reste du marché. Dans cette situation, les assurés ont peu d'intérêt à rediriger leur épargne vers la concurrence. Le taux de rachats conjoncturels est alors très faible. À l'inverse si le spread de taux TS-TA est négatif, cela veut dire qu'au moins un concurrent propose un produit plus avantageux. Le taux de rachats conjoncturels sera alors d'autant plus grand que le produit proposé est plus avantageux (i.e. que le spread sera négatif et éloigné de zéro).

Le taux de rachat global pour les produits d'assurance vie

Maintenant que le taux de rachat structurel et le taux de rachats conjoncturels sont définis, nous pouvons modéliser le taux de rachat global (RT) par,

$$RT = \min(1, \max(0, RS + RC)).$$

Ce taux de rachat global est, dans tous les cas, inférieur ou égal à 1. Dans le cas d'une conjoncture économique et concurrentielle très favorable à l'assureur, c'est à dire un spread TS-TA très positif, le taux de rachat conjoncturel va diminuer, voir complètement compenser, le taux de rachat structurel. En d'autres termes, dans cette situation, l'assuré préférera garder son épargne investie dans son contrat plutôt que de la retirer et de bénéficier des avantages fiscaux des contrats d'assurance vie.

Enfin, une pénalité sur les rachats est implémentée dans l'outil ALM par un taux de pénalité fixe pour tous les contrats. Cette pénalité permet de compenser les coûts opérationnels de traitement et de paiement des prestations de rachat. Les prestations de rachats nettes de pénalités s'écrivent alors,

$$Prestations_{Rachat}(t) = (1 - taux_{pénalité\ rachat}) \times \sum_{i=1}^{NbMP} \mathbb{I}_{MP_i=vie} \times RT(i) \times PM_i(t-1),$$

$$Pénalité_{Rachat}(t) = taux_{pénalité\ rachat} \times \sum_{i=1}^{NbMP} \mathbb{I}_{MP_i=vie} \times RT(i) \times PM_i(t-1),$$

Avec $\mathbb{I}_{MP_i=vie}$ l'indicatrice qui assure que le *model point* est un contrat d'assurance vie ; les contrats d'épargne retraite n'ayant pas d'option de rachats.

Prestations liées aux sorties anticipées des contrats d'épargne retraite

Par essence, les contrats d'épargne retraite ne disposent pas d'options de rachat avant le départ à la retraite. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, dans un certain nombre de cas, les assurés peuvent sortir l'épargne accumulée de manière anticipée. Cela peut être pour des raisons d'invalidité, de chômage, d'acquisition de résidence principale, etc. Nous pouvons rapprocher cette sortie anticipée de l'option de rachats structurels des contrats d'assurance vie.

Dans notre modèle, les sorties anticipées seront modélisées de la même manière que les rachats structurels des contrats d'assurance vie. Néanmoins, la loi de rachat est assez différente. Premièrement, la loi des taux de sortie anticipée est constante par rapport à l'ancienneté et égale à 2%. Et Deuxièmement, les taux de sortie anticipée sont inférieurs aux taux de rachats structurels. De cette manière, nous montrons bien la rigidité des contrats d'épargne retraite quant à la sortie de l'épargne avant le départ à la retraite.

De la même manière que pour les contrats d'assurance vie, nous modélisons une pénalité sur les sorties anticipées. Nous nous retrouvons finalement à déterminer ces sorties anticipées par,

$$Prestations_{sorties\ anticipées}(t) = (1 - \text{taux}_{pénalité}) \times \sum_{i=1}^{NbMP} \mathbb{I}_{MP_i=retraite} \times 1\% \times PM_i(t-1),$$

$$Pénalité_{Rachat}(t) = \text{taux}_{pénalité} \times \sum_{i=1}^{NbMP} \mathbb{I}_{MP_i=retraite} \times 1\% \times PM_i(t-1),$$

Avec $\mathbb{I}_{MP_i=retraite}$ l'indicatrice qui assure que le *model point* est un contrat d'épargne retraite.

Paiement des frais et des taxes

Dernière étape de l'outil, le paiement des frais s'effectue en fin d'année. Ils sont ventilés de la manière suivante :

- Les frais d'acquisition : pourcentage des primes versées.
- Les frais de placement : pourcentage de la valeur comptable du portefeuille d'actif.
- Les frais de gestion : pourcentage des prestations de rachat, de sortie anticipée, et des décès.
- Les frais d'administration : pourcentage des provisions mathématiques.

Pour les taxes, seulement les prélèvements sociaux sont modélisés. Ils sont appliqués, sous forme d'un pourcentage de 15,5%, aux revalorisations des PM lorsqu'elles sont positives.

2.4.5 Les tests de fuite

Un objectif majeur du modèle ALM est de construire le bilan économique en valeur de marché de l'entreprise d'assurance. Pour ce faire nous avons recours à des méthodes Monte Carlo pour valoriser les éléments passifs du bilan économique et un GSE pour projeter les éléments d'actif. L'utilisation de ces types de méthodes induit des écarts de valorisation qui entraînent un déséquilibre entre actif et passif. Ces écarts sont appelés « les fuites » du modèle. La figure 2.8 ci-après illustre ce concept.

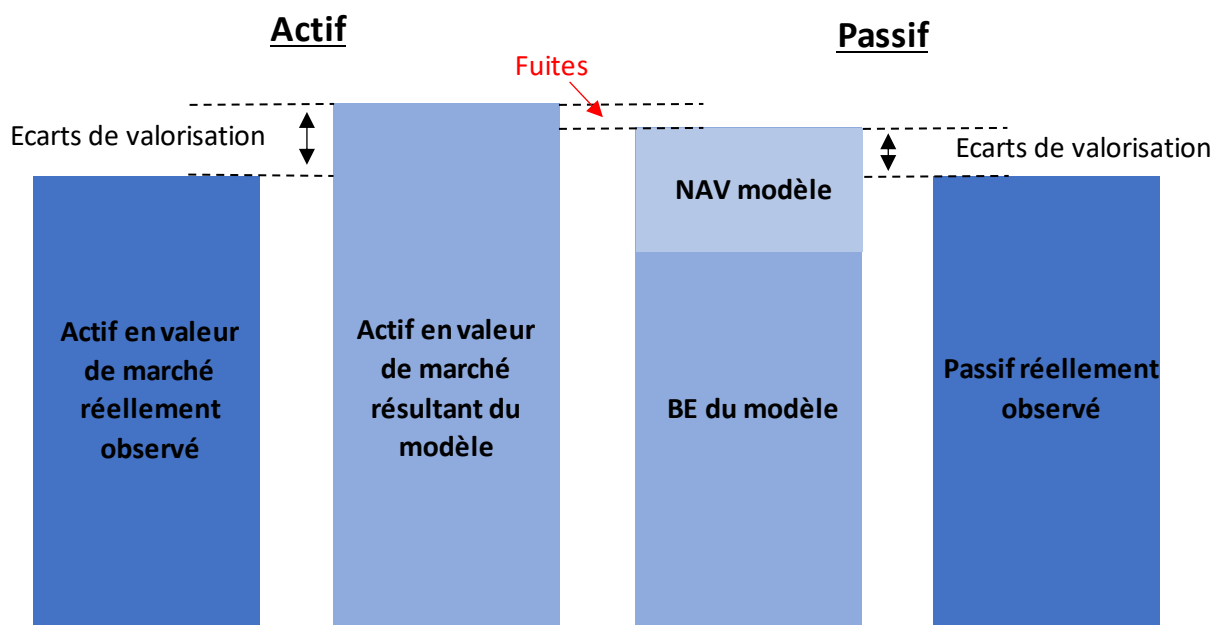


Figure 2.8 : Illustration des fuites d'un modèle ALM

Les fuites sont souvent une agrégation de plusieurs phénomènes sous-jacents dont :

- Les limites du modèle de projection : écart entre l'actif et le passif, interpolation linéaire, arrondis...
- Les problèmes de convergence des scénarios : taux explosifs, non convergence des tests de martingalité, risque d'échantillonnage

En règle générale les limites du modèle ont des effets relativement faibles sur les écarts de valorisation. Nous retrouvons souvent la source de ses fuites dans la convergence des scénarios Monte Carlo. Elles sont le plus souvent liées au choix du nombre de scénarios et à la qualité des phénomènes aléatoires générés.

Ainsi dans notre modèle nous identifions deux principales sources pour ces fuites : l'utilisation des méthodes de Monte Carlo pour le calcul des éléments du passif et les limites des scénarios fournis par le GSE qui donne la dynamique de l'actif au cours de la projection.

Deux types de test de fuite sont mis en œuvre dans l'outil ALM : le test aux TRA et le test aux TSR. Ces tests permettent de valider la robustesse de notre modèle ALM.

Test de fuite aux TRA

Ce premier test de fuite aux taux de rendement de l'actif (TRA) veut vérifier la robustesse de l'outil aux limites de modèle pour la partie passif du bilan (erreurs de codage, erreurs d'arrondi, mauvaise implémentation, ...).

L'idée est de reconstituer le passif en valeur de marché en actualisant aux TRA tous les flux entrants et sortants au cours de la projection, puis de comparer cette valeur avec l'actif initial en valeur de marché. Ces flux sont les suivants primes, rachats, décès, les frais et les autres flux impactant le résultat en fin d'année. Ces flux seront décrits plus précisément dans la partie suivante. La seule information importante est de savoir à quelle période de l'année ces flux interviennent : soit en début d'année (Primes, Décès et rachat) soit en fin d'année (reste des flux) après le vieillissement des actifs.

Nous définissons, d'abord, les taux de rendement des actifs comme la richesse apportée par les actifs en proportion du montant d'actif détenu au début de l'exercice net des flux de trésorerie du début d'année. En terme mathématiques,

$$TRA(t) = \frac{\text{Produits financiers}(t) + \Delta PMVL(t)}{\text{ActifVM}(t-1) + \text{Primes}(t) - \text{Décès}(t) - \text{Rachats}(t)}$$

Avec $\Delta PMVL(t)$ la variation des plus ou moins-values latentes au cours de l'exercice t et $\text{ActifVM}(t-1)$ le montant de l'actif en valeur de marché en fin d'année $t-1$.

Le taux d'actualisation aux taux de rendement de l'actif de l'année de projection t s'écrit alors,

$$\text{DéfateurTRA}(t) = \prod_{i=0}^t \frac{1}{1 + TRA(i)} \quad \text{avec } TRA(0) = 0.$$

Enfin le test de fuite aux TRA pour la simulation n_{sim} et sur une projection sur DateFin année s'écrit,

$$\begin{aligned} \text{TestTRA}(n_{sim}) = & \frac{1}{\text{ActifVM0}} [\text{ActifVM0} - (\text{PassifVC}_{n_{sim}}(\text{DateFin}) \times \text{DéfateurTRA}_{n_{sim}}(\text{DateFin})) \\ & + \sum_{i=1}^{\text{DateFin}} \text{FluxDébutAnnée}_{n_{sim}}(i) \times \text{DéfateurTRA}_{n_{sim}}(i-1)) \\ & + \sum_{i=1}^{\text{DateFin}} \text{FluxFinAnnée}_{n_{sim}}(i) \times \text{DéfateurTRA}_{n_{sim}}(i)] \end{aligned}$$

Avec ActifVM0 le montant de l'actif initial en valeur de marché, $\text{PassifVC}_{n_{sim}}(\text{DateFin})$ la valeur comptable du Passif à la fin de l'année DateFin pour la simulation n_{sim} , $\text{FluxDébutAnnée}_{n_{sim}}(i)$ l'ensemble des flux en début d'année i pour la simulation n_{sim} et $\text{FluxFinAnnée}_{n_{sim}}(i)$ l'ensemble des flux en fin d'année i pour la simulation n_{sim} .

Ce test s'analyse simulation par simulation. L'objectif est d'obtenir des valeurs très proches de zéro. Cela signifie que la reconstitution du passif en valeur de marché à partir des flux actualisés au taux de rendement des actifs est proche de l'actif initial en valeur de marché et donc proche d'un bilan économique équilibré. Ainsi avec ce test, nous sommes capables de savoir si le modèle ALM est robuste à chaque simulation du GSE.

Test de fuite aux TSR

Ce deuxième test de fuite aux taux sans risque (TSR) est plus global. Il se calcule à partir de l'ensemble des simulations du modèle ALM. Il permet de vérifier l'univers risque neutre dans lequel nous travaillons. La structure du test est similaire au test aux TRA à la différence que nous n'actualisons plus avec le taux de rendement de l'actif mais avec le taux sans risque fourni par le taux zéro coupon du GSE. Ainsi ce test permet de savoir si sur l'ensemble des simulations les actifs évoluent bien au taux sans risque.

Nous définissons le taux sans risque à la date t , $TSR(t)$ comme le taux zéro coupon à la date 0 de maturité t , $ZC(0, t)$.

Le taux d'actualisation au TSR de l'année de projection t s'écrit,

$$DéflateurTSR(t) = \prod_{i=0}^t \frac{1}{1 + TSR(i)} \quad \text{avec } TSR(0) = 0.$$

Le test de fuite aux TSR pour la simulation n_{sim} et sur une projection sur $DateFin$ année s'écrit,

$$\begin{aligned} TestTSR(n_{sim}) = & \frac{1}{ActifVM0} [ActifVM0 - (PassifVC_{n_{sim}}(DateFin) \times DéflateurTSR_{n_{sim}}(DateFin)) \\ & + \sum_{i=1}^{DateFin} FluxDébutAnnée_{n_{sim}}(i) \times DéflateurTSR_{n_{sim}}(i-1)) \\ & + \sum_{i=1}^{DateFin} FluxFinAnnée_{n_{sim}}(i) \times DéflateurTSR_{n_{sim}}(i)] \end{aligned}$$

A la différence du test aux TRA, ce test s'analyse sur l'ensemble des simulations du modèle. Il faut donc prendre la moyenne de tous les tests par simulation pour analyser ce test. En terme mathématiques,

$$TestTSR = \frac{1}{Nb_sim} \sum_{n_{sim}=1}^{Nb_sim} TestTSR(n_{sim}).$$

L'objectif est d'avoir un résultat de ce $TestTSR$ relativement proche de zéro pour valider l'hypothèse de martingalité.

2.4 Modélisation de l'interaction actif/passif

Cette partie est dédiée à la description de la stratégie de gestion. C'est le point central de la politique mise en place par la société d'assurance. Elle nous aidera à comprendre les interactions entre l'actif et le passif durant la projection du modèle ALM. Bien évidemment, la politique que met en place l'entreprise doit avant tout permettre de respecter les engagements et les garanties proposées dans chacun des contrats souscrits. La politique peut aussi être adaptée pour rendre l'assureur plus prudent ou compétitif.

2.4.1 Etape 1 de la stratégie de gestion

Nous allons présenter la première étape de la stratégie de gestion : la réallocation de l'actif.

Calcul des produits financiers

Pour rappel, le portefeuille d'actif est composé de 4 classes d'actif : obligation, action, immobilier et monétaire. A partir de ce portefeuille, nous pouvons exposer comment sont déterminés les produits financiers au cours de chaque exercice,

$$PFI = Coupons_{oblig} + Revenus_{Monet} + 10\%PVL_{actions} - Frais_{placements},$$

Les $Revenus_{Monet}$ représentent la capitalisation de l'actif monétaire au taux zéro coupon 1 ans. Le terme $Coupons_{oblig}$ correspond aux retombées de coupons des obligations. $10\%PVL_{actions}$ représente la réalisation systématique de 10% de plus-values sur les actions lorsque la situation le permet. Enfin $Frais_{placements}$ sont les frais de placement des actifs.

Dans le modèle, les actifs ne sont pas séparés entre ceux en représentation des fonds propres et ceux en représentation des provisions à destination des assurés. Ces provisions sont les provisions mathématiques PM et les provisions pour participation aux excédents PPE. Cette différenciation est importante pour le calcul de la PB réglementaire qui s'appuie sur le calcul du résultat financier. En effet, c'est à partir des produits financiers des actifs en représentation des engagements de l'assureur envers ses assurés qu'est calculé le mécanisme de redistribution du résultat financier. De l'autre côté, il n'y a aucune raison de redistribuer les produits financiers issus des actifs en représentation des fonds propres car ce sont des montants complètement indépendants des assurés. Ainsi, l'outil sépare les deux types de produits financiers au prorata des engagements de l'assureurs envers ses assurés. Ce qui donne,

$$Part_{assurés}(t) = \frac{PM(t-1) + PPE(t-1)}{Passif(t-1)},$$
$$Part_{assureur}(t) = \frac{Passif(t-1) - PM(t-1) - PPE(t-1)}{Passif(t-1)} = \frac{FP(t-1) + RC(t-1)}{Passif(t-1)}.$$

Nous obtenons alors la séparation,

$$PFI_{assurés}(t) = Part_{assurés}(t) \times PFI(t),$$
$$PFI_{assureur}(t) = Part_{assureur}(t) \times PFI(t).$$

Réallocation de l'actif

Au cours d'une année de projection, les différents mécanismes de l'outil modifient la structure du bilan. La réalisation de plus-values, le vieillissement des actifs, ou la revalorisation des PM au travers des mécanismes de participation aux bénéficiaires contribuent à cette modification. Nous observons alors une transformation de la structure de l'actif au cours des différentes étapes de projection.

L'ensemble des impacts sur la structure de l'actif est non-proportionnel c'est-à-dire que l'allocation entre les différentes classes d'actifs (obligations, actions, immobilier et monétaire) est modifiée. Nous choisissons de faire l'hypothèse suivante : l'assureur cherche à retrouver une allocation cible en valeur de marché définie en début de projection. Cette allocation cible est constante au cours de la projection.

La réallocation qui est mise en place dans l'outil comporte des simplifications. Nous supposons d'abord que les actifs sont parfaitement liquides. Nous prendrons aussi l'hypothèse que l'assureur peut acheter des parts d'obligation pour atteindre l'allocation cible. Ainsi, les actifs seront parfaitement divisibles. Enfin, l'assureur peut choisir de vendre ou d'acheter des actifs selon son bon vouloir sans contrainte quantitative.

Pour les actifs obligataires, nous rappelons que la vente d'obligation aura un impact direct sur la réserve de capitalisation qui sera modifiée par la réalisation de plus ou moins-value. Pour le réinvestissement sur de nouvelles obligations permettant d'atteindre l'allocation cible, seules des obligations d'Etat AAA de maturité 10 ans et cotant au pair peuvent être achetées. Leurs taux de coupons sont définis de sorte que leur valeur comptable soit égale à leur valeur de marché. Pour la vente d'obligation, celles de maturité les plus proches sont vendues de manière prioritaire.

Enfin, nous pouvons noter que la réallocation entraîne des ventes forcées qui auront des impacts directs sur le résultat financier et la réserve de capitalisation au travers de réalisations de plus ou moins-values.

2.4.2 La participation aux bénéficiaires

Conséquence d'une réglementation prudente, les assureurs ont le devoir de prendre des hypothèses sécurisantes lors du calcul des primes ou du provisionnement (table de mortalité, taux technique plafonné...). Ces choix amènent les assureurs à faire régulièrement des bénéficiaires techniques et financiers qui devraient être redistribués aux assurés. C'est pour ces raisons qu'un niveau minimum de participation aux bénéficiaires (PB) a été mise en place à partir de 1967.

Nous distinguons trois types de participation aux bénéficiaires : réglementaire, contractuelle et discrétionnaire.

La participation réglementaire

Elle est calculée à partir des bénéficiaires globaux de l'entreprise. Le principe est le suivant : l'entreprise doit au moins redistribuer 85% du résultat financier net des produits sur les fonds propres et 90% du résultat technique. Ainsi si nous notons PR la participation aux résultats et PR_{min} le minimum de la participation des assurés aux résultats, nous avons les relations,

$$PR_{min} = \begin{cases} 90\% \text{ du bénéfice technique} \\ \text{ou} \\ 100\% \text{ de la perte technique} \end{cases} + \begin{cases} 85\% \text{ du bénéfice financier} \\ \text{ou} \\ 0\% \text{ de la perte financière} \end{cases}.$$

La participation aux bénéficiaires réglementaires est obtenue en faisant la différence entre la participation aux résultats et l'intérêt technique crédité, $PR = PB + IC$.

La participation contractuelle

L'assureur peut décider de redistribuer sur quantité supérieure à la participation réglementaire afin de rendre son contrat plus attractif. Cette participation est alors définie au niveau du contrat et son calcul se fait alors contrat par contrat.

La participation discrétionnaire

L'assureur peut redistribuer une part des produits financiers réalisés durant l'année à une partie ou à tous les bénéficiaires des contrats d'assurance vie. Cette participation intervient en plus de la participation réglementaire et contractuelle.

La provision pour participation aux excédents (PPE)

Élément indissociable de la PB, la provision pour participation aux excédents (PPE) représente la quantité de participation aux bénéfices attribuée aux assurés qui n'est pas versée à l'issue de l'exercice. Les assureurs ont la possibilité de reporter jusqu'à 8 ans la distribution des montants de PB. L'intérêt de cette provision peut par exemple permettre à l'assureur de lisser le taux servi aux assurés ou de proposer un taux plus compétitif afin d'attirer de nouveaux assurés.

2.5.3 Etape 2 de la stratégie de gestion

Cette seconde étape de gestion permet de choisir les taux avec lesquels les provisions mathématiques PM des assurés seront revalorisées. A la différence de la réallocation cible de l'actif, le taux de revalorisation se doit d'être variable en fonction des années de projection afin de suivre les différentes réalités économiques des simulations. Pour ce faire, l'assureur se fixe comme objectif de respecter le taux concurrent défini à la fin de la partie [2.4.4](#). Comme nous l'avons vu, ce taux concurrent permet de modéliser l'impact de la concurrence sur les rachats. Plus le taux de revalorisation est inférieur à ce taux concurrent plus la quantité de rachats sera importante. Ainsi, l'assureur, en servant au moins le taux concurrent, réduira au maximum l'impact des rachats conjoncturels.

Autre contrainte, l'assureur doit respecter ses engagements contractuels. Cette contrainte peut se matérialiser, par exemple, par un taux minimum garanti (TMG) et par la PB contractuelle. Le TMG correspond aux revalorisations minima servis par l'assureur. Nous décrivons dans la suite la modélisation du taux de PB contractuelle dans l'outil ALM.

Finalement, le taux cible de revalorisation des PM, est celui qui permet de respecter les contraintes contractuelles ainsi que la prise en compte de la concurrence.

Le taux de PB contractuelle

La revalorisation contractuelle est celle écrite directement dans le contrat. C'est la revalorisation minimum que doit servir l'assureur. Comme chaque contrat a ses caractéristiques contractuelles propres, le calcul de la revalorisation contractuelle s'effectue *model point* par *model point*. La revalorisation contractuelle du *model point* i s'écrit alors,

$$RContr_i = \max \left(PM_i \times TMG_i; PB_{contractuelle_i} \times PFI_{assuré} \times \frac{PM_i}{PM} \right),$$

Avec :

- TMG_i le taux minimum garanti du *model point* i ;

- $PFI_{assuré}$ les produits financiers issus des actifs en représentation des engagements de l'assureur envers ses assurés ;
- $\frac{PM_i}{PM}$ la part de la provision mathématique du *model point* i dans la provision mathématique globale.

Enfin, nous définissons le taux de revalorisation contractuelle du *model point* i comme,

$$TContr_i = \frac{RContr_i}{PM_i}.$$

Revalorisation garantie et revalorisation cible

Nous définissons, dans cette partie, l'objectif global en termes de revalorisation. Comme nous l'avons décrit l'assureur se doit de respecter ses engagements contractuels ainsi que de prendre en compte la concurrence. Partant de cette remarque nous pouvons écrire la revalorisation cible de la manière suivante :

$$RC_i = PM_i \times \max(TC, TContr_i)$$

Avec TC le taux concurrent et $TContr_i$ le taux de revalorisation contractuelle.

Définie de cette manière, la revalorisation cible permet bien le respect obligatoire des engagements contractuels de l'assureur et d'au moins servir le taux concurrent qui protège l'assureur des rachats conjoncturels.

Sur l'ensemble du portefeuille, la quantité de revalorisation cible d'obtient en sommant *model point* par *model point* les revalorisations.

$$RC = \sum_{i=1}^{NbMP} RC_i$$

Dans la partie suivante nous allons décrire la politique de taux servi. Cette politique correspond à la stratégie d'allocation des ressources disponibles pour atteindre la revalorisation cible.

Algorithme de politique de taux servi

L'algorithme se divise en deux étapes : atteindre d'abord la revalorisation contractuelle puis aboutir à la revalorisation cible.

1^{ère} Etape :

Dans cette première étape illustrée par la figure 2.9, l'algorithme vérifie si les produits financiers issus des actifs en représentation des engagements de l'assureur envers ses assurés ($PFI_{assurés}$) sont suffisants pour atteindre la revalorisation contractuelle. Si c'est le cas l'objectif est atteint et la deuxième étape de l'algorithme peut commencer. Dans le cas contraire, l'assureur va alors piocher dans les ressources financières à sa disposition pour atteindre la revalorisation contractuelle dans l'ordre suivante :

- Réalisation de plus-values sur les actions dans limite des plus-values existantes ;
- Abandon des produits financiers issus des actifs en représentation des fonds propres et de la réserve de capitalisation ;
- Réalisation des pertes sèches sur fonds propres pour financer la revalorisation.

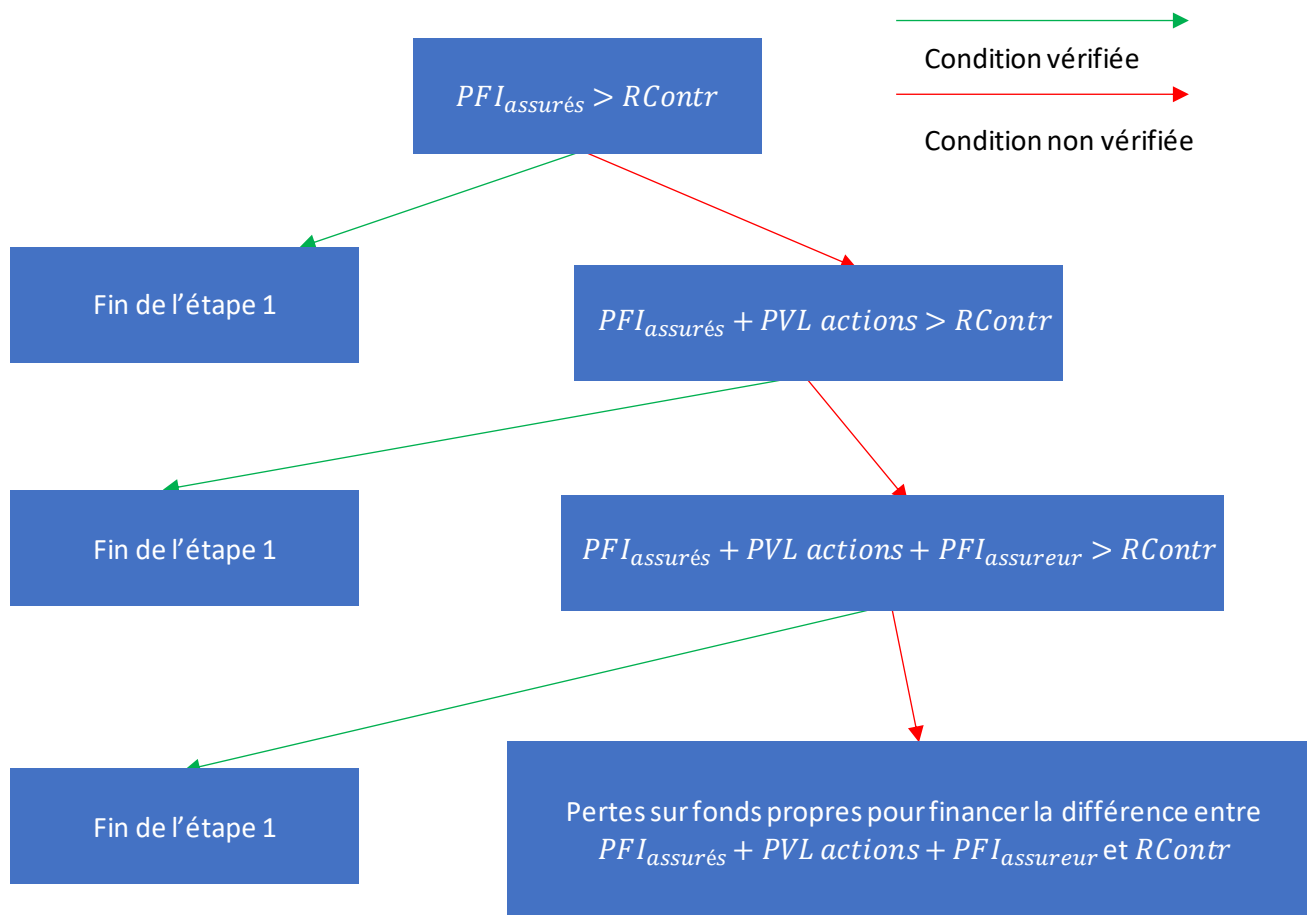


Figure 2.9 : Etape 1 de l'algorithme, service de la revalorisation contractuelle

Nous pouvons noter que dans même dans la pire situation, si l'assureur réalise des pertes sur fonds propres, la revalorisation cible pourra être atteinte en utilisant la PPE.

2^{nde} Etape :

Dans cette seconde étape, illustrée par la figure 2.10, l'objectif est d'aboutir à la revalorisation cible en ayant déjà atteint la revalorisation contractuelle. Pour commencer, l'algorithme va reprendre de manière automatique 15% de la PPE afin de respecter la redistribution sous 8 ans de la PPE. Le premier test est de savoir si cette reprise permet d'atteindre la revalorisation cible. Si c'est le cas l'objectif est rempli et l'algorithme s'arrête. Dans le cas contraire, l'assureur va s'appuyer sur les ressources qu'il a à disposition pour atteindre la revalorisation cible dans l'ordre suivant :

- Utiliser les $PFI_{assurés}$ restant après l'étape 1 dans la limite de 85% qui correspond au seuil de PB minimum ;
- Reprendre la PPE restante après la reprise automatique de 15% dans la limite de 85% de la PPE initiale (avant reprise automatique) ;
- Utilisation des 15% de $PFI_{assurés}$ restant ;
- Réaliser des plus-values supplémentaires sur actions.

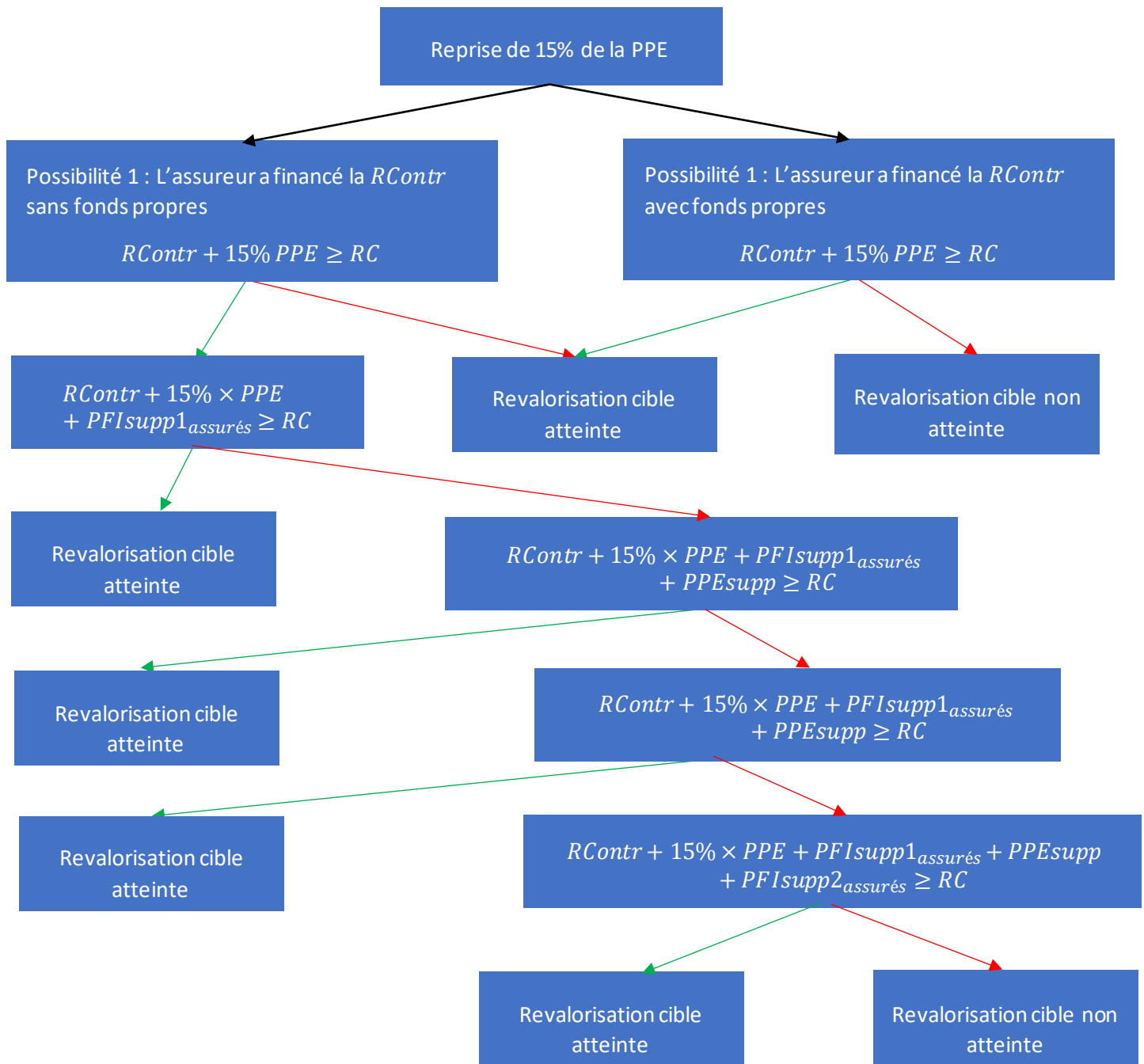


Figure 2.10 : Etape 2 de l'algorithme, service de la revalorisation cible

Nous notons que si, à la fin de l'étape 2, la revalorisation cible n'est pas atteinte, la contrainte concurrentielle ne sera pas respectée. Nous observerons alors des rachats conjoncturels dus à l'écart entre le taux de revalorisation effectivement servi par l'assureur et le taux attendu par les assurés.

La participation aux bénéfices minimum

A la fin de l'algorithme, nous devons nous assurer que 85% des résultats financiers nets de frais de gestion sont redistribués aux assurés : c'est la PB réglementaire. Pour faire cette vérification, il suffit de comparer le montant des $PFI_{assurés}$ réellement redistribués et $85\%PFI_{assurés} - \text{Frais de gestion}$. Si les produits effectivement redistribués sont inférieurs à 85% des produits financiers nets de frais de gestion, nous doterons alors la PPE pour atteindre les 85%.

Chapitre 3 : Application du modèle ALM au cantonnement

Le présent chapitre s'attachera à mettre en place le cantonnement dans une compagnie d'assurance vie fictive et d'en mesurer les impacts au niveau prudentiel, économique et pour les assurés. Pour ce faire, nous commencerons par présenter les métriques d'analyse et les caractéristiques de notre assurance fictive à travers le bilan, le portefeuille d'actifs et de contrats. Nous définirons une méthode pour la mise en place du cantonnement. Cette méthode respectera les trois lignes directrices que nous avons définies à la fin du chapitre 1. Enfin nous mesurerons les impacts de la mise en place du cantonnement.

3.1 Métriques d'analyse

En partant de la structure des résultats que nous obtiendrons à l'aide du modèle ALM, nous devons trouver une méthode d'analyse qualitative que nous pourrions mettre en œuvre pour comparer les différences des résultats selon les types de découpage du portefeuille d'actifs.

Notre analyse se portera sur trois métriques principales : une métrique prudentielle, une métrique économique (point de vue de l'assureur et de ses actionnaires) et enfin une métrique commerciale ou concurrentielle (du point de vue des assurés).

3.1.1 Métrique prudentielle

Pour la métrique prudentielle, nous pourrions penser directement à calculer le SCR avant et après cantonnement. Aujourd'hui, les outils en cours de développement au sein de Mazars Actuariat ne permettent pas d'évaluer un SCR complet, qui reposerait sur des évaluations de passifs suite à des chocs technico-financiers, ainsi qu'un mécanisme de consolidation (agrégation des différents SCR modulaires, ajustements divers et prise en compte des limitations d'absorption). Cependant, nous avons effectué des implémentations sur notre outil de manière à obtenir une approximation du BSCR dans le cadre de la formule standard. A partir de cette approximation du SCR, nous pourrions déterminer l'impact prudentielle du cantonnement.

Nous partirons alors d'une approximation de la formule standard en considérant seulement un BSCR et les modules suivants : taux, action, immobilier, spread, dépenses, mortalité, longévité et rachat. Le reste des modules seront mis à zéros en supposant leurs coefficients de corrélation égaux à zéro. Les chocs appliqués pour les modules modélisés sont une approximation des chocs disposés par la directive 2009/138/CE du parlement européen (règlement délégué).

Pour le choc action, nous avons considéré que l'ensemble du portefeuille est constitué d'action de type 1 (choc de -22% sur la valeur des actions).

Pour l'immobilier, nous suivons la disposition de la directive avec un choc des valeurs immobilières de -25%.

Pour les taux, nous appliquons les chocs à la hausse et la baisse disposés dans la directive.

Pour le spread, nous choquons la valeur des obligations *govies* hors UE et les *corporates* selon les dispositions de la directive.

Pour le choc dépenses, nous suivons les préconisations de la formule standard en augmentant les frais de gestion, d'acquisition et d'administration de 10% ainsi que l'inflation de ces frais de 1%.

Pour la mortalité et la longévité, nous choquons respectivement la table de mortalité de +15% et -20% selon la disposition de la directive.

Pour le rachat, nous faisons une approximation de la formule standard. Nous considérons en un seul *run* le choc rachat *up* et *down* en choquant les *Model Points* sensibles à la hausse ou à la baisse des rachats. La hausse et la baisse sont respectivement de +50% et -50%, comme disposés dans la directive.

Le reste des modules n'est pas évalué et nous gardons l'agrégation en BSCR sans prendre en compte le risque opérationnel et l'ajustement visant à tenir compte de la capacité d'absorption de pertes des provisions techniques et des impôts différés. L'agrégation des modules évalués pour obtenir le BSCR est effectuée avec les matrices de corrélation données par le règlement délégué.

Le modèle ALM nous donne le *Best Estimate* et les Fonds Propres actualisés. En partant de ces éléments nous construisons un *proxy* du ratio de solvabilité. La première étape est de déterminer les fonds propres éligibles en réduisant les fonds propres actualisés des impôts différés, des fonds propres sociaux ainsi que la marge pour risque.

Nous déterminons la marge pour risque à partir du *Best Estimate* en appliquant un taux de 1,15% (proportion que nous avons observée chez un client de Mazars Actuariat). Ce qui donne,

$$\text{Marge pour risque} = 1,15\% \times (BE_{EURO} + BE_{UC}).$$

Les impôts différés se calculent sur la base des profits futurs valorisés dans le modèle *Best Estimate*, ce qui selon une approche bilancielle peut se réécrire,

$$\text{Impôts différés} = 30\% \times (FP \text{ actualisé} - \text{Marge pour risque} - FP \text{ sociaux}).$$

Une approximation des fonds propres éligibles serait donc,

$$FP \text{ éligibles} = FP \text{ actualisés} - \text{Marge pour risque} - \text{Impôts différés} - FP \text{ sociaux}.$$

Nous obtenons le ratio de solvabilité à partir de la formule suivante,

$$\text{proxy ratio de solvabilité} = \frac{FP \text{ éligibles} + FP \text{ sociaux}}{BSCR_{proxy}}.$$

Nous résumons les applications numériques à partir du bilan en valeur de marché de la société initiale dans le tableau 3.1 qui suit. Le ratio de solvabilité vaut 172,6% à la situation initiale.

Tableau 3.1 : Application des calculs du $BSCR_{proxy}$

FP actualisés	114,6 M€
Marge pour risque	10,3 M€
Impôts différés	12,5 M€
FP éligibles	29,1 M€
$BSCR_{proxy}$	53,2 M€

En calculant les FP éligibles des résultats après cantonnement ainsi que le BSCR après cantonnement, nous pourrions calculer le ratio de solvabilité et ainsi comparer ce nouveau ratio à celui de la société initiale égal à 172,6%. Il se détermine par,

$$\text{Ratio de solvabilité}_{\text{après cantonnement}} = \frac{FP \text{ éligibles}_{\text{après cantonnement}} + FP \text{ sociaux}}{BSCR_{proxy, \text{après cantonnement}}}.$$

Malgré les approximations retenues, cette métrique nous permet de prendre à la fois en compte les variations du BSCR et des fonds propres éligibles. Il va de soi qu'une compagnie d'assurance pourrait s'appuyer sur son modèle ALM pour produire une métrique plus précise.

3.1.2 Métrique économique

Pour la métrique économique, l'idée va être d'étudier les quantités du bilan qui appartiennent à l'assureur et donc aux actionnaires. Ce sont simplement les fonds propres actualisés. Nous allons faire apparaître la Present Value of Future Profits (PVFP), nette de marge pour risque.

A partir des méthodes utilisées dans les parties précédentes, nous calculons la PVFP nette de marge pour risque,

$$\begin{aligned} PVFP \text{ net de marge pour risque} \\ = FP \text{ actualisés} - \text{Marge pour risque} - \text{Impôts différés} - PF \text{ sociaux.} \end{aligned}$$

L'idée va alors être de comparer les PVFP nette de marge pour risque avant et après cantonnement et pour chacun des découpages d'actifs afin de déterminer l'impact économique pour l'assureur et pour les actionnaires.

3.1.3 Métrique concurrentielle : les taux servis

Cette métrique nous permettra d'étudier les impacts du cantonnement du point de vue de l'assuré.

Il faut entendre par taux servis le taux avec lequel l'assureur revalorise la provision mathématique du contrat. Par cette revalorisation, l'assureur modifie son engagement envers l'assuré, c'est le rendement brut des placements de l'épargne des assurés. Ces taux servis sont étroitement liés à la satisfaction des clients vis-à-vis de leurs contrats d'assurance vie. L'historique des taux servis, conjointement avec les niveaux de richesses latentes (PPE, taux de PVL et réserve de capitalisation) fait partie des éléments comparatifs entre les différentes compagnies d'assurance et entre les gammes au sein de compagnies d'assurances. C'est également un outil des Direction Produit pour dynamiser des nouvelles gammes ou réorienter ses clients vers de nouvelles solutions.

La notion de taux servis est indissociable de la participation aux bénéfices. C'est par le mécanisme de PB que l'assureur redistribue les produits financiers à ses assurés et c'est à travers cette redistribution que nous pouvons calculer les taux servis.

Dans notre modèle, les taux servis sont composés de plusieurs niveaux de participation aux bénéfices. D'abord, la participation permettant d'atteindre la revalorisation contractuelle respectant les engagements contractuels de l'assureur envers ses assurés (TMG et redistribution de 90% du résultat financier assuré). Ensuite la PB cible permettant de respecter la revalorisation cible qui annule de potentiels rachats dynamiques importants. Pour rappel, la revalorisation cible vise à au moins égaliser les taux servis par la concurrence (définis par le taux concurrent). L'addition de ces deux niveaux de participation nous donne les taux servis cible. Enfin, si besoin un surplus de PB est versé afin d'atteindre la PB réglementaire. La somme de ces trois niveaux de PB nous donne les taux servis finaux.

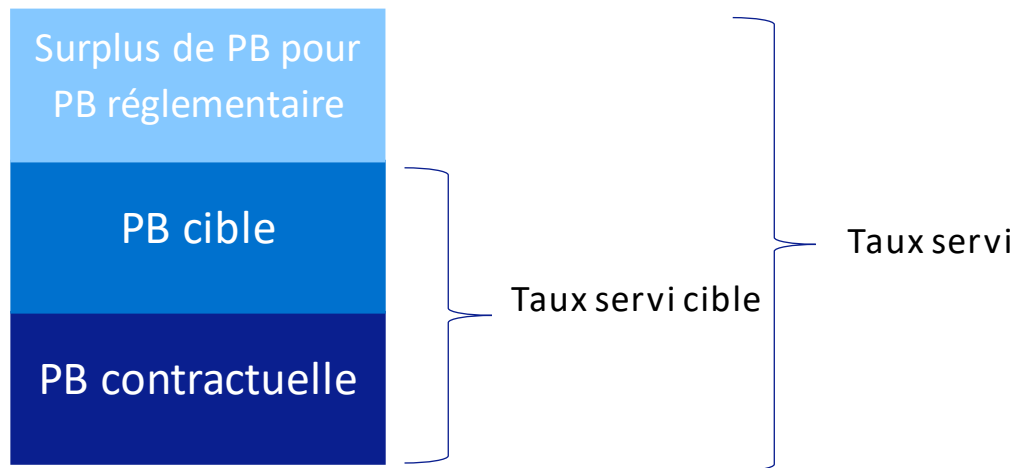


Figure 3.1 : décomposition du taux servi

Habituellement, le calcul de la participation aux bénéfices réglementaire s'effectue à la maille société mais dans le contexte d'un cantonnement ce calcul s'effectue canton par canton. Il s'agit d'une limite technique que l'on retrouve dans la plupart des modèles ALM à fonds cantonnés. Nous observons alors de nouvelles contraintes dans la structure du calcul de la PB réglementaire. Nous tenterons de mesurer l'impact de ce changement dans la suite.

3.2 Modélisation de la compagnie d'assurance fictive

Cette partie décrira la compagnie fictive que nous considérerons pour appliquer les méthodes de cantonnement. Nous avons tâché de choisir une assurance fictive représentative du marché actuel. Ce choix nous permettra d'obtenir des résultats ayant des ordres de grandeur cohérents avec les observations sur le marché de l'assurance. Nous allons présenter la situation initiale de la compagnie à la date 31/12/2020.

3.2.1 Bilan initial

Avant de commencer à définir les valeurs des éléments du bilan, nous supposerons que l'ensemble de l'actif (i.e. passif) de notre société vaut 910 M €. Bien évidemment le choix de ce montant est arbitraire et correspond à une petite société d'assurance vie.

Nous choisissons ensuite de définir les valeurs des différentes classes d'actifs à l'aide d'une allocation initiale : 70% d'obligation, 15% d'immobilier, 10% d'action et 5% de monétaire. Nous supposerons aussi que cette allocation sera l'allocation cible lors de la projection. C'est l'une des stratégies de gestion. L'allocation cible est illustrée par la figure 3.2.

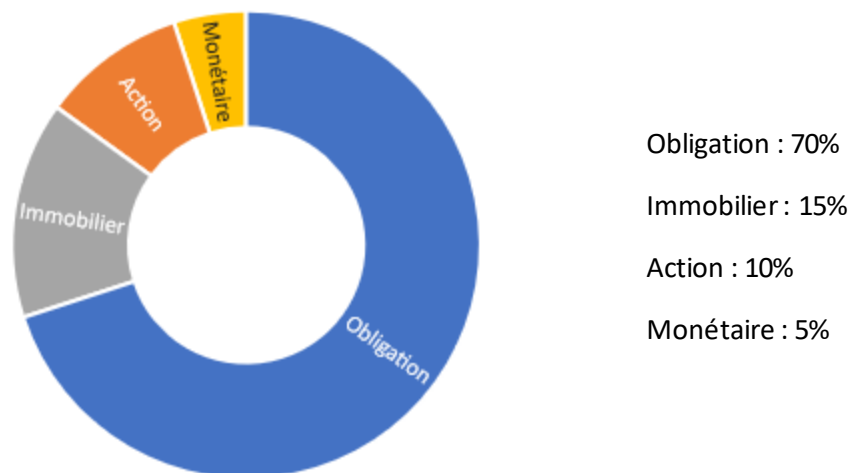


Figure 3.2 : Allocation initiale de l'actif

Puis nous nous intéressons aux éléments passifs du bilan. Nous avons choisi un ratio de PPE/PM égal à 3,5%, un ratio de RC/PM de 2% et une proportion de fonds propres entre 7,5% et 9%. Ces valeurs sont celles que nous pouvons globalement observer sur le marché de l'assurance. Le bilan de la compagnie fictive est exposé dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 : Bilan initial de la compagnie fictive

Actif (M€)		Passif (M€)	
Obligation	505,4	Fonds propres	62,6
Action	72,2	Réserve de capitalisation	12,5
Immobilier	108,3	PPE	21,9
Monétaire	36,1	Provision mathématique	625
Fonds UC	187,5	Fonds UC	187,5
Total	909,5 M€	Total	909,5 M€

Il reste enfin à définir la quantité de plus-values latente (PVL) de l'actif. Nous choisissons de donner 20% de PVL aux actions et 10% de PVL à l'immobilier. Pour la partie obligataire, nous partons d'un portefeuille déjà existant ayant environ 15,5% de PVL. Nous décrivons ce portefeuille d'obligation dans la partie suivante. Enfin, la partie monétaire n'admet, par définition, pas de PVL. L'allocation des actifs en valeur de marché est la suivante : 70,7% obligations, 14,4% Immobilier, 10,5% actions et 4,4% de monétaire.

3.2.2 Model Points passifs

Nous considérons dans notre portefeuille de passif seulement 4 *Model Point* (MP) en stock. Cette simplification a été effectuée pour réduire la complexité des analyses *ALM*. Cela permet de faciliter l'étude des impacts du cantonnement. Les *Model Point* de passif sont définis à partir d'un certain nombre de paramètres : Type de contrat, Ancienneté, TMG, PM, Age moyen, chargements et part d'UC. Ces paramètres caractérisent les contrats en portefeuille.

Les deux premiers MP retenus sont des contrats d'épargne :

- Le premier agrège tous les contrats d'assurance vie classique avec une souscription relativement récente se traduisant par un TMG de 0%. Ce contrat représente la plus grande partie du segment épargne (93%).
- Le second représente les contrats d'assurance vie avec des dates de souscription très anciennes. Ils sont caractérisés par un TMG très élevé, ici 4,5%. Ils engendrent de s pertes importantes pour les assureurs. En effet, les performances financières actuelles ne permettent pas d'atteindre ce niveau de taux. Au vu de cette valeur de TMG, les rachats sont presque inexistants. C'est pourquoi ils sont souvent appelés assurance vie viagère car c'est au décès de l'assuré que l'assureur peut se délester de ces contrats.

Les deux derniers contrats représentent la partie retraite du portefeuille. Elle est constituée de contrats individuels (Madelin) et collectifs (Article 83). Nous avons choisi ces types de contrats de retraite car leurs caractéristiques sont similaires sur la sortie au moment de la retraite. Pour les deux, la sortie d'effectue entièrement en rente avec un taux technique contractuel de rente de 60% du TME. Pour rappel, le taux technique contractuel permet à l'assureur de convertir l'épargne constituée en arrérages qui seront ensuite servis de manière viagère aux bénéficiaires de la rente. Les paramètres de ces 2 MP sont choisis identiques pour n'étudier les impacts qu'au niveau de l'activité Retraite et non MP par MP. Comme les taux techniques contractuels sont différents selon les types de contrats d'épargne retraite (0% pour le PER et 60% du TME à la souscription pour l'article 83 et Madelin), la

migration des articles 83 et Madelin vers les PER lors du cantonnement aura des impacts lors de la sortie en rente.

Le choix de retenir des valeurs identiques pour les paramètres des MP retraites nous permettra, lors de la mise en place du cantonnement, de n'avoir plus qu'un seul MP de type PER. Ce nouveau MP sera la somme des 2 anciens MP Madelin et article 83.

Le tableau 3.3 résume les caractéristiques des MP en portefeuille.

Tableau 3.3 : *Model points* de passif en portefeuille à la date initiale

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Type de contrat	Vie classique	Vie ancien	Article 83	Madelin
Ancienneté (ans)	12	24	7	7
Taux Minimum garanti (net de FG)	0%	4,5%	0%	0%
Chargement d'acquisition	2%	2%	2%	2%
Nombre de polices	23 000	800	2 000	2 000
Provision mathématique (PM en €)	510 000 000	35 000 000	40 000 000	40 000 000
Age moyen (ans)	57	68	55	55
Chargement sur encours moyen (en pourcentage de la PM)	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Part d'UC	30%	30%	30%	30%

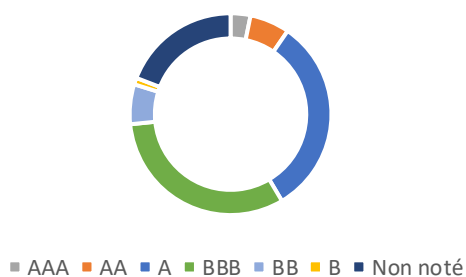
N'ayant pas de données d'un portefeuille de contrats à disposition, les valeurs des paramètres ont été fixées par avis d'expert, cependant la répartition entre retraite et épargne est cohérente avec celle d'un client de Mazars Actuariat.

3.2.3 *Model points* actifs

Comme présenté dans le chapitre précédent, nous modélisons 4 types d'actifs : les obligations, les actions, l'immobilier et le monétaire. Pour rappel, les actions sont modélisées par un seul MP suivant la dynamique du CAC40. L'immobilier est, lui aussi, représenté par un seul MP avec une modélisation similaire aux actions mais avec une volatilité moins importante. Il reste donc à décrire la partie obligation.

Portefeuille d'obligations initial

A la date initiale, notre entreprise fictive possède un portefeuille contenant 94 obligations pour une valeur comptable totale de 505 400 000€. Ce portefeuille a été construit à partir de celui d'un client de Mazars Actuariat. Elles sont notées de AAA à BBB avec certaines n'ayant pas de note. La figure 3.3 présente la proportion de chaque note dans le portefeuille.



Rating	Proportion
AAA	3%
AA	6%
A	32%
BBB	32%
BB	6%
B	1%
Non noté	19%

Figure 3.3 : Notation des obligations

La valeur de marché du portefeuille obligataire vaut 583,7 M€. Elle est obtenue comme la somme des *cashflows* actualisés par la courbe des taux du 31/12/2020 donnée par l'EIOPA. En termes mathématiques cela donne,

$$\text{Valeur de marché} = \sum_{i=1}^{94} \sum_{t=1}^{T_i} \frac{\text{cashflows}_{i,t}}{(1 + ZC(0, t))^t}$$

Avec :

- $\text{cashflows}_{i,t} = \text{Nominal} \times (\mathbb{1}_{t=T_i} + \text{taux}_{\text{coupon RN},i})$;
- $\text{taux}_{\text{coupon RN},i}$ le taux de coupon de l'obligation i après risque neutralisation ;
- T_i la maturité de l'obligation i ;
- $ZC(0, t)$ le taux zéro coupon de maturité t .

La figure 3.4 présente les *cashflows* du portefeuille d'obligation en proportion de la valeur de marché initiale du portefeuille d'obligation.

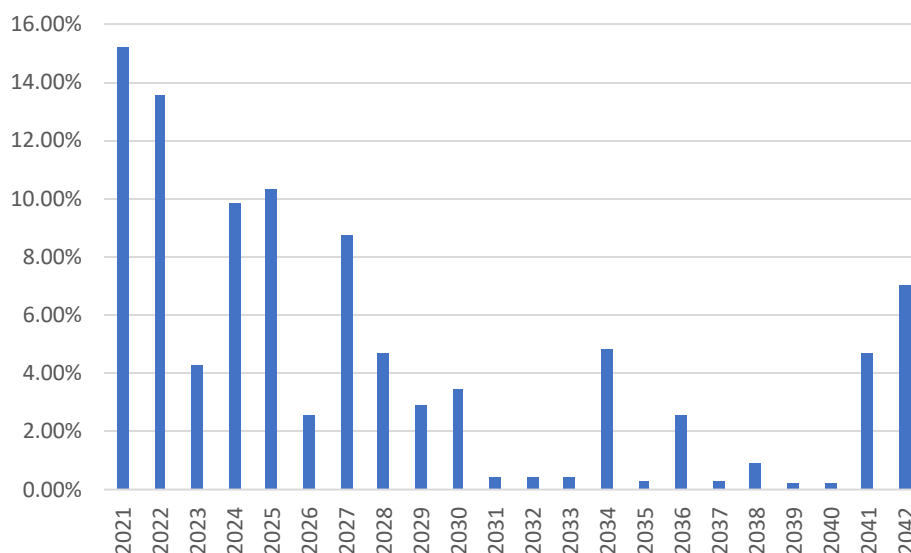


Figure 3.4 : *Cashflows* en proportion de la VM initiale

La risque neutralisation entraîne une conséquence directe sur les taux de coupons. Ils sont corrigés afin de supprimer le spread correspondant à la prime de risque. Ce sont ces taux de coupon risque neutralisés que nous retiendrons pour la suite du mémoire.

A partir de la valeur de marché, nous pouvons donner le taux de plus-value latente du portefeuille d'obligation par rapport à la valeur de marché : 13,4%.

Réinvestissement obligataire

Maintenant que le portefeuille d'obligation initial est correctement défini, nous devons présenter sur quelles obligations l'entreprise peut réinvestir pour atteindre l'allocation d'actif cible (70% obligation, 10% actions, immobilier et 5% monétaire).

Pour des questions de simplification du modèle, la société n'achète que des obligations de maturité 10 ans, notées AAA et en Euro. Comme ce sont des obligations n'existant pas à la date initiale, nous les caractériserons en prenant comme taux de coupon le taux zéro coupon à la date de projection de maturité 10 ans issu des scénarios du GSE. Par exemple, si nous sommes à la date t de la simulation

n_{sim} , le taux de coupon de l'obligation sera égal au $ZC_{n_{sim}}(t, t + 10)$. Par ailleurs, il n'y aura pas de sujet de risque neutralisation car le taux zéro coupon sera issu du GSE déjà risque neutre.

3.2.4 Chiffres de solvabilité

Afin de donner une base de comparaison pour la suite des analyses et des résultats, les chiffres de solvabilité de la compagnie fictive dans la situation initiale sont résumés dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 : Détails des chiffres de solvabilité

Module	Valeur en M€	Module	Valeur en M€
Taux	3.7	Mortalité	1.2
Action	8.2	Longévité	10.7
Immobilier	19.3	Invalidité	0
Spread	26.7	Dépenses en vie	5.3
Concentration	0	Révision	0
Devise	0	Cessation	4.1
		Cat	0

SCR	Valeur en M€		Valeur en M€
Marché	47.4	FP actualisés initiaux	114.6
Défaut	0	Marge pour risque	10.3
Vie	15.1	Impôts différés	12.5
Santé	0	FP éligibles	29.2
Non-vie	0	BSCR	53.2
BSCR	53.2	Ratio de solvabilité	172.6%

3.2.5 Frais et taxes

Nous supposons des taux de frais constants tout au long de la projection. Le tableau 3.4 présente les taux de frais retenus. Le taux de prélèvements sociaux est fixé à 15,5%.

Tableau 3.5 : taux de frais retenus

Type de frais	Taux (% de PM)
Frais de placement	0,15 %
Frais d'acquisition	1 %
Frais de gestion	0,5 %
Frais d'administration	0,2 %

3.3 Mise en place du cantonnement

Dans cette partie, nous nous attacherons à mettre en place une méthode de cantonnement sur notre assurance fictive. Nous nous intéresserons, d'abord, aux impacts dû au transfert des anciens produits de retraite vers le PER. Puis, partant de ce nouveau portefeuille de contrats PER, nous expliciterons la méthode de découpage du bilan que nous mettrons en place dans la suite du mémoire.

3.3.1 Transfert des contrats retraite vers les PER avant le cantonnement

Un enjeu de la réforme PACTE est le transfert des anciens produits d'épargne retraite vers les nouveaux PER. Jusqu'au 31/12/2022, les anciens produits d'épargne peuvent être transférés.

Mise en place du transfert

Présenté dans la partie 3.1.2, le portefeuille initial est composé de 2 produits de retraite : Madelin et Article 83. Avant la mise en place du cantonnement, il nous faut transférer les contrats retraite initiaux vers les PER afin d'isoler les impacts du cantonnement des changements de caractéristiques des produits retraite. Deux différences majeures sont à prendre en compte à la suite du transfert :

- Le changement de taux technique pour la conversion en rente de l'épargne : 60% du TME pour l'Article 83 et le Madelin et 0% pour le PER.
- La proportion de sorties en capital et en rente : pas de sortie en capital pour le Madelin et l'Article 83 mais sortie en capital possible sur les sommes issues des versements volontaires et de l'épargne salarial pour le PER.

A cause de la commercialisation très récente des PER, nous n'avons pas encore de données exploitables afin de décider d'une proportion des sorties en capital à l'issue de la phase de constitution pour les PER. Nous supposons cette proportion égale à 40%. Ce choix rentre dans la volonté de la réforme PACTE voulant rendre plus flexible le choix de la sortie en rente ou en capital. Ce paramètre pourrait faire l'objet de sensibilité spécifiques étant donné qu'il impacte la durée des engagements et donc les choix potentiels dans la stratégie d'investissement.

Le transfert des anciens contrats vers les nouveaux PER n'est pas automatique ; c'est aux assurés de choisir. Nous prendrons l'hypothèse d'un transfert total vers les PER. De cette manière nous maximiserons les impacts du cantonnement dans la suite de l'étude. Le tableau 3.6 donne les nouvelles caractéristiques du MP de retraite après transfert.

Tableau 3.6 : *Model point* retraite après transfert vers PER

Type de contrat	Ancienneté	TMG	Chargement d'acquisition	Nbr de police	PM (en €)	Age moyen	Chargement sur encours	Part d'UC
PER	7 ans	0%	2%	4 000	80 000 000	55 ans	0.6%	30%

Dans ce mémoire, nous n'avons pas implémenté les modalités de gestion pilotées progressives offertes par la loi PACTE pour ce qui concerne la part UC dynamique.

Résultats du modèle ALM

Mettant en œuvre le modèle ALM sur la société fictive initiale, nous obtenons, avant recalage de la fuite, le bilan en valeur de marché est présenté dans le tableau 3.7 qui suit.

Tableau 3.7 : Bilan en valeur de marché avant recalage de la fuite de la société initial

Actif (M€)		Passif (M€)	
Partie Euro			
Obligation VM	583,7	Fonds propres actualisés Euro	108,6
Action VM	86,6	<i>Best Estimate</i> Euro	710,3
Immobilier VM	119,1		
Monétaire VM	36,1		
Total	825,5 M€	Total	818,9 M€
Partie UC			
Fond UC	187,5	Fonds propres actualisés UC	6
		<i>Best Estimate</i> UC	183
Total	187,5 M€	Total	189 M€

Nous s'intéressons maintenant à la fuite du modèle. Cette fuite se calcule simplement par,

$$fuite = \frac{ActifVM - PassifVM}{ActifVM}$$

Nous obtenons une fuite pour la partie euro de 0.81% et de -0.80% pour la partie UC. Pour continuer l'étude des résultats, il faut prendre en compte ces fuites afin de parvenir à un bilan équilibré dans lequel l'actif est égal au passif. De manière prudente, nous ajoutons la fuite au BE lorsqu'elle est positive (i.e. Actif>Passif) et nous la retranchons aux fonds propres actualisés lorsqu'elle est négative (i.e. Actif<Passif).

De la même manière, nous obtenons le bilan en valeur de marché de la société avec le portefeuille modifié comprenant les nouveaux PER.

Les modifications apportées au portefeuille ainsi que la prise en compte des fuites n'ont aucune influence sur l'actif initial. Ainsi, pour les deux situations, avant et après transfert vers les PER, l'actif du bilan en valeur de marché est identique. La variation des éléments de passif est présentée dans le tableau 3.8.

Tableau 3.8 : Passif en valeur de marché de la société avant et après transfert vers le PER

Passif initial (M€)		Passif avec nouveau portefeuille (M€)	
Partie Euro		Partie Euro	
Fonds propres actualisés Euro	108,6	Fonds propres actualisés Euro	106,8
<i>Best Estimate</i> Euro	717	<i>Best Estimate</i> Euro	718,8
dont BE Frais placement FP	6,9	dont BE Frais placement FP	6,9
dont BE MP 1	557,7	dont BE MP 1	557,7
dont BE MP 2	68,3	dont BE MP 2	68,3
dont BE MP 3	42	dont BE MP 3	43
dont BE MP 4	42	dont BE MP 4	43
total	825,6 M€	total	825,6 M€
Partie UC		Partie UC	
Fonds propres actualisés UC	4,5	Fonds propres actualisés UC	4
<i>Best Estimate</i> UC	183	<i>Best Estimate</i> UC	183,5
dont BE UC Frais placement FP	289,5	dont BE UC Frais placement FP	266,4
dont BE UC MP 1	149,9	dont BE UC MP 1	149,9
dont BE UC MP 2	10,4	dont BE UC MP 2	10,4
dont BE UC MP 3	11,2	dont BE UC MP 3	11,4
dont BE UC MP 4	11,2	dont BE UC MP 4	11,4
Total	187,5 M€	Total	187,5 M€

Il faut comprendre le BE MP *i* par le *Best Estimate* du *Model point i* calculé à partir des flux de trésorerie engendrés par le *Model point i*. De la même manière, le BE Frais de placement FP est le *Best Estimate* calculé à partir des flux de frais de placement des fonds propres.

Analyse des impacts

Le tableau 3.9 récapitule les variations entre les deux passifs présentés précédemment :

Tableau 3.9 : Récapitulatif des variations engendrées par le transfert vers le PER

	Variations			
	en valeur (en €)	en pourcentage	en valeur (en €)	en pourcentage
	Euro		UC	
Fonds propres actualisés	- 1 806 336	-1,66%	- 462 162	-10,18%
<i>Best Estimate</i>	1 806 336	0,25%	462 162	0,25%
dont BE Frais placement FP	- 87 987	-1,27%	- 23 105	-7,98%
dont BE MP 1	- 80 469	-0,01%	2 141	0,00%
dont BE MP 2	- 8 350	-0,01%	86	0,00%
dont BE MP 3	991 571	2,36%	241 520	2,16%
dont BE MP 4	991 571	2,36%	241 520	2,16%

Nous notons d'abord que les variations sont presque inexistantes (d'ordre 0,01%) sur la partie épargne c'est-à-dire sur les deux premiers MP. Ceci conforte les résultats que nous avons obtenus car nous n'avons modifié que les MP retraite. De plus, nous observons les mêmes dynamiques de variations entre la partie Euro et la partie UC.

Sur les MP retraite, le transfert vers le PER entraîne une augmentation des BE par MP retraite. Malgré une atténuation par la diminution du BE de frais de placement des FP, le BE global augmente. Cette hausse, que ce soit en euro ou en UC, est égale à la diminution des Fonds propres actualisés.

Du côté de nos métriques d'analyse construites au début de ce chapitre, nous observons une amélioration du ratio de solvabilité de 1,8 point et une diminution de notre métrique économique de 1,6 M€ (-5,7%).

Tableau 3.10 : Impacts du transfert vers le PER sur les métriques prudentielle et économique

	Métrique prudentielle	Métrique économique
Transfert vers le PER	1,8 point	-5,7%

Au global la situation économique de notre assurance fictive s'est largement détériorée à la suite du transfert des MP retraite vers le nous produit PER.

Du côté prudentiel, malgré une diminution des fonds propres éligibles, le ratio de solvabilité est amélioré à la suite d'une diminution du BSCR proportionnellement plus importante que celle des fonds propres éligibles. La diminution du BSCR est largement expliquée par la modification de la proportion de sortie en rente. Pour rappel, dans la situation initiale, la proportion de sortie en rente était de 100%. A la suite du transfert vers le PER, cette proportion est diminuée à 60%. Conséquence de ce changement, le portefeuille de retraite devient alors moins sensible au choc de longévité. Après recalcul du BSCR, nous observons bien une diminution significative du module longévité (-32%). L'ensemble des chiffres de solvabilité post transfert vers le PER seront mis en annexe IV.

Du côté économique, les variations observées sont explicables par la modification de deux facteurs : d'un côté, l'évolution de la proportion de sorties en capital au moment du départ à la retraite (passant de 0% à 40%) ; et de l'autre, la modification du taux technique contractuel pour la conversion de l'épargne en rente (passant de 60 du TME à 0%).

Pour mesurer l'impact de ces deux facteurs, nous avons lancé le modèle avec la modification d'un seul facteur à la fois. De cette manière, nous obtiendrons les chocs marginaux de ces deux facteurs.

Pour la modification du taux technique contractuel, nous observons une augmentation du ratio de solvabilité relativement basse (+0,7%) et de la métrique économique (+1.5%). Ainsi, la modification du taux technique a un impact favorable. Nous pouvons conjecturer ce résultat en analysant la formule de calcul de la sortie en rente par capital équivalent dans laquelle intervient le taux technique. Pour rappel cet écart s'écrit,

$$Ecart = Arrérage \times \left(a_{x, \text{taux technique contractuel, table de mortalité}}^{\text{contractuel}} - a_{x, \text{taux technique réel, table de mortalité}}^{\text{réel}} \right) \times (1 + f).$$

La modification du taux technique contractuel diminue l'actualisation dans le calcul du $a_{x, \text{taux technique contractuel, table de mortalité}}^{\text{contractuel}}$ augmentant ainsi le résultat technique de l'assureur.

Pour l'augmentation de la sortie en capital, les effets sur les métriques sont à l'inverse défavorables. La métrique économique diminue de 6,6%. Comme pour la modification du taux technique contractuel, nous expliquons cette variation par le calcul du capital équivalent de la sortie en rente. A l'initial, l'assureur est en gain technique important sur la sortie en rente donc la diminution de la sortie en rente au profit de la sortie en capital dans le PER entraîne une diminution de résultat technique et donc une détérioration des métriques économique et prudentielle de l'assureur.

Au global, la modification de la proportion de la sortie en rente l'emporte. Le transfert des anciens produits de retraite vers le PER entraîne une détérioration de la situation de l'assureur économiquement. Toutefois notre approche sur la métrique prudentielle valide l'intuition qu'une augmentation des sorties en capital joue favorablement sur la réduction du risque longévité.

3.3.2 Découpage du bilan

Le transfert du portefeuille vers les produits PACTE ayant été fait et ses impacts comptabilisés, nous allons maintenant mettre en place le cantonnement sur la société fictive. Nous laisserons de côté à partir de maintenant la société initiale et étudierons seulement la société avec le portefeuille comportant les produits PER.

L'objectif de cette partie est de montrer de manière pratique comment nous séparons les éléments du bilan entre canton et partie générale.

Le tableau 3.11 rappelle d'abord le bilan et les PVL des actifs à la date d'arrêtée.

Tableau 3.11 : Bilan et PVL initiaux

Actif (M€)		Passif (M€)		PVL (M€)	
Obligation	505,4	Fonds propres	62,6	Obligation	78,3
Action	72,2	Réserve de capitalisation	12,5	Action	14,4
Immobilier	108,3	PPE	21,9	Immobilier	10,8
Monétaire	36,1	Provision mathématique	625	Monétaire	0
Total	722 M€	Total	722 M€	Total	103,5 M€

Le premier élément qui ne pose pas question est la provision mathématique. Seule la PM des MP de retraite (ici PER) est à cantonner, le reste de la PM va dans la partie générale du bilan. Pour les Fonds Propres, la lecture normative, ainsi que l'exemple plus ancien de la comptabilité d'affectation auxiliaire pour les PERPs nous invite à choisir de ne pas transférer de fonds propres dans le fonds cantonné à laisser l'ensemble dans la partie générale. Nous considérons donc des fonds propres nuls dans le canton.

Conformément à l'étude normative de la partie 1.3.3 du chapitre 1, nous diviserons les trois éléments suivant au prorata du BE retraite par rapport à la somme du BE global et des fonds propres actualisés : PPE, RC et PVL. Ce prorata se calcule à l'aide des résultats de la société avec le nouveau portefeuille de contrats PER du tableau 3.7. Nous ne travaillons ici que sur des éléments issus de la partie euro des contrats, la partie UC est indépendante et déterminée à partir de la PM euro des contrats. Nous utiliserons seulement les BE et les FP actualisés de la partie euro pour déterminer le prorata. Nous obtenons finalement un prorata égal à 10,4%.

En gardant l'allocation cible des classes d'actif en valeur comptable (70% d'obligations, 10% d'actions, 15% d'immobilier et 5% de monétaire), nous déterminons le bilan du canton ainsi que la quantité de PVL cible à distribuer. Le bilan de la partie générale s'obtient en faisant simplement la différence entre la situation avant cantonnement et le canton. Les tableaux 3.12 et 3.13 donne les bilans post-cantonnement.

Tableau 3.12 : Bilans statutaires simplifiés cibles du canton de retraite et plus-values transférées

Canton					
Actif (M€)		Passif (M€)		PVL (M€)	
Obligation	57,2	Fonds propres	0	Obligation	8,9
Action	7,9	Réserve de capitalisation	1,3	Action	1,6
Immobilier	12,9	PPE	2,3	Immobilier	1,3
Monétaire	5,6	Provision mathématique	80	Monétaire	0
Total	83,6	Total	83,6	Total	11,8

Tableau 3.13 : Bilans cibles de la partie générale

Partie Générale					
Actif (M€)		Passif (M€)		PVL (M€)	
Obligation	448,2	Fonds propres	62,6	Obligation	69,4
Action	64,3	Réserve de capitalisation	11,2	Action	12,8
Immobilier	95,4	PPE	19,6	Immobilier	9,5
Monétaire	30,5	Provision mathématique	545	Monétaire	0
Total	638,4	Total	638,4	Total	91,7

Pour vérifier qu'aucun oubli n'a été fait lors de ce cantonnement, il suffit de prendre la somme du canton et de la partie générale et de la comparer avec le bilan initial.

3.3.3 Le découpage du portefeuille d'actif

Ayant obtenu le bilan cible du cantonnement, une étape importante est de découper le portefeuille d'actifs. Pour les actions, l'immobilier et le monétaire le découpage est direct car nous avons supposé ces classes d'actifs parfaitement divisibles. Cependant, pour la partie obligataire du portefeuille, le découpage demande plus de travail. Nous allons devoir choisir quelles obligations iront dans le canton et quelles autres resteront dans la partie générale.

Le portefeuille d'obligations est défini par un certain nombre de caractéristiques : la valeur comptable, la quantité de PVL, la durée et le rating.

Le tableau 3.14 présente les valeurs des caractéristiques du portefeuille obligataire initial.

Tableau 3.14 : Portefeuille obligataire initial

Caractéristiques du portefeuille initial	
Valeur comptable (M€)	505,4
Valeur de marché (M€)	583,7
Duration moyenne (années)	7,47
Rating moyen	2,986
Taux de PVL moyen	13.4%

Pour rappel la duration d'une obligation de maturité T et de nominal N se calcule comme,

$$Duration = \frac{\sum_{i=1}^T Flux_i \times i \times D(i)}{\sum_{i=1}^T Flux_i \times D(i)}$$

Avec $Flux_i = (taux_{coupon} + \mathbb{1}_{i=T}) \times N$ et $D(i) = \frac{1}{(1+ZC(0,i))^i}$.

Pour calculer le rating moyen du portefeuille, le tableau 3.15 présente l'affectation des valeurs aux notations des obligations.

Tableau 3.15 : Valeur numérique des notations des obligations

Rating	Valeur
AAA	0
AA	1
A	2
BBB	3
BB	4
B	5
Non notée	6

Le Rating moyen se détermine alors en faisant la moyenne des notations en proportion de leurs valeurs de marché.

$$Rating\ moyen = \frac{\sum_{i=1}^{nb_oblig} notation_i \times VM_i}{VM}$$

Enfin, le taux de PVL se détermine par,

$$taux\ PVL = \frac{VM}{VC} - 1 = \frac{PVL}{VC}$$

Premier découpage

Les bilans cibles du tableau 3.10 nous donne la valeur comptable et la quantité de PVL à atteindre. C'est pourquoi pour le premier découpage que nous allons mettre en place, nous choisirons de séparer le portefeuille obligataire de manière à suivre la valeur comptable et la quantité de PVL du bilan cible tout en gardant la même duration et le même rating que le portefeuille initial.

Ainsi, le tableau 3.16 présente les valeurs cibles pour le premier découpage.

Tableau 3.16 : valeurs cible premier découpage

Portefeuille cible canton	
VM (M€)	<u>66,1</u>
Duration moyenne (ans)	7,47
Rating moyen	2,986
Taux de PVL moyen	13,40%

Deuxième découpage

Le premier découpage nous permet de respecter la « juste » répartition de la PPE, la RC et les PVL demandée par le Codes des Assurances dans les articles L 142-4 et L 142-7. Cependant, nous avons vu précédemment dans l'analyse normative de ces deux articles que les écarts de duration entre les engagements retraite et vie sont à prendre en compte pour le découpage des actifs. L'idée est faire en sorte que le découpage des actifs illustre bien les écarts de duration de passif entre le canton et la partie générale.

Le calcul des durations de passif se fait MP par MP en prenant en compte les flux suivants :

- Les paiements des rachats
- Les paiements des décès
- Les primes (à 0 dans notre modèle)
- Les flux de rente et la sortie en capital

En appliquant la même formule que pour les obligations, nous obtenons une duration pour les MP de retraite (canton) de 17,2 ans et pour les MP Vie (partie générale) 14,4 ans. Nous observons bien un écart de duration entre les engagements retraite et vie. Cet écart s'explique par le fait que les engagements retraite sont de plus long terme que ceux des assurances vie. Ainsi nous allons devoir prendre en compte cette différence de duration lors du découpage du portefeuille d'obligations.

Nous notons que la différence entre le duration de l'actif (7,5) et du passif (14,7) est assez importante. Dans un contexte de taux bas et négatif, notre société décide de diminuer sa duration d'actif afin d'anticiper une hausse des taux et avoir une politique de réinvestissement obligataire plus flexible.

L'objectif du deuxième découpage est de prendre en compte ces écarts de duration. Nous allons donc garder les caractéristiques du premier découpage en termes de VC, PVL et Rating mais nos valeurs cibles de durations auront un écart de 2 ans entre le canton et la partie générale. La valeur de cet écart de duration repose sur un compromis entre le partage du sort entre l'actif général et le canton PER du *gap* de duration préexistant (visant à ne pas léser les contrats de capitalisation) et la prise en compte de l'écart de duration de passif tel qu'explicité dans la loi Pacte.

Le tableau 3.17 présente les valeurs cibles du nouveau découpage.

Tableau 3.17 : valeurs cibles deuxième découpage

Portefeuille cible canton	
VM (M€)	66,1
Duration moyenne (ans)	<u>9,47</u>
Rating moyen	2,986
Taux de PVL moyen	13,4%

Troisième découpage

Le deuxième découpage nous a permis à la fois de respecter la juste répartition de la PPE, de la RC et des PVL ainsi que la prise en compte des écarts de durée entre les engagements de retraite et ceux d'assurance vie. De cette manière, nous respectons l'entièreté des préconisations du Code des Assurances pour la mise en place du cantonnement.

Seulement, l'esprit de la réforme est de mettre en avant les produits d'épargne retraite en comparaison avec les autres produits d'épargne français (assurance vie, épargne logement, livret A...). C'est pourquoi donner une répartition des richesses du bilan plus avantageuse au canton permettrait une attractivité plus importante des produits de retraite.

Nous proposons une conception simpliste d'équité qui vise à rémunérer davantage les passifs de durée plus longue qui supporteront davantage de frais de gestion. De ce fait, nous considérons dans le cadre du cantonnement une règle mathématique de linéarité entre la durée du passif et les plus-values.

Cette conception est bien sûr biaisée car d'autres facteurs liés à la durée des engagements pourraient être pris en compte (par exemple le coût du risque longévité supporté par l'assureur); et pourraient faire l'objet d'analyses spécifiques.

Pour choisir l'augmentation du taux de PVL, nous résolvons le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{taux}_{pvl\text{canton}} \times \text{prorata} + \text{taux}_{\text{taux } pvl \text{ générale}} \times (1 - \text{prorata}) = \text{taux}_{pvl\text{ initial}} \\ \frac{\text{taux}_{pvl\text{canton}}}{\text{taux}_{pvl\text{ générale}}} = \frac{\text{duration}_{\text{canton découpage 2}}}{\text{duration}_{\text{générale découpage 2}}} \end{array} \right.$$

Ces équations mises ensemble dans le système nous permettent de respecter les critères des deux premiers découpages. Le résultat de ce système est une augmentation de 3,5% du taux de PVL pour le canton.

Le tableau 3.18 présente les valeurs cibles du troisième découpage :

Tableau 3.18 : valeurs cibles troisième découpage

Portefeuille cible canton	
VM (M€)	66,1
Duration moyenne (ans)	9,47
Rating moyen	2,986
Taux de PVL moyen	<u>16,9%</u>

3.3.4 Découpage des obligations

Afin de sélectionner les obligations qui iront dans le portefeuille cantonné et celles qui resteront dans le portefeuille général, nous utiliserons les algorithmes génétiques binaires. Ces algorithmes nous permettront de prendre en compte les contraintes propres aux 3 types de découpages : VM cible, taux de PVL cible, duration cible et rating cible. La prochaine partie nous permettra d'introduire ces algorithmes ainsi que de décrire leur fonctionnement.

Algorithme génétique (Radet & Souquet, 2004)

Les algorithmes génétiques font partie de la grande famille des algorithmes évolutionnistes. Cette famille s'inspire de la théorie de l'évolution. L'idée est de mettre en œuvre des mécanismes similaires à ceux des organismes vivants pour résoudre des problèmes. Dans ces algorithmes, les solutions sont associées à des organismes individuels d'une population. D'abord aléatoire, la population (ensemble des solutions proposées) est testée pour sa capacité à résoudre le problème correctement et rapidement. Les individus sont ensuite sélectionnés par rapport à leur performance et les individus les moins adaptés sont laissés de côté avant la reproduction de la population. Et ce cycle recommence jusqu'à l'obtention de solutions adéquates.

Ces algorithmes permettent de mettre en œuvre des heuristiques pour mettre en lumière le ou les solutions optimales ou à défaut les moins mauvaises. La philosophie des heuristiques est l'exploration de l'espace des solutions et de converger vers la solution optimale. Bien évidemment il faut mettre en place des mécanismes pour éviter de converger vers des extrema locaux.

Nous allons maintenant entrer plus en profondeur dans le fonctionnement des algorithmes génétiques.

Tout d'abord présentons l'environnement d'étude. La théorie de l'évolution repose sur 3 principes :

- Le principe de variation : chaque individu est différenciable des autres ce qui se traduit par l'unicité de chaque individu dans la population. D'un point de vue mathématique, l'ensemble des solutions proposées par la population est non redondant.
- Le principe d'adaptation : les individus adaptés à leur environnement survivent plus facilement et peuvent donc se reproduire davantage.
- Le principe d'hérédité : Les caractéristiques des individus se transmettent à travers la reproduction et se mélangent entre les individus se reproduisant ensemble.

Plusieurs niveaux d'étude sont pris en compte dans ces algorithmes, les études à l'échelle de :

- La population : l'ensemble des solutions envisagées.
- L'individu : une solution.
- Le chromosome : une composante de la solution.
- Le gène : une particularité d'une composante.

L'environnement d'étude étant défini, voici les différents opérateurs d'évolution des algorithmes génétiques :

- La sélection illustrée par la figure 3.5 : sélectionner les individus les mieux adaptés (échelle de la population)

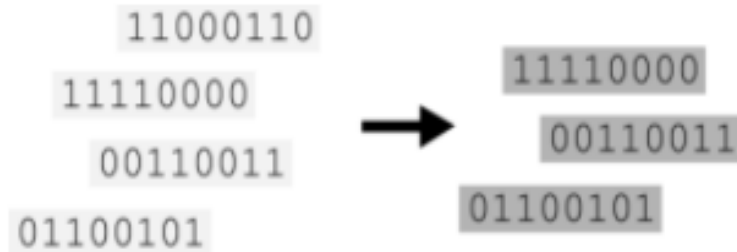


Figure 3.5 : Exemple de sélection avec solution binaire

- Le croisement illustré par la figure 3.6 : mixer les caractéristiques entre individus au travers de la reproduction (échelle de l'individu)

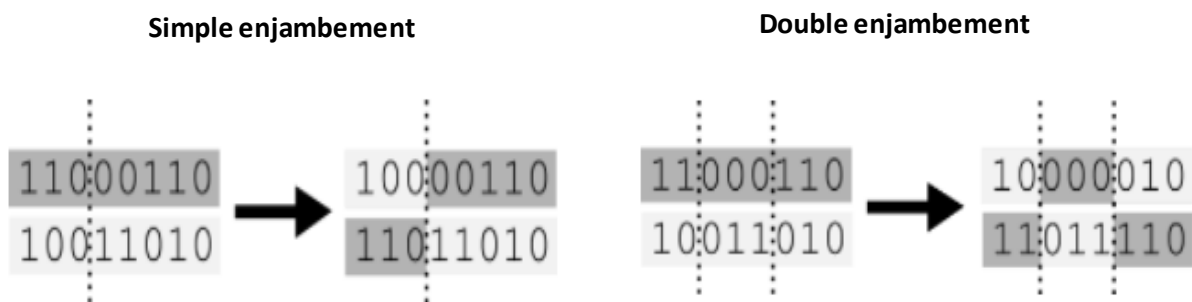


Figure 3.6 : Exemples de croisement avec solution binaire

- La mutation illustrée par la figure 3.7 : variation aléatoire d'une particularité d'un individu (échelle du gène)

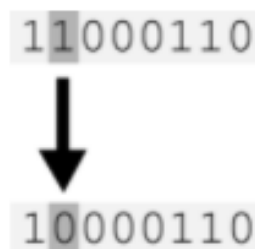


Figure 3.7 : Exemples de mutation avec solution binaire

Le fonctionnement global de l'algorithme est schématisé par la figure 3.8 ci-dessous.

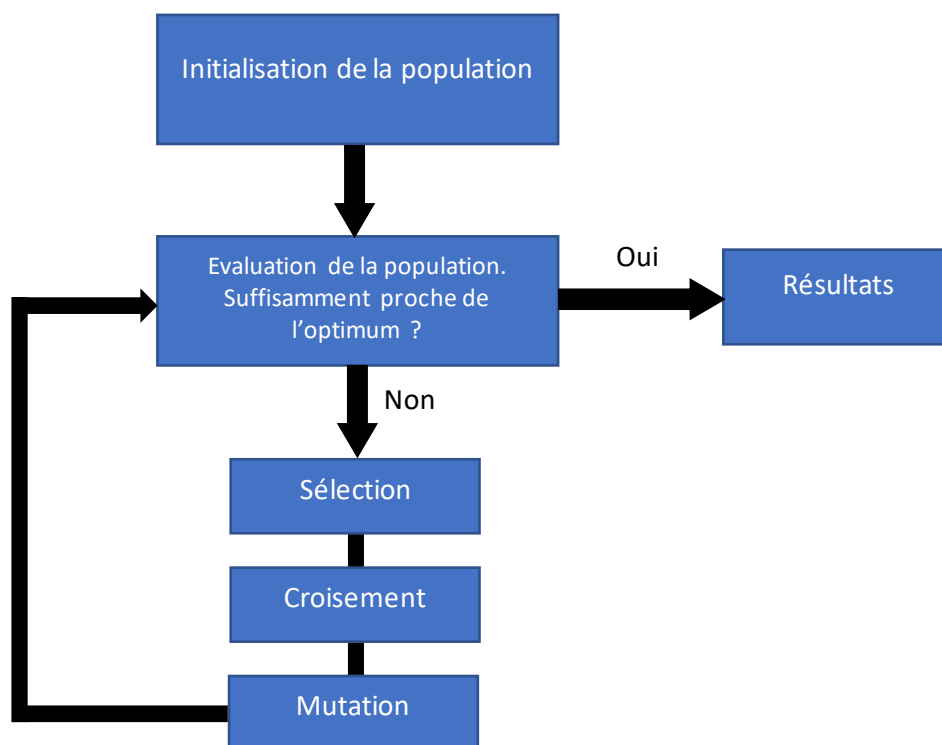


Figure 3.8 : schéma de fonctionnement des algorithmes génétiques

Il reste à expliciter la méthode d'évaluation de la population. Cette étape se réalise grâce à une fonction de coût particulière appelée fonction de fitness. Elle permet de résumer en une seule valeur la performance d'une solution par rapport à l'ensemble des contraintes définissant le problème. L'objectif est de maximiser (minimiser selon la définition de la fonction) au cours de l'algorithme.

Fonction fitness

Nous avons retenu une fonction fitness prenant en compte plusieurs types de contraintes. D'abord, les contraintes de type 1 mesurent l'écart entre les valeurs cibles des caractéristiques du portefeuille d'obligations et celles proposées par la solution. Pour rappel, les caractéristiques sont composées de la VM, de la durée, du taux de PVL et du rating. C'est ce type de contraintes qui permet d'approcher une solution convenable pour les 3 différents découpages. On veut donc minimiser les erreurs issues des contraintes de type 1.

Le deuxième type de contraintes est la sélection de portefeuille permettant des retombées de *cashflows* d'actifs suffisant pour assumer les *cashflows* passifs de sorties pour les premières années de projection. De cette manière, les produits financiers peuvent financer les sorties de rachats et de décès sans vente forcée d'actifs qui pourrait entraîner des réalisations de moins-values. Ces contraintes s'expriment comme une sélection d'obligation de durations courtes. Ce sont des unions d'indicatrices qui sont égales à 1 lorsque les obligations sélectionnées sont de durations courtes. En somme, ces contraintes de type 2 nous permettent de répondre à l'adéquation des *cashflows* de l'actif à ceux du passif pour le début de la projection. On veut donc maximiser les résultats de ces contraintes de type 2.

Explicitons la problématique d'optimisation de manière mathématiques.

Pour tout x portefeuille solution, Les contraintes de type 1 s'écrivent,

$$\begin{cases} \text{Taux VM}(x) = \text{Taux VM cible} \\ \text{Duration}(x) = \text{Duration cible} \\ \text{Taux PVL}(x) = \text{Taux PVL cible} \\ \text{Rating}(x) = \text{Rating cible.} \end{cases}$$

Les valeurs cibles sont données dans le tableau 3.19. $L'erreurs_{contraintes\ type\ 1}(x)$ valent la somme des écarts des caractéristiques du portefeuille solution x avec valeurs cibles.

Les contraintes de type 2 s'écrivent,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} < 1(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \\ \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} \geq 1 \text{ et} < 2(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \\ \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} \geq 2 \text{ et} < 3(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \\ \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} \geq 3 \text{ et} < 4(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \\ \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} \geq 4 \text{ et} < 5(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \\ \text{Indicatrice} \left(2\% < \frac{\text{VM des obligations ayant une duration} \geq 5 \text{ et} < 6(x)}{\text{VM}(x)} < 5\% \right) \end{array} \right.$$

Les $contraintes_{type\ 2}(x)$ valent les sommes des indicatrices.

Finalement, l'image de fonction de fitness f pour une solution x que nous souhaitons maximiser s'écrit,

$$f(x) = 1 - erreurs_{contraintes\ type\ 1}(x) + contraintes_{type\ 2}(x).$$

L'objectif de l'algorithme est donc de trouver x^* qui permet de maximiser $f(x^*)$.

Résultats des 3 découpages

Maintenant que les valeurs cibles des découpages et la fonction de fitness sont définies, nous pouvons mettre en place le découpage du portefeuille d'obligations. Pour faire appliquer les algorithmes génétiques à notre problème nous avons utilisé la fonction `ga` du package `GA` sur R (Scrucca, 2013). Cette fonction s'écrit de la manière suivante,

$$ga(\text{type} = 'binary', \text{fitness} = f, \text{nBits} = \text{nrow}(\text{data}), \text{maxiter} = 1000, \text{seed} = 1234, \text{keepBest} = \text{TRUE})$$

Où le `type` est l'ensemble des valeurs prises par la solution (ici $\{0,1\}$), `fitness` la fonction de fitness choisie (ici f), `nBit` la taille de la solution (ici $94 = \text{nb_oblig}$), `maxiter` le nombre d'itération de l'algorithme génétique et `keepBest` qui permet de garder ou non à chaque itération la solution optimale. Écrit de cette manière, l'algorithme génétique garde les opérateurs de sélection, croisement et mutation par défaut ainsi que leurs probabilités d'activation associées. Nous gardons ces paramètres par défaut car nous obtenons des résultats satisfaisants. Ces paramètres par défaut sont décrits dans la note du package `GA` (Scrucca, 2013).

Une fois l'algorithme terminé, nous obtenons le graphique d'optimisation de la fonction de fitness en fonction de la population à chaque itération (figure 3.19). Il se présente sous cette forme pour le premier découpage.

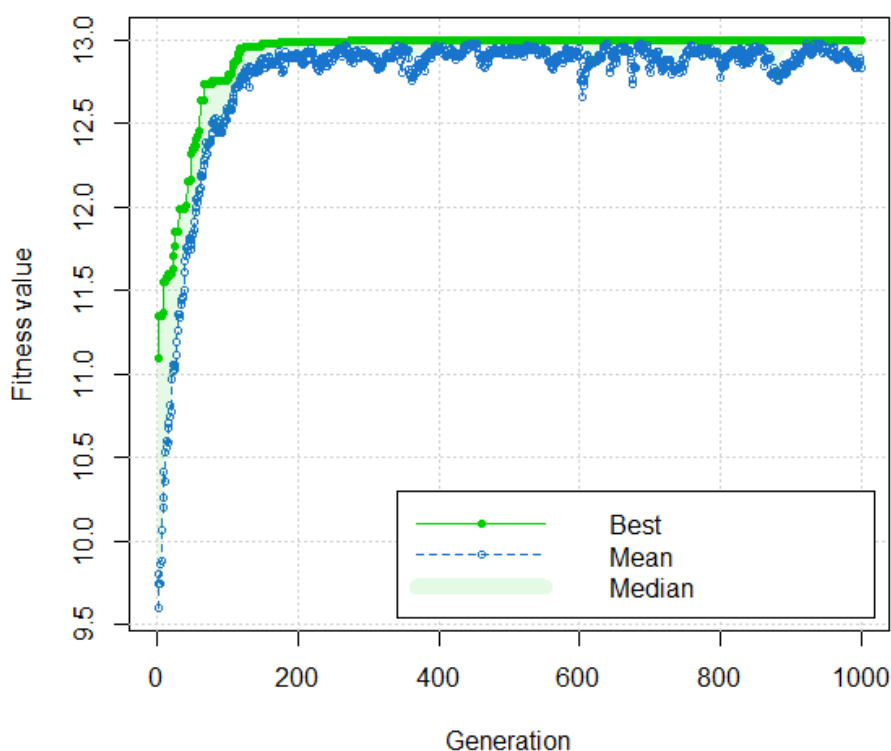


Figure 3.19 : L'évolution de la fonction de fitness en fonction des générations de population

La courbe « Best » représente la meilleure solution dans la population à chaque génération et la courbe « Mean » la valeur moyenne de la fonction de fitness sur la population à chaque génération. Nous observons bien qu'au cours des itérations successives la valeur optimale de la fonction de fitness est croissante et converge vers la valeur 13.

Le tableau 3.19 présente les valeurs caractéristiques de nos trois découpages.

Tableau 3.19 : Valeurs caractéristiques des 3 découpages

Découpage 1		Découpage 2		Découpage 3	
Canton	partie générale	Canton	partie générale	Canton	partie générale
taux VM 11,32%	taux VM 88,68%	taux VM 11,32%	taux VM 88,68%	taux VM 11,32%	taux VM 88,68%
duration 7,47	duration 7,47	duration 8,91	duration 7,29	duration 8,98	duration 7,28
taux pvl 13,48%	taux pvl 13,41%	taux pvl 13,42%	taux pvl 13,42%	taux pvl 16,74%	taux pvl 13,00%
rating 2,98	rating 2,99	rating 3,01	rating 2,98	rating 2,98	rating 2,99

Le taux VM représente la quantité de VM dans le portefeuille par rapport à la VM du portefeuille initial. La valeur de ce taux de VM imposé par notre prorata du BE est de 11,31%. Le taux de PVL est la quantité de PVL par rapport à la VM du portefeuille.

Les valeurs en gras soulignées sont les caractéristiques propres à chacun des 3 découpages.

Associé à ces valeurs caractéristiques, les échéanciers de retombées de coupon et de nominaux en proportion de la valeur de marché initiale du portefeuille seront mis en annexe II. Ces échéanciers sont importants car ils nous permettent d'identifier les années de début de projection pour lesquelles les retombées de *cashflows* sont faibles. Pour ces années-là, les produits financiers pourraient être faibles et non suffisants pour financer directement les engagements contractuels et cibles. Dans ces cas-là, le financement se ferait par la vente forcée d'actifs et l'enregistrement potentiel de moins-values.

Comme expliqué précédemment, l'objectif des trois découpages est la prise en compte des trois lignes directrices de manière incrémentale, c'est-à-dire que chacun des découpages respectent les caractéristiques propres des découpages précédents. Par exemple, le découpage 2 permet de prendre en compte la ligne directrice numéro deux (prise en compte des écarts de durée entre les engagements de retraite et le reste des engagements) mais aussi de respecter les caractéristiques propres du découpage 1 (valeur cible de taux de VM) permettant la juste répartition des richesses. La figure 3.10 ci-dessous illustre ce concept.

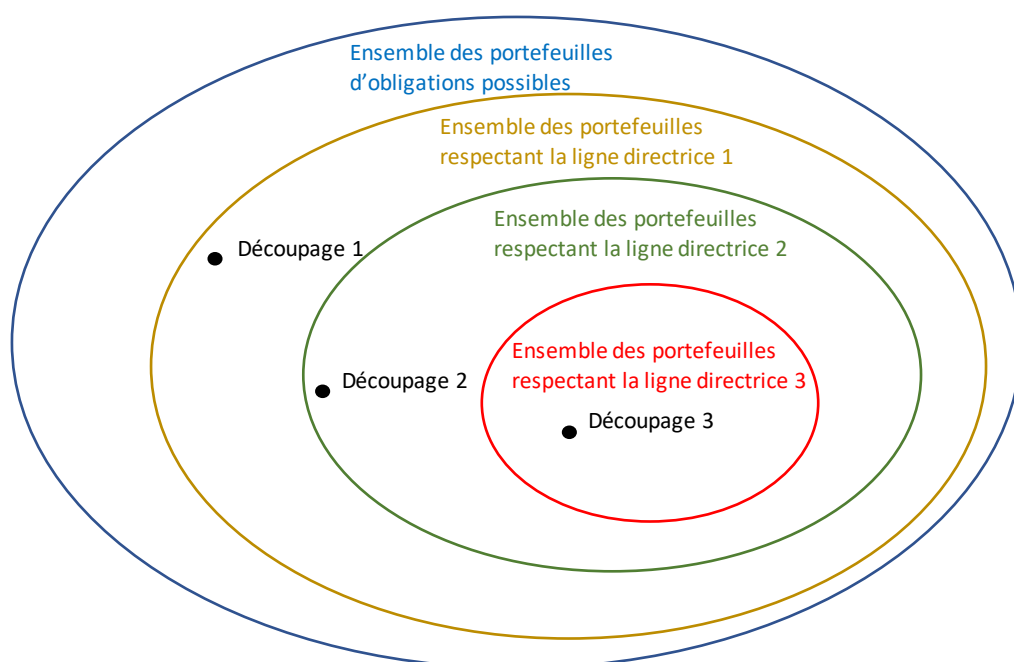


Figure 3.10 : illustration de la construction incrémentale des trois découpages

3.4 Résultats du cantonnement

Maintenant que nous avons mis en forme le cantonnement ainsi que les différents découpages d'actifs que nous mettrons en œuvre, cette partie sera dédiée à l'analyse des résultats et des impacts du cantonnement sur la société fictive. Nous commencerons par présenter les résultats du cantonnement de chacun des découpages en analysant les variations du bilan en valeur de marché et des métriques. C'est avec cette analyse que nous déterminerons les impacts du cantonnement sur la société fictive. Nous continuerons notre analyse en nous intéressant plus particulièrement aux variations des taux servis pour le point de vue de l'assuré. C'est cet indicateur qui nous montrera si le cantonnement lèse les assurés. Enfin, nous étudierons l'impact de l'environnement de taux sur le cantonnement en proposant des chocs sur le courbe des taux EIOPA.

3.4.1 Résultats du premier découpage

Nous allons présenter ici les résultats du cantonnement que nous pourrions qualifier de basique. Il permet une juste répartition des richesses du bilan entre le canton et la partie générale du bilan. Pour rappel, dans ce découpage, les richesses sont attribuées au canton au prorata du BE retraite par rapport au passif global dans une vision Best Estimate (FP actualisés + BE global).

Le tableau 3.20 présente le bilan agrégeant le canton de retraite et la partie générale en valeur de marché que nous obtenons à la suite du premier découpage.

Tableau 3.20 : Bilan en valeur de marché du premier découpage

Actif (M€)		Passif (M€)	
Partie Euro			
obligation VM	583,8	Fonds propres actualisés Euro	106,7
Action VM	86,6	<i>Best Estimate</i> Euro	718,9
Immobilier VM	119,1		
Monétaire VM	36,1		
Total	825,6 M€	Total	825,6 M€
Partie UC			
Fond UC	187,5	Fonds propres actualisés UC	4,1
		<i>Best Estimate</i> UC	183,4
Total	187,5 M€	Total	187,5 M€

Nous allons maintenant nous intéresser aux variations du bilan et des métriques prudentielles et économiques entre la situation initiale et après le premier découpage.

Le tableau 3.21 présente les variations des éléments du bilan en valeur de marché.

Tableau 3.21 : Variations des éléments du bilan à la suite du premier découpage

	Variations					
	en valeur (en €)		en pourcentage			
	Euro		UC			
Fonds propres actualisés	-	82 073	-0,08%	-	0	0,00%
<i>Best Estimate</i>		82 074	0,01%		0	0,00%
dont BE MP 1	-	143 122	-0,03%	-	11 052	-0,01%
dont BE MP 2	-	2 627	0,00%	-	769	-0,01%
dont BE MP 3		90 720	0,21%	-	3 284	-0,03%
dont BE MP 4		90 721	0,21%	-	3 283	-0,03%

Nous observons que les éléments du bilan n'ont que très légèrement variés avec le premier découpage. Les impacts sont négligeables au vu des ordres de grandeurs des variations en pourcentage.

Les métriques prudentielles et économiques vont dans le même sens d'analyse. La PVFP net de marge pour risque ne diminue que de 0,219% et le ratio de solvabilité est réduit de -1,2 point passant de 174,3% à 173,2%. La variation du ratio de solvabilité est expliquée par l'effet conjoint de la légère diminution des fonds propres éligibles ainsi qu'une faible augmentation du BSCR causée par une augmentation des modules action et immobilier. Cette variation étant relativement faible, il ne paraît pas pertinent de creuser les raisons. Le détail des chiffres de solvabilité seront mis en annexe IV.

Ainsi ce premier cantonnement n'a pas d'impact significatif sur le bilan en valeur de marché de la société fictive.

3.4.2 Résultats du deuxième découpage

Nous allons présenter ici les résultats du cantonnement avec le deuxième découpage du portefeuille d'actifs. En plus de pouvoir faire une juste répartition des richesses du bilan entre le canton et la partie générale, ce deuxième découpage permet de prendre en compte les écarts de durée entre les engagements retraite et vie. Cette méthode se rapproche plus de ce qui se fait dans la réalité ; les assureurs font en sorte de matcher les durations actifs et passifs. De cette manière, les écarts durations de l'actif et du passif sont identiques dans la partie générale mais aussi à l'intérieur du canton.

Le tableau 3.22 présente le bilan agrégeant le canton de retraite et la partie générale en valeur de marché que nous obtenons à la suite du deuxième découpage.

Tableau 3.22 : Bilan en valeur de marché du deuxième découpage

Actif (M€)		Passif (M€)	
Partie Euro			
Obligation VM	583,7	Fonds propres actualisés Euro	106,5
Action VM	86,7	<i>Best Estimate</i> Euro	719,1
Immobilier VM	119,1		
Monétaire VM	36,1		
Total	825,6 M€	Total	825,6 M€
Partie UC			
Fond UC	187,5	Fonds propres actualisés UC	4,1
		<i>Best Estimate</i> UC	183,4
Total	187,5 M€	Total	187,5 M€

Nous allons maintenant nous intéresser aux variations du bilan et des métriques prudentielle et économique entre la situation initiale et après le deuxième découpage.

Le tableau 3.23 présente les variations des éléments du bilan en valeur de marché.

Tableau 3.23 : Variations des éléments du bilan à la suite du deuxième découpage

	Variations					
	en valeur (en €)		en pourcentage			
	Euro		UC			
Fonds propres actualisés	-	216 807	-0,20%	-	0	0,00%
<i>Best Estimate</i>		216 807	0,03%		0	0,00%
dont BE MP 1		387 170	0,07%	-	11 052	-0,01%
dont BE MP 2	-	10 004	-0,01%	-	769	-0,01%
dont BE MP 3	-	95 763	-0,22%	-	3 284	-0,03%
dont BE MP 4	-	95 762	-0,22%	-	3 283	-0,03%

Bien que les impacts soient plus importants que le premier découpage, nous observons que les éléments du bilan n'ont que très légèrement variés avec le deuxième découpage. Les impacts sont négligeables au vu des ordres de grandeurs des variations en pourcentage.

Les métriques prudentielle et économique vont dans le même sens d'analyse. La PVFP net de marge pour risque ne diminue que de 0,6% et le ratio de solvabilité est réduit de 0,2 point passant de 174,3% à 174,1%. Le détail des chiffres de solvabilité seront mis en annexe IV.

Ainsi ce deuxième découpage n'a pas d'impact significatif sur le bilan en valeur de marché de la société fictive.

3.4.3 Résultats du troisième découpage

Nous allons présenter ici les résultats du cantonnement avec le troisième découpage du portefeuille d'actifs. En plus de pouvoir faire une juste répartition des richesses du bilan entre le canton et la partie générale et de prendre en compte les écarts de durée au sein du canton, ce troisième découpage donne plus de PVL au canton. L'idée de la réforme PACTE est de rendre plus attractif les produits de

retraite en comparaison des autres produits d'épargne. Faire une distribution plus avantageuse pour le canton de retraite en lui affectant une plus grande quantité de PVL rendra les produits de retraite plus attractifs.

Le tableau 3.24 présente le bilan agrégeant le canton de retraite et la partie générale en valeur de marché que nous obtenons à la suite du troisième découpage.

Tableau 3.24 : Bilan en valeur de marché du troisième découpage

Actif (M€)		Passif (M€)	
Partie Euro			
Obligation VM	583,7	Fonds propres actualisés Euro	106,2
Action VM	86,7	<i>Best Estimate</i> Euro	719,4
Immobilier VM	119,1		
Monétaire VM	36,1		
Total	825,6 M€	Total	825,6 M€
Partie UC			
Fond UC	187,5	Fonds propres actualisés UC	4,1
		<i>Best Estimate</i> UC	183,4
Total	187,5 M€	Total	187,5 M€

Nous allons maintenant nous intéresser aux variations du bilan et des métriques prudentielle et économique entre la situation initiale et après le troisième découpage.

Le tableau 3.25 présente les variations des éléments du bilan en valeur de marché.

Tableau 3.25 : Variations des éléments du bilan à la suite du troisième découpage

	Variations			
	en valeur (en €)		en pourcentage	
	Euro		UC	
Fonds propres actualisés	- 519 176	-0,49%	- 0	0,00%
<i>Best Estimate</i>	519 176	0,07%	0	0,00%
dont BE MP 1	- 825 721	-0,15%	- 11 052	-0,01%
dont BE MP 2	- 8 219	-0,01%	- 769	-0,01%
dont BE MP 3	663 132	1,54%	- 3 284	-0,03%
dont BE MP 4	663 133	1,54%	- 3 283	-0,03%

Les impacts sont dans le même sens et plus importants que les deux premiers découpages. La plupart des variations ne sont que très légères mais certaines sont intéressantes à analyser notamment les BE de retraite. La variation des BE pour les MP de retraite (3 et 4) est relativement importante (1,54%). Cela signifie que l'engagement a augmenté pour les MP de retraite.

Nous pouvons intuitivement dire que cela viendrait d'une revalorisation des provisions mathématiques plus importante qu'avant le cantonnement du fait d'une affectation plus avantageuse des PVL dans le canton

de retraite. Nous tâcherons de vérifier cette conjecture dans la partie suivante en étudiant les taux servis aux assurés.

La PVFP net de marge pour risque diminue nettement plus que pour les précédents découpages (-1,4%). Cette diminution significative montrerait que la mise en place d'un cantonnement plus avantageux pour la partie retraite aurait un impact négatif pour les assureurs. La variation du BE étant strictement l'opposé de celle des FP actualisés, si nous arrivons à montrer la conjecture précédente, alors nous pourrions expliquer les diminutions de la PVFP net de marge par une augmentation des revalorisations des PM au cours de la projection dû au cantonnement. Ainsi la démutualisation des actifs par le cantonnement constituerait un impact négatif pour l'assureur et ses actionnaires.

Le ratio de solvabilité est réduit de 2,0 points passant de 174,3% à 172,3%. Cette diminution est entraînée par les effets conjoints de la diminution des fonds propres éligibles ainsi que l'augmentation du BSCR. L'augmentation du BSCR est répartie entre une augmentation du SCR Marché et du SCR souscription vie. Le détail des chiffres de solvabilité seront mis en annexe IV.

Ce troisième découpage à des impacts prudeniels et économiques plus importants que le deuxième découpage. Cependant, les variations négatives restent relativement faibles.

3.4.4 Etude des taux servis

Nous nous attacherons, dans cette partie, à étudier les impacts du cantonnement sur les taux servis.

Cette problématique est centrale car il est demandé par le Code des assurances de réaliser un cantonnement qui ne lèse pas les assurés. Ainsi il faudra vérifier que les modifications du cantonnement n'entraînent pas une baisse substantielle des taux servis sur les contrats non transférés.

Une autre problématique qui devrait être citée ici est liée au positionnement que nous avons retenu en lecture de la loi Pacte visant à transférer davantage de plus-value sur les cantons retraite en s'appuyant sur la différence de durée engagements. Cela offre une opportunité pour doper les contrats retraite à court-terme en servant un différentiel de taux en faveur des contrats PER et donc de dynamiser le produit.

Une dernière problématique importante est associée à l'absence d'impacts significatifs sur l'assureur observé dans la partie précédente. Dans ce contexte, nous vérifierons si les taux servis se comportent globalement de la même manière que précédemment et dans le cas contraire, nous tenterons d'expliquer les raisons d'un comportement différent.

Nous tenterons de répondre à ces problématiques avec l'analyse des taux servis. **Nous ne comparerons que la situation après transfert vers le PER avant cantonnement avec la situation après cantonnement pour le troisième découpage.** Ce choix vient de l'observation d'impacts peu significatif sur les découpages 1 et 2 mais aussi car le découpage 3 est pour l'instant celui qui respecte le plus les règles que nous nous sommes fixées.

Nous n'étudierons les taux servis que sur les 10 premières années de projection car après cette date les contrats de retraite sont rachetés par les assurés ayant atteint l'âge de départ à la retraite. Les taux servis après cette date ne nous apporteront alors que peu d'information utilisable dans notre analyse.

Nous devons rappeler deux limites de notre étude avant d'exposer les résultats ainsi que les analyses.

Premièrement, nous apprécions les taux servis sous un prisme risque neutre car nous ne disposons pas de GSE en monde réel mais que selon une perspective économique, il conviendrait de dupliquer ces analyses selon des scénarios monde-réel.

Deuxièmement, nous faisons l'hypothèse forte que l'algorithme de taux servi paramétré dans le modèle constitue une meilleure vision d'un taux prospectif, sans prise en compte des actions stratégiques de différenciation de taux qui pourraient être mises en place par une compagnie d'assurance. Dans le modèle prospectif, la différenciation de taux entre les cantons se fait à travers le calcul de la PB réglementaire, la structure du portefeuille initial et le mécanisme de réalisation de PVL automatique. Ce sont en particulier ces deux derniers aspects qui contribueront à dynamiser le taux servi du PER.

Après le retraitement des résultats voici les taux servis globaux (i.e sur l'ensemble du portefeuille de contrat) que nous obtenons dans la figure 3.11.

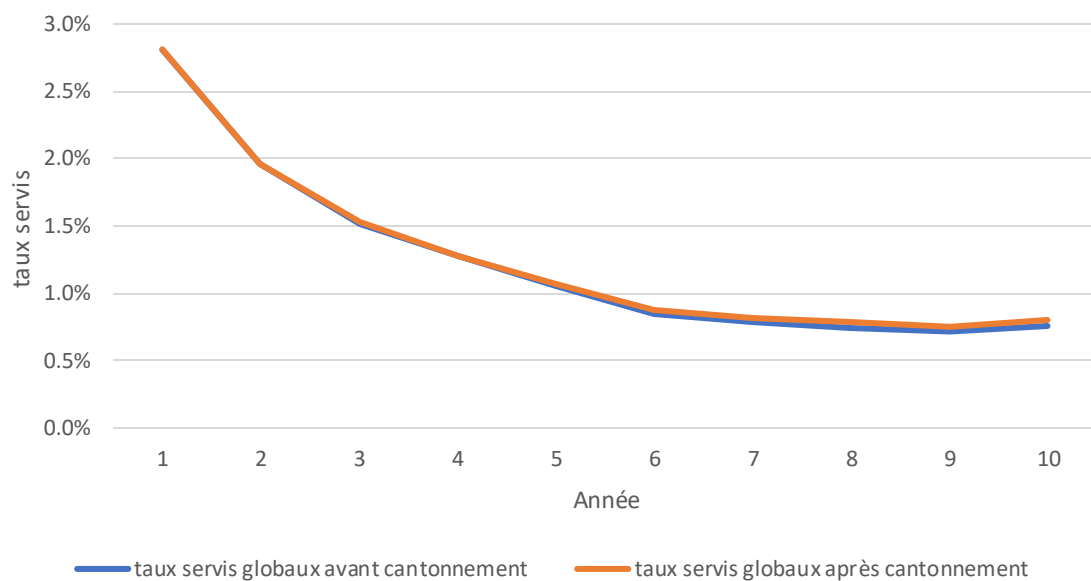


Figure 3.11 : Chronique des taux servis globaux avant et après cantonnement

Malgré une légère hausse, le cantonnement n'a que peu d'influence sur les taux servis au global du portefeuille de contrat. Le cantonnement n'a donc pas substantiellement modifié le profil des taux servis (ce qui est rassurant) et par ailleurs que nous observons un léger surplus de taux servis après le cantonnement à mettre en perspective avec la hausse des BE évoquée dans le paragraphe précédent.

Le cœur de l'analyse des taux servis dans le contexte du cantonnement réside dans l'étude des variations sur les segments épargne et retraite qui se retrouvent séparés. Regardons d'abord comment se comporte les taux servis sur ces deux segments à la situation initiale à l'aide de la figure 3.12.

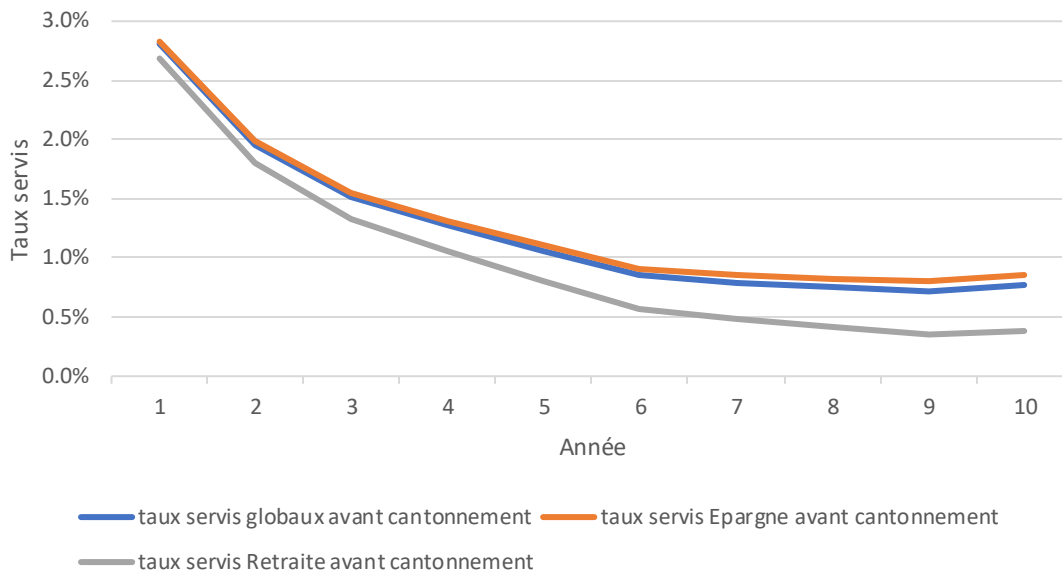


Figure 3.12 : Chronique des taux servis par activité avant cantonnement

Nous observons qu’initialement, la partie épargne est largement plus revalorisée que la partie retraite. Cela s’explique par les caractéristiques contractuelles de l’épargne qui contient un MP ayant un TMG de 4,5% entraînant une plus forte revalorisation contractuelle que la partie retraite. L’autre MP d’épargne avec un TMG de 0% a des taux servis identiques à ceux des MP retraite.

Après le cantonnement voici comment se comporte ce même graphique (figure 3.13).

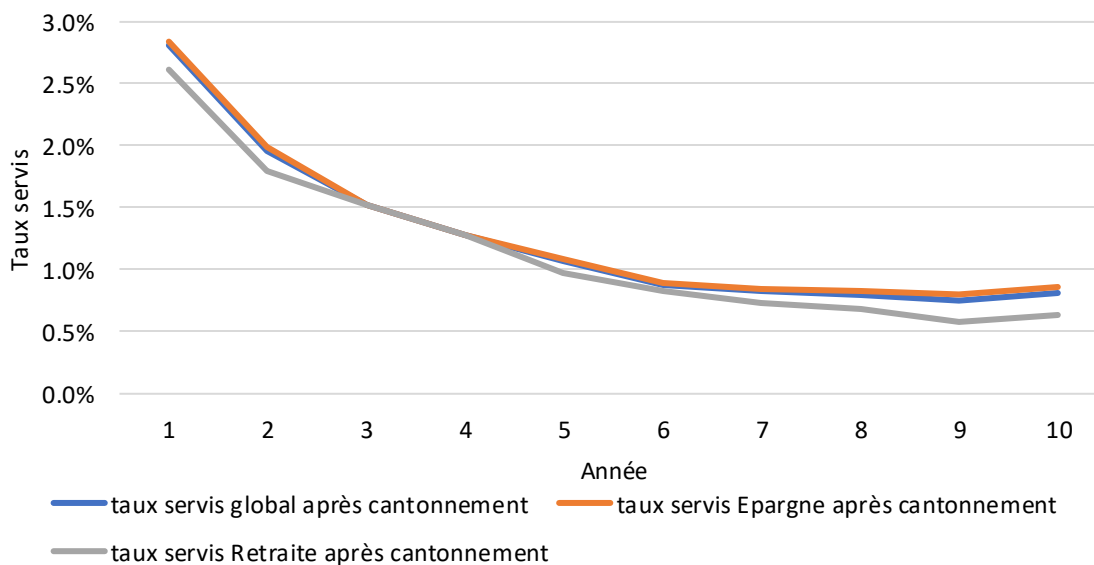


Figure 3.13 : Chronique des taux servis par activité après cantonnement

Avec le cantonnement, nous observons que l’écart qui existait entre l’épargne et la retraite se résorbe de manière importante et permet de rendre les contrats de retraite plus attractif en comparaison avec la situation initiale. Il faut aussi se souvenir que la partie épargne comporte un MP avec un TMG de 4,5% augmentant significativement les taux servis épargne par rapport à la retraite. Ceci explique pourquoi l’épargne est encore au-dessus de la retraite.

Pour expliquer cette variation sur le segment de retraite, intéressons-nous aux impacts du cantonnement sur chacun des segments épargne et retraite indépendamment illustrés la figure 3.14.

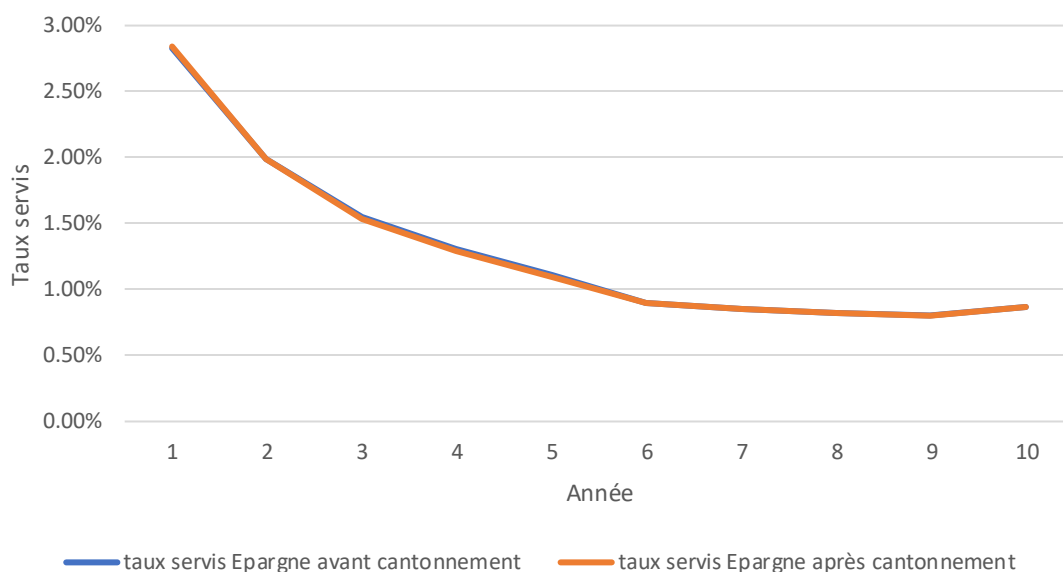


Figure 3.14 : Chronique des taux servis Epargne avant et après cantonnement

Pour ce premier segment, nous n’observons pas de très significative variations dans les taux servis si ce n’est une très légère diminution après le cantonnement qui s’explique par le choix du taux de PVL obligatoire moins important que dans la situation initiale. Cependant, au regard de l’ordre de grandeur de cette variation, nous pouvons conclure que l’impact sur les taux servis est relativement neutre. Ainsi sur le segment épargne, notre troisième découpage ne lèse pas les assurés comme l’illustre la figure 3.15.

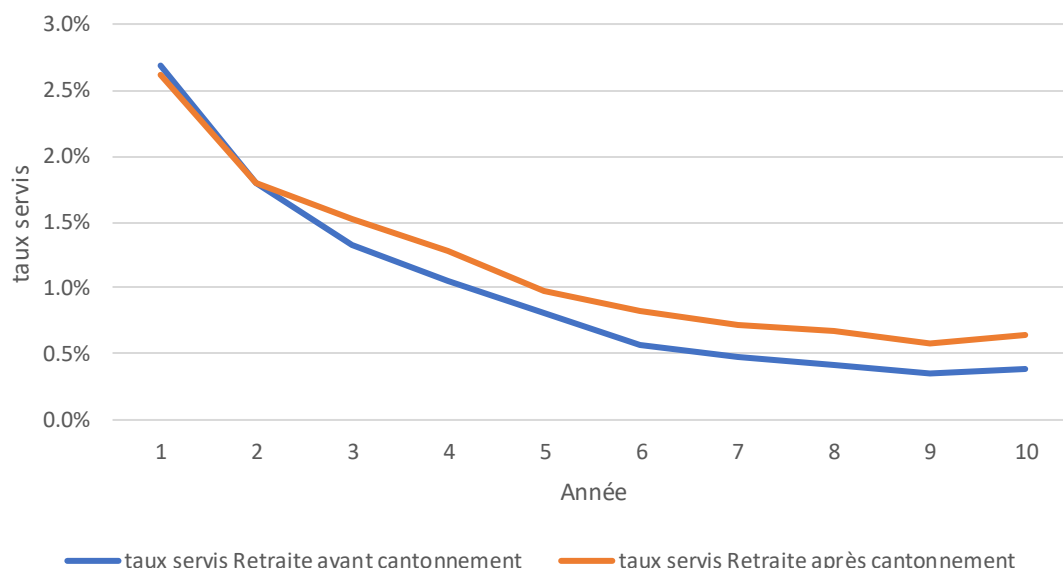


Figure 3.15 : Chronique des taux servis Retraite avant et après cantonnement

Pour le segment retraite, nous observons des écarts globalement positifs pour les assurés à la suite du cantonnement. Ce sont ces variations qui expliquent pourquoi l’écart entre les taux servis épargne et retraite se résorbe après le cantonnement.

Il convient d'expliquer les raisons de cette modification des taux servis pour la retraite. Ces raisons sont au nombre de trois : le choix du taux de PVL obligataire du découpage 3, la démutualisation du calcul de la PB réglementaire et le choix d'allocation des obligations entre les deux cantons.

La raison la plus simple à expliquer est le choix du taux de PVL obligataire dans le canton de retraite. Lors du découpage 3 de notre portefeuille d'obligation, nous avons choisi de mettre un taux de PVL obligataire en faveur de la retraite afin d'améliorer l'attractivité des produits de retraite en comparaison avec l'épargne. De cette manière, une quantité de retombées de coupons proportionnellement plus importante est allouée à la retraite en comparaison avec l'épargne. Cet avantage de taux de PVL s'illustre dans le graphique 3.15. Un taux de PVL supérieur entraîne des taux de coupon ou des nominaux supérieurs et donc des retombées de coupons plus importantes et *boost* les produits financiers déterminant la revalorisation contractuelle. Ainsi, ce choix explique en partie l'écart de taux servis retraite après cantonnement. Dans une moindre mesure la réalisation de PVL automatiques sur la partie diversifiée contribue à cette dynamique.

Nous appelons la démutualisation des contraintes contractuelles ou démutualisation dans le calcul de la PB réglementaire, le phénomène de séparation des contraintes de revalorisation contractuelle des MP épargne et retraite. Dans les MP épargne, nous retrouvons un MP avec un TMG de 4,5% entraînant une revalorisation contractuelle importante et contraignante pour l'assureur (le reste des TMG sont à zéro). Dans la situation initiale (avant cantonnement), l'ensemble des MP sont à l'intérieur du même canton c'est-à-dire que les revalorisations contractuelles sont traitées ensemble. Comme nous l'avons vu précédemment, le taux servis est constitué de différentes étapes de participation. D'abord, la PB contractuelle puis la PB cible et enfin le test de PB réglementaire. Dans la situation initiale, la contrainte du TMG à 4,5% entraîne une revalorisation contractuelle au global suffisamment importante pour que le test de PB réglementaire soit validé sans surplus de PB. Cependant, après cantonnement, cette contrainte de TMG à 4,5% n'influe que sur l'épargne et nous observons alors sur la partie retraite l'activation presque systématique de la PB réglementaire. Ce surplus de PB est alors doté en PPE qui entrainera par la suite des produits financiers plus importants et donc des revalorisations plus élevées. Ce phénomène est une combinaison de la démutualisation des contraintes contractuelles et du changement dans le calcul de la PB réglementaire qui s'effectue à la maille canton à la suite du cantonnement plutôt qu'à la maille société.

Afin de mesurer l'influence de cette démutualisation des contraintes contractuelles, nous avons réalisé un calcul de sensibilité sur nos résultats en mettant à zéro le TMG de tous les MP. La figure 3.16 montre l'évolution du graphique 3.15.

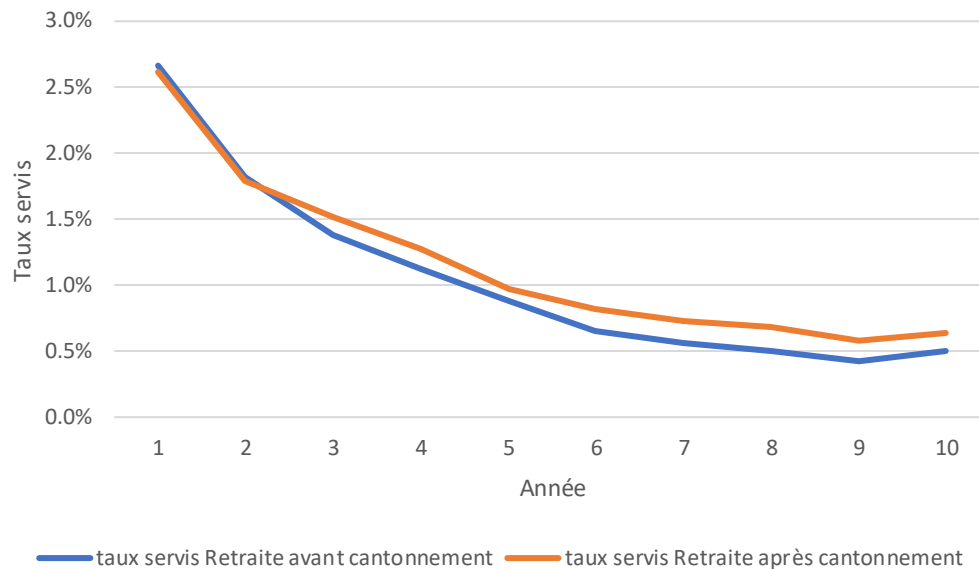


Figure 3.16 : Chronique des taux servis Retraite avant et après cantonnement avec TMG à zéro

Nous observons que l'écart de revalorisation diminue à la suite de la mise à zéro du TMG de 4,5%. L'écart était initialement de l'ordre 0,25% alors que notre sensibilité diminue cet écart à 0,15%. Ce résultat montre bien que l'effet de la démutualisation du passif entraîne un surplus de revalorisation de la partie retraite et explique l'écart observé après le cantonnement.

Enfin, le choix d'allocation des obligations entre les deux cantons, notamment pour prendre en compte l'écart de durée entre l'épargne et la retraite, est une dernière raison qui explique cet écart de revalorisation de la retraite après cantonnement. Ce que nous observons dans les résultats de notre modèle ALM est une augmentation des produits financiers à la suite de la répartition des obligations dans les deux cantons. La modification des produits financiers viendrait de la variation en quantité mais aussi en durée des retombées financières des obligations dans le canton de retraite. Le graphique 3.17 montre la variation des produits financiers assurés au global après le cantonnement.

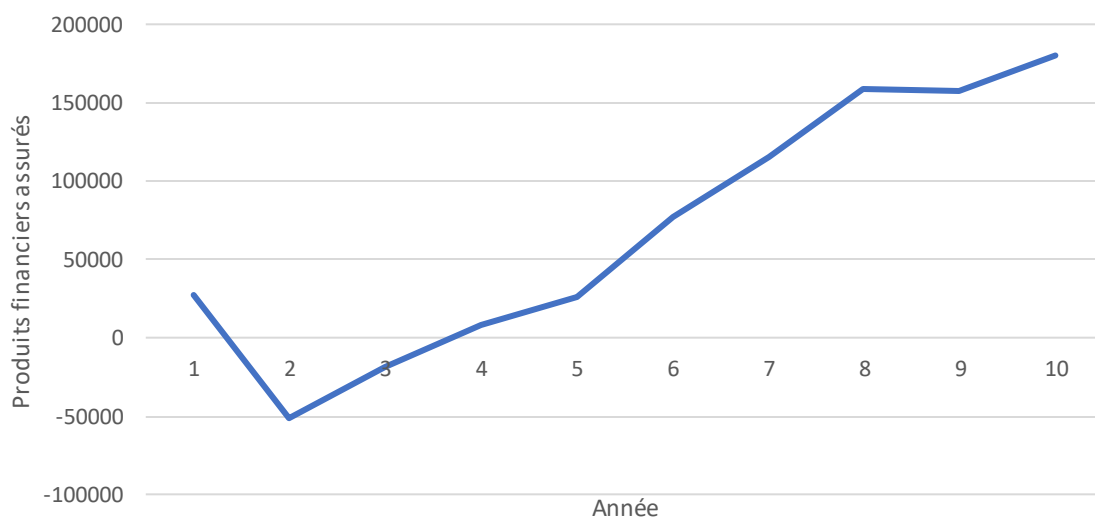


Figure 3.17 : variations des produits financiers assurés avant et après cantonnement

Nous observons que globalement les produits financiers assurés augmentent après le cantonnement. Les produits financiers assurés sont la part des produits financiers venant directement des performances des actifs adossés aux engagements (PM et PPE). Les produits financiers assurés initiaux sont comparés à la somme des produits financiers assurés des deux cantons. Afin d'isoler et vérifier cet effet de duration et de taux de PVL à la suite de l'allocation des obligations entre les deux cantons nous avons effectué une sensibilité du résultat en modifiant notre démarche sur le portefeuille d'obligation. Au lieu de séparer le portefeuille obligation par obligation nous avons séparé le portefeuille en proportion pour les deux cantons. De cette manière, nous gardons une structure obligataire (duration, taux de PVL et coupons) identique au portefeuille initial. La figure 3.18 montre les produits financiers assurés avec ce nouveau découpage d'obligations.

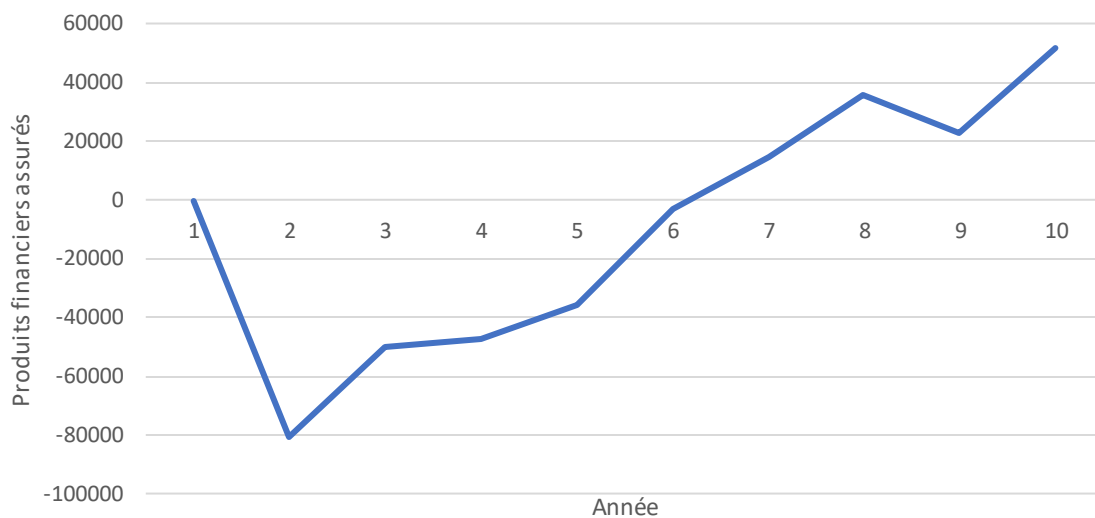


Figure 3.18 : variations des produits financiers assurés avant et après cantonnement avec structure obligataire identique

Nous observons que la courbe est aplatie et inférieure aux variations observées dans le graphique 3.17. Ainsi, cette sensibilité montre que notre choix de modification de duration et de taux de PVL dans la séparation du portefeuille d'obligation entraîne dans notre modèle une augmentation des produits financiers assurés et donc de la revalorisation des contrats, ceci valide le phénomène de choix d'allocation obligataire entre les deux cantons.

Cependant, nous voyons avec la figure 3.18 qu'une simple séparation du portefeuille d'obligation sans modification des caractéristiques de duration et de PVL entraîne un profil de produits financiers très différents après cantonnement. Ainsi, une dernière raison se dessine, la séparation pure et simple de l'actif entraîne des impacts sur les produits financiers et donc sur les taux servis. C'est la démutualisation de l'actif.

Pour terminer cette partie d'analyse sur la retraite, il convient d'étudier les deux premières années de la chronique des taux servis retraite. Sur ce début de projection, le *gap* de revalorisation est inexistant et est presque surprenant au vu des autres années de projection. Nous pouvons expliquer ce résultat par un phénomène induit par le choix de la PPE initiale donnée au canton de retraite. Alors que les produits financiers sont réduits pour l'épargne et augmentés pour la retraite pour toutes les raisons exprimées précédemment, la reprise automatique de PPE de 15% intervenant lors de la revalorisation contractuelle (en ligne avec la redistribution de la PPE sous 8 ans) suit l'effet inverse des produits

financiers. Cette reprise augmente pour l'épargne et diminue pour la retraite après cantonnement. De telle sorte que les effets combinés (PPE + produits financiers) sont neutres au niveau des revalorisations contractuelles. Afin de vérifier l'exactitude de cette explication, nous avons lancé notre modèle avec un choc de +25% sur la PPE initiale sur le canton de retraite. Nous obtenons bien, comme le montre le graphique qui suit (figure 3.19), un écart de taux servis positif et significatif dans le canton de retraite sur l'ensemble des années de projection.

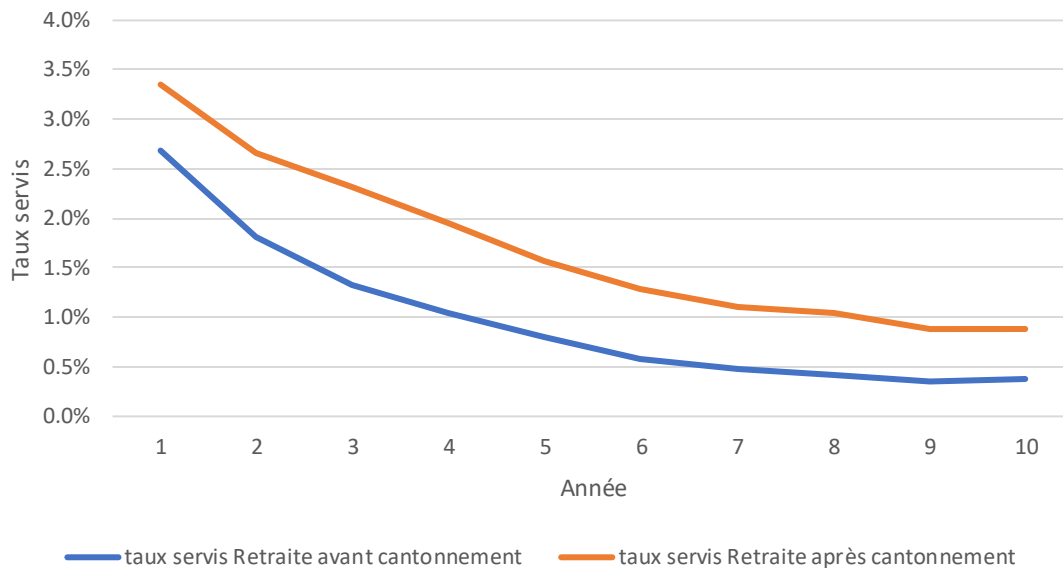


Figure 3.19 : chronique des taux servis Retraite avec choc de la PPE initiale

Pour finir cette partie d'analyse étudions comment se placent avec le découpage 3 les contrats retraite par rapport aux contrats épargne pour de mêmes caractéristiques contractuelles. Les caractéristiques identiques passent par un TMG égal à zéro et un taux de PB contractuelle de 90%. Nous allons donc étudier le MP 1 d'épargne par rapport au MP 3 de retraite qui ont des caractéristiques de revalorisation contractuelle identiques. La figure 3.20 présente les variations que nous obtenons à la suite du découpage 3.

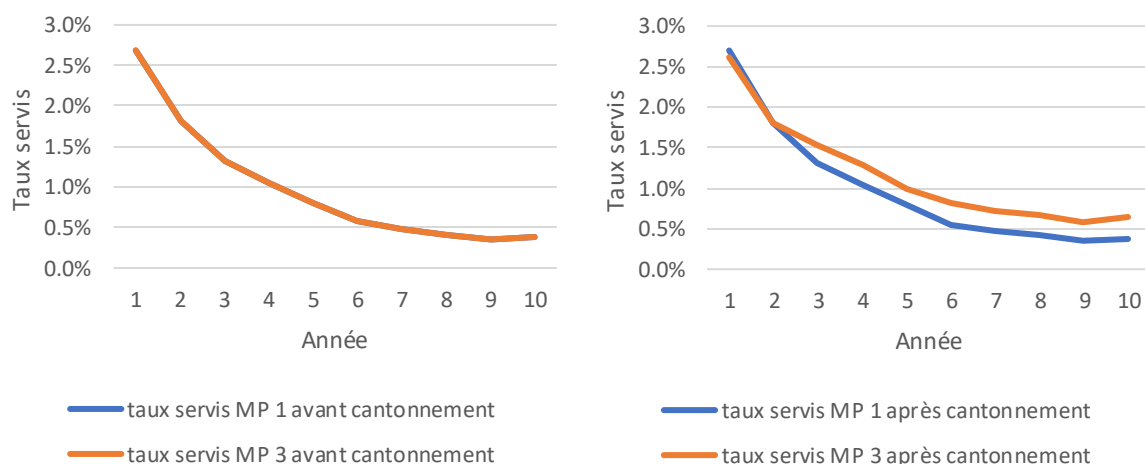


Figure 3.20 : Comparaison des chroniques de taux servis du MP 1 et MP 3

Avant le cantonnement nous observons bien que la même revalorisation s'effectue pour le MP 1 (épargne) et le MP 3 (retraite). Cependant, à la suite du cantonnement avec le découpage 3 nous

voyons que le MP retraite bénéficie d'une revalorisation supérieure au MP d'assurance vie. Ainsi, La méthode du cantonnement que nous avons développée avec le découpage 3 permet de respecter notre troisième ligne directrice : rendre les contrats de retraite plus attractifs en comparaison avec les contrats d'assurance vie.

Avec ces résultats nous validons complètement le découpage 3. Il permet de ne léser ni les assurés retraite ni les assurés épargne, de prendre en compte les écarts de durée entre actif et passif (cadre réglementaire donné par le Code des Assurances) et de donner un avantage comparatif aux contrats de retraite par rapport aux contrats d'épargne. De plus nous avons pu montrer et expliquer les mécanismes de démutualisation qui entraînent des revalorisations retraite plus importantes. Cela passe par d'un côté la démutualisation des contraintes contractuelles de passif qui déclenche un surplus de participation dans le canton de retraite afin de servir la PB réglementaire et d'un autre côté la démutualisation de l'actif et plus particulièrement du portefeuille d'obligations qui, une fois séparé en deux, entraîne un comportement des produits financiers assez différents qu'avant le cantonnement.

3.4.5 Impacts d'un changement d'environnement de taux

Dans cette partie, nous aimerions effectuer des sensibilités de nos résultats par rapport à l'environnement de taux. Comme nous le savons bien, nous vivons un contexte de taux bas très particulier qui va peut-être être amené à évoluer vers une hausse brusque des taux ou une baisse continue des taux.

Dans ce contexte nous voulons proposer une étude de l'évolution de nos résultats avec un choc de la courbe des taux EIOPA vers le haut et vers le bas. Nous allons d'abord montrer comment nous avons fait le choix des chocs.

Une première idée est de s'intéresser aux chocs S2 préconisés par l'EIOPA. Cela nous donnera des bornes de chocs à ne pas dépasser. La figure 3.21 donne une illustration de ces bornes.

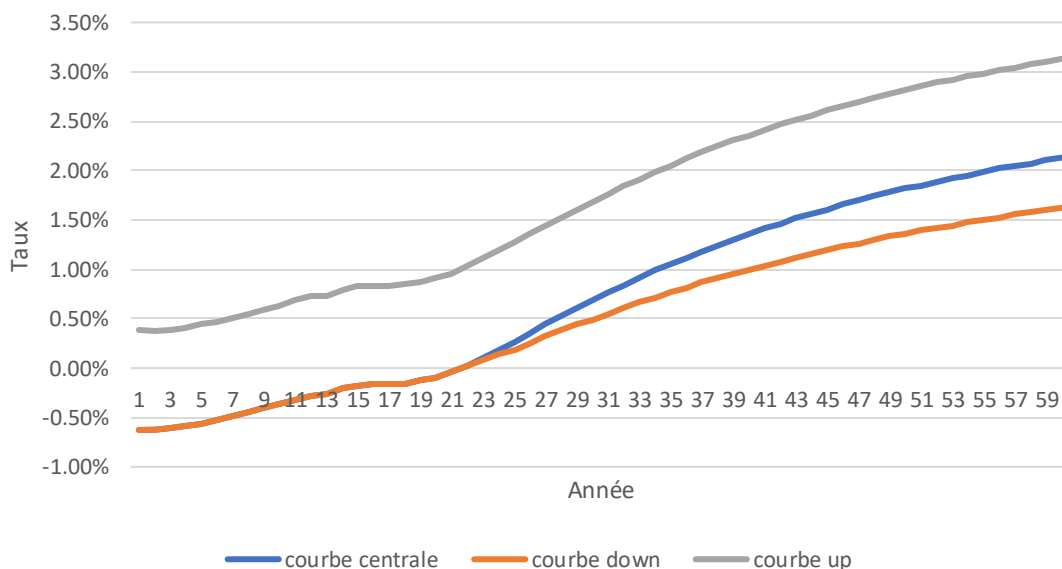


Figure 3.21 : Chocs des taux S2

Cependant, la clause de revoyure du 1 janvier 2019 prévoit de modifier les chocs à appliquer dans le cadre solvabilité 2. Sans entrer dans le détail du calcul, les chocs préconisés sont assez différents des

précédents. Pour suivre l'actualité, nous avons décidé de retenir la clause de revoiture comme borne pour nos chocs. Cependant, ces chocs sont appliqués dans le cadre du calcul du SCR et sont très prudents. C'est pourquoi nous allons les adapter. La figure 3.22 donne les chocs de taux de la clause de revoiture.

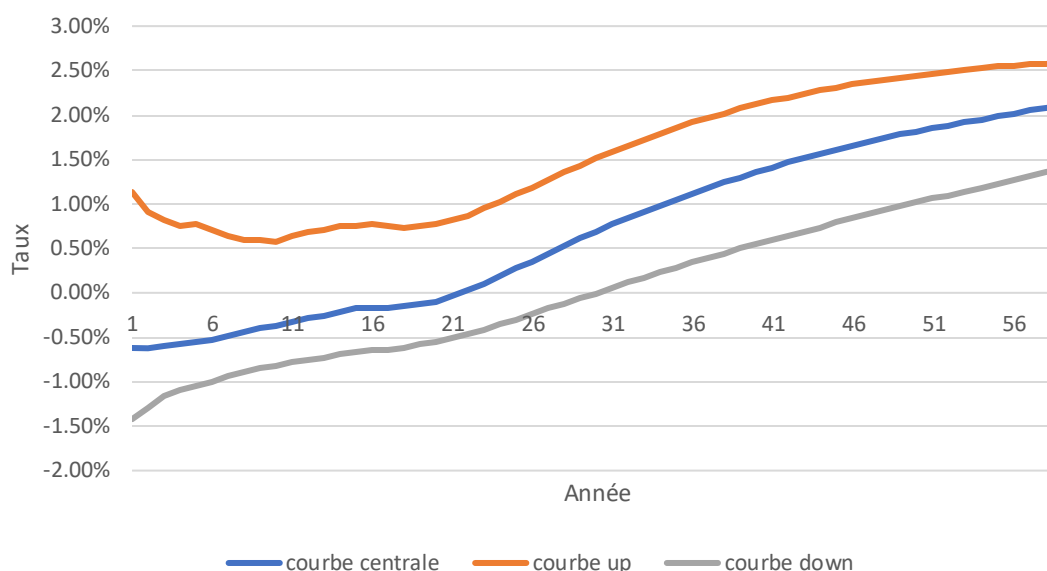


Figure 3.22 : Chocs de taux clause de revoiture

Nous choisissons de faire des chocs additifs sur la courbe des taux EIOPA de +50bps pour la courbe up et -30bps pour la courbe down. Ces valeurs ont été choisies de telle sorte que pour aucune maturité la courbe up ou la courbe down ne dépasse les chocs S2 de la clause de revoiture. Ce sont alors des chocs additifs de la courbe des taux qui ne dépasse jamais les chocs S2.

A partir de ces chocs, il nous faut rediffuser les scénarios économiques en utilisant les courbes up et down puis relancer notre modèle avec les nouveaux inputs des facteurs de risque taux, action et immobilier dans le cadre du cantonnement avec le découpage 3.

Le tableau 3.26 présente les variations de la métrique économique dans les différents contextes de taux. La métrique prudentielle n'a plus vraiment de sens dans ce contexte de sensibilité car le SCR est fortement sensible à l'environnement de taux mais il conviendrait d'évaluer cette métrique avec des outils plus complets permettant d'évaluer le SCR et l'impact du choc de taux sur celui-ci.

Tableau 3.26 : Variations des métriques d'analyse dans les différents contextes de taux

Contexte de taux	Métrique économique	
Central	-1.4%	-0,37 M€
Baisse	-2.1%	-0,50 M€
Hausse	-0.4%	-0,11 M€

Nous observons des variations dans des sens contraires entre la hausse et la baisse des taux. Pour le choc down, la métrique économique est détériorée de manière plus importante que dans le cas initial (central). Comme dans le cas central, nous observons une détérioration de la métrique économique (-

2,1%) alors que la variation de la métrique prudentielle reste relativement faible. Pour le choc up, l'impact du cantonnement est moins important que dans le cas central et est relativement neutre.

Nous pouvons tout de même noter que le cantonnement dans le cadre du découpage 3 est une mesure négative pour l'assurance car quel que soit le contexte de taux nos métriques d'analyse sont diminuées.

Sur l'analyse des taux servis, nous observons les mêmes types de résultats que dans la situation centrale :

- Taux de revalorisation globaux identiques avant et après cantonnement.
- Rattrapage des taux de revalorisation du segment retraite sur les taux servis du segment épargne.
- Taux servis sur le segment épargne identiques avant et après cantonnement.
- Augmentation des revalorisations du segment de retraite après cantonnement (écart d'environ +0,25% pour le *Down* et +0,15% pour le *up*)
- Taux servis pour la retraite plus importants que pour l'épargne pour des caractéristiques contractuelles identiques (TMG égal à 0 et taux de PB contractuelle égal à 90%)

Les graphiques illustrant ces résultats seront mis en annexe III.

Ainsi le changement de contexte de taux ne modifie pas les mécanismes observés à la suite du cantonnement dans le cadre de notre modèle ALM et du découpage 3 que nous avons mis en œuvre. Les assurés ne sont pas lésés sur chacun des segments et l'attractivité de la retraite est bien réévalué par rapport à l'épargne. Cependant, nous pouvons observer que la sévérité du cantonnement sur nos métriques prudentielle et économique est atténuée dans un contexte de taux haut et accentuée dans un contexte de taux bas. Ces résultats montrent aussi de manière qualitative à quel moment l'assureur peut mettre en place le cantonnement. Typiquement, si l'assureur anticipe une baisse des taux à court terme, il conviendra de faire le cantonnement le plus tard possible afin d'enregistrer les impacts négatifs le plus tard possible (et inversement pour une anticipation de hausse des taux).

3.4.6 Limites des résultats

Nous avons pu présenter un certain nombre de résultats issus de notre modèle et de notre démarche. Ces résultats sont aussi à nuancer au regard des limites et simplifications que nous avons fait le choix de garder pour la bonne réalisation de ce mémoire. Cette partie est destinée à l'exposition de ces limites.

Plusieurs catégories de limites existent, elles sont au nombre de trois : les limites de modélisation du produit PER, de l'assurance fictive et de l'outil ALM.

Limites de modélisation du PER

Pour cette première catégorie, nous avons réalisé des implémentations dans notre outil ALM de manière à intégrer les produits retraite. Cependant, par manque de données disponibles nous n'avons pas pu modéliser proprement de lois de sorties anticipées et de transferts vers d'autres produits PER d'autres compagnies d'assurances. Nous avons fait le choix de repartir de la loi de rachats des produits épargnes en réduisant les valeurs afin d'illustrer la plus grande rigidité des produits de retraite par rapport aux produits d'épargne. La loi de rachats des produits d'épargne est issue de l'outil ALM Mazars.

Par la même cause que la loi des sorties, nous avons dû choisir par avis d'expert le taux de sorties en rente et en capital du PER. Ce choix pourra être modifié lorsque plus de données sur le PER seront disponibles dû à la récente introduction du PER sur le marché.

Enfin, l'implémentation faite sur l'outil ALM pour la partie UC est partielle. Nécessaire à la gestion pilotée, la modélisation des arbitrages n'a pu être faite. Ce choix a été fait pour être réaliste par rapport aux contraintes de temps qui encadraient ce mémoire et au regard des autres implémentations qui devaient être faites.

Limites de modélisation de la compagnie fictive

Coté actif, quatre classes ont été modélisées : obligation, action, immobilier et monétaire. Ces classes sont simplifiées. Les actions et l'immobilier sont représentés par un unique indice ne permettant pas la création de plusieurs poches de PVL. Coté obligation seulement des obligations à taux fixe sont modélisées.

Comme nous l'avons présenté, la maille de modélisation des obligations et du reste de l'actif est différente. Avec notre portefeuille d'obligation, l'assureur peut faire un choix obligation par obligation pour l'allocation d'actifs au canton. Pour les actions et l'immobilier, cette précision de choix n'est pas possible du fait de la maille de modélisation moins précise. Cependant, même simplifié, notre actif nous a permis de mettre en évidence les mécanismes en jeu dans le cantonnement.

Coté passif, notre portefeuille de passif est très simplifié, constitué de 4 *Model Point*. Cependant, il nous a permis de mettre en place le cantonnement de manière à prendre en compte l'ensemble des règles préconisées par le Codes de Assurance et par la réforme PACTE.

Limites de modélisation de l'outil ALM

Il est important de rappeler que l'outil ALM Mazars est simple en comparaison avec les outils à disposition des compagnies d'assurance. Une première limite identifiée à travers nos résultats est la modélisation du taux concurrent responsable de taux servis très importants. Pour rappel, le taux concurrent permet de prendre en compte les taux servis par la concurrence de manière à éviter de potentiels rachats massifs. Le taux servis par l'assureur agressif défini dans le taux concurrent est une pondération de rendement action et de zéro coupon. Cette modélisation amène une concurrence servant 100% des rendements de l'actif ce qui ne devrait pas être le cas. Ainsi pour se prémunir de rachats massifs notre compagnie fictive sers des taux très importants aux assurés. Il est prévu que ce point soit amélioré par Mazars à la suite de ce mémoire.

Une autre limite, cette fois-ci choisie, est la modélisation de l'analyse prudentielle. Du fait du modèle ALM a disposition nous avons choisi de calculer un SCR et une marge pour risque simplifiée. Le SCR se rapproche d'un BSCR pour lequel nous avons évalué quelques modules : taux, action, immobilier, spread, cessation, dépenses, longévité et mortalité. Le reste des modules ont été mis à zéro. C'est une simplification que nous avons choisie afin de respecter les contraintes de temps encadrant ce mémoire.

Conclusion

Après une étude du marché de l'épargne retraite pré-PACTE, nous avons pu percevoir les problématiques le rendant peu attractif : épargne peu liquide, grande complexité et quantité des produits, portabilité limitée. En introduisant le Plan Epargne Retraite, la réforme PACTE a apporté une grande flexibilité aux épargnants souscrivant ce produit. Mettant en avant les sorties en capital, harmonisant la fiscalité et proposant un système de fonctionnement simple, le Plan Epargne Retraite semble être la bonne réponse aux problèmes que subissait l'épargne retraite en France depuis de nombreuses années.

La réforme impose aux assureurs un cantonnement des engagements liés aux PER. Dans l'optique de protéger les assurés souscrivant un PER la création d'un canton ajoute des contraintes supplémentaires aux assureurs. Pour mettre en place ce cantonnement, une règle prescriptive est donnée par le Code des Assurances avec une apparente souplesse quant au transfert des richesses dont les assureurs pourraient tirer parti pour stimuler les produits nouvelle génération. Dans l'ADN de la réforme, nous avons ajouté à cette règle, rendre plus attractifs les produits de retraite en comparaison aux autres produits d'épargne. Ces règles ont dirigé nos travaux tout au long du mémoire.

Pour répondre à ces règles, nous avons proposé trois découpages d'un portefeuille obligataire d'une compagnie fictive. Le premier respectant la « juste répartition des richesses », le deuxième ajoutant le *matching* de durée et le troisième améliorant l'attractivité des produits de retraite.

Nous avons à l'aide du modèle ALM mesuré successivement les impacts sur le bilan en valeur de marché du cantonnement avec les trois découpages. Nous avons pu observer des impacts prudentiels et économiques très peu significatifs pour les deux premiers découpages. Cependant, pour le troisième découpage, les métriques prudentielle et économiques se sont légèrement détériorées. Cela s'explique par une hausse de la revalorisation prospective des contrats au sein du moteur de calcul, avec notamment des effets collatéraux liés à des simplifications dans les modèles (règles strictes de respect de participations aux bénéfices, effets de démutualisation, non-implémentation de stratégie de différenciation de gamme).

Avec l'étude des taux servis, nous avons pu montrer que le cantonnement dans le cadre du troisième découpage ne lésait ni les assurés épargne ni les assurés retraite, prenait en compte les écarts de durations actif-passif et rendait les contrats de retraite plus attractif que les contrats d'épargne. Ceci place le troisième découpage comme la meilleure alternative pour le cantonnement du point de vue du cadre réglementaire du Code des assurances et de la réforme PACTE. Pendant cette étude des taux servis, nous avons pu mettre en lumière et expliquer les différents mécanismes de démutualisation d'actif et de passif entraînés par le cantonnement. D'un côté, la démutualisation du passif est une combinaison de la séparation des contraintes de revalorisation contractuelle (TMG et taux de PB contractuelle) et de la modification du calcul de la PB réglementaire à la maille canton plutôt qu'à la maille société. Et de l'autre, la démutualisation de l'actif est entraînée par la séparation du portefeuille d'obligation dans les deux cantons. Ces deux phénomènes participent à une revalorisation plus importante des contrats de retraite.

Nous avons enfin vu que, dans un contexte de taux différents, les impacts et les mécanismes du cantonnement reste identiques mais atténuer pour un choc de taux vers le haut et accentuer pour un choc de taux vers le bas.

Ces résultats sont toutefois à relativiser au regard des nombreuses hypothèses simplificatrices qui ont été prise afin de rendre possible l'implémentation du modèle ALM, la création de la compagnie

d'assurance fictive et l'analyse des résultats. Mais l'objectif de cette étude est rempli. Nous avons réussi à déterminer et à expliquer les impacts d'une méthode permettant la mise en place d'un cantonnement respectant les règles fixées par la réforme PACTE et le Codes des assurances. Ce mémoire permet de proposer un cadre d'analyse dans le contexte de la création d'un canton pour certains des engagements de l'assureur.

Certains développements complémentaires à ce mémoire comme l'amélioration des métriques (par exemple un calcul de SCR plutôt que BSCR) ou encore l'inclusion des métriques prudentielles, économiques et les taux servis dans les contraintes d'optimisation de l'algorithme génétique utilisé pourraient permettre de rechercher une solution au cantonnement des actifs optimale pour un assureur. Une pondération de ces métriques dans les contraintes devra être déterminée en fonction du profil de l'assurance modélisée de manière à répondre au mieux aux besoins stratégiques de l'assureur.

Bibliographie

- BONNEFOY-CUDRAZ, P. (2016). *Implémentation et calibrage d'un Générateur de Scénarios Economiques : impact sur la volatilité du Solvency Capital Requirement*. Mémoire d'actuariat: EURIA.
- BRAS, P.-L. (2017). *Evolutions et perspectives des retraites en France*. Conseil d'Orientation des Retraites.
- BRIGO, D., & MERCURIO, F. (2001). Two-Factor Short-Rate Models. Dans *Interest Rate Models – Theory and Practice* (pp. 137-181).
- CERISIER, V. (2021). *Application de méthodes de machine learning dans le calcul de la solvabilité infra-annuelle*. Mémoire d'actuariat: Dauphine.
- COLL, M. (2015). *La participation aux bénéficiaires sur les contrats avec sortie en rente*. Mémoire d'actuariat: Dauphine.
- DECHRISTE, V. (2018). *Réforme des régimes de branche 26 : Quels sont les impacts du changement réglementaire ?* Mémoire d'actuariat: DUAS.
- Direction de l'information légale et administrative. (2022). *Plan d'épargne pour la retraite collectif (PERCO)*. Récupéré sur <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F10260>
- Direction de l'information légale et administrative. (2022). *Plan d'épargne retraite (PER)*. Récupéré sur <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F34982>
- Direction de l'information légale et administrative. (2022). *Plan d'épargne retraite populaire (PERP)*. Récupéré sur <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F10259>
- GRESHAM. (2021). *Conditions générales d'un plan épargne retraite PERin*. Récupéré sur <https://www.gresham-banque-privee.fr/media/default/documents/produits/conditionsgenerales/concordances-perin-conditions-generales.pdf>
- Groupe de travail IA. (2016). *Best Estimate Liabilities VIE*. Institut des Actuaire.
- HAGUET, E. (2012). *Calibrage d'un modèle de taux gaussien à 2 facteurs*. Mémoire d'actuariat: ENSAE.
- La retraite en clair. (2019). *Que change la loi PACTE sur l'épargne retraite ?* Récupéré sur <https://www.la-retraite-en-clair.fr/preparer-financierement-retraite/essentiel-solutions-epargne-retraite/epargner-retraite-change-loi-pacte>
- La retraite en clair. (2020). *Comment fonctionne un contrat "PER Entreprise"*. Récupéré sur <https://www.la-retraite-en-clair.fr/preparer-financierement-retraite/solutions-epargne-retraite-entreprise/fonctionne-contrat-entreprises-ex-article-83>
- La retraite en clair. (2020). *Comment fonctionne un contrat "Madelin"*. Récupéré sur <https://www.la-retraite-en-clair.fr/preparer-financierement-retraite/solutions-epargne-retraite-individuelle/fonctionne-contrat-madelin>
- LABOUREIX, J.-P. (2021). *Résultats 2020, prévisions 2021 et 2020*. Commission des comptes de la sécurité sociale.

Previssima. (2021). *Qu'est-ce-que la retraite de base ?* Récupéré sur <https://www.previssima.fr/retraite-de-base.html>

Radet, F.-G., & Souquet, A. (2004). *Algorithmes génériques*.

Scrucca, L. (2013). Récupéré sur GA: A Package for Genetic Algorithms in R: <https://www.jstatsoft.org/article/download/v053i04/676>

ANNEXE I

Article L 142-4 du Code des Assurances

« Par dérogation aux dispositions du code de commerce relatives aux comptes sociaux, l'entreprise d'assurance établit une comptabilité auxiliaire d'affectation pour ses engagements mentionnés à l'article L. 142-1. Les engagements qui ne sont pas affectés à cette comptabilité auxiliaire d'affectation font l'objet d'un transfert vers celle-ci avant le 1er janvier 2023.

L'entreprise d'assurance veille à ce que ce transfert ne porte pas préjudice aux intérêts des assurés dont les engagements sont transférés.

Elle vérifie notamment que les actifs transférés permettent d'assurer une juste répartition des placements appréciés en valeur de réalisation, de la participation aux bénéfices distribuables et de la réserve de capitalisation au regard de la valorisation des engagements selon la méthode mentionnée au 2° de l'article L. 351-1. Lorsque l'horizon des engagements transférés permet un investissement de plus longue échéance que celui du portefeuille qui n'est pas transféré, elle veille toutefois à ce que les montants transférés des plus-values latentes, de la participation aux bénéfices distribuables et de la réserve de capitalisation reflète la différence entre l'horizon d'investissement du portefeuille transféré et de celui qui ne l'est pas.

Les conditions d'application du présent article aux engagements exprimés en parts de provision de diversification sont précisées par décret.

Les dispositions du présent article ne sont pas applicables aux engagements mentionnés à l'article L. 441-1, aux engagements relevant de la convention d'assurance de groupe dénommée "complémentaire retraite des hospitaliers" mentionnée à l'article L. 132-23 ainsi qu'aux engagements portés par un fonds de retraite professionnelle supplémentaire relevant de l'article L. 381-1. »

Article L 142-7 du Code des Assurances

« I.- Avant le 1er janvier 2023, les entreprises d'assurance peuvent être autorisées, dans les conditions prévues au présent article, à transférer au sein de la comptabilité auxiliaire d'affectation mentionnée à l'article L. 142-4 tout ou partie de leur portefeuille d'engagements correspondant :

- aux contrats mentionnés aux 1°, 2°, 5° et 7° de l'article L. 224-40 du code monétaire et financier ;*
- aux contrats à prestations définies dont l'exécution est liée à la cessation d'activité professionnelle, notamment ceux mentionnés aux l'article L. 137-11 et L. 137-11-2 du code de la sécurité sociale et ceux mentionnés au 3° de l'article 998 du code général des impôts ;*
- aux contrats à cotisations définies visant à la constitution d'une prestation versée en rente viagère et correspondant à des avantages mentionnés à l'article 82 du code général des impôts.*

Les conditions d'application du présent article aux engagements exprimés en parts de provision de diversification sont précisées par décret.

Le transfert des engagements correspondant à des plans d'épargne retraite populaire mentionnés à l'article L. 144-2 doit être autorisé par l'assemblée générale de l'association mentionnée au même article. Les règles applicables à ce transfert sont fixées par décret.

Les engagements mentionnés à l'article L. 441-1 du présent code, ainsi que les engagements relevant de la convention d'assurance de groupe dénommée " complémentaire retraite des hospitaliers " mentionnée à l'article L. 132-23, ne sont pas concernés par le présent article.

II.- L'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution approuve le transfert mentionné au I s'il lui apparaît que ce transfert ne porte pas préjudice aux intérêts des créanciers et des assurés dont les engagements sont transférés.

Elle vérifie notamment que les actifs transférés permettent d'assurer une juste répartition des placements appréciés en valeur de réalisation, de la participation aux bénéfices distribuables et de la réserve de capitalisation au regard de la valorisation des engagements selon la méthode mentionnée au 2° de l'article L. 351-1. Lorsque l'horizon des engagements transférés permet un investissement de plus longue échéance que celui du portefeuille qui n'est pas transféré, l'Autorité veille toutefois à ce que les montants transférés des plus-values latentes, de la participation aux bénéfices distribuables et de la réserve de capitalisation reflète la différence entre l'horizon d'investissement du portefeuille transféré et de celui qui ne l'est pas.

L'approbation rend le transfert opposable aux assurés, souscripteurs et bénéficiaires de contrat ainsi qu'aux créanciers. Le transfert est opposable à partir de la date de publication au Journal officiel de la décision d'approbation mentionnée au premier alinéa du présent II. »

Annexe II

1. Expression du taux zéro-coupon

En écrivant $x(t)$ tel que $x(t) = z(t)e^{-at}$ avec z un processus martingale et en appliquant le lemme d'Ito, on a :

$$dx(t) = d(z(t)e^{-at}) = -ae^{-at}z(t)dt + e^{-at}dz(t).$$

Or,

$$dx(t) = -ax(t)dt + \sigma dW_1(t),$$

Nous avons alors nécessairement que $dz(t) = e^{at}\sigma dW_1(t)$ par unicité de la décomposition des processus d'Ito.

On en déduit que $z(t) = z(s) + \sigma \int_s^t e^{-au} dW_1(u)$.

D'où,

$$x(t) = e^{-at}z(t) = e^{-at} \left(z(s) + \sigma \int_s^t e^{-au} dW_1(u) \right) = x(s)e^{-a(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u).$$

De de la même manière on obtient l'expression pour $y(t)$.

Le taux court s'écrit alors :

$$r(t) = x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) + \eta \int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u) + \varphi(t).$$

2. Calcul de l'espérance et de la variance du taux court

Nous voulons montrer que le taux court conditionnellement à la filtration \mathcal{F}_t est gaussien de moyenne et de variance :

$$\begin{aligned} \mathbb{E}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \varphi(t) \\ \text{Var}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= \frac{\sigma^2}{2a}(1 - e^{-2a(t-s)}) + \frac{\eta^2}{2b}(1 - e^{-2b(t-s)}) + 2\rho \frac{\eta\sigma}{a+b}(1 - e^{-2(a+b)(t-s)}) \end{aligned}$$

$\int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u)$ est une intégrale de Wiener suivant une loi gaussienne de moyenne nulle et de variance $\int_s^t e^{-2a(t-u)} du = \frac{1}{2a}(1 - e^{-2a(t-s)})$.

Comme x et y sont \mathcal{F} -adaptés, et par indépendance des accroissements du mouvement Brownien, on a :

$$\begin{aligned} \mathbb{E}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= \mathbb{E}_Q(x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) + \eta \int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u) + \varphi(t) | \mathcal{F}_s) \\ \mathbb{E}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \varphi(t) + \sigma \mathbb{E}_Q \left(\int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) \right) + \eta \mathbb{E}_Q \left(\int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u) \right) \\ \mathbb{E}_Q(r_t | \mathcal{F}_s) &= x(s)e^{-a(t-s)} + y(s)e^{-b(t-s)} + \varphi(t) \end{aligned}$$

Pour la variance :

$$Var_Q(r_t | \mathcal{F}_s) = Var_Q(x_t + y_t + \varphi_t | \mathcal{F}_s) = Var_Q(x_t + y_t | \mathcal{F}_s) = Var_Q(x_t | \mathcal{F}_s) + Var_Q(y_t | \mathcal{F}_s) + 2cov_Q(x_t, y_t | \mathcal{F}_s).$$

Etude du 1^{er} terme :

$$Var_Q(x_t | \mathcal{F}_s) = Var_Q\left(x(s)e^{-a(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) \middle| \mathcal{F}_s\right),$$

Le processus x est \mathcal{F} -adapté et le mouvement brownien W_1 est indépendant de \mathcal{F} donc la covariance entre x et W_1 est nulle.

De plus, comme x est adapté à \mathcal{F} , on a :

$$Var_Q(x(s)e^{-a(t-s)} | \mathcal{F}_s) = \mathbb{E}_Q(x(s)^2 e^{-2a(t-s)} | \mathcal{F}_s) - \left(\mathbb{E}_Q(x(s)e^{-a(t-s)} | \mathcal{F}_s)\right)^2 = 0$$

On a donc

$$Var_Q(x_t | \mathcal{F}_s) = Var_Q\left(\int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u) \middle| \mathcal{F}_s\right) = Var_Q\left(\int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u)\right) = \frac{1}{2a}(1 - e^{-2a(t-s)})$$

On obtient de la même façon le deuxième terme $Var_Q(y_t | \mathcal{F}_s)$.

Etude de la covariance :

$$cov_Q(x_t, y_t) = cov_Q\left(x(s)e^{-a(t-s)} + \sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u), y(s)e^{-b(t-s)} + \eta \int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u)\right)$$

$$cov_Q(x_t, y_t) = cov_Q\left(\sigma \int_s^t e^{-a(t-u)} dW_1(u), \eta \int_s^t e^{-b(t-u)} dW_2(u)\right) = \sigma\eta \int_s^t e^{-(a+b)(t-u)} d\langle W_1, W_2 \rangle_u$$

$$cov_Q(x_t, y_t) = \sigma\eta\rho \int_s^t e^{-(a+b)(t-u)} du = \frac{\sigma\eta\rho}{(a+b)}(1 - e^{-2(a+b)(t-s)})$$

On retrouve bien le résultat.

Annexe III

Instruments financiers de calibrage

Taux

Le tableau suivant donne le sous-ensemble de swaptions défini par la maturité du swap et la maturité de l'option d'activer le swap.

Option Maturity	Swap Tenor
20Y	4Y
15Y	5Y
10Y	7Y
9Y	8Y
8Y	9Y
7Y	10Y
6Y	12Y
5Y	15Y
4Y	20Y
3Y	25Y
10Y	10Y
9Y	9Y
8Y	8Y
7Y	7Y
6Y	6Y
12Y	12Y
15Y	15Y
20Y	10Y

Action

Le tableau suivant donne les caractéristiques du sous-ensemble de produits vanilles utilisé pour la calibration du modèle B&S.

Option Maturity	Spot	Calendar	Fixed Frequency	DayCounter Fix	DayCounter Float	Strike
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM

10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	ATM
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3197,376
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	2486,848
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	1776,32
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	3907,904
1Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
18M	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
2Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
3Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432

4Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
5Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
7Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432
10Y	3552,64	TARGET	1Y	30/360 US	Actual360	4618,432

Annexe IV

Détail des chiffres de solvabilité

Situation initiale

Module	Valeur en M€
Taux	3.7
Action	8.2
Immobilier	19.3
Spread	26.7
Concentration	0
Devise	0

Module	Valeur en M€
Mortalité	1.2
Longévité	10.7
Invalidité	0
Dépenses en vie	5.3
Révision	0
Cessation	4.1
Cat	0

SCR	Valeur en M€
Marché	47.4
Défaut	0
Vie	15.1
Santé	0
Non-vie	0
BSCR	53.2

	Valeur en M€
FP actualisés initiaux	114.6
Marge pour risque	10.3
Impôts différés	12.5
FP éligibles	29.2
BSCR	53.2
Ratio de solvabilité	172.6%

Situation après transfert vers le PER et avant cantonnement

Module	Valeur en M€
Taux	4.4
Action	8.1
Immobilier	19.3
Spread	26.7
Concentration	0
Devise	0

Module	Valeur en M€
Mortalité	1.0
Longévité	7.2
Invalidité	0
Dépenses en vie	5.2
Révision	0
Cessation	3.9
Cat	0

SCR	Valeur en M€
Marché	47.4
Défaut	0
Vie	12.1
Santé	0
Non-vie	0
BSCR	51.7

	Valeur en M€
FP actualisés initiaux	112.3
Marge pour risque	10.3
Impôts différés	11.8
FP éligibles	27.6
BSCR	51.7
Ratio de solvabilité	174.3%

Situation après cantonnement dans le cadre du premier découpage

Module	Valeur en M€
Taux	4.4
Action	8.4
Immobilier	19.6
Spread	26.5
Concentration	0
Devise	0

Module	Valeur en M€
Mortalité	1.0
Longévité	7.3
Invalidité	0
Dépenses en vie	5.3
Révision	0
Cessation	3.8
Cat	0

SCR	Valeur en M€
Marché	47.7
Défaut	0
Vie	12.2
Santé	0
Non-vie	0
BSCR	52.1

	Valeur en M€
FP actualisés initiaux	112.3
Marge pour risque	10.3
Impôts différés	11.8
FP éligibles	27.5
BSCR	52.1
Ratio de solvabilité	173.2%

Situation après cantonnement dans le cadre du deuxième découpage

Module	Valeur en M€
Taux	4.6
Action	8.3
Immobilier	19.5
Spread	26.4
Concentration	0
Devise	0

Module	Valeur en M€
Mortalité	1.0
Longévité	7.3
Invalidité	0
Dépenses en vie	4.7
Révision	0
Cessation	3.8
Cat	0

SCR	Valeur en M€
Marché	47.5
Défaut	0
Vie	11.8
Santé	0
Non-vie	0
BSCR	51.7

	Valeur en M€
FP actualisés initiaux	112.1
Marge pour risque	10.3
Impôts différés	11.8
FP éligibles	27.4
BSCR	51.7
Ratio de solvabilité	174.1%

Situation après cantonnement dans le cadre du troisième découpage

Module	Valeur en M€
Taux	4.5
Action	8.6
Immobilier	19.7
Spread	26.2
Concentration	0
Devise	0

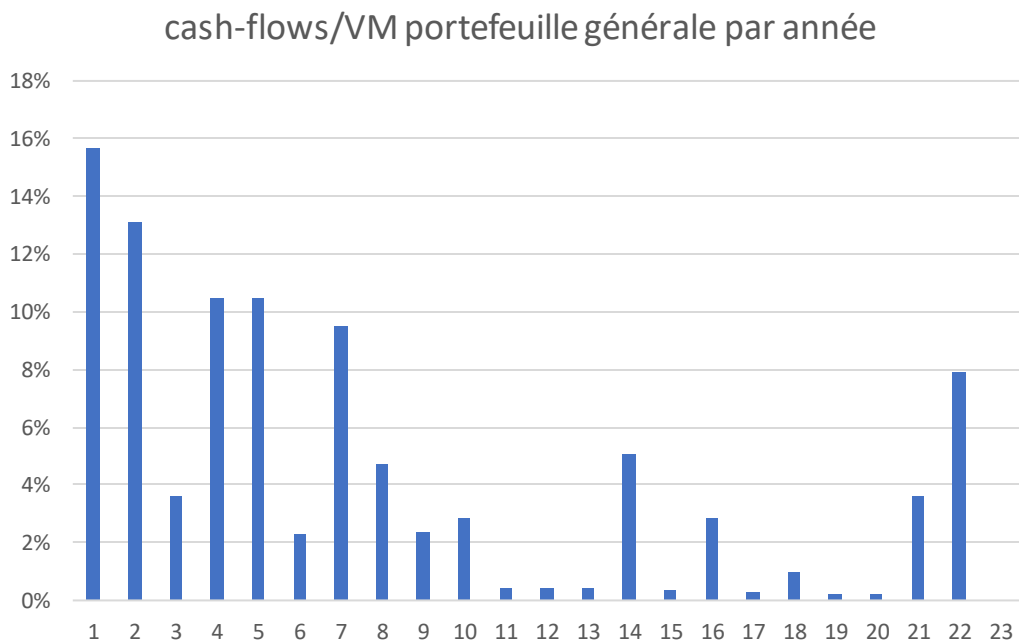
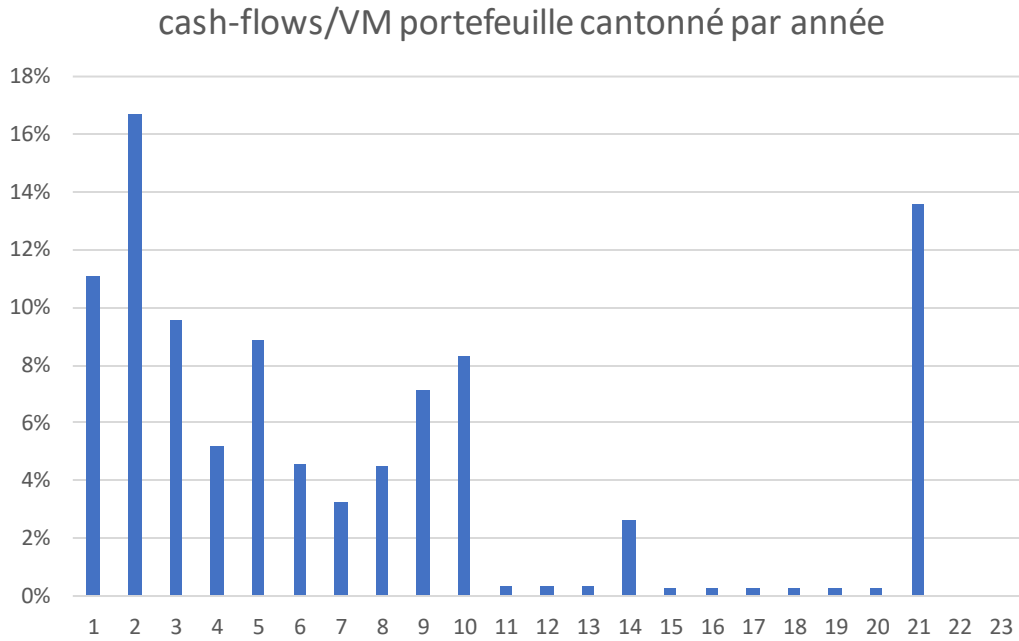
Module	Valeur en M€
Mortalité	0.9
Longévité	7.4
Invalidité	0
Dépenses en vie	5.3
Révision	0
Cessation	4.0
Cat	0

SCR	Valeur en M€
Marché	47.7
Défaut	0
Vie	12.3
Santé	0
Non-vie	0
BSCR	52.1

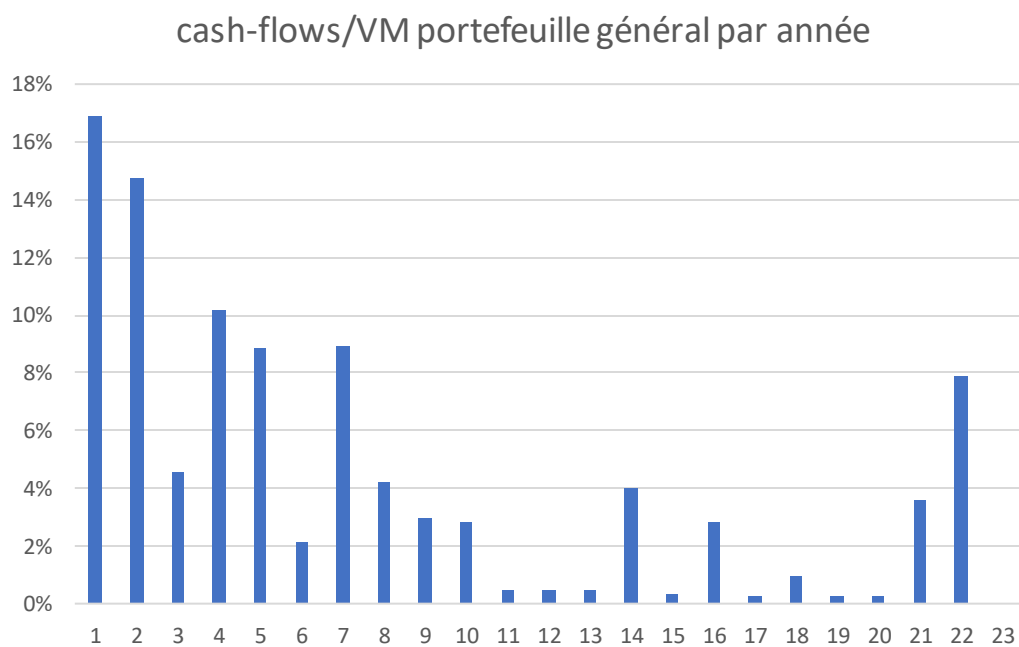
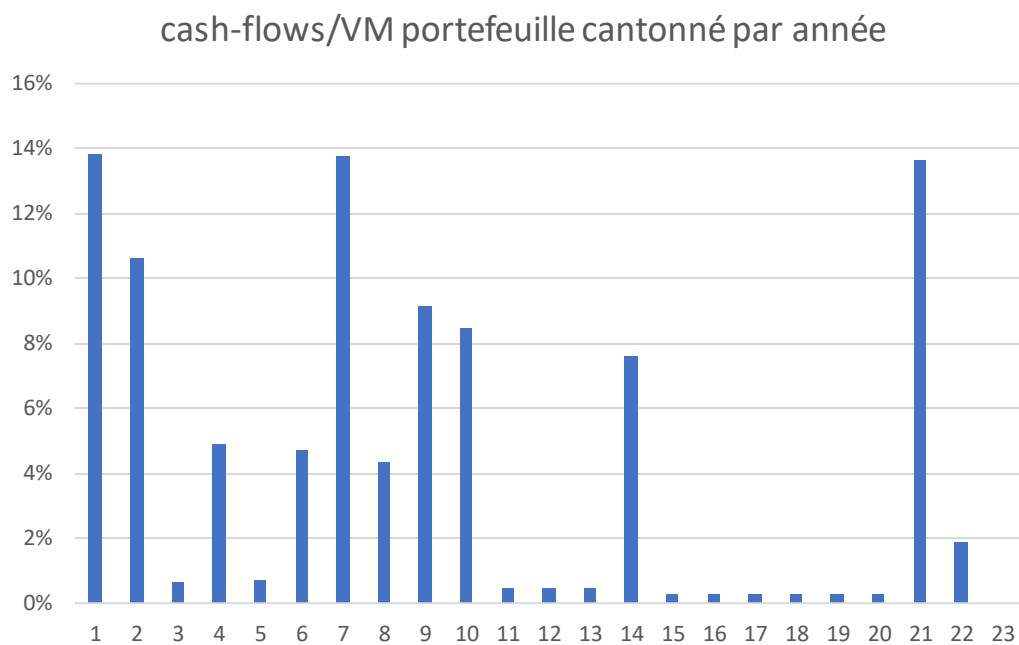
	Valeur en M€
FP actualisés initiaux	111.8
Marge pour risque	10.3
Impôts différés	11.7
FP éligibles	27.2
BSCR	52.1
Ratio de solvabilité	172.3%

ANNEXE V

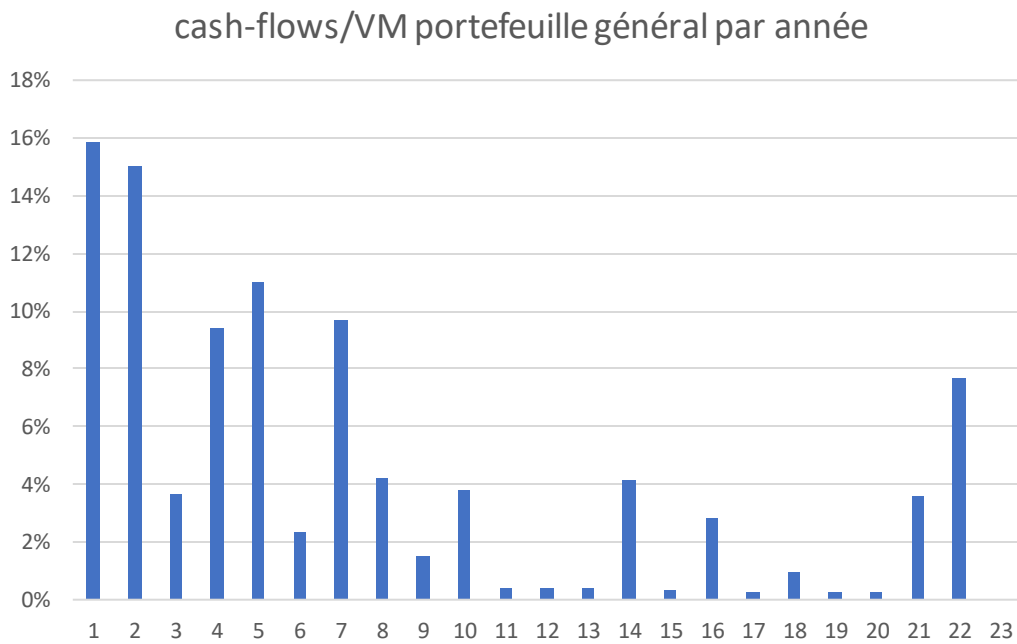
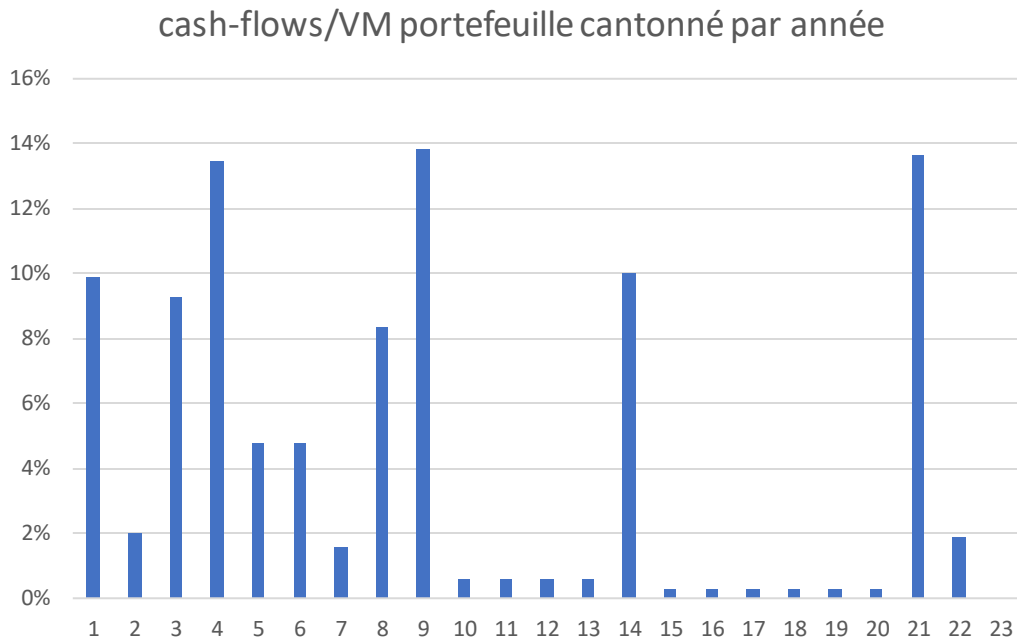
Echéanciers de retombées de *cashflows* du découpage 1



Echéanciers de retombées de *cashflows* du découpage 2



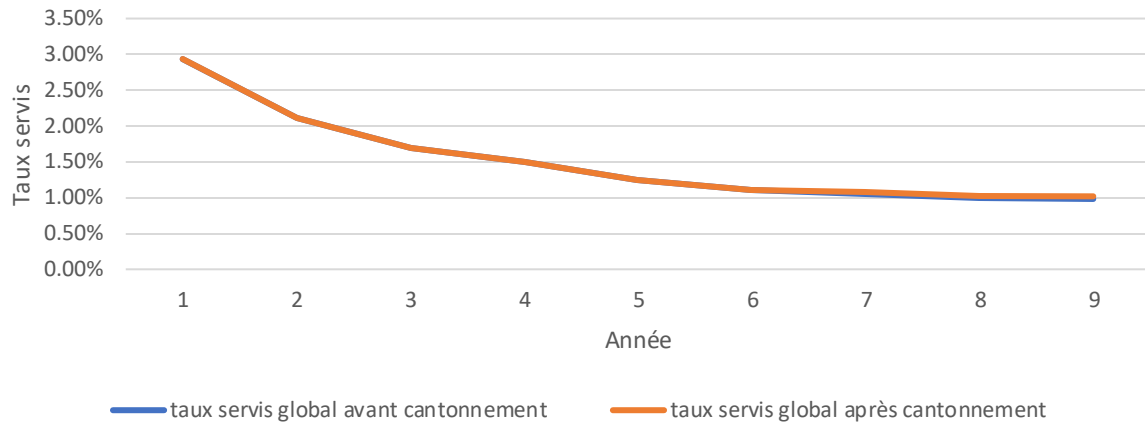
Echéanciers de retombées de *cashflows* du découpage 3



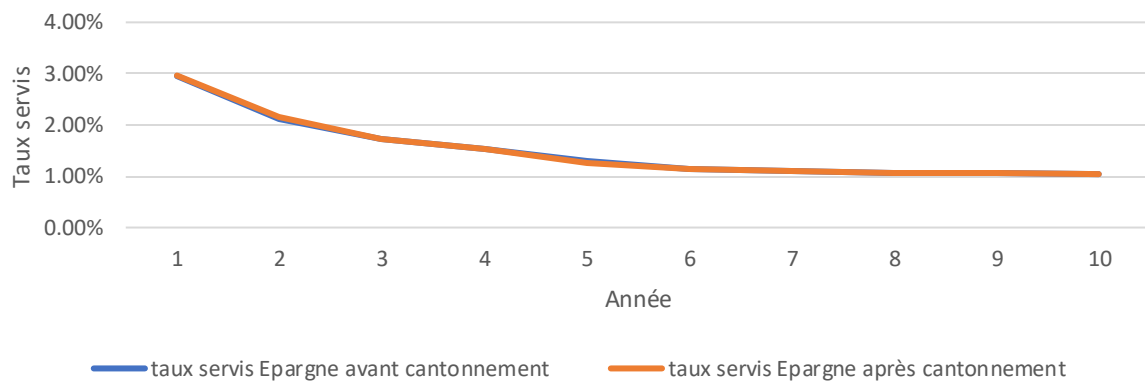
Annexe VI

Choc de taux up

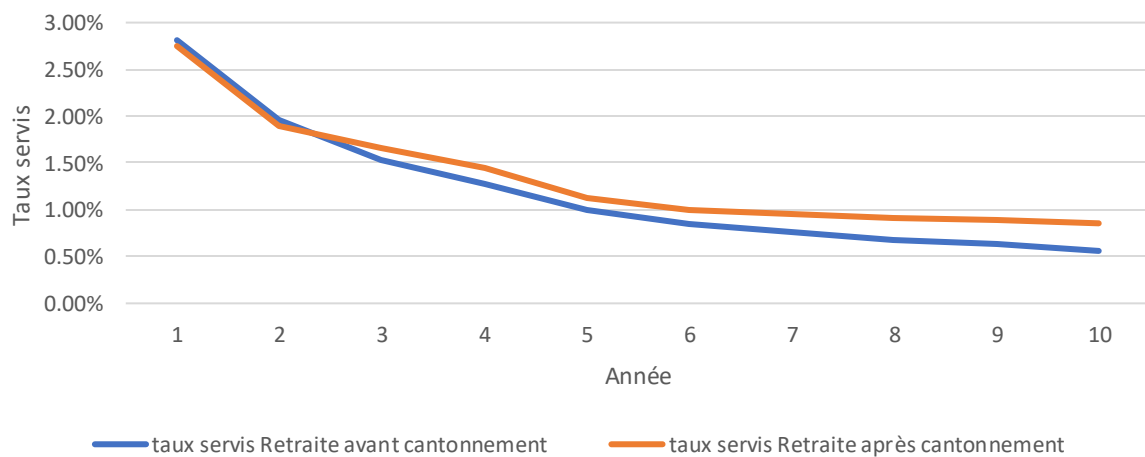
Chronique des taux servis globaux pour le choc de taux up



Chronique des taux servis du segment Epargne pour le choc de taux up

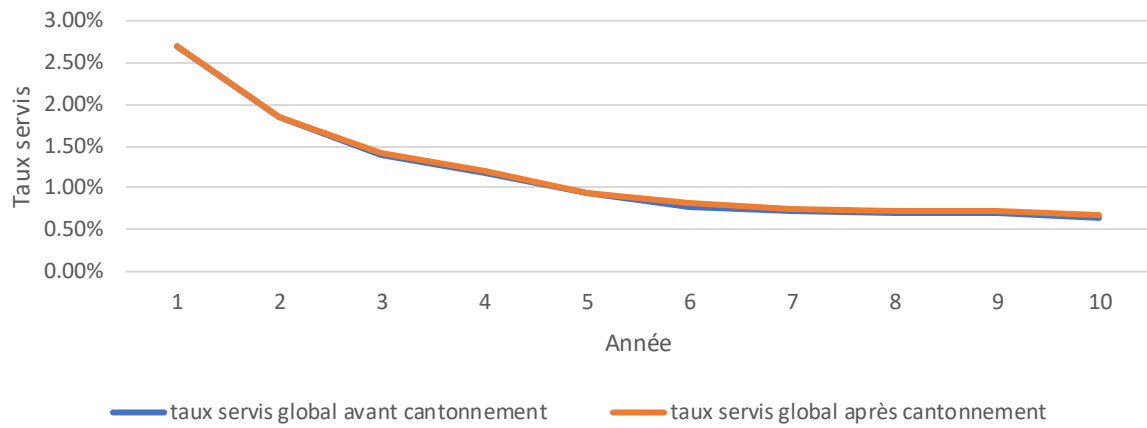


Chronique des taux servis du segment Retraite pour le choc de taux up

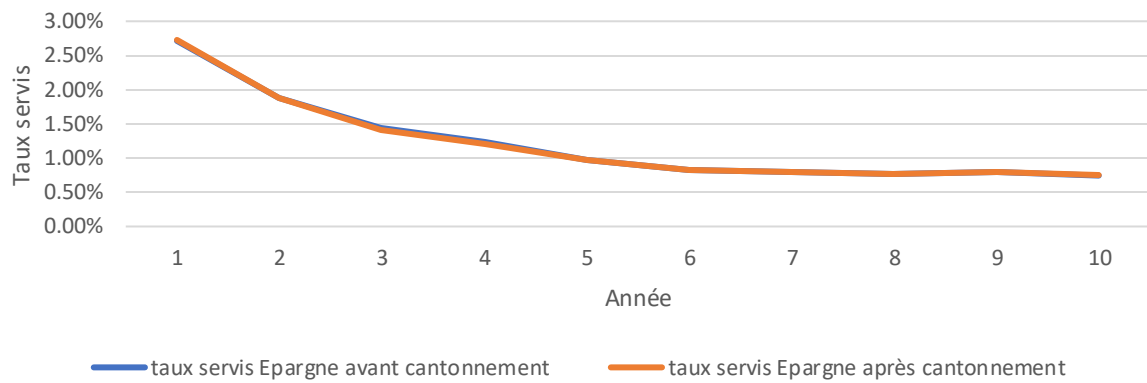


Choc de taux down

Chronique des taux servis globaux choc de taux down



Chronique des taux servis du segment Epargne pour le choc de taux down



Chronique des taux servis du segment Retraite pour le choc de taux down

