

Mémoire présenté devant
l'UFR de Mathématique et Informatique
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'Actuaire de Strasbourg
et l'admission à l'Institut des Actuaire
le 17 décembre 2020

Par : PRA ANKHANN Nikkora

Titre: Etude de rentabilité d'un produit Plan d'Epargne Retraite

Confidentialité : NON OUI Durée : 1 an 2 ans 3 ans 4 ans 5 ans

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

Signature :

Membres du jury de l'Unistra :

Entreprise : Actuelia

P. ARTZNER

J. BERARD

A. COUSIN

K.-T. EISELE

M. MAUMY-BERTRAND

Directeur de mémoire en entreprise:

Nom : Louis-Anselme de Lamaze

Signature :

Invité : Kévin MA

Nom :

Signature :

Jury de l'Institut des
Actuaire :

Frédérique HENGE

Fabrice MULLER

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

Signature du responsable entreprise

Secrétariat : Mme Stéphanie Richard

Bibliothèque : Mme Christine Disdier

Signature du candidat

Remerciements

J'ai eu l'honneur de réaliser mon mémoire de fin d'études au sein du cabinet Actuelia. Je souhaite remercier MM. David Fitouchi, Frank Boukobza et Louis-Anselme de Lamaze pour leur confiance et pour m'avoir offert l'opportunité de rejoindre leur cabinet.

Je tiens particulièrement à remercier MM. Kévin Ma et Louis-Anselme de Lamaze pour m'avoir aiguillé tout au long de la rédaction de ce mémoire grâce à leur expertise et leurs nombreux conseils avisés.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble de l'équipe d'Actuelia pour leur accueil, leur convivialité et d'avoir fait de mon alternance une expérience enrichissante.

J'aimerais aussi remercier l'ensemble de l'équipe académique du DUAS qui a su m'apporter les fondements nécessaires à la réalisation de ces travaux et à la poursuite de ma vie professionnelle.

Je remercie aussi mon tuteur universitaire Mme. Myriam Maumy-Bertrand pour ses conseils et son suivi.

Je remercie également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je remercie ma famille et mon entourage pour leurs encouragements et leurs relectures.

Résumé

Le Gouvernement a introduit avec la loi PACTE, un nouveau produit de retraite supplémentaire venant remplacer et simplifier les produits existants actuellement : le Plan d'Épargne Retraite (PER).

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons à la mise en place de ce produit au sein d'un organisme d'assurance. A des fins de commercialisation, une analyse doit être réalisée afin de prendre connaissance des axes de développement possibles du portefeuille.

La première partie de ce mémoire présentera les principales caractéristiques de ce nouveau produit. Ce produit étant un produit d'épargne, la problématique de rémunération et de rendement financier est mise en évidence. En particulier, une étude comparative avec le produit PERP met en évidence des évolutions importantes : non obligation de proposer aux assurés des supports en devise à capital garanti, une allocation d'actifs plus fine imposée pour des contrats en gestion profilée ou encore l'intégration de plusieurs compartiments fiscaux en fonction de l'origine des fonds.

La deuxième partie de ce mémoire portera sur des indicateurs de rentabilité à la disposition de l'assureur. Ces indicateurs sont construits de manière à pouvoir comparer des portefeuilles différents entre eux et prennent en compte le risque intrinsèque liée à l'activité d'assurance.

La troisième partie expose la sensibilité de la rentabilité à toutes sortes de paramètres allant de la population cible aux placements effectués. Ces éléments seront ainsi à surveiller non seulement à la commercialisation mais aussi tout au long de la vie du produit.

Abstract

With the PACTE law, the Government introduced a new pension product to replace and simplify the existing ones. Its name is the Plan d'Epargne Retraite.

In this thesis, we will focus on the implementation of this product within an insurance company. For commercialization purposes, an analysis must be carried out in order to learn about the possible avenues of development of the portfolio.

The first part of this thesis will introduce the main features of this new product. Since this is a savings product, the issue of earnings and financial return is highlighted. In fact, a comparative study with the PERP product highlights some important changes : insurers are no longer bound to offer capital-guaranteed currency products to policyholders, a more detailed asset assignment is required for insurer-managed contracts and several tax compartments have been integrated depending on the funds' source.

The second part of this thesis will be about profitability indicators available to the insurer. These indicators are built in a way to enable the comparison of different portfolios and to take into account the intrinsic risk linked to the insurance activity.

The third part discuss the sensitivity of profitability to a variety of parameters ranging from the target population to the investments made. These elements will have to be monitored not only at the time of commercialization but also throughout the life of the product.

Note de synthèse

Le Plan d'Épargne Retraite (PER) est un nouveau produit d'épargne venant remplacer quatre produits existants : le PERP, le contrat Madelin, le PERCO et l'Article 83. Il se décline en 3 produits. Ce mémoire se concentrera la déclinaison dénommée PER Individuel (PERIN).

Afin de pouvoir étudier la rentabilité du produit, le compte de résultat de l'assureur doit être projeté afin d'obtenir les résultats de l'assureur au fil du temps. La projection de ce compte de résultat repose sur des hypothèses qui peuvent être réparties en quatre catégories :

- rendements financiers ;
- chargements ;
- frais ;
- prestations.

Les hypothèses de rendements financiers, de chargements et de frais sont calibrées à partir de données historiques issus du PERP actuellement en place. Les hypothèses utilisées pour le calcul des prestations sont aussi des données d'expérience, comme la loi de rachat hors liquidation mais peuvent aussi être imposées par la réglementation comme la table de mortalité à utiliser pour la tarification des rentes.

A l'issue des projections, des indicateurs de rentabilité sont construits. Les deux principaux indicateurs retenus dans ce mémoire sont la *New Business Margin* (NBM) et l'indice de rentabilité attendu. Ils sont définis de la manière suivante :

$$NBM = \frac{\text{New Business Value}}{\text{Present Value of New Business Premiums}}$$
$$\text{Indice de rentabilité attendu} = \frac{\text{New Business Value}}{SCR} - 1$$

Ces indicateurs utilisent la *New Business Value* qui est défini comme la somme des résultats projetés de l'assureur actualisés.

Ces indicateurs permettent ainsi d'obtenir le rendement attendu par unité monétaire de prime versé par les assurés d'une part et d'autre part le rendement attendu par unité monétaire de capital réglementaire immobilisé par l'assureur.

L'étude s'est divisée ensuite en deux parties : une première portant sur l'analyse de la rentabilité du portefeuille PERP actuel et la seconde sur la projection d'un portefeuille de nouvelles affaires.

La première analyse permet de mettre en évidence des évolutions importantes apportées par le PERIN : non obligation de proposer aux assurés des supports en devise à capital garanti, une allocation d'actifs plus fine imposée pour des contrats en gestion profilée ou encore l'intégration de plusieurs compartiments fiscaux en fonction de l'origine des fonds.

Ainsi, l'analyse porte sur la différence entre le PERP et le PERIN au niveau des indicateurs de rentabilité. Des scénarios intermédiaires ont aussi été réalisés afin de décomposer les écarts obtenus. Au total, l'analyse comporte 5 scénarios de projection du portefeuille PERP :

- un scénario PERP ;
- un scénario PERP avec l'allocation d'actifs du PERIN ;
- un scénario PERP avec l'allocation d'actifs du PERIN et une loi de rachat revue à la hausse ;
- un scénario PERP avec l'allocation d'actifs du PERIN et une sortie en capital relevée de 20% ;
- un scénario PERIN.

La baisse de la *New Business Value* traduit une baisse du résultat net de l'assureur sur l'ensemble de l'horizon de projection. Etant donné que le montant de primes versées reste constant, la *New Business Margin* est ainsi plus plus faible pour chaque scénario par rapport au PERP. Cette baisse est expliquée par l'augmentation des rachats dans le premier scénario, ce qui contribue à une baisse des encours gérés par l'assureur et ainsi à la perte du résultat issu de la gestion de ces contrats. Il en va de même dans le deuxième scénario où la perte de résultat est liée à la perte de la gestion de la rente des contrats sortis en capital.

Au niveau des SCR, la hausse dans le premier scénario est lié à la hausse du risque de rachat auquel l'assureur est exposé. Pour le deuxième scénario, du fait de la sortie en capital, l'assureur est moins exposé au risque de longévité inhérent à la gestion des rentes viagères, ce qui diminue donc le SCR.

Ainsi, du fait des différentes variations, l'indice de rentabilité attendu est plus faible sur le PERIN : son niveau est presque même divisé par deux pour le portefeuille considéré. Cette analyse révèle donc que le PERIN est moins rentable que le PERP et permet donc à l'assureur de se positionner : il est préférable d'éviter les transferts de PERP vers le PERIN sous peine de voir la rentabilité espérée diminuer.

De ce fait, la seconde analyse se place dans le contexte où l'assureur vise un portefeuille de nouvelles affaires. La construction de ce nouveau portefeuille a été réalisée à partir du portefeuille historique : il a été supposé que les mêmes profils viendront souscrire à un PERIN.

Pour ce faire, le portefeuille a été divisé en groupes homogènes d'individus grâce à l'algorithme des *k-means* et un tirage aléatoire a été effectué sur chaque groupe obtenu pour obtenir les individus composant le nouveau portefeuille.

Afin de pouvoir mieux commenter ces résultats, une analyse des sensibilités du modèle a été effectuée.

Les sensibilités ont porté sur les hypothèses suivantes :

- les rendements financiers ;
- la mortalité et les rachats ;
- les chargements et les frais.

Avec les niveaux actuels de rendements, l'assureur peut tout de même observer une bonne rentabilité du produit PERIN. L'indice de rentabilité attendu se dégrade avec la hausse des taux mais reste tout de même bon. Une meilleure redistribution de la PB permet aussi d'améliorer les résultats de l'assureur.

L'analyse des sensibilités de la mortalité et des rachats souligne l'aspect important du suivi de ces observations tout au long de la vie du produit pour que l'assureur puisse réévaluer la rentabilité à tout moment. Enfin, l'analyse des chargements a permis de mettre en avant les leviers permettant à l'assureur de piloter son activité.

Summary

The Plan d'Epargne Retraite (PER) is a new retirement savings plan that replaces four existing products : the PERP, the Madelin contract, the PERCO and Article 83. It is available in 3 products. This paper will focus on the variation named PER Individuel (PERIN).

In order to be able to study the profitability of the product, the insurer's income statement must be forecast in order to obtain the insurer's results through time. The projection of this income statement is based on assumptions that can be divided into four categories :

- financial returns ;
- earnings ;
- expenses ;
- payments.

Hypotheses for financial returns, loads and expenses are calibrated based on historical data from the PERP currently in place. The hypotheses used for the calculation of payments are also based on data obtained from experience, such as the buy-back table without liquidation, but may also be imposed by regulations, such as the mortality table to be used for annuity pricing.

At the end of the projections, profitability indicators are constructed. The two main indicators retained in this paper are the New Business Margin (NBM) and the expected profitability index. They are defined as follows :

$$NBM = \frac{\textit{New Business Value}}{\textit{Present Value of New Business Premiums}}$$
$$\textit{Expected profitability index} = \frac{\textit{New Business Value}}{\textit{SCR}} - 1$$

These indicators use the New Business Value which is defined as the sum of the insurer's projected discounted results.

These indicators thus make it possible to obtain the expected return per monetary unit of premium paid by policyholders on the one hand and the expected return per monetary unit of regulatory capital immobilized by the insurer on the other hand.

The study was then divided into two parts : a first part dealing with the analysis of the profitability of the current PERP portfolio and the second part dealing with the projection of a new business portfolio.

The first analysis allows me to highlight some important changes : insurers are no longer bound to offer capital-guaranteed currency products to policyholders, a more detailed asset assignment is required for insurer-managed contracts and several tax compartments have been integrated depending on the funds' source.

Thus, the analysis focuses on the difference between the PERP and the PERIN in terms of profitability indicators. Intermediate scenarios were also carried out in order to break down the differences obtained. In total, the analysis includes 5 scenarios for the projection of the PERP portfolio :

- a PERP scenario ;
- a PERP scenario with the asset management from the PERIN ;
- a PERP scenario with the asset management from the PERIN and a buyback law shifted upwards ;
- a PERP scenario with the asset management from the PERIN and a capital outflow increased by 20
- a PERIN scenario.

The decline in New Business Value shows a decrease in the insurer's net income over the entire projection horizon. Since the amount of premiums paid remains the same, the New Business Margin is thus lower for each scenario compared to the PERP. This decrease is explained by the increase in buy-backs in the first scenario, which contributes to a decrease in assets managed by the insurer and thus to the loss of the income derived from the management of these contracts. The same applies in the second scenario in which the loss of income is due to the loss of the management of annuities from contracts that have been withdrawn as lump sums.

In terms of SCR, the increase in the first scenario is linked to the increase in the buy-back risk to which the insurer is subjected. For the second scenario, due to the capital withdrawal, the insurer is less exposed to the longevity risk inherent in the management of life annuities, which therefore decreases the SCR.

Thus, as a result of the different variations, the expected profitability index is lower on the PERIN : its level is almost even divided by two for this given portfolio. This analysis shows that the PERIN is less profitable than the PERP and enables the insurer to position himself : it

is recommended to avoid transfers from PERP to PERIN, otherwise the expected profitability will decrease.

So, the second analysis takes place in the context where the insurer targets a portfolio of new business. The creation of this new portfolio has been carried out based on the historical portfolio : it was assumed that the same profiles will subscribe to a PERIN.

To do so, the portfolio was divided into homogeneous groups of individuals using the k-means algorithm and then a random draw was made on each group obtained to obtain the individuals making up the new portfolio.

To be able to better comment on these results, a sensitivity analysis of the model was done.

The sensitivities were based on the following assumptions :

- financial returns ;
- mortality and buybacks ;
- earnings and expenses.

With current levels of returns, the insurer can expect to see a good profitability for the PERIN. The index of expected profitability deteriorates with the increase in yields but remains good nevertheless. A better profit-sharing rate also improves the insurer's income.

The analysis of mortality and buyback sensitivities underlines the important aspect of monitoring these observations throughout the product's lifespan so that the insurer can re-evaluate the profitability at any time. Finally, the analysis of earnings highlighted the mechanisms that enable the insurer to manage its business.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Note de synthèse	5
Summary	8
Glossaire	13
Introduction	14
1 Présentation du produit Plan d'Épargne Retraite	16
1.1 Les produits remplacés par le PER	16
1.1.1 Le Plan d'Épargne Retraite Populaire (PERP)	18
1.1.2 Les autres produits	19
1.2 Le Plan d'Épargne Retraite	20
1.2.1 Fonctionnement	20
1.2.2 Avantages et inconvénients	23
1.2.3 Principales évolutions sur la gestion financière	24
2 Construction de la mesure de la rentabilité	27
2.1 Obligations réglementaires	27
2.1.1 Les supports d'investissement	27
2.1.2 La participation aux bénéfices	28
2.1.3 Le cantonnement	29
2.2 Modélisation	31
2.2.1 Phase de constitution	32
2.2.2 Phase de restitution	38
2.2.3 Calcul de la PB	41
2.2.4 Calcul du SCR	41
2.3 Indicateurs de rentabilité	43

3 Étude de rentabilité du portefeuille existant	45
3.1 Analyse du portefeuille	45
3.1.1 Retraitements	46
3.1.2 Statistiques démographiques	46
3.2 Projection du portefeuille	52
3.2.1 Périmètre de l'analyse	52
3.2.2 Résultat global de l'analyse	53
3.2.3 Analyse des scénarios	55
4 Construction d'un portefeuille de nouvelles affaires	61
4.1 Méthodes de classification	61
4.2 Application sur le portefeuille existant	63
4.3 Sensibilités du modèle	68
4.3.1 Rendements	68
4.3.2 Mortalité et rachats	71
4.3.3 Chargements et frais	74
4.3.4 Sensibilité au volume de souscription	77
4.3.5 Sensibilités conjointes	79
Conclusion	83
A Les produits remplacés par le PER	85
B Calcul du résultat	90
C Démonstrations	94
D Le Solvency Capital Requirement	98
E Détermination du nombre optimal de classes	110
Table des figures	114
Liste des tableaux	115
Bibliographie	117

Glossaire

ACAV	Assurance à Capital Variable
BE	<i>Best Estimate</i> - Meilleure Estimation
NBM	<i>New Business Margin</i> - Marge des Affaires Nouvelles
Pacs	Pacte civil de solidarité
PASS	Plafond Annuel de la Sécurité Sociale
PB	Participation aux Bénéfices
PER	Plan d'Épargne Retraite
PERCO	Plan d'Épargne pour la Retraite Collectif
PERP	Plan d'Épargne Retraite Populaire
PM	Provision Mathématique
PME	Petite ou Moyenne Entreprise
SCR	<i>Solvency Capital Requirement</i> - Capital Requis de Solvabilité
SRRI	<i>Synthetic Risk and Reward Indicator</i> - Indicateur Synthétique de Risque et de Performance
TNS	Travailleur Non Salarié
UC	Unité de compte
USP	<i>Undertaking Specific Parameters</i> - Paramètres Propres de l'Entreprise

Introduction

En France, lorsqu'une personne active ses droits à la retraite, elle peut percevoir une pension de base versée par la Sécurité Sociale et une pension complémentaire dispensée par des organismes complémentaires. Ces deux régimes forment un socle obligatoire. Leur financement s'effectue par répartition : les prestations versées aux retraités actuels proviennent des cotisations versées par les actifs.

Avec l'évolution démographique de la population française, une surveillance permanente de l'équilibre doit être réalisée : des ajustements à la hausse sur les cotisations ou à la baisse sur les prestations sont à arbitrer. Ce phénomène met en avant une incertitude grandissante sur les prestations qui seront versées aux actuels actifs.

Par ailleurs, le taux de remplacement des revenus est en général assez faible : les prestations que perçoit le retraité atteignent rarement le niveau de revenu qu'il disposait avant la retraite. Pour réduire cette différence, l'individu peut constituer sa propre épargne lors de la vie active.

L'Etat incite les Français à constituer leur propre épargne via l'établissement de nombreux régimes de retraite supplémentaires disposant d'avantages fiscaux. Même si le principe de fonctionnement de ces régimes est identique, c'est-à-dire que chacun cotise pour sa propre retraite, chacun de ces régimes dispose de ses propres spécificités. Cela entraîne ainsi une complexité dans la compréhension des produits existants.

Afin de simplifier le fonctionnement de la retraite supplémentaire et de dynamiser la retraite supplémentaire en France, le Gouvernement a introduit en 2018 la loi PACTE. Cette loi prévoit l'harmonisation de plusieurs régimes de retraite supplémentaires en un nouveau régime : le Plan d'Épargne Retraite (PER).

Les principales caractéristiques du PER sont déjà connues du marché car elles sont en partie présentes dans les produits qu'il remplace. Dans un contexte de mise en conformité de l'offre existante, l'assureur doit pouvoir se prononcer sur rentabilité du produit avant de lancer quelconque travail.

Ce régime fonctionne par capitalisation : les sommes versées par l'assuré sont placées sur des

supports dédiés selon son choix de répartition et génèrent des intérêts. Dans le contexte actuel de taux bas, les assureurs sont confrontés à une véritable problématique de rendements financiers : ils doivent aujourd'hui adopter une stratégie leur permettant de générer des produits financiers tout en satisfaisant les attentes de rendements des assurés et tout en lui accordant une rémunération.

Dans le cadre de ce mémoire, une étude de la mise en place d'un produit PERIN pour un organisme d'assurance sous le prisme de la rentabilité sera réalisé.

Dans un premier temps, nous resituerons le Plan d'Épargne Retraite dans le contexte de la retraite en France et nous présenterons le régime. Ensuite, nous définirons des indicateurs de rentabilité pour effectuer le suivi du produit.

Afin de construire une stratégie de développement que l'assureur pourrait adopter dans le cadre de la commercialisation de ce produit, ces indicateurs seront utilisés pour comparer différents portefeuilles, dont le portefeuille historique. Une analyse de la sensibilité du rendement vis-à-vis des hypothèses formulées sera réalisée afin de mettre en avant les leviers dont dispose l'assureur pour optimiser la rentabilité du produit.

Enfin, nous discuterons des limites de notre étude et des perspectives qui peuvent être envisagées.

Chapitre 1

Présentation du produit Plan d'Épargne Retraite

Le Plan d'Épargne Retraite (PER) est un régime de retraite. Un régime de retraite est défini comme un mécanisme systémique et organisé sur une base légale ou réglementaire d'octroi de prestations aux personnes âgées en fonction des droits acquis durant leur phase de constitution. Ce mécanisme s'enclenche au moment de leur départ à la retraite.

Afin de comprendre les enjeux concernant le PER, ce premier chapitre vise à décrire ce produit mais aussi le contexte dans lequel sa mise en place s'inscrit.

1.1 Les produits remplacés par le PER

Le projet de loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises) a été présenté en Conseil des ministres le 18 juin 2018 par le Ministre de l'Économie et des Finances, Bruno Le Maire. La Loi PACTE a ensuite été adoptée le 11 avril 2019 par l'Assemblée Nationale.

La loi vise à favoriser la croissance des entreprises, et notamment des PME, pour encourager la création d'emplois. Pour ce faire, elle offre plus de souplesse dans les risques que peuvent prendre les assureurs pour rémunérer l'épargne retraite des assurés. Cela va donc leur permettre de diversifier leurs placements dans des entreprises plus variées.

Elle permet aussi de mieux associer les salariés aux fruits de la croissance à travers une évolution de la taxation des mécanismes d'intéressement, d'épargne salariale ou d'actionnariat salarié.

L'État a souhaité faire évoluer l'épargne retraite pour augmenter les parts de retraite par capitalisation. Pour y parvenir, le gouvernement a fixé trois objectifs que la réforme doit

poursuivre :

1. simplifier et harmoniser les dispositifs existants, qu'il s'agisse de souscriptions individuelles ou collectives ;
2. les rendre transférables, quel que soit le parcours professionnel ;
3. et augmenter la concurrence entre les gestionnaires d'actifs pour obtenir de meilleurs rendements ;

La commercialisation des dispositifs existants prend fin au 1^{er} octobre 2020. Ils continueront de fonctionner de manière identique sauf en cas de transfert vers le PER.

Les régimes répondant à la retraite par capitalisation sont à destination des individus souhaitant se constituer un complément de retraite de manière individuelle. Leur financement s'effectue par capitalisation et suit donc le principe suivant : les cotisations servent à accumuler un capital constitutif qui va ensuite être utilisé une fois que l'assuré est à la retraite. Le financement par capitalisation repose sur le fait que les réserves sont toujours au moins égales aux engagements : selon la stratégie de placement, l'assuré percevra toujours au moins l'épargne constituée qui peut être reversée sous forme de capital ou de rente viagère.

L'avantage du financement par capitalisation est qu'il est indépendant de la démographie et du chômage : un individu ou une cohorte cotisent pour leur propre retraite.

L'inconvénient de ce mode de financement réside dans sa dépendance aux marchés financiers et de la longévité. En effet, le rendement des placements obtenu pourrait être inférieur à celui qui était espéré. A l'heure actuelle, les rendements peuvent même atteindre un taux négatif : il n'y a plus de garantie en capital. De ce fait, les assurés n'ont plus aucune raison de cotiser. Par ailleurs, si les adhérents viennent à vivre plus longtemps que ce qui était prévu par les calculs, les rentes devront être versées sur une plus grande durée, ce qui engendre une hausse de l'engagement et le régime pourrait ne plus être à l'équilibre et rentrer en situation de sous-provisionnement.

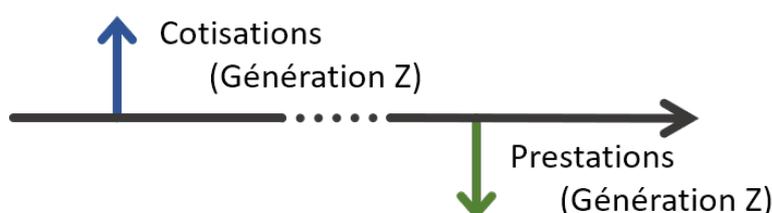


FIGURE 1.1 – Schéma du fonctionnement de la capitalisation

Le PER est ainsi un régime de retraite fonctionnant par capitalisation. Il vient remplacer des produits existants actuellement sur le marché. Afin de comprendre les enjeux liés à l'introduction du PER, ces produits seront présentés dans la partie suivante.

1.1.1 Le Plan d'Épargne Retraite Populaire (PERP)

Le PERP est un produit de retraite supplémentaire individuel institué par la Loi Fillon du 21 août 2003. Il fonctionne par capitalisation.

Ce produit ne présente aucune contrainte sur la profession ou de condition d'âge spécifique, bien qu'il s'adresse particulièrement aux personnes en activité. L'assuré est libre d'effectuer des cotisations, aussi appelés versements, quand il le souhaite, sans conditions de montant. Les versements sur le PERP peuvent être aussi programmés.

Il existe plusieurs catégories de contrats PERP. Ces contrats se distinguent par les supports financiers sur lesquels le capital est affecté. Selon l'appétence au risque de l'assuré, il peut s'agir de fonds euros sécurisés ou des supports boursiers.

Durant la phase de constitution de l'épargne, les sommes versées sur un PERP sont bloquées jusqu'au moment du départ à la retraite. Cependant, il est possible de récupérer son épargne de façon anticipée dans les cas suivants :

- invalidité ;
- décès de l'époux ou du partenaire de Pacs ;
- expiration des droits aux allocations chômage ;
- surendettement ;
- cessation d'activité non salariée à la suite d'un jugement de liquidation judiciaire ;
- encours du PERP inférieur à 2000€ ;
- contrat âgé d'au moins quatre ans (et s'il n'imposait pas de versement régulier, aucun versement effectué au cours des quatre dernières années) ;
- revenus de l'adhérent inférieurs à ceux permettant de bénéficier de l'exonération ou du plafonnement de la taxe d'habitation.

A la retraite, l'épargne constituée est reversé sous forme d'une rente viagère. Elle peut également être reversée sous forme de capital, au maximum à hauteur de 20%. Il est aussi possible d'utiliser l'épargne pour financer l'acquisition d'une résidence principale lors du départ à la retraite.

En cas de décès du souscripteur, la rente acquise peut être reversée sous forme de rente viagère à l'époux(se) survivant(e) ou tout autre bénéficiaire expressément désigné dans le plan ; ou sous forme de rente éducation pour ses enfants mineurs.

1.1.1.1 Avantages

Le PERP permet à l'assuré de bénéficier d'avantages fiscaux sur les versements. En effet, pour un salarié, les sommes versées sur un PERP sont déductibles du revenu imposable dans la limite d'un certain plafond. Ce plafond est égal notamment au plus élevé des deux montants suivants :

- 10% des revenus professionnels dans la limite de 80% du PASS de l'année de versement ;
- 10% du PASS l'année précédant les versements.

Les sommes versées sur un PERP étant bloquées lors de la vie active, le PERP garantit ainsi un revenu supplémentaire lors de la retraite.

1.1.1.2 Inconvénients

Au moment de la retraite, la sortie d'un PERP s'effectue principalement sous forme de rente viagère. Chaque année, le gestionnaire du PERP doit informer l'assuré du montant de rente qui sera perçu. Malgré cela, ce montant reste une estimation et donc il n'y a pas de certitude avant le départ à la retraite. Par ailleurs, la rente est assujettie à l'impôt sur le revenu et les prélèvements sociaux, ceci afin de balancer l'avantage fiscal obtenu lors de la vie active.

1.1.2 Les autres produits

Les produits suivants vont être aussi remplacés par le PER :

- le contrat Madelin ;
- le Plan d'Épargne pour la Retraite Collectif (PERCO) ;
- les plans dits « Article 83 » [du Code Général des Impôts].

Ils ont un fonctionnement assez similaire. Par souci de clarté, seules leurs caractéristiques seront exposées. Une présentation détaillée de ces produits est réalisée en annexe de ce mémoire.

	Madelin	PERCO	Article 83
Public concerné	TNS non agricoles	Contrat d'entreprise ouvert à tout public	
Versements	Cotisation annuelle obligatoire + cotisation libre au-delà	Intéressement, participation, CET, versements volontaires, abondement	Cotisations définies avec une part patronale et salariale, versements volontaires, CET
Déblocage anticipé	Identique au PERP	Conditions identiques au PERP et possibilité de déblocage en vue d'acquérir une résidence principale	Identique au PERP
Sortie	Uniquement en rente	Rente ou capital	Uniquement en rente
Décès	Rente de réversion	Capital	Rente de réversion ou capital
Gestion	Identique au PERP		
Fiscalité	Identique au PERP		

TABLE 1.1 – Tableau récapitulatif des caractéristiques des produits remplacés par le PER (autres que le PERP)

1.2 Le Plan d'Épargne Retraite

Pour répondre aux objectifs que le gouvernement a fixé, un nouveau produit d'épargne retraite a été introduit avec la Loi PACTE : le Plan d'Épargne Retraite (PER). Il est disponible depuis le 1^{er} octobre 2019 et viendra remplacer progressivement les plans d'épargne retraite actuellement en place. Le PER existe sous trois formes :

- le PER Individuel (ou PERIN), qui succède au PERP et au contrat Madelin ;
- le PER Collectif (ou PERCOL), qui succède au PERCO ;
- et le PER Obligatoire qui succède aux plans dits Article 83.

Le fonctionnement des trois formes du PER est similaire et une différence notable se trouve dans la provenance de l'épargne. Dans le cadre de ce mémoire, un focus sera fait sur le PER Individuel.

1.2.1 Fonctionnement

Le PER est un produit de retraite supplémentaire. Il s'agit d'un contrat d'assurance vie de groupe à adhésion facultatif. Il fonctionne par capitalisation.

L'adhésion à un PERIN est ouvert à tous sans conditions d'âge ou de situation professionnelle,

tandis que l'adhésion à un PERCOL ou un PER Obligatoire s'effectue via l'employeur si ce dernier a décidé de mettre en place un tel dispositif.

Les sommes versées sur le PER sont réparties dans trois compartiments selon leur provenance.

Compartiment 1	Compartiment 2	Compartiment 3
Versements volontaires	Participation ou intéressement Versements complémentaires de l'employeur Jours versés sur un CET ou jours de repos non pris en absence de CET	Cotisations obligatoires du salarié et de l'employeur

TABLE 1.2 – Tableau de répartition des versements

Pour un PERIN, seul le compartiment 1 peut être alimenté de manière directe. Les versements sur un PERIN sont libres. Il est possible de mettre en place des versements programmés si l'assuré le souhaite. Cette option est révoquée à tout moment. En cas de commercialisation d'un PERIN, le produit doit être en mesure d'accueillir les autres compartiments où l'alimentation ne peut se faire que par transfert :

- depuis un PERCO ou un PERCOL pour le compartiment 2 ;
- depuis un contrat Article 83 ou un PER Obligatoire pour le compartiment 3.

La mise en place de ces compartiments permet à un adhérent d'effectuer des transferts entre les différentes formes de PER qui existent. De plus, les frais de transfert sont plafonnés à 1% et sont nuls si le plan a plus de 5 ans d'ancienneté.

Les sommes placées sur un PER peuvent être gérées de deux manières au choix de l'assuré :

- en gestion à horizon ;
- en gestion libre.

Dans la gestion à horizon, un organisme gestionnaire s'occupe de gérer les placements. Au fur et à mesure que la date de départ à la retraite s'approche, le gestionnaire va placer un pourcentage de plus en plus important du portefeuille en actifs sécurisés (obligations court terme, fonds monétaire ou fonds euros). La cadence de sécurisation est réglementaire et pourra être faite en fonction de l'appétence au risque de l'adhérent.

Quant à la gestion libre, l'adhérent décide lui-même des actifs dans lesquels son épargne est investie.

La défiscalisation des versements libres est identique à celle pour le PERP. Une nouveauté du PER est le choix de non-déduction du revenu imposable des montants versés. Dans ce cas de figure, l'adhérent bénéficiera d'un avantage fiscal à la sortie sur les sommes correspondant aux versements volontaires :

- en cas de sortie en capital, ces sommes ne sont pas soumises à l'impôt sur le revenu ;
- en cas de sortie en rente, seule une fraction de la rente est imposable. Cette fraction dépend de l'âge de l'adhérent au premier versement de la rente.

Comme pour les produits vus dans la partie précédente, l'épargne d'un PER est en théorie bloquée jusqu'à la retraite. Toutefois, il est possible de récupérer son épargne dans les cas suivants :

- invalidité du titulaire ou d'un membre de sa famille ;
- décès du conjoint ou du partenaire de Pacs ;
- expiration des droits aux allocations chômage ;
- surendettement ;
- cessation d'activité non salariée suite à une liquidation judiciaire ;
- acquisition d'une résidence principale.

Ces cas sont pour la plupart identiques au PERP. Deux nouveaux cas se distinguent : à savoir l'extension de l'invalidité aux membres de la famille de l'adhérent et l'acquisition de la résidence principale. Il est à noter que la sortie des sommes en compartiment 3 ne peut se faire que sous forme de rente.

Une autre condition de déblocage possible est en cas de décès de l'adhérent durant la phase de constitution. Dans ce cas, les sommes versées sur le PER sont reversées aux héritiers ou bénéficiaires désignés dans le contrat, sous forme de rente ou de capital. L'assuré peut aussi décider à tout moment de transférer son contrat chez un autre assureur.

A la retraite, l'assuré a le choix entre plusieurs modes de sortie :

- la sortie en capital ;
- la sortie en capital fractionné ;
- la sortie en rente viagère ;
- et un mixte des trois modes cités ci-dessus.

La sortie en capital est simple et immédiate. Dans ce cas de figure, l'assuré récupère l'intégralité de son épargne en un unique paiement. S'il souhaite que ce capital lui soit versé sur plusieurs

années, il peut opter pour la sortie en capital fractionné. Enfin, la sortie en rente viagère lui permet de s'assurer de recevoir une prestation de manière périodique jusqu'à son décès.

Du point de vue de l'assureur, chaque mode de sortie a un coût qui lui est propre. En effet, la gestion du contrat est effectuée sur différents ordres de grandeur de temps pour chaque sortie. Elle s'étend de 1 an pour la sortie en capital et peut aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années pour la sortie en rente viagère.

Bien que la rente viagère ait un coût en gestion plus élevé, une incertitude est portée sur les flux futurs à décaisser. Il se peut très bien que la rente soit versée sur une durée plus courte que celle déduite des tables de mortalité. Dans ce cas, l'assureur réaliserait un résultat technique positif. Dans les sorties en capital, il ne peut que se rémunérer sur les frais de gestion sur encours alors qu'en sortie en rente, il peut obtenir du résultat technique sur les différences d'hypothèses de mortalité entre la tarification de la rente et la mortalité observée.

1.2.2 Avantages et inconvénients

Le PER a été créé de manière à faire face aux inconvénients présents pour les différents produits qu'il remplace. Le PER possède toujours l'inconvénient du blocage de l'épargne jusqu'à la retraite. Toutefois, ce produit est plus souple dans la mesure où il permet le déblocage anticipé de l'épargne dans un nouveau cas de figure non accidentel : l'achat de la résidence principale durant la phase de constitution. Jusque lors, cela n'était possible qu'avec le PERCO ou le PERP. De plus, pour ce dernier, cela n'était possible qu'au moment du départ à la retraite.

Il offre aussi plus de choix à la sortie pour les sommes en compartiment 1 et 2 : il est désormais possible de choisir une sortie en capital ou en capital fractionné pour l'intégralité de l'épargne en plus de la sortie en rente viagère.

Concernant les sommes en compartiment 3, il n'y a aucun changement comparé à l'Article 83. La sortie anticipée en cas d'achat de la résidence principale n'est pas disponible et l'unique sortie possible est la rente viagère.

Comparé à ses prédécesseurs, l'assuré est plus impliqué dans la gestion de son épargne. En effet, il est possible pour l'assuré de gérer directement les placements de son épargne. Dans le cas de la gestion à horizon, l'assuré a le choix entre plusieurs profils de gestion avec des niveaux de risque différents.

1.2.3 Principales évolutions sur la gestion financière

La gestion à horizon permet à l'assureur d'être plus libre dans les placements effectués. Dans un contexte de taux bas, cela lui permet de prendre plus de risque pour rémunérer les assurés pour obtenir une meilleure rémunération. De plus, cela permet à l'assureur de s'éloigner des fonds euros dont le rendement n'a de cesse baissé cette dernière décennie.

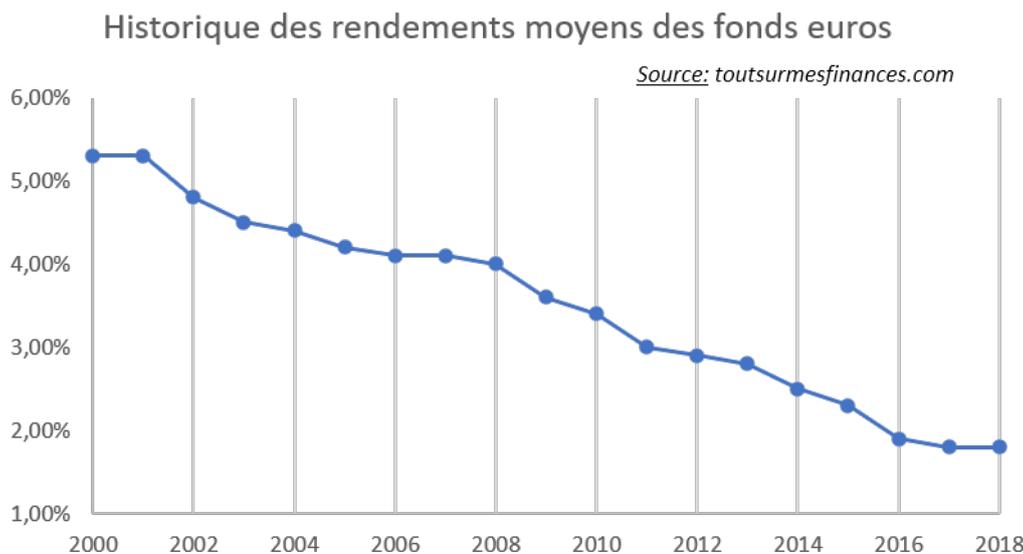


FIGURE 1.2 – Historique des rendements des fonds euros

Les fonds euros possèdent une contrainte de garantie de capital. De ce fait, les actifs derrière les fonds euros sont majoritairement des obligations. Cette classe d'actif représente la majorité des placements effectués car elles assurent une régularité du rendement. La baisse de rendement des fonds euros est expliquée par l'arrivée à maturité des obligations possédant un taux de rendement plus important que les taux actuels.

De plus, du fait de cette contrainte, une asymétrie est présente au niveau du risque porté par les deux parties. En effet, l'engagement de l'assureur reste identique peu importe la conjoncture des marchés financiers. En cas de mauvais rendements financiers, l'assureur devra puiser dans ses réserves afin de pouvoir honorer ses engagements.

La grille d'allocation d'actifs pour la gestion pilotée (l'équivalent de la gestion à horizon pour le PERP), indiquée à l'article A144-4 du Code des assurances, prévoit un plancher d'actifs sécurisés dans l'épargne de l'assuré selon le nombre d'années restant avant la retraite. L'article R144-26 précise que ces actifs sécurisés doivent disposer d'une garantie en capital de la part de l'assureur : autrement dit, il doit s'agir de fonds euros.

	Part minimum investie dans des fonds garantis
De 20 à 10 ans de la retraite	30%
De 10 à 5 ans de la retraite	65%
De 5 à 2 ans de la retraite	80%
A moins de 2 ans de la retraite	90%

Source: article A144-4 du Code des assurances

TABLE 1.3 – Tableau des parts minimums investis en fonds euros du PERP

Le PER vient corriger cette asymétrie de risque. Il n'y a plus d'obligation de proposer de fonds en devises. Il est désormais possible aux assureurs de proposer des fonds non garantis pour les actifs sécurisés. Ces fonds dispose donc d'un risque de perte en capital mais ce dernier est très limité comparé à des fonds actions. Il est aussi possible aux assureurs qui le souhaitent, de continuer à proposer des fonds euros, et donc des fonds avec une garantie en capital, notamment pour des raisons marketing.

L'Article 1 de l'Arrêté du 7 août 2019 portant application de la réforme de l'épargne retraite précise que les fonds pouvant être proposés en tant qu'actifs sécurisés sont des fonds dont le *Synthetic Risk and Reward Indicator* (SRRI), ou Indicateur Synthétique de Risque et de Rendement, est inférieur ou égal à 3.

Cet indicateur a été introduit par le règlement européen n°583/2010 de la Commission européenne du 1er juillet 2010 à l'article 8 et classe les fonds sur une échelle allant de 1 à 7, sur la base de ses résultats passés en matière de volatilité. Les orientations de l'ESMA (*European Securities and Markets Authority*) précisent que la volatilité est mesurée par l'écart-type calculé sur une profondeur d'historique de 5 ans en prenant des intervalles hebdomadaires. Par ailleurs, elles définissent aussi la correspondance entre la volatilité et le SRRI.

SRI	Volatilité	
	Borne inférieure	Borne supérieure
1	0%	0.5%
2	0.5%	2%
3	2%	5%
4	5%	10%
5	10%	15%
6	15%	25%
7	25%	

Source: esma.europa.eu

TABLE 1.4 – Tableau de correspondance pour le calcul du SRI

Les profils de gestion à horizon varient dans leur degré de risque pris et donc en rendement produit. L'article D-224-3 du Code monétaire et financier prévoit que selon le profil, un pourcentage minimum d'actifs sécurisés doivent être présents dans le portefeuille selon le nombre d'années restants avant le départ à la retraite. Ces minimums sont fixés par arrêté ministériel et sont donnés dans le tableau ci-dessous. Cet article indique aussi qu'il est possible de faire dérogation de ces minimums à la demande expresse de l'assuré.

	Part minimum investie dans des actifs à faible risque		
	Profil Sécuritaire	Profil Equilibré	Profil Dynamique
A plus de 10 ans de la retraite	30%	Pas de minimum	Pas de minimum
De 10 à 5 ans de la retraite	60%	20%	Pas de minimum
De 5 à 2 ans de la retraite	80%	50%	30%
A moins de 2 ans de la retraite	90%	70%	50%

Source: Arrêté du 7 août 2019 portant application de la réforme de l'épargne retraite

TABLE 1.5 – Tableau des parts minimums investis dans des actifs à faible risque du PER

Chapitre 2

Construction de la mesure de la rentabilité

Dans cette partie, les notions permettant de construire la rentabilité pour le lancement de produit seront introduites.

2.1 Obligations réglementaires

L'activité de l'assureur est effectuée dans un cadre réglementaire bien spécifique auquel il se doit d'adhérer. Ce cadre réglementaire prévoit des charges supplémentaires à l'assureur. Cette partie détaillera les points réglementaires ayant un impact sur la rentabilité de l'assureur. Dans certains cas, il s'agira aussi des points de différence avec le PERP.

2.1.1 Les supports d'investissement

Lors de la réalisation de versements sur le PERIN, l'assuré devra décider de la gestion de des sommes versées. Il a le choix entre 3 profils de gestion à horizon (Sécuritaire, Équilibré et Dynamique) et la gestion libre. Dans le cas de la gestion libre, l'assuré gère lui-même les placements effectués et peut choisir entre des fonds euros et des Unités de compte (UC). L'assureur doit définir les différents poches de support d'investissement et peut proposer ou non des fonds euros dont le capital est garanti.

Pour rappel, les profils de gestion à horizon qui sont proposés par l'assureur doivent respecter des minima en termes d'actifs sécurisés qui sont les suivants :

	Part minimum investie dans des actifs à faible risque		
	Profil Sécuritaire	Profil Equilibré	Profil Dynamique
A plus de 10 ans de la retraite	30%	Pas de minimum	Pas de minimum
De 10 à 5 ans de la retraite	60%	20%	Pas de minimum
De 5 à 2 ans de la retraite	80%	50%	30%
A moins de 2 ans de la retraite	90%	70%	50%

Source: Arrêté du 7 août 2019 portant application de la réforme de l'épargne retraite

TABLE 2.1 – Tableau des parts minimums investis dans des actifs à faible risque du PER

Lors de la phase de constitution, l'assuré peut à tout moment sortir du PERIN s'il décède, s'il décide de réaliser un rachat anticipé ou un transfert selon les conditions limitatives fixées par la réglementation. Cette limite pour les cas de sortie met en avant le caractère de durabilité du produit.

2.1.2 La participation aux bénéfices

Le Code des Assurances dispose à l'article L331-3 que les assureurs ayant une activité d'assurance vie ont l'obligation de faire participer les assurés aux bénéfices techniques et financiers qui sont réalisés. Cette obligation se traduit par la participation aux bénéfices (PB).

2.1.2.1 Les types de PB

Il existe plusieurs types de PB. Selon le type, son évaluation peut être soit libre, soit définie dans le contrat entre l'assureur et l'assuré ou bien encadrée par des dispositions réglementaires.

La PB réglementaire est la conséquence des avantages que tire l'assureur de l'application des règles prudentielles qui lui sont imposées par la législation. Via l'application de ces règles, la tarification des contrats est effectuée sur des bases prudentes, c'est-à-dire une limitation du taux technique utilisé pour l'actualisation des garanties et l'utilisation de tables de mortalité prudentes pour les risques auxquels l'assureur fait face. L'assureur est ainsi contraint de sur-estimer le risque, ce qui implique donc une sous-évaluation des produits financiers futurs et une sur-évaluation des charges futures.

La loi impose aux assureurs de mettre en place la participation aux bénéfices et fixe en plus le montant minimum qui est déterminé pour l'ensemble des contrats concernés. Ainsi, elle fixe les règles de partage entre l'assureur et l'assuré. La redistribution n'est pas effectuée selon la contribution individuelle de chaque police mais de manière globale à l'ensemble des assurés.

Les assureurs peuvent, s'ils le souhaitent, mettre en place des politiques venant compléter la PB réglementaire. La PB discrétionnaire correspond à ce montant supplémentaire de PB. Cette PB est issue de la libre décision de l'assureur et aucune garantie de versement n'est donnée aux assurés à l'avance.

La PB peut aussi être définie dans le contrat et est donc garanti par l'assureur. L'existence de la PB contractuelle doit être mentionnée dans l'en-tête du contrat. L'article L132-5 du Code des Assurances encadre les clauses de cette PB. Elle précise en particulier le mode de calcul, les taux de participation aux résultats, la date d'attribution, la période d'incorporation et les supports financiers.

2.1.2.2 Le reversement de la PB

Pour les contrats à capital variable (dont le PER fait partie), la réglementation ne dispose aucun montant de PB réglementaire. Elle n'impose uniquement que des conditions sur le reversement. Une fois la PB calculée, l'assureur peut décider de l'affecter directement aux PM ou de doter, en partie ou en intégralité, une provision pour participation aux bénéfices. Dans ce cas, il dispose d'un délai de huit ans pour transférer les sommes qu'il a provisionné dans les provisions mathématiques.

La PB d'un PER est ainsi une PB discrétionnaire. Elle est principalement constituée du résultat financier que l'assureur réalise sur les placements effectués sur les fonds euros. La provision pour participation aux bénéfices est un outil de pilotage des rendements des fonds euros. L'assureur peut décider de reporter les rendements d'une bonne année financière sur une moins bonne année et ainsi lisser le rendement de ses fonds euros.

2.1.3 Le cantonnement

Le cantonnement prévoit l'établissement d'un bilan comptable spécifique à une partie du passif de l'organisme d'assurance. Le cantonnement est une réglementation de l'actif de l'assureur tel que le provisionnement l'est pour son passif d'assurance : il vient encadrer les transferts des actifs associés à ce passif. Le produit PERP était un produit soumis à des règles de cantonnement. Le PER le sera lui aussi et les assureurs devront effectuer la mise en place du cantonnement au plus tard le 1er janvier 2023.

Comme l'actif est associé à un passif, l'assureur doit donc ajuster les actifs cantonnés afin d'obtenir une chronique de flux proche de celle du passif afin de limiter le risque de marché. D'une manière générale, on a une meilleure protection de l'intérêt des assurés.

Le PERIN introduit son lot de nouveauté : d'une part avec plus de possibilités de sorties anticipées et d'autre part avec une sortie possible intégrale en capital. La durée du passif de l'assureur est donc impactée à la baisse comparée au PERP.

Toutefois, l'intérêt du cantonnement ne se situe pas réellement à ce niveau : en effet, avec le PER, ce sont les assurés qui portent en majeure partie le risque étant donné que l'assureur n'est plus sous l'obligation de proposer des fonds avec une garantie en capital pour l'épargne des assurés. Avec la gestion à horizon, la problématique de la durée est moindre car le risque de marché a été transféré à l'assuré. Pour gérer les liquidités nécessaires, l'assureur peut opter pour la mise à disposition d'une poche de liquidités dans l'actif mais aussi de gérer les mouvements entrants et sortants via un carnet d'ordre qu'il effectue à une fréquence régulière.

Le cantonnement vient plutôt répondre à des problématiques de protection des assurés :

- équité de participation aux fruits de l'expansion de l'organisme d'assurance (PB) ;
- protection contre les comportements imprudents des organismes d'assurance ;
- équité dans les transferts de portefeuille.

Avec la participation aux bénéfices, l'assureur se doit de reverser une partie des gains financiers. La question qui se pose alors est de savoir quels gains financiers sont utilisés pour la constitution de la PB. Le cantonnement vient répondre de manière simple à cette question : il s'agit du rendement financier des actifs associés aux engagements d'assurance soumis à la PB. Pour le PER, les fonds dont le capital est garanti par l'assureur peuvent être soumis à la participation aux bénéfices.

La protection des assurés est aussi étendue en cas de prise de risque de l'assureur sur les marchés financiers. Dans un tel cas, et si l'assureur réalise des pertes, il ne pourra pas les compenser avec les actifs cantonnés : il sera même possible qu'une PB se constitue cette année là si un gain financier est observé pour ces actifs.

Le cantonnement va ainsi lier l'actif de l'assureur au portefeuille d'assurés. Dans le cas où l'assureur décide de se séparer de son portefeuille, les actifs seraient aussi transférés avec les engagements afin que les assurés ne se retrouvent pas lésés suite l'opération de transfert : les rendements financiers générés par les actifs cantonnés appartiennent en partie aux assurés et aucune ambiguïté n'est présente.

Les assureurs disposent jusqu'au 1^{er} janvier 2023 pour créer le nouveau canton associé au PER et y transférer les actifs qu'ils souhaitent. Avec le lancement du nouveau produit, vient un

nouveau portefeuille. Même si l'assureur dispose de données concernant les assurés potentiels futurs, il ne dispose pas de l'information concernant les flux futurs possibles tant que les assurés ne sont pas présents en portefeuille.

Il ne peut donc pas adosser correctement les flux de l'actif aux flux du passif si le volume de nouvelles affaires sur ce nouveau produit n'est pas assez conséquent. Le délai accordé permettrait ainsi à l'assureur de pouvoir disposer du recul nécessaire afin de transférer les actifs adéquats dans le canton. Ce délai permettra aussi aux assureurs de disposer d'assez de reculs par rapport aux transferts d'anciens produits de retraites vers le PER.

Dans le cadre de ce mémoire, il a été décidé de considérer que le PERIN de l'assureur est cantonné afin de pouvoir faire la comparaison avec le PERP qui dispose à ce jour de son propre canton. De plus, ce cantonnement permet de faciliter le calcul de la mesure de risque qui a été retenue, à savoir le SCR, en limitant le calcul du SCR Marché aux actifs cantonnés.

2.2 Modélisation

L'objectif de cette partie est de réaliser une projection du compte de résultat de l'assureur année par année. Les éléments du compte de résultat sont répartis de la manière suivante :

Compte de résultat technique	
Poste	Composition
Primes	Versements nets des chargements sur versement
Produits financiers	Rendements issus de la gestion de l'épargne (inclut la PB)
Prestations	Rachats, Transferts, Rentes, Sorties en capital
Chargements	Chargements sur versements et transferts, frais de gestion sur encours, frais de gestion des actifs
Frais	Frais d'acquisition et de gestion
Variation des PM	Comprend les primes et les produits financiers auxquels sont déduits les prestations
Résultat technique	Somme des éléments ci-dessus

Compte de résultat non technique	
Poste	Composition
Résultat technique	Issu du compte de résultat technique
Résultat financier	Produits financiers issus de la gestion financières des fonds euros net de PB
Résultat brut	Somme du résultat technique et financier
Impôts	Imposition de l'assureur
Résultat net	Somme des éléments ci-dessus

FIGURE 2.1 – Postes du compte de résultat

Ces éléments sont présentés de manière détaillée en annexe de ce mémoire. De plus, il a été retenu une modélisation déterministe de tous ces flux. L'autre approche possible aurait été une approche stochastique mais elle a été écartée suite à la demande de l'assureur Nikkassur car elle demande plus de temps pour la mise en place. Ce coût de temps supplémentaire aurait

permis de gagner en précision dans les calculs.

Dans cette partie du mémoire, les hypothèses retenues dans le cadre de la modélisation du produit seront présentées.

2.2.1 Phase de constitution

Lors de la phase de constitution, les versements effectués sont libres. Aucune régularité dans les versements n'est requise. Comme aucune donnée sur la régularité et des montants de versements effectués par les adhérents n'est disponible, les versements libres ne sont pas implémentés dans la modélisation. De ce fait, seuls les versements programmés ont été implémentés.

Il est important de retenir qu'il s'agit donc d'une approximation. Ce choix est dû aux données qui nous ont été transmises par l'assureur. La conséquence d'une telle limite dans notre modélisation est une approximation des rendements financiers de l'épargne de l'assuré. Toutefois, comme des horizons de placements à long terme ont été retenus, l'écart est lissé et il est possible de considérer cette approche comme une bonne estimation.

La gestion de l'épargne est axée autour des profils des gestion à horizon. La réglementation prévoit trois profils de gestion à horizon :

- un profil sécurisé ;
- un profil équilibré ;
- un profil dynamique.

Le rendement des UC sous-jacents est fixe mais la répartition des sommes allouées diffère afin de satisfaire les exigences réglementaires sur la part d'actifs sécurisés présente dans le portefeuille d'actifs. Ces actifs sécurisés sont représentés par les fonds monétaires dans la modélisation.

Le taux de rendement de l'épargne dépend donc du profil choisi par l'assuré et du nombre d'années restantes avant le départ à la retraite.

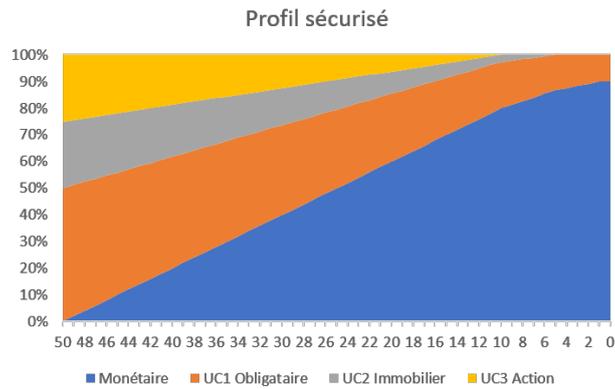


FIGURE 2.2 – Répartition des actifs pour le profil sécuritaire

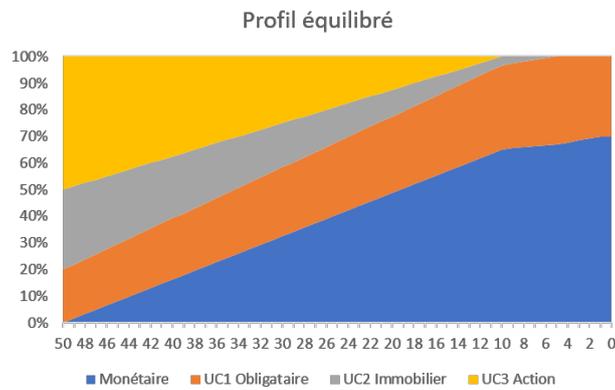


FIGURE 2.3 – Répartition des actifs pour le profil équilibré

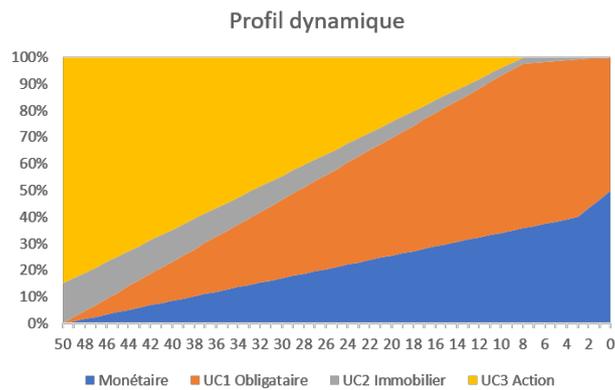


FIGURE 2.4 – Répartition des actifs pour le profil dynamique

Les données à notre disposition ne comportent par ailleurs aucune information sur la part de

l'épargne en fonds euros ni sur l'allocation d'UC. Ainsi, le rendement de la gestion libre a été déterminé comme un quatrième profil de gestion à horizon pour la partie en UC.

De plus, il a été considéré que la part des placements en fonds monétaires représente 50% de l'épargne de l'assuré. Il s'agit du plafond souhaité par l'assureur sur le montant possible qui sera placé en fonds monétaire si l'assuré décide d'opter pour la gestion libre.

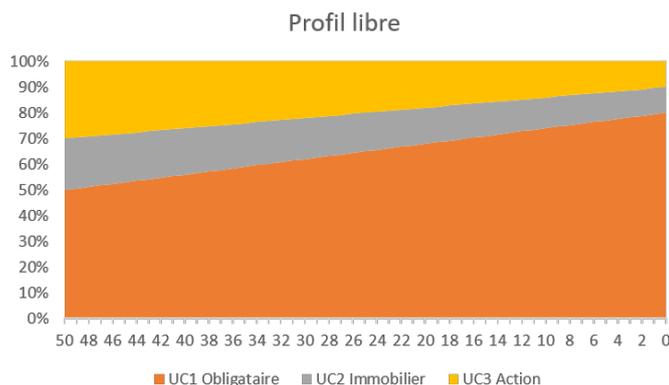


FIGURE 2.5 – Répartition des actifs en UC pour la gestion libre

La calibration de ces taux de rendements a été réalisée grâce aux rendements annualisés sur les 10 dernières années des indices suivants :

- *Bloomberg Barclays Euro Corporate Bond* pour les obligations ;
- Indice des Prix Immobiliers des 50 plus grandes villes de France pour l'immobilier ;
- et le *MSCI World* pour les actions.

L'indice *Bloomberg Barclays Euro Corporate Bond* a pour objectif de suivre la performance du marché d'obligations à taux fixe en euros. Les obligations composant cet indice sont dites *investment-grade*, c'est-à-dire ayant une note allant de AAA (valeurs de tout premier ordre ou *gilted edge*) à BBB (valeurs de bas de fourchette ou *medium-grade*) et sont issues d'émetteurs industriels, de services aux collectivités et financiers.

Quant au *MSCI World*, il s'agit d'un indice suivant l'évolution des entreprises à moyenne et grosse capitalisations boursières dans 23 pays développés selon la société MSCI. Cet indice comprend 1601 entreprises et couvre environ 85% de la capitalisation boursière de chaque pays.

Le choix de ces indices a été motivé par la diversité d'actifs les composant. Ils reflètent donc de manière assez fidèle l'évolution des marchés. De plus, la diversification permet de réduire

le risque pris pour un même rendement donné.

Hypothèses de rendement	
Fonds euros	1,36%
UC Obligation	3,78%
UC Immobilier	2,62%
UC Action	10,74%

TABLE 2.2 – Rendement des actifs selon leur nature

Le rendement des fonds euros suit l'allocation d'actifs suivante :

- 80% en obligations ;
- 10% en actions ;
- 10% en immobilier.

Le rendement des actions et de l'immobilier est supposé identique à celui des UC. Quant aux obligations, il a été supposé que le rendement suit les taux *forward* déduits de la courbe des taux spot sans risque avec ajustement de la volatilité. Cette courbe des taux est fournie par l'EIOPA. Ce choix est réalisé par prudence afin de minimiser le risque pris par l'assureur sur les fonds euros. Pour rappel, ces fonds comportent une garantie en capital et dans le cas où l'assureur réaliserait des pertes financières, il devra puiser dans ses fonds propres pour honorer cet engagement de garantie en capital.

En absence d'opportunité d'arbitrage et en convention composée (convention utilisée en pratique), la relation suivante entre les taux spots et le taux *forward* à la date 0 est vérifiée :

$$(1 + r_t)^t(1 + {}_t f_{t+1}) = (1 + r_{t+1})^{t+1}$$

Où :

- r_t est le taux spot à la date t ;
- ${}_t f_{t+1}$ est le taux *forward* de la date t à $t+1$

Et ainsi, le passage des taux spot au taux *forward* est réalisé de la manière suivante :

$${}_t f_{t+1} = \frac{(1 + r_{t+1})^{t+1}}{(1 + r_t)^t} - 1$$

Il a été considéré que les versements sont effectués en début d'année. Ainsi, une simplification du rendement financier est possible d'où la formule suivante pour le rendement :

$$\begin{aligned} \text{Rendement brut} = & (Epargne_{N-1} + Versement_N) \times \text{Taux de rendement} \\ & - \text{rachats partiels} - \text{frais} \end{aligned}$$

Seul le rendement des UC (pour la gestion libre) ou des profils de gestion à horizon est directement reversé dans l'épargne des assurés. Pour le rendement des fonds euros, il a été considéré que seule la partie correspondant au taux minimum garanti est reversée aux assurés. Les sommes restantes vont constituer les produits financiers de l'assureur et vont être redistribuées via la participation aux bénéfices.

En cas de rachat anticipé ou de transfert, une loi de rachat hors liquidation avait été construite pour un produit PERP. Les rachats ont été modélisés à partir de cette loi qui est la suivante :

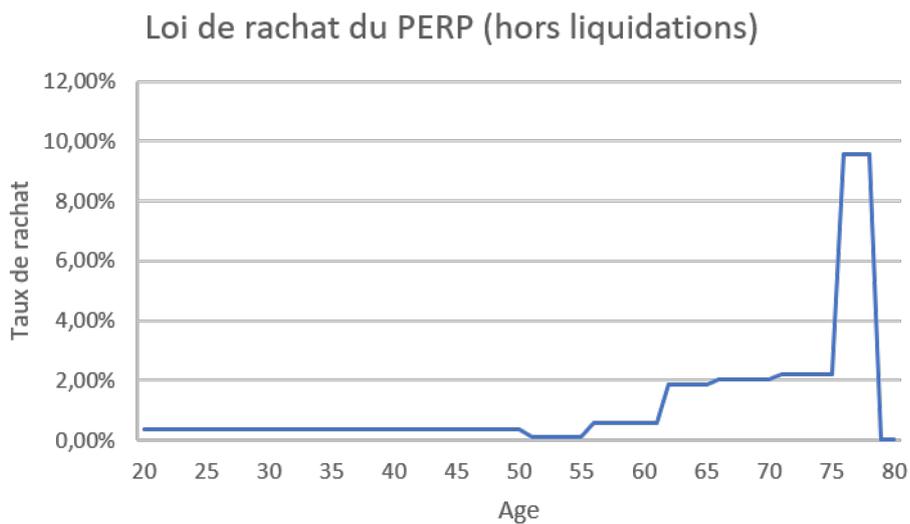


FIGURE 2.6 – Loi de rachat du PERP

Il faudra faire attention au fait que cette loi de rachat a été construite pour un PERP. Ainsi, le cas de rachat anticipé pour résidence principale n'est comptabilisé dans la loi. Les taux de rachat sont ainsi majorés par un facteur constant pour prendre en compte ce nouveau cas de sortie anticipée.

Dans le cadre de la modélisation réalisée, tous les flux sont probabilisés. Cela viendra donc

impacter le montant de prestations :

$$Prestation = (Encours_{N-1} + Versement_N) \times {}_{N-1}p_x \times q_{x+N}$$

Avec :

- x l'âge de l'assuré à la souscription ;
- N l'année de projection ;
- ${}_{N-1}p_x \times q_{x+N}$ la probabilité de survivre $N - 1$ année pour un individu d'âge x
- q_{x+N} la probabilité de sortie à l'âge $x + N$

Selon qu'il s'agit du calcul de la prestation décès ou de la prestation rachat, q_{x+N} provient soit de la table de mortalité retenue ou de la loi de rachat.

La probabilité de décès est déterminée selon la table de mortalité statique réglementaire TH00-02. Cette table est prudente sur le risque de mortalité.

Enfin, tout au long de la vie du produit, l'assureur devra faire face à différents frais. Les hypothèses sont issues d'un contrat PERP existant. Les montants ont été modifiés pour des raisons de confidentialité.

Hypothèses de frais	
Nouvelle affaire	300 €
Gestion décès	250 €
Gestion transfert	250 €
Gestion rente	10 €
Suivi (constitution)	50 €
Liquidation	50 €

TABLE 2.3 – Tableau des frais retenus pour la modélisation

Ils sont affectés de la manière suivante :

- nouvelle affaire : à l'année de souscription du PERIN ;
- gestion décès et transfert : chaque année lors de la phase de constitution
- gestion rente : chaque année en cas de sortie en rente viagère lors de la phase de restitution
- suivi : chaque année lors de la phase de constitution
- liquidation : l'année de la liquidation.

Pour financier en partie à ces frais, les chargements ont été fixés aux niveaux suivants :

Hypothèses de chargements	
Frais sur versement	2,50%
Frais de gestion actifs	10,00%
Commission sur gestion d'actifs	0,00%
Frais de gestion PM	0,75%
Frais de transfert	1,00%

TABLE 2.4 – Tableau des chargements

L'application de ces frais est effectuée de la manière suivante :

- frais sur versement : ils sont prélevés sur le montant de versement effectué par l'assuré. Seul le montant net de frais est crédité sur son épargne ;
- frais de gestion actifs : il a été considéré que la gestion des actifs est effectuée en interne par l'assureur lui-même, ainsi ce poste représentera un chargement pour l'assureur et non un frais ;
- commission sur gestion d'actifs : ce chargement est nul comme il a été considéré que la gestion des actifs est effectuée par l'assureur ;
- frais de gestion PM : ils sont prélevés chaque année sur le montant de l'encours de l'assuré ;
- frais de transfert : ils sont appliqués en cas de transfert d'un PER ayant moins de 5 ans d'ancienneté.

2.2.2 Phase de restitution

Lors de la phase de restitution, l'assuré à le choix entre 3 modes de sorties :

- la sortie en capital ;
- la sortie en capital fractionné ;
- et la sortie en rente viagère.

La sortie en capital est la sortie la plus simple à modéliser. En effet, il n'y a qu'un seul flux sortant : ce dernier se produit l'année de la liquidation et est égal au montant de l'épargne accumulée minoré des frais de gestion sur encours.

Pour la sortie en capital fractionné, une information supplémentaire est indispensable : le nombre d'années du fractionnement, noté n . Le montant reversé à l'assuré chaque année prend en compte les frais de gestion sur encours dont le taux est noté FEF .

Notons K le montant de l'épargne au moment de la liquidation. Le montant reversé annuellement pour une sortie en capital fractionné est ainsi égal à :

$$\frac{K \times (1 - FEG)^n \times FEG}{1 - (1 - FEG)^n}$$

La démonstration de la formule est donnée en annexe de ce mémoire.

Dans le cas de la sortie en capital fractionné, aucune hypothèse de mortalité n'a été retenue. Ainsi, le capital continuera à être versé même si l'assuré décède avant la dernière échéance de versement.

Enfin, pour la sortie en rente viagère, le montant est calculé à partir d'un coefficient de rente. Le coefficient de rente correspond au capital nécessaire pour obtenir une rente viagère de 1€ en tenant compte de la mortalité et de la valeur temporelle de l'argent. La table de mortalité retenue est la table réglementaire THF05. Cette table est prudente sur la longévité. Il s'agit d'une table générationnelle et comporte ainsi une table de mortalité par année de naissance.

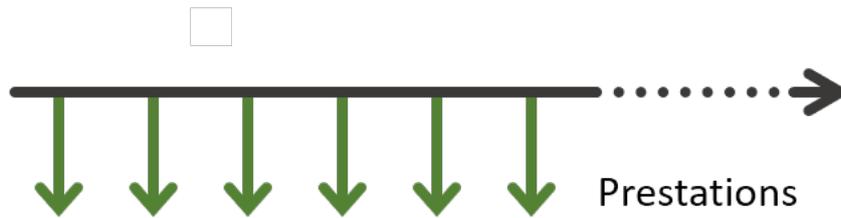


FIGURE 2.7 – Échéancier des flux pour une rente viagère

Le coefficient de rente, noté \ddot{a}_x s'obtient comme la somme des flux probabilisés et actualisés :

$$\ddot{a}_x = \sum_{k=1}^{\omega} {}_k p_x \times v^k$$

Où :

- ${}_k p_x$ représente la probabilité de survivre k années pour un individu d'âge x ;
- v^k est le facteur d'actualisation. Il est égal à $\frac{1}{(1+i)^k}$ où i est le taux technique.

Le taux technique retenu dans les projections est égal à 0%. Au 31 août 2020, il est égal à 0%. Cette valeur est en application depuis le 31 août 2019.

Si lors de l'année de calcul, la mortalité observée est différente à la mortalité anticipée, c'est-à-dire celle dans les tables de mortalité, un écart entre la provision de l'année précédente et ce

qui a été provisionné cette année pourra être observé. Dans le calcul de cet écart, le montant de rente servi et des frais devront aussi être pris en compte.

$$\Delta = K \times \ddot{a}_{X-1} - \text{rente} \times q_{X-1} - \text{Frais} - K \times \ddot{a}_X$$

Le montant de provisions mathématiques est réévalué chaque année. L'écart de valorisation est ainsi pris dans la variation des PM de l'année. Si cet écart est positif, alors ce montant reviendra à l'assureur et constituera un produit technique. Cet écart positif peut provenir d'une mortalité observée supérieure à la mortalité anticipée et d'une revalorisation à la hausse du taux technique utilisé pour le calcul du coefficient de rente.

Le PERIN étant un produit d'épargne, l'assureur ne peut pas se rémunérer de manière directe sur les primes versées comme pour un contrat d'assurance vie.

Prenons l'exemple d'un contrat d'assurance vie décès vie entière. L'assureur va collecter une prime et reverse un capital au moment du décès de l'assuré. Supposons que la prime est unique et payée au moment de la souscription du contrat.

D'après le principe d'équité actuariel, la valeur actuelle de l'engagement assureur doit être égal à la valeur actuelle de l'engagement assuré à la souscription. Elles correspondent respectivement au paiement du capital lors du décès de l'assuré pour l'assureur et au paiement de la prime pure à la souscription du contrat pour l'assuré.

La valeur actuelle de l'engagement assureur correspond à la somme des flux sortants probabilisés et actualisés. La probabilisation est calculée selon une table de mortalité réglementaire ou une table de mortalité construite à partir de données d'expérience et certifiée par un actuair indépendant à l'organisme d'assurance et agréé par l'Institut des Actuaires. L'actualisation est la prise en compte de la valeur temporelle de l'argent. Ce principe provenant du monde financier atteste qu'une certaine somme d'argent a n'a pas la même valeur aujourd'hui que cette même somme dans le futur.

Ainsi, l'assureur peut réaliser un profit si ses hypothèses de mortalité et financières sont plus prudentes que la réalité. Cela revient à dire que d'une part, la cohorte de sa table de mortalité survit plus longtemps que ce qui a été observé en réalité et que d'autre part, il réalise un meilleur rendement sur les marchés financiers que ce qu'il avait anticipé.

2.2.3 Calcul de la PB

La participation aux bénéfices est calculée à partir des produits financiers dégagés des placements effectués avec les sommes en fonds euros. Il a été supposé que le taux minimum garanti contractuellement pour ces fonds est considéré à 0%, ainsi aucune charge n'est à constater mis à part les frais de gestion des actifs.

Comme il s'agit d'une PB discrétionnaire, l'assureur est libre de choisir le pourcentage qu'il souhaite reverser. La part du résultat financier reversée est fixée à 85%. Il s'agit du pourcentage à retenir pour le calcul de la PB réglementaire pour les contrats d'assurance vie à capital non variable. Il est possible de revoir ce pourcentage à la hausse comme à la baisse. L'impact d'un tel changement sera analysé de manière détaillée dans la troisième partie de ce mémoire. Notons qu'il est dans l'intérêt de l'assureur de servir de bons rendements sur son fonds euro afin de rester concurrentiel sur ce type de placement et ainsi diminuer le risque de transfert du PER chez un autre assureur.

Enfin, il a été fait l'hypothèse que la participation aux bénéfices est reversée directement l'année de sa constitution. Un taux de réévaluation des fonds euros est calculé à partir du montant total des encours en fonds euros. Ce taux est servi à chaque assuré disposant de sommes placées en fonds euros.

2.2.4 Calcul du SCR

Le SCR a été introduit avec la Directive Solvabilité 2 qui est en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2016. Cette Directive est applicable à l'ensemble des assureurs ayant une activité au sein de l'Union Européenne. Elle a pour objectif de mettre en place des exigences spécifiques aux assureurs pour leur système de gestion des risques et de palier aux faiblesses de la réglementation en place précédemment : Solvabilité 1.

Son calcul permettra d'obtenir un indicateur de rentabilité prenant en compte le risque pris par l'assureur.

Le calcul du SCR peut être réalisé de quatre manières. L'organisme d'assurance peut choisir entre :

- la formule standard ;
- la méthode des USP ;
- un modèle interne partiel ;
- et un modèle interne.

La formule standard est la méthode réglementaire de calcul du SCR. Elle est détaillée dans le règlement délégué de Solvabilité 2 et est calibrée au niveau européen.

Le modèle interne est construit au sein de l'assureur pour que le SCR calculé soit au plus près de son profil de risque. Son utilisation doit préalablement être approuvée par le superviseur (l'ACPR en France). Le modèle interne partiel est à mi-chemin entre la formule standard et le modèle interne. Une partie du SCR est calculée à partir d'un modèle interne et la partie restante est obtenue grâce à la formule standard. La méthode des USP permet à l'assureur d'utiliser des paramètres qui lui sont propres à la place de ceux de la formule standard. Les paramètres pouvant être personnalisés sont définis par la réglementation.

La formule standard a été choisie pour la modélisation. Elle emploie une approche par variation des fonds propres économiques (*Net Asset Value*, NAV) qui correspond à la richesse de l'assureur. Elle définit aussi des risques qui sont répartis en module. Chaque module est divisé en sous-modules où l'exigence de capital est calculée à l'aide d'un scénario. L'application de ces scénarios permet d'obtenir une perte de richesse pour l'assureur : elle constituera le SCR pour le sous-module concerné.

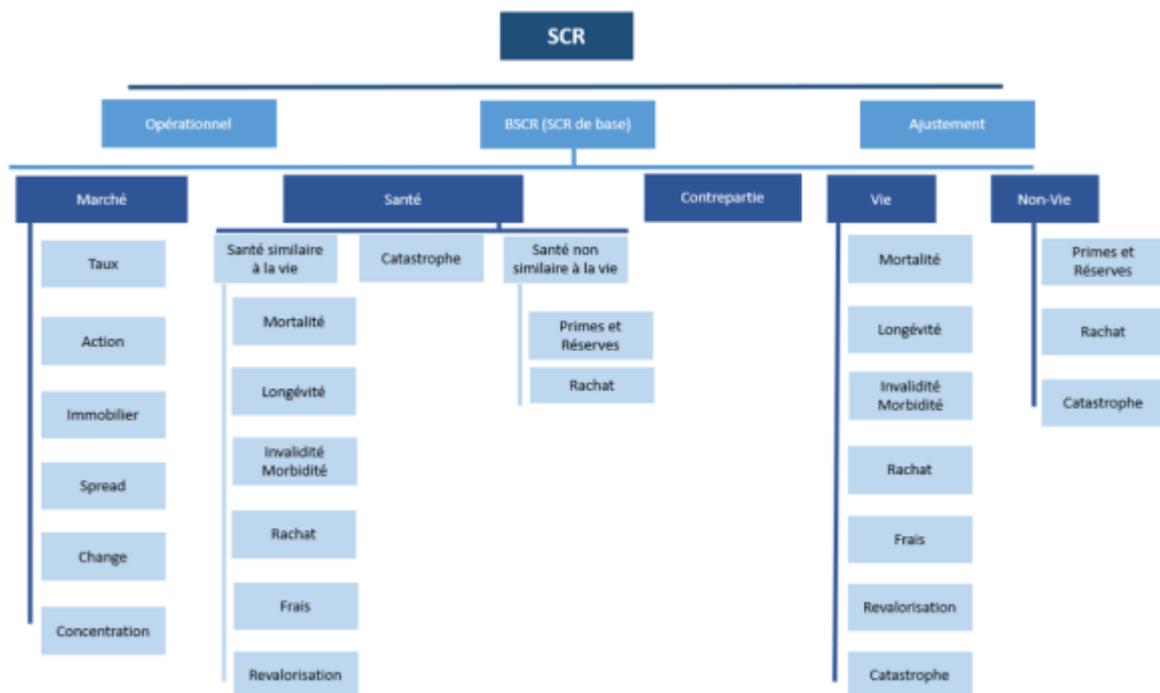


FIGURE 2.8 – Cartographie des risques de de la formule standard

Une fois que les SCR pour chaque sous-module sont calculés, ils sont agrégés en tenant compte

de la corrélation entre les différents risques selon la formule suivante :

$$SCR_{module} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

Où SCR_i et SCR_j sont les SCR des sous-modules du module concerné.

Le SCR ainsi que la méthode de calcul de chaque sous-module seront présentés de manière détaillée en annexe de ce mémoire.

2.3 Indicateurs de rentabilité

Afin de pouvoir analyser les informations fournies par la modélisation, il est nécessaire d'introduire des indicateurs de rentabilité. Le choix des indicateurs est important du fait de la spécificité de l'activité d'assurance vie : elle s'effectue sur un horizon long de temps. Il faudra ainsi retenir des indicateurs pluriannuels.

Le premier indicateur retenu est la *New Business Value* (NBV). Il s'agit d'une mesure de rentabilité utilisée en assurance vie. Elle est définie comme la valeur actuelle des profits dégagés par les affaires en portefeuille à la date de calcul. Cet indicateur est un indicateur prospectif : son calcul requiert la projection des contrats sur les exercices futurs. Il se mesure donc sur plusieurs exercices comptables et suit les contrats de leur souscription jusqu'à leur dénouement. Son calcul est réalisé de la manière suivante :

$$NBV = \sum_{k \geq 1} \frac{Résultat_k}{(1+i)^k}$$

L'actualisation sera effectuée grâce à la courbe des taux sans risque fournie par l'EIOPA.

La NBV est un indicateur qui dépend du portefeuille étudié. De nouveaux indicateurs sont nécessaires pour comparer la rentabilité sur des portefeuilles différents. Ils sont construits à partir de la NBV.

Un premier indicateur est la *New Business Margin* (NBM). Elle est calculé de la manière suivante :

$$NBM = \frac{NewBusinessValue}{PVNBP}$$

Où la PVNBP correspond à la *Present Value of New Business Premiums* et :

$$PVNBP = \sum_{k \geq 1} \frac{Versements_k}{(1+i)^k}$$

Cet indicateur permet d'obtenir le rendement attendu par unité monétaire de prime versé par les assurés. Les primes correspondent aux versements que réalisent les assurés sur leur

PERIN. Cet indicateur ne prend pas en compte le risque que l'assureur prend pour réaliser ce rendement.

Ainsi, il est complété par l'indice de rentabilité attendu :

$$\text{Indice de rentabilité attendu} = \frac{NBV}{SCR} - 1$$

Il indique le rendement attendu par unité monétaire de capital réglementaire immobilisé par l'assureur. Pour rappel, le SCR est le montant de fonds propres économiques dont l'assureur doit disposer pour faire face à un risque de perte ayant une probabilité de 0,5% de se produire à horizon 1 an.

Il pourrait être assimilé à un retour sur investissement dans la mesure où ce capital doit être immobilisé pour subvenir aux besoins de la réglementation. Ainsi, le montant de SCR retenu pour le calcul de cet indicateur est le montant maximal de SCR calculé sur l'horizon de projection.

Par ailleurs, le lancement d'une nouvelle ligne d'activité représente un coût pour l'assureur. Il comptabilise généralement un résultat technique négatif la première année en raison de frais d'acquisition importants auxquels il doit faire face dès la souscription des contrats. Cette perte imputable au lancement de nouvelle activité est nommée le *New Business Strain*.

Le résultat technique évoluera au fur et à mesure de l'avancement des contrats sur les années suivantes. Du fait du *New Business Strain*, il faudra un laps de temps à l'assureur avec des résultats positifs pour compenser cette perte initiale : il s'agit de la *Payback Period* qui correspond à un indicateur comptable qui mesurera le temps que l'assureur prendra pour récupérer le *New Business Strain* compte tenu de ses frais.

Mathématiquement, la *payback period* est exprimée de la façon suivante :

$$\text{payback period} = \inf \left\{ t \geq 0 \mid \sum_{k=0}^t \text{résultat}_k \geq 0 \right\}$$

Dans une optique maximisation de la rentabilité et de minimisation du risque pris, l'assureur devra trouver les paramètres lui permettant de maximiser la NBM et l'indice de rentabilité attendu. Il pourra aussi analyser l'effet de la variation de ses hypothèses sur la *payback period*, sachant qu'une valeur faible est toujours préférable.

Chapitre 3

Étude de rentabilité du portefeuille existant

Dans cette partie, l'analyse portera dans un premier temps sur le portefeuille communiqué par l'assureur Nikkassur puis dans un second sur la projection de portefeuille.

3.1 Analyse du portefeuille

Les données du portefeuille PERP proviennent de l'assureur Nikkassur. Elles contiennent les informations suivantes concernant chaque assuré :

- numéro d'assuré ;
- sexe ;
- date de naissance ;
- profession ;
- date de décès (si l'assuré est décédé).

Les informations suivantes sur les contrats PERP sont disponibles :

- date d'adhésion ;
- mode de gestion ;
- phase du PERP ;
- date de liquidation ;
- profil de gestion (dans le cas d'un gestion à horizon) ;
- valeur de l'épargne totale (si en phase de constitution)
- valeur de l'épargne placée en fond euro (si en phase de restitution).

Par souci de clarté, seules les informations pertinentes sont énumérées.

3.1.1 Retraitements

Avant de commencer à travailler avec les données, il faudra dans un premier temps vérifier si elles sont complètes, c'est-à-dire qu'aucune information n'est manquante. Le cas échéant, des retraitements seront à effectuer.

Le constat suivant a pu être réalisé suite à un premier examen : les montants d'épargne accumulée pour les assurés en phase de restitution ne sont pas présents. Toutefois, il a été décidé de conserver ces assurés dans la base de données car ils constituent une partie non négligeable du portefeuille (environ 10%).

Hormis ces individus, les lignes pour lesquelles cette information n'est pas disponible ont été supprimées. Il s'agit des cas suivants :

- pour les personnes présumées décédées, celles dont date de liquidation est absente ;
- globalement, si la date de souscription est manquante.

3.1.2 Statistiques démographiques

Les données sont arrêtées au 31 décembre 2018. A partir de la date de naissance, il est possible d'analyser l'âge des assurés dans le portefeuille. Les assurés ont entre 19 et 78 ans à la date d'arrêt. L'âge médian du portefeuille se situe à 55 ans et c'est autour de cet âge que le nombre d'assurés se concentre : le premier quartile se situant à 47 ans et le troisième quartile à 63 ans.

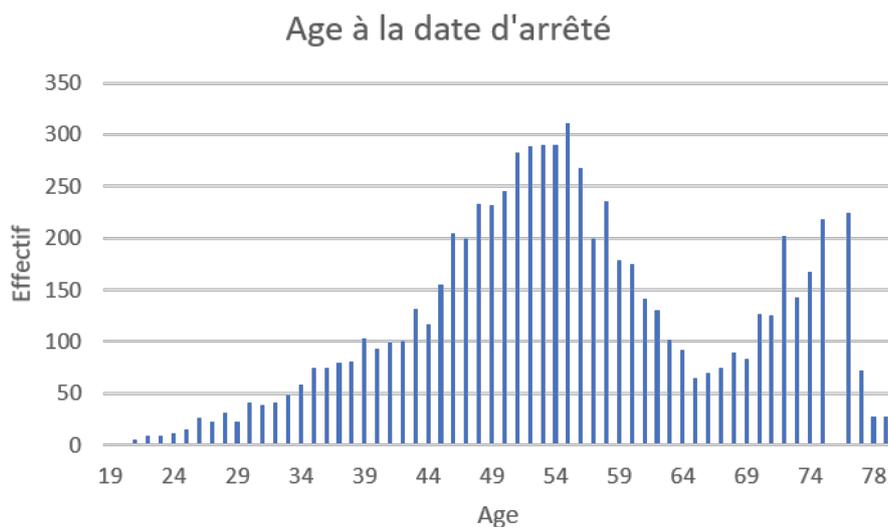


FIGURE 3.1 – Diagramme en bâton de l'âge des assurés dans le portefeuille

Une autre information qui peut être analysée est la répartition Homme/Femme du portefeuille. Le constat est le suivant : il y a plus de femmes que d'hommes en portefeuille. Cela aura un impact sur les tables retenues et le q_x réel observé chaque année. Il faudra veiller à ne pas surestimer ce taux sous peine de surestimer le résultat futur.

Répartition Homme/Femme dans le portefeuille

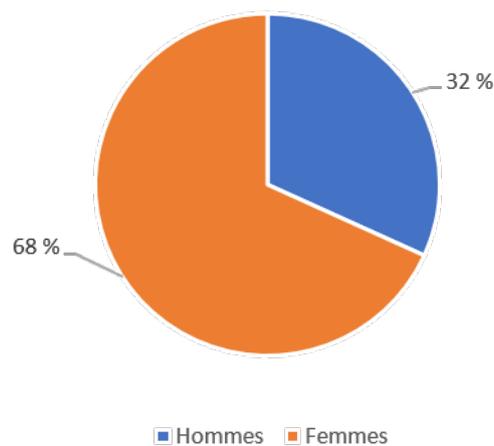


FIGURE 3.2 – Diagramme circulaire de la répartition Homme/Femme

Au niveau de la situation professionnelle, l'étude devra être faite avec attention dans la mesure où cette donnée est incomplète. Cette variable est détaillée uniquement à titre informatif sur la partie des données disponibles. Elle représente tout de même 70% du portefeuille. Les professions ont été agglomérées pour des raisons de lisibilité. La majorité du portefeuille est composé d'employés (72%), suivi par la catégories des cadres et des professions intellectuelles supérieures (15%).

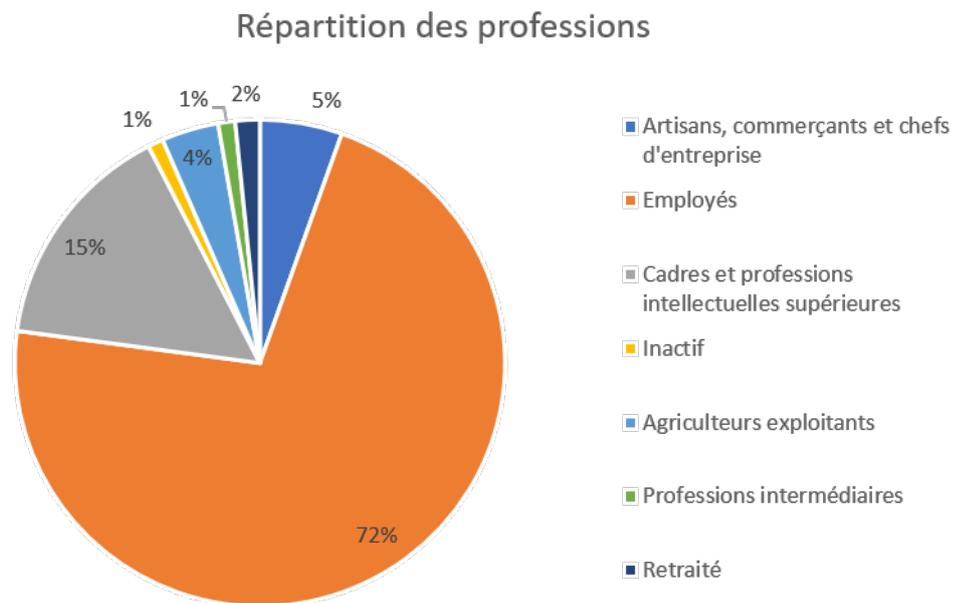


FIGURE 3.3 – Diagramme circulaire de la répartition des professions

Concernant les contrats PERP, une première analyse peut être réalisée sur la répartition du montant total de l'épargne et voir l'encours moyen selon l'âge.

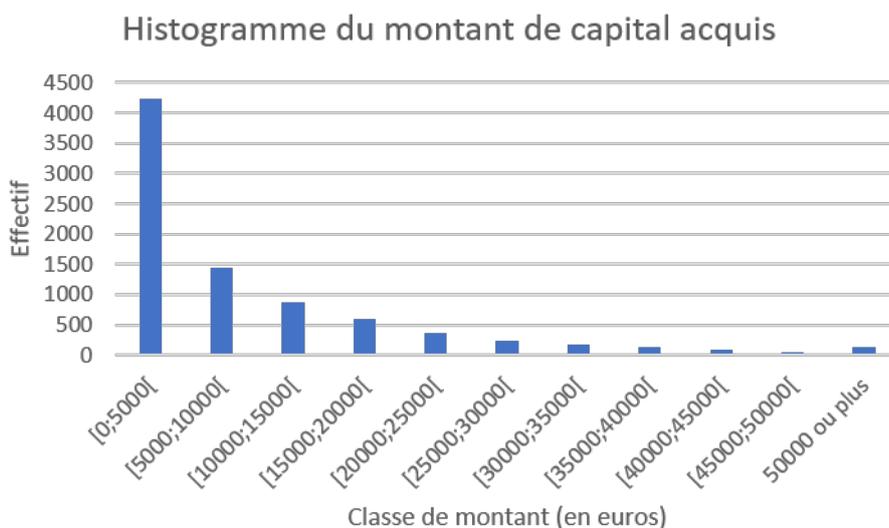


FIGURE 3.4 – Histogramme du montant total de l'épargne

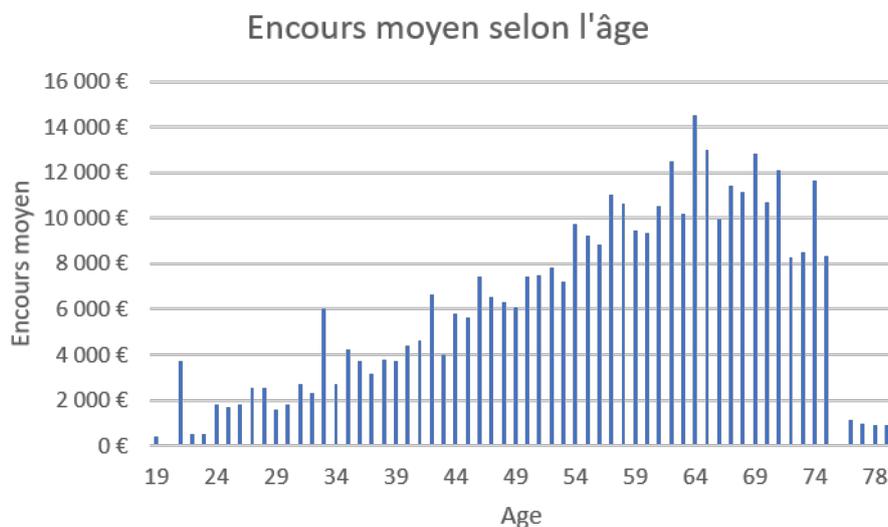


FIGURE 3.5 – Diagramme en bâton du montant moyen de l'épargne selon l'âge

Sur les deux figures, la tendance observée est celle qui pourrait être attendue intuitivement, à savoir une décroissance du nombre de PERP en fonction du niveau d'épargne sur l'histogramme et une croissance de l'encours en fonction de l'âge.

Sur l'histogramme du montant total de l'épargne, un décrochage assez brutal entre la première et la deuxième classe se distingue : l'effectif a été presque divisé par 3. Quant à l'encours moyen selon l'âge, une interruption de la croissance de la courbe à compter de l'âge de départ légal à la retraite peut être observée. De plus, sur les cinq derniers âges, le montant moyen de l'encours est en chute nette. Cette information est à prendre avec précaution car l'information n'est que partielle : les valeurs ne sont observées uniquement pour les PERP encore en phase de constitution et à cet âge la majorité des PERP ont été liquidés.

Une information pouvant être utile pour l'étude de la rentabilité du portefeuille est la répartition des versements moyens annuels. Ce montant est égal au niveau de l'épargne rapporté au temps passé en phase de constitution, déterminé à partir des dates de souscription et d'arrêt. Au niveau de l'observation de cette donnée, la tendance est cohérente aux attentes : l'effectif décroît en fonction du montant de versement moyen.

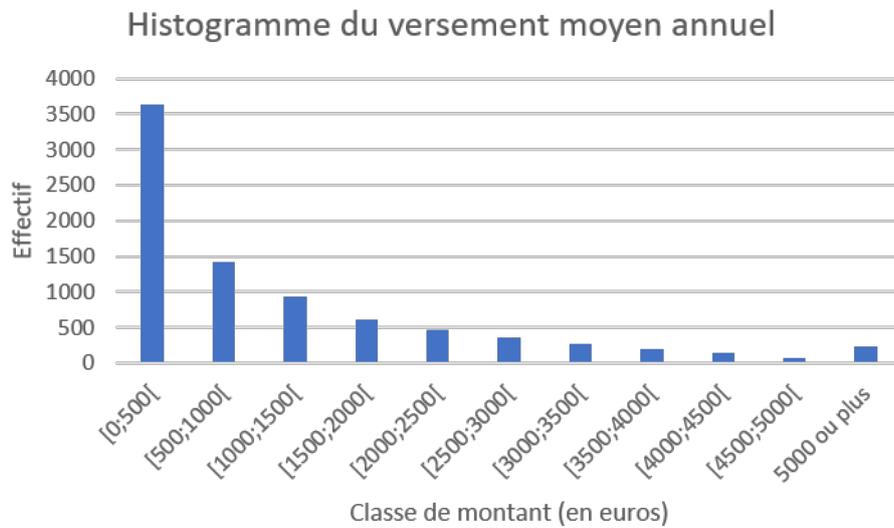


FIGURE 3.6 – Histogramme du montant de versement moyen annuel

Cette information peut être complétée de l'âge des assurés à la souscription et à la liquidation : ils serviront à construire des profils pour les projections de futurs assurés.

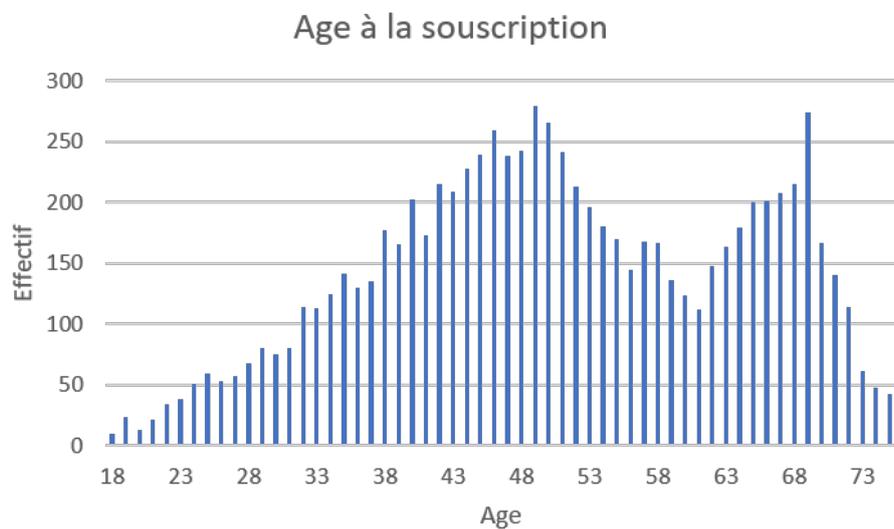


FIGURE 3.7 – Diagramme en bâton de l'âge des assurés à la souscription

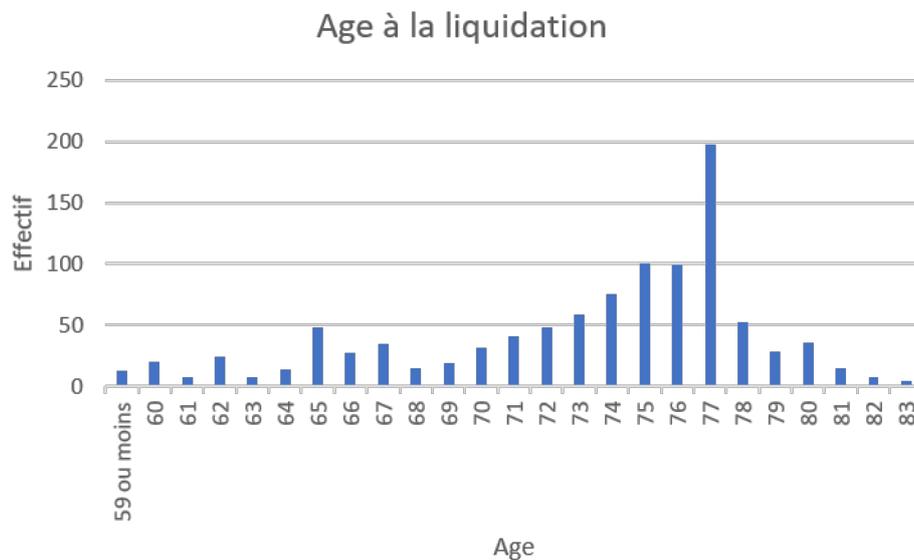


FIGURE 3.8 – Diagramme en bâton de l'âge des assurés à la liquidation

La plupart des assurés souscrivent lors de leur vie active aux alentours de l'âge de 50 ans où se situe un pic de souscription. Il est aussi étonnant d'observer que des assurés aient souscrit à ce produit après l'âge légal de départ à la retraite. Il est aussi possible d'observer que les assurés ne liquident pas leur épargne de suite une fois arrivés à la retraite. En effet, la majorité des assurés réalise cette action à partir de l'âge de 70 ans.

Une attention devra être portée au mode de gestion choisi par les assurés en portefeuille. Afin d'être plus précis dans les projections qui seront réalisées, il faudra conserver la même répartition d'assurés en gestion libre et en gestion à horizon.

Répartition du mode de gestion

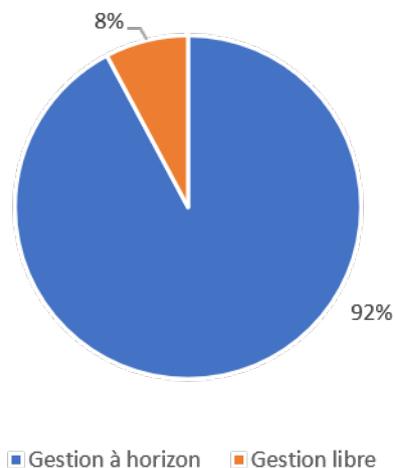


FIGURE 3.9 – Diagramme circulaire de la répartition du mode de gestion

3.2 Projection du portefeuille

Cette partie se concentrera sur la rentabilité de ce portefeuille PERP pour l'assureur ainsi que l'impact du transfert de ce portefeuille vers le nouveau produit PERIN.

3.2.1 Périmètre de l'analyse

L'analyse sera réalisée sur les assurés en phase de constitution. Ce choix est doublement justifié : premièrement d'un point de vue technique car le montant de rente et de PM pour les assurés en phase de restitution n'a pas été communiqué par l'assureur et deuxièmement d'un point de vue pratique car le coût de la gestion en phase de rente est identique pour les deux produits.

Au vu des données, la quasi-totalité des informations nécessaires pour réaliser les projections sont disponibles : seules les informations sur les versements qui ont été effectués (régularité et montants) sont manquants. De ce fait, l'hypothèse suivante a été formulée : l'assuré continue de verser chaque année le montant annuel moyen de ses versements passés jusqu'à la liquidation de son plan. Il s'agit ici d'une hypothèse forte dans la mesure où il est supposé que l'assuré reste dans la capacité d'épargner un certain montant durant le reste de sa vie active.

Un autre point de vigilance concernant les données est l'âge de liquidation. Les assurés sont libres de liquider leur épargne à tout moment à partir de l'âge légal de départ à la retraite.

A la vue des données, très peu d'assurés procédaient à la liquidation à cette âge-ci. L'âge de liquidation est ainsi fixé à l'âge de liquidation moyen observé sur tout le portefeuille pour les projections.

Concernant le calcul de la rentabilité pour le PERP, les hypothèses de projection sont en grande partie identique à celles du PERIN au vu des similarités entre les deux produits. Ainsi, les différences d'hypothèses sont les suivantes :

- le taux de rachat n'est pas majoré : le PERP ne dispose pas d'une option de rachat anticipé en cas d'acquisition d'une nouvelle résidence principale durant la vie active ;
- le taux d'UC présent en portefeuille peut être nul. Pour le PERIN, il sera fixé au minimum à hauteur de 50%.

Dans les simulations effectuées, il est supposé que l'étude porte sur la rentabilité future à compter de la date de calcul qui est fixée au 1^{er} janvier 2021. Comme cette étude porte sur des assurés présents en portefeuille, aucun frais d'acquisition n'est à retenir dans les projections.

Cinq cas de figure ont été considérés :

- un PERP ;
- un PERP avec l'allocation d'actif d'un PERIN ;
- un PERP avec l'allocation d'actif d'un PERIN et la loi de rachat d'un PERIN ;
- un PERP avec l'allocation d'actif d'un PERIN et 20% des sorties effectuées en capital ;
- et enfin un PERIN.

3.2.2 Résultat global de l'analyse

Les résultats de l'assureur issus des différents scénarios sont détaillés ci-dessous :

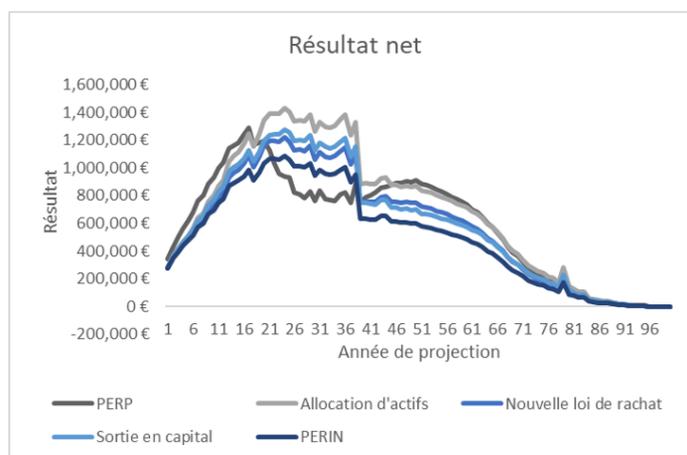
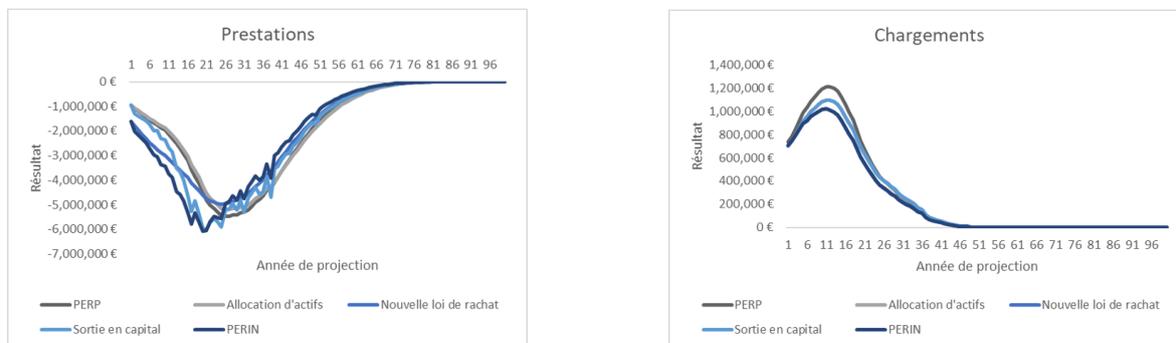


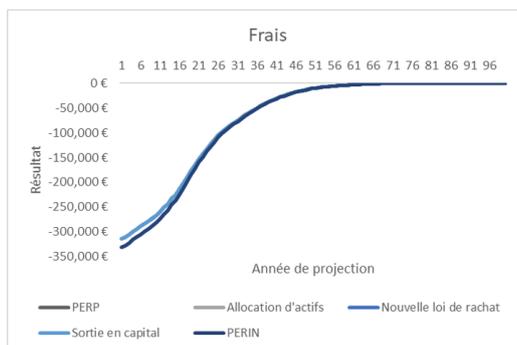
FIGURE 3.10 – Projection du résultat net de l'assureur

La modélisation nous indique que le résultat pour un PERIN est nettement inférieur à celui du PERP. L'impact isolé du changement de la loi de rachat au similaire à celui causé par le changement du mode de sortie.

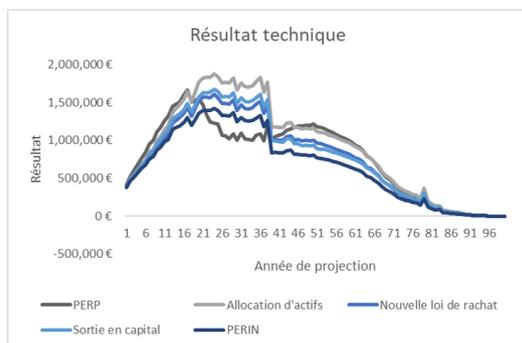


(a) Prestations

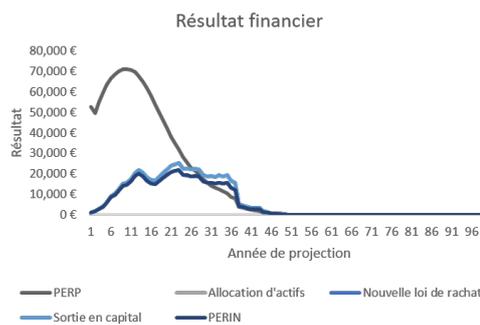
(b) Chargements



(c) Frais



(d) Résultat brut



(e) Résultat financier

FIGURE 3.11 – Postes du compte de résultat selon l'année de projection

Les indicateurs de rentabilité de ces projections sont les suivants :

	PERP	Nouvelle allocation d'actifs	Nouvelle loi de rachat
New Business Value	36,056 k€	40,767 k€	35,303 k€
Primes versées	138,348 k€	138,600 k€	138,600 k€
New Business Margin	0.26	0.29	0.25
SCR	15,320 k€	7,382 k€	9,081 k€
Indice de rentabilité attendu	1.35	4.52	2.89

	Sortie en capital	PERIN
New Business Value	36,452 k€	31,553 k€
Primes versées	138,600 k€	138,600 k€
New Business Margin	0.26	0.23
SCR	6,811 k€	9,054 k€
Indice de rentabilité attendu	4.35	2.49

TABLE 3.1 – Indicateurs de rentabilité du portefeuille actuel

3.2.3 Analyse des scénarios

Dans cette partie, l'analyse de chacun de ces scénarios sera effectuée. Cette analyse permettra de mettre en avant les points de différence avec le PERP.

3.2.3.1 Allocation d'actifs

La grille d'allocation d'actifs a évolué entre le PERP et le PERIN. Cette grille d'allocation correspond à la grille de sécurisation progressive de l'épargne des assurés.

Le PER propose trois nouvelles grilles qui permettent à l'assuré de choisir la stratégie en fonction de son appétence au risque. Ces grilles ont été détaillées à la partie 2.1.1 de ce mémoire.

Le PERP ne propose pour sa part qu'une unique grille en terme de minima de sécurisation progressive. De plus, la principale différence entre le PERP et le PER se situe au niveau des actifs éligibles. Le PER propose des minima en actifs sécurisés et ces actifs peuvent être des fonds dont le capital n'est pas garanti. Il s'agit d'une nouveauté introduite avec le PER. En effet, jusqu'à son introduction, le PERP demandait aux assureurs de garantir le capital de la partie des actifs sécurisés. Cette grille est détaillée ci-dessous :

	Part minimum investie dans des fonds garantis
De 20 à 10 ans de la retraite	30%
De 10 à 5 ans de la retraite	65%
De 5 à 2 ans de la retraite	80%
A moins de 2 ans de la retraite	90%

Source: article A144-4 du Code des assurances

TABLE 3.2 – Projection du résultat net de l'assureur

Dans le cadre de la projection du produit PERP, la grille d'allocation d'actifs suivante a été retenue :

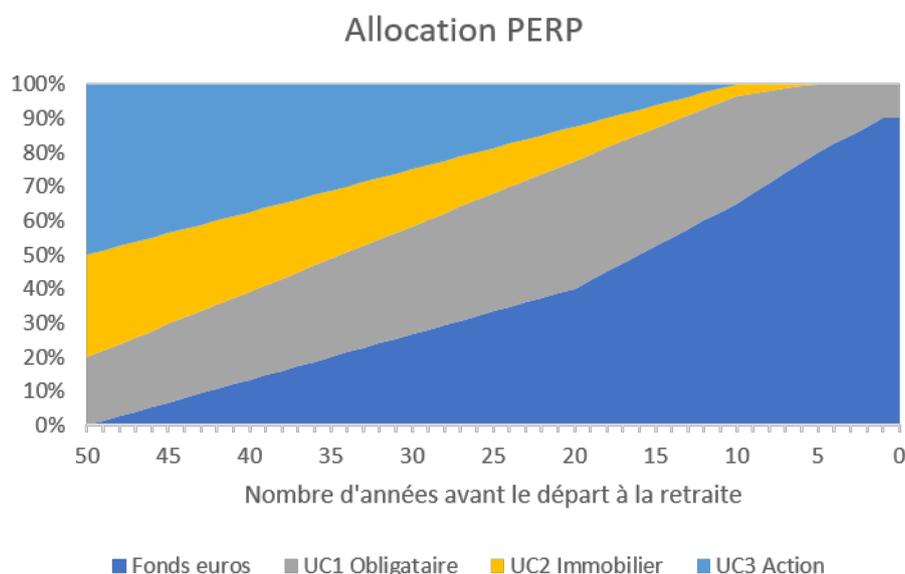


FIGURE 3.12 – Projection du résultat net de l'assureur

L'impact du changement de grille depuis le PERP vers le PER entraîne une hausse du rendement de l'épargne des assurés. Il a été considéré que les fonds euros ont un rendement moindre que les fonds monétaires : ce fait est une conséquence directe d'une prise de risque moindre sur les fonds euros afin de minimiser le risque pris par l'assureur car ce dernier doit garantir les capitaux en fonds euros.

De ce fait, à court terme, le résultat est semblable à celui du PERP mais au-delà de l'année de projection 20, la projection avec l'allocation d'actif du PER donne de meilleurs résultats car le rendement des actifs est plus important.

De plus, le rendement des fonds euros est reversé aux assurés via la PB. Dans le cas du PER où le risque est porté par l'assuré, les rendements sont directement pris en compte dans l'évolution des encours des assurés. Ainsi, le rendement des fonds euros va constituer pour l'assureur du résultat financier et va accentuer la différence observée sur les encours assurés. Cette différence se constate à partir de l'année de projection 20 où le résultat financier de l'assureur est en nette baisse comparé aux premières années de projection. par

Ainsi, le résultat net de l'assureur est en nette hausse sur le scénario PERP avec allocation d'actif du PER. Cette hausse donne ainsi un montant de *New Business Value* plus important et une *New Business Margin* croissante.

Une diminution drastique du niveau de risque est aussi à noter. Elle provient notamment du changement apporté par le PER : il est désormais possible à l'assureur de faire porter le risque sur les actifs sécurisés par l'assuré alors que pour le PERP, les actifs sécurisés correspondaient à des fonds dont le capital était garantis par l'assureur.

Ce transfert de risque lié aux fonds euros fait ainsi diminuer le montant de SCR Marché : les actifs correspondant à des fonds euros auparavant sont désormais assimilés à des UC Monétaires. Ainsi, le montant de SCR pour ces actifs est nul.

Cette baisse du SCR, accompagnée de la hausse de la *New Business Margin* entraîne ainsi une forte augmentation de l'indice de rentabilité attendu pour le scénario d'allocation d'actifs du PER par rapport au scénario PERP.

Pour les autres scénarios, il a été retenu une projection avec la nouvelle allocation d'actifs. En effet, l'allocation d'actif est un paramètre qui est donné en amont du lancement du produit et déterminé en partie par l'assureur. Les deux paramètres suivants, à savoir la nouvelle loi de rachat et la sortie en capital, sont de nouvelles options pour lesquelles l'assureur ne dispose pas de levier.

3.2.3.2 Nouvelle loi de rachat

Lors de la phase de constitution du PERIN, l'épargne de l'assuré est bloquée jusqu'à la retraite sauf en cas d'accident de la vie. Les cas possibles pour le rachat anticipé sont ainsi limités. Le PERIN reprend les mêmes conditions de rachat anticipé que le PERP mais va rajouter une nouvelle possibilité qui est l'acquisition d'une nouvelle résidence principale. L'assuré dispose aussi de la possibilité de faire usage de cette option à chaque nouvelle acquisition de résidence principale.

Les projections du PERIN doivent prendre en compte cette nouvelle possibilité. Ainsi, la loi de rachat du PERP a été reprise et elle a été majorée. Cette majoration entraîne une baisse du niveau de l'encours de l'assuré.

La diminution du montant d'encours des assurés entraîne une baisse des chargements prélevés par l'assureur, qu'il s'agisse de chargements au titre de la gestion sur encours mais aussi sur les rendements. De plus, la gestion de ces rachats représente une charge supplémentaire pour l'assureur. Ainsi, le résultat de l'assureur est en baisse sur la phase de constitution.

Lors de la phase de restitution, étant donné que le montant d'encours est plus faible, le montant de rentes viagères gérées par l'assureur va aussi être moins important. De ce fait, le résultat technique qui sera dégagé par la gestion de rentes sera lui aussi plus faible.

La baisse du résultat de l'assureur sur chaque année de projection se retrouve ainsi au niveau de la *New Business Value*. De ce fait, comme le niveau de primes reste constant, cela entraîne donc une baisse de la *New Business Margin*.

Le choc de rachat du SCR Vie est calculé à partir de la loi de rachat et est proportionnel aux taux. Ainsi, étant donné que les taux de la loi de rachat du PERIN sont plus importants que la loi de rachat du PERP, le SCR Rachat est ainsi plus important. Au global, le SCR est en hausse sur ce scénario comparé au scénario précédent. Couplée avec la baisse de la *New Business Margin*, l'indice de rentabilité attendu est donc inférieur pour ce scénario.

3.2.3.3 Sortie en capital

La sortie en capital était déjà présente dans le PERP. Cependant, cette dernière était limitée à 20%. Avec le PERIN, l'épargne constituée peut être entièrement reversée sous la forme d'un capital si l'assuré le souhaite. Cette nouvelle option n'impacte donc pas la vie du produit lors de la phase de constitution.

Au moment de la liquidation du produit, le contrat entre l'assureur et l'assuré prend fin si ce dernier décide de sortir en capital. De ce fait, l'assureur perd ainsi le résultat technique auquel il aurait pu s'attendre car il n'a plus de rente à gérer. Cela entraîne donc une baisse de la *New Business Value* et donc de la *New Business Margin*.

D'un autre côté, l'option de sortie en capital à la retraite permet à l'assureur de diminuer le niveau de risque auquel il s'expose : en effet, cela réduit le montant de rentes qu'il gère et diminue donc son exposition au risque de longévité. Ainsi, le SCR de l'assureur sera moins important suite à la baisse du SCR Longévité.

Dans l'ensemble, comme la réduction de SCR est du même ordre de grandeur que celle de la *New Business Value*, l'indice de rentabilité attendu varie légèrement à la baisse pour le scénario Sortie en capital par rapport au scénario PERP avec nouvelle allocation d'actifs.

3.2.3.4 PERIN

Le niveau de risque auquel s'expose l'assureur est meilleur pour le PERIN par rapport au PERP : le SCR est de 9 054k€ contre 15 320k€ auparavant.

Cette baisse est principalement expliquée par une baisse du SCR Marché : ce dernier passe de 10 872k€ initialement à 900k€. Comme l'assureur ne doit plus garantir le capital des actifs sécurisés, le risque est transféré chez l'assuré et donc porté par ce dernier. En cas de baisse de l'actif de l'assureur, son engagement diminue d'autant et ainsi aucun SCR n'est à constituer.

Les rachats vont toutefois avoir un impact à hausse sur le SCR Rachat car ce SCR est sensible à la loi de rachat retenue. Cette hausse est en partie compensée par la baisse du SCR Longévité. Cette baisse est expliquée par la sortie en capital des assurés et ainsi l'assureur est moins exposé au risque de longévité.

Dans l'ensemble, le niveau de SCR est proche de celui du scénario avec la nouvelle loi de rachat.

D'un autre côté, la hausse des rachats couplée avec la possibilité de sortie en capital font diminuer le résultat de l'assureur. Ainsi, avec une *New Business Value* plus faible, la *New Business Margin* est en baisse. Son niveau est le plus faible observé sur l'ensemble des scénarios analysés.

Au niveau de l'indice de rentabilité attendu, ce dernier est plus important que pour le PERP mais reste le plus faible de l'ensemble des scénarios avec paramètres PERIN isolés.

Le coût de la gestion des deux produits étant identique, d'un point de vue strictement résultat, il n'est donc pas intéressant d'inciter les assurés de transférer leur PERP vers un PERIN comme la *New Business Margin* est plus faible. De plus, les différentes sorties possibles pour un PERIN étant une nouveauté pour l'assureur, il n'est pas possible de correctement anticiper le choix futur des assurés. Si l'assuré venait à choisir une des deux autres sorties possibles, à savoir la sortie en capital ou en capital fractionné, cela viendrait encore plus impacter le résultat futur à la baisse.

Pour conserver un bon niveau de rentabilité, l'assureur devra éviter d'effectuer des transferts

de ses contrats PERP actuels vers le PERIN. De plus, ces transferts ont un coût qui n'a pas été pris en compte dans l'analyse ci-dessus. Ces coûts viendront faire baisser encore plus la rentabilité de l'assureur au niveau du PERIN.

Le PERIN mis en place sera de cette manière constitué majoritairement de nouvelles affaires. La construction de ce portefeuille sera abordé dans la partie suivante.

Chapitre 4

Construction d'un portefeuille de nouvelles affaires

L'objectif du nouveau produit PERIN est ainsi d'attirer de nouveaux assurés. Les caractéristiques des assurés sont bien spécifiques. A des fins de modélisation, il sera nécessaire de déterminer quels seront les profils qui viendront souscrire à un PERIN. Il a été supposé que ces profils seront semblables à ceux du portefeuille historique. Afin d'isoler des profils-types, des classes d'assurés seront construits au sein du portefeuille de l'assureur Nikkassur.

La classification a pour objectif d'obtenir des classes homogènes et séparées, c'est-à-dire des classes dans lesquelles les individus d'une même classe partagent de nombreuses caractéristiques et des classes où les individus ont peu de caractéristiques en commun avec les individus d'une autre classe.

4.1 Méthodes de classification

Pour partitionner le portefeuille, il est possible d'utiliser des méthodes de classification hiérarchiques ou des méthodes de partitionnement direct.

Les méthodes de classification ascendante hiérarchique consistent à agréger de proche en proche les individus entre eux, puis les classes entre elles, jusqu'à obtenir une classe englobant l'ensemble de la population. De ce fait, le temps de calcul requis peut être important lorsque le nombre d'individus à classer devient élevé.

Les méthodes de partitionnement direct sont des alternatives aux méthodes de classification ascendante hiérarchique pour remédier à ce problème. Deux algorithmes de partitionnement direct se distinguent principalement :

- la méthode des centres mobiles ;
- la méthode des *k-means*.

La méthode des centres mobiles est basé sur l'algorithme suivant :

1. **initialisation** : k individus sont choisis au hasard dans la population. Ces individus formeront k centres de classes provisoires ;
2. **affectation** : des partitions sont formées en affectant chaque individu au centre de classe le plus proche ;
3. **calcul des centres de classe** : de nouveaux barycentres sont calculés pour chaque nouvelle classe obtenue suite à l'affectation.
4. **réitération** : les étapes 2 et 3 sont répétées jusqu'à que l'algorithme converge.

La méthode des *k-means* est une variante de la méthode des centres mobiles. Dans cette méthode, les barycentres sont réévalués après chaque affectation d'un individu à une classe au lieu d'être effectuée après l'affectation de l'ensemble des individus. Cette méthode présente l'avantage de converger plus rapidement mais la partition obtenue est dépendante de l'ordre des individus.

Indépendamment des la méthode retenue, les méthodes de partitionnement direct présentent un inconvénient majeur : l'utilisateur doit obligatoirement renseigner un nombre de classes *a priori*. Plusieurs solutions sont à la disposition de l'utilisateur pour remédier à ce problème, dont :

- le critère du coude ;
- la méthode des silhouettes ;
- la statistique du Gap.

Dans ce mémoire, le critère du coude a été retenu. Les autres méthodes seront présentées en annexe.

Le critère du coude est une méthode simple et est réalisée de la manière suivante :

- l'algorithme de partitionnement direct est exécuté avec des valeurs différentes de k ;
- l'inertie intra W_k est calculée pour chacune des partitions ;
- l'évolution de l'inertie intra W_k en fonction de k est tracée ;
- l'existence d'un coude, c'est-à-dire une cassure importante au niveau de la ligne tracée, permet de localiser le nombre optimal de classes.

L'inertie intra d'une classe est obtenue en calculant l'écart quadratique moyen des éléments d'une classe par rapport au barycentre. L'inertie intra totale W_k est la somme des inerties intra de chaque classe.

4.2 Application sur le portefeuille existant

Un travail préliminaire de retraitement des données a été nécessaire. En effet, la base peut comporter des informations incomplètes. L'application est limitée aux assurés en phase de constitution du fait du manque d'information sur le niveau d'épargne à la liquidation pour les assurés en phase de restitution. Au vu du peu de professions renseignées, cette variable a été écartée de l'analyse.

Concernant les informations sur les contrats, les variables suivantes ont été retenues :

- âge à l'adhésion ;
- âge à la date d'arrêt des données ;
- valeur totale de l'épargne ;
- pourcentage de l'épargne investie en UC ;
- et le montant annuel moyen de versements.

Dans un premier temps, le nombre de classes à retenir est fixé grâce au critère du coude. Pour son usage, le graphique de la variance intra totale en fonction du nombre de classes doit être tracé :

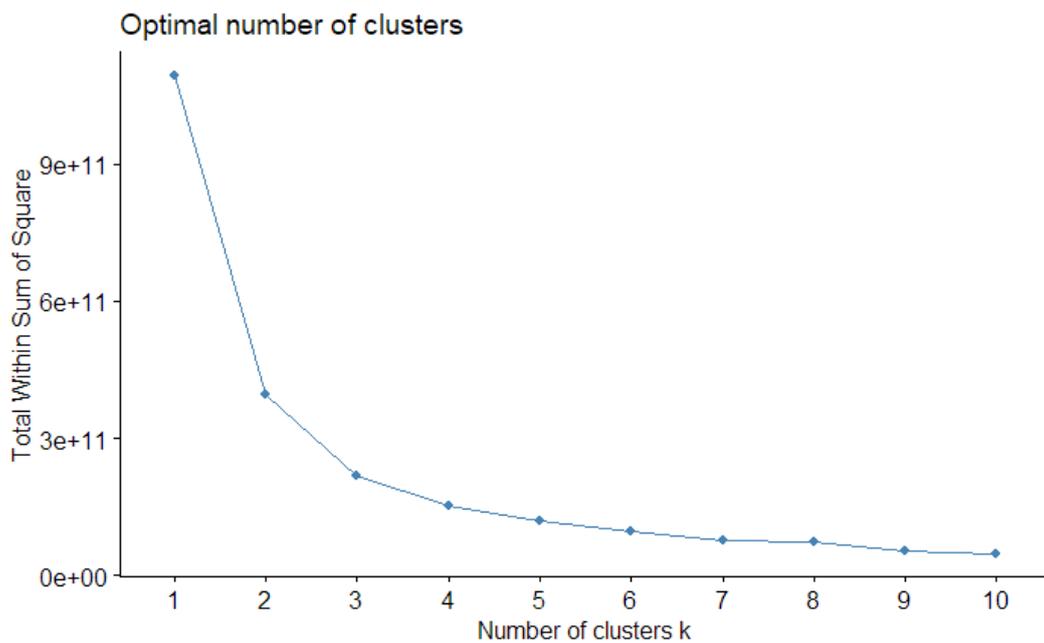


FIGURE 4.1 – Graphique de la variance intra totale en fonction du nombre de classes

D'après le critère du coude, le nombre optimal est de trois classes : la variance intra totale

est nettement inférieure à celle d'une classification avec deux classes et est proche de celle d'une classification avec quatre classes. L'algorithme des *k-means* est ensuite lancé avec en supposant que $k = 3$. Pour chaque classe, son barycentre sera retenu. Les résultats sont les suivants :

	Profil 1	Profil 2	Profil 3
Age à la date d'arrêté	61	58	54
Age à la souscription	51	51	48
Versement annuel moyen	6 456,33 €	3 179,94 €	790,60 €
Pourcentage d'individus mariés	63%	60%	58%
Nombre moyen d'enfants	0,17	0,25	0,28
Pourcentage de femmes	65%	70%	66%
Pourcentage d'UC	3%	4%	6%
Pourcentage en gestion libre	6%	6%	9%
Pourcentage d'individus présents dans la classe	5%	20%	75%

TABLE 4.1 – Barycentres des classes issues de l'algorithme des *k-means*

La principale distinction entre les classes se situe au niveau du montant de versement annuel moyen. Les profils moyens ont à peu près le même âge à la souscription.

A partir de ces trois profils types, un premier portefeuille de 100 assurés est construit afin d'obtenir une première projection. Les hypothèses de projection retenues sont celles du PERIN vus précédemment dans l'analyse du portefeuille existant. Les résultats de cette projection sont donnés ci-dessous via le résultat de l'assureur au fil du temps :

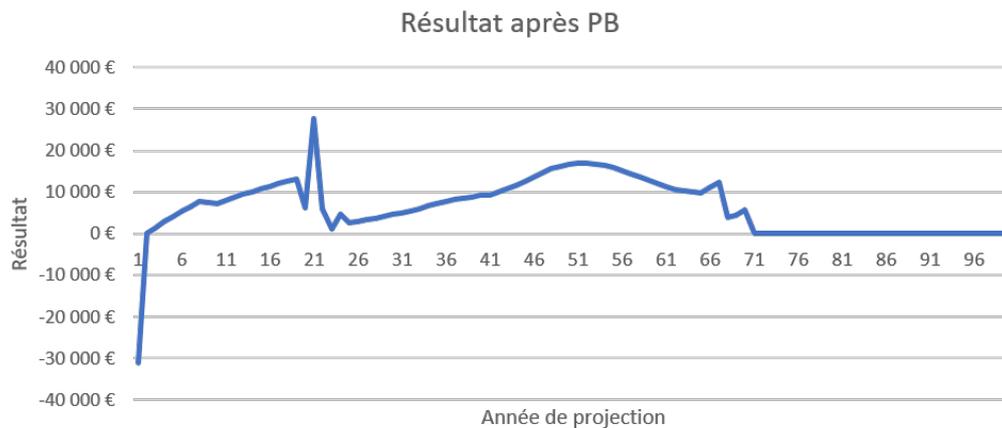


FIGURE 4.2 – Résultat de l'assureur avec le portefeuille de profils types

Ce premier résultat ne semble pas convainquant : en effet, la tendance ne ressemble pas à la tendance du résultat du portefeuille actuel. Par ailleurs, il est possible d'observer un pic de résultat à l'année 21 dû à des liquidations massives car les assurés ont sensiblement le même âge, soit 48, soit 51 ans. De plus, le portefeuille s'éteint subitement à l'année 72, année où la fin de la table de mortalité est atteinte. Toutefois, cette remarque est à nuancer dans le sens où le début de la projection semble correct : il est possible d'observer l'effet du *New Business Strain* avec un résultat négatif la première année dû aux frais d'acquisition et par la suite un résultat croissant de l'assureur lui permettant de récupérer cette perte initiale.

La limite de ce portefeuille se trouve ainsi dans les profils moyens du fait de leur âge presque identique. Pour faire face à cette limite, un deuxième portefeuille sera construit. La classification obtenue grâce à l'algorithme des *k-means* sera conservée. En effet, chaque partition du portefeuille est un groupe homogène de notre portefeuille, c'est-à-dire que tous les individus d'un groupe sont assez proches les uns des autres.

Une analyse de l'âge à l'entrée des assurés par groupe révèle que cette variable n'a pas été retenue comme un critère de classification. En effet, comme le montre les boîtes à moustaches ci-dessous, la répartition de la variable âge dans chaque groupe est assez similaire.

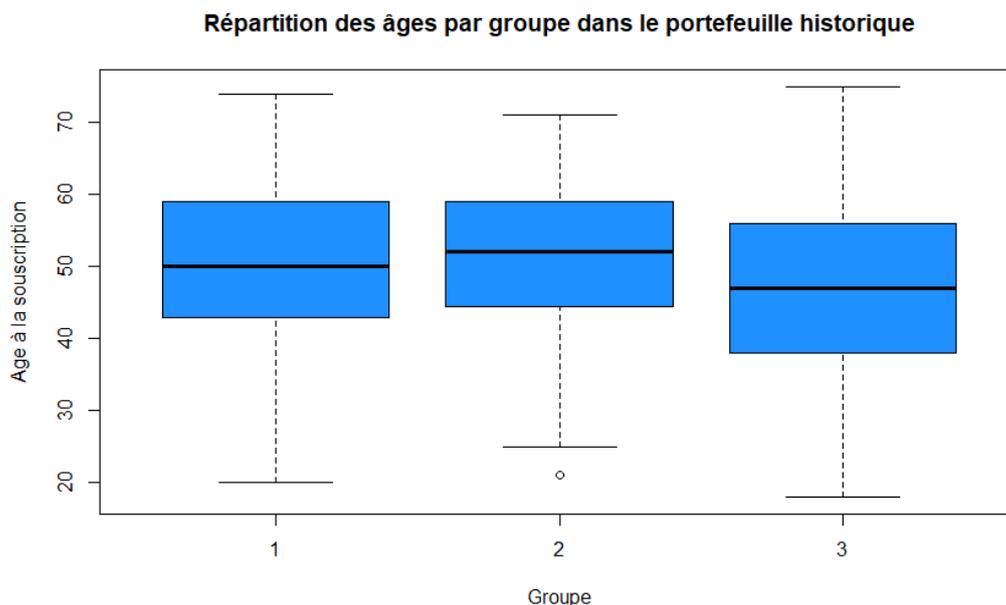


FIGURE 4.3 – Boîte à moustache de l'âge des assurés dans le portefeuille historique

De ce fait, il sera sûrement possible de remédier à la limite du premier portefeuille en effectuant

un tirage aléatoire dans chaque groupe pour construire le deuxième portefeuille. En procédant ainsi, le deuxième portefeuille est plus varié au niveau des âges comme l'indique la boîte à moustache : l'âge minimum se situe à 22 ans et l'âge maximum à 72 ans tout groupe confondu. Le troisième groupe a aussi une étendue plus grande que les deux autres groupes car il s'agit du groupe possédant le plus grand effectif.

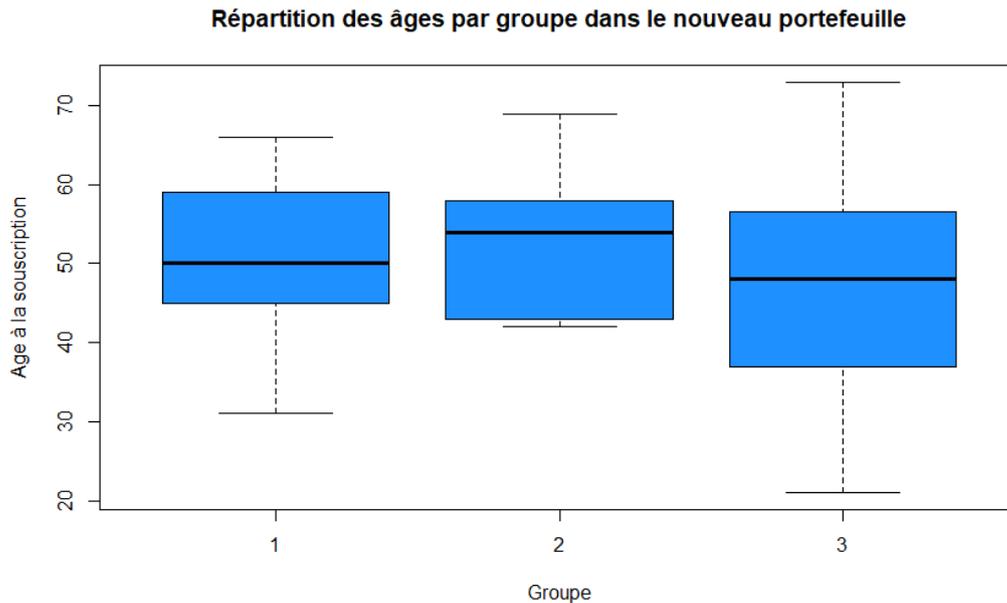


FIGURE 4.4 – Boîte à moustache de l'âge des assurés dans le deuxième portefeuille par groupe

En réutilisant les mêmes paramètres de projection, le résultat de l'assureur est le suivant :

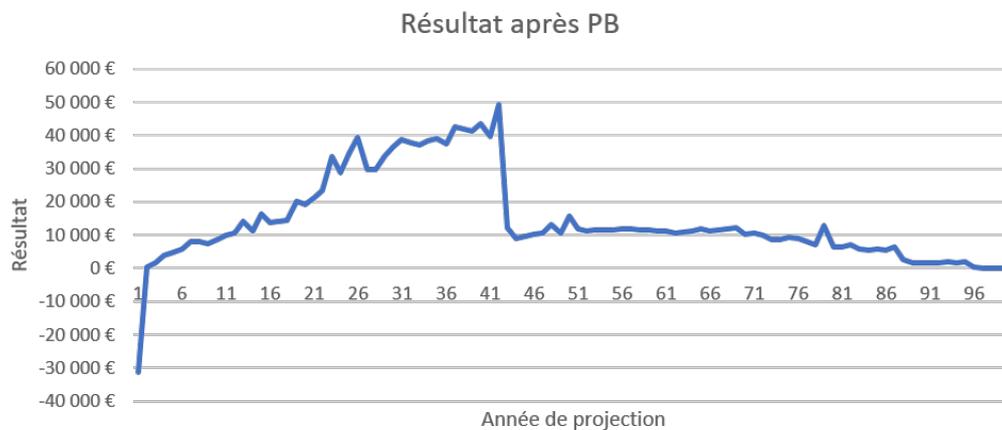


FIGURE 4.5 – Résultat de l'assureur suite au tirage aléatoire

Pour ce portefeuille, le résultat de l'assureur connaît une progression sur une plus grande période : passant de 20 années à 40. Une baisse importante du résultat est tout de même à prévoir à l'issue de cette période expliquée par l'arrivée en fin de table de mortalité.

Pour rappel, ces projections sont réalisées en *run-off*, c'est-à-dire sans nouvelle souscription au-delà de la première année. Le portefeuille arrive aussi à extinction après une plus grande période et de manière moins abrupte que pour le portefeuille précédent.

Ainsi, il ne connaît pas les mêmes limites du portefeuille vu précédemment. L'âge d'entrée dans le portefeuille est ainsi un critère important.

Les indicateurs de rentabilité liés à ce nouveau portefeuille sont les suivants :

New Business Value	759 929
Primes versées	2 787 368
New Business Margin	0,27
SCR	288485
Indice de rentabilité attendu	1,63
Payback Period	7,09

FIGURE 4.6 – Indicateurs de rentabilité du nouveau portefeuille

Il est intéressant de voir que l'indice de rentabilité est plus élevé sur ce portefeuille que sur le portefeuille historique malgré le fait cette projection intègre les frais d'acquisition. Cet écart est expliqué par la taille du portefeuille : suite au tirage aléatoire, étant donné que seulement 100 profils ont été retenus, il se peut que certains génèrent plus de rentabilité que les autres profils en moyenne et vient donc augmenter la *New Business Value*. A périmètre de primes constant, il s'agirait de profils plus jeunes permettant à l'assureur d'avoir une gestion plus longue des contrats.

Par ailleurs, le niveau de l'indice de rentabilité attendu est très éloigné de celui du portefeuille historique en PERIN. Il s'élève à 1,63 contre 2,49. Cet effet est la conséquence de la diversification qui est plus importante sur le portefeuille historique car les SCR des sous-modules sont plus élevés.

Afin de pouvoir mieux commenter ces résultats, une analyse des sensibilités du modèle devra être effectuée.

4.3 Sensibilités du modèle

L'analyse de l'impact de la population sur la rentabilité est fondée sur des hypothèses bien particulières détaillées en partie 2 de ce mémoire. L'objectif de cette partie est de savoir de quelle manière la rentabilité est affectée par ces changements d'hypothèses afin de connaître les leviers dont dispose l'assureur pour piloter son activité mais aussi de mettre en avant les points nécessitant une attention particulière qu'il doit prendre en compte.

Cette analyse sera effectuée sur le portefeuille de nouvelles affaires avec les hypothèse de projection du PERIN. Les hypothèses suivantes seront remises en question :

- les rendements financiers ;
- la mortalité et les rachats ;
- les chargements et les frais.

Ces analyses étant faites à isopérimètre, il sera aussi intéressant de voir l'impact d'une hausse du volume de souscription sur les indicateurs de rentabilité.

Le tableau ci-dessous est un récapitulatif de l'analyse des sensibilités. Les appréciations vont de +++ pour un gain notable de rentabilité à — pour une perte notable en rentabilité.

Impact sur résultat	Sensibilité à la baisse	Sensibilité à la hausse
Rendement des actifs	--	++
Discrétionnaire financier	-	+
Hypothèses de rachat	+++	---
Hypothèses de mortalité	-	
Chargements sur versements	-	+
Frais de gestion d'actifs	--	++
Frais de gestion d'encours	---	+++
Frais (assureur)		---
Volume de souscription		-

TABLE 4.2 – Tableau récapitulatif des analyses de sensibilité

4.3.1 Rendements

Le rendement de l'épargne d'un assuré dépend de la répartition qu'il a choisi. Pour la majorité du portefeuille, une gestion à horizon est en place. Son rendement dépend du rendement des UC dans le modèle. Pour le reste du portefeuille, la gestion est libre avec une possibilité

répartition dans des UC ou des fonds euros. Pour ces derniers, le rendement est directement lié à la manière dont l'assureur décide de doter la participation aux bénéfices.

4.3.1.1 Rendement des actifs

Les rendements des actifs retenus sont issus de données historiques. Ces données s'étendent sur une période de 10 ans à compter de l'année 2010. Durant cette dernière décennie, les marchés financiers ont connu un environnement de taux très bas. Ainsi, les taux de rendement retenus reflètent cet environnement. Une hausse des taux est sûrement à prévoir sur le long terme. Un premier scénario de sensibilité serait une hausse des taux de 3 % et 5 %. Cette hausse viendrait s'appliquer sur tous les taux de rendement retenus.

D'un autre côté, l'économie mondiale est marquée par la pandémie de la COVID-19. Ainsi, pour relancer l'économie, l'environnement de taux bas peut être prolongé voire même accentué. Un dernier scénario avec une baisse des taux de 1% peut être considéré.

Variation des rendements	-1%	Central	+3%	+5%
New Business Value	705 124	759 929	957 019	1 123 221
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 264 762	1 331 813	1 617 877	1 823 963
New Business Margin	0,25	0,27	0,34	0,40
SCR	264 511	288 485	393 619	516 913
Indice de rentabilité attendu	1,67	1,63	1,43	1,17
Payback Period	8,76	7,09	7,89	6,27

TABLE 4.3 – Sensibilité de la rentabilité au rendement des actifs

Les indicateurs de rentabilité sont assez sensibles aux variations de hypothèses de rendements financiers. La hausse des rendements financiers est bénéfique pour toutes les parties : le niveau de l'épargne de l'assuré est supérieur et l'assureur disposera de plus de sommes à gérer. De ce fait, l'assureur percevra plus de chargements liés à la gestion des actifs mais aussi à la gestion des encours assurés. De plus, cet effet est accentué année après année par la mécanique des intérêts composés.

Cette hausse de rendement est anticipée sur les marchés financiers. En effet, du fait de la forme de la courbe des taux et par la mécanique des taux *forward*, les taux à court terme augmentent au fur et à mesure de la progression dans le temps. Cette hypothèse n'est ainsi pas aberrante. A l'inverse, la poursuite de l'environnement de taux bas a une conséquence moins prononcée

pour l'assureur. Le niveau de rentabilité reste assez proche du niveau observé actuellement.

Toutefois, comme les encours assurés sont nettement plus élevés, l'assureur est plus exposé aux risques de rachat et de longévité. Il sera aussi plus exposé au risque de marché par rapport aux encours en fonds euros. De ce fait, le SCR augmente avec la hausse des rendements. Comme cette hausse est plus prononcée que celle de la *New Business Value*, l'indice de rentabilité attendu diminue.

L'évolution des taux de rendements est indépendant de la volonté de l'assureur. Toutefois, il est de son ressort de s'assurer d'une bonne gestion des actifs afin d'obtenir les meilleurs rendements possibles par rapport au risque pris. Dans le cas d'un PERIN, il en est de plus incité par l'environnement concurrentiel sous peine d'observer des transferts de contrats vers d'autres assureurs.

Avec les niveaux actuels de rendement, l'assureur peut tout de même observer une bonne rentabilité du produit PERIN. L'indice de rentabilité attendu se dégrade avec la hausse des taux mais reste tout de même bon. Avec 1€ de SCR, l'assureur devra s'attendre à 1,63€ de *New Business Value*.

4.3.1.2 Redistribution de la PB

Le rendement des fonds euros est directement lié aux résultats financiers de l'assureur. La réglementation contraint l'assureur à rémunérer les contrats par un taux fixe pour tous les assurés. Elle ne prévoit toutefois pas de taux minimum. L'assureur est ainsi libre de choisir le taux qui lui convient chaque année.

Dans la modélisation initiale, le discrétionnaire a été retenu à hauteur de 85%. Ce taux est le taux réglementaire dans le cas de contrats d'assurance vie hormis les contrats à capital variable. Il est dans l'intérêt de l'assureur de garder un taux élevé : le PER ayant pour objectif de mettre en concurrence les gestionnaires entre eux, un assuré non satisfait du taux de rendement qui lui a été servi peut décider de transférer son contrat chez un autre assureur.

Dans cette partie, l'impact du changement du discrétionnaire sur la rentabilité sera analysé.

<i>Discrétionnaire financier</i>	50%	70%	Central	100%
New Business Value	622 076	698 596	759 929	824 892
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 317 318	1 331 813	1 344 141	1 351 915
New Business Margin	0,22	0,25	0,27	0,30
SCR	278 029	282 691	288 485	293 246
Indice de rentabilité attendu	1,24	1,47	1,63	1,81
Payback Period	7,12	7,10	7,09	7,07

TABLE 4.4 – Sensibilité de la rentabilité au discrétionnaire

Les indicateurs de rentabilité sont peu sensibles à la variation du discrétionnaire financier. Les indicateurs varient dans le même sens que le taux de PB. Cette observation est principalement expliquée par la mécanique des intérêts composés : la PB reversée va générer des intérêts au fil des années car elle sera dans les encours des assurés. De plus, elle rentrera dans le périmètre des encours et est sujette aux différents chargements.

Le SCR augmente lui aussi du fait de la hausse des encours et donc des risques de rachat et de longévité. Cette hausse est toutefois limitée du fait de la faible hausse des encours. Ainsi, elle est bien moindre que la hausse de la *New Business Value* et l'indice de rentabilité attendu varie à la hausse.

Une distribution plus importante de PB permettrait aussi d'augmenter la satisfaction des assurés concernant les rendements servis par l'assureur. En effet, des petits écarts peuvent avoir un impact importants du fait que l'environnement dans lequel évolue l'assureur est hautement concurrentiel. Un meilleur taux de satisfaction permettrait à l'assureur de garder plus d'assurés en portefeuille et donc cela viendrait diminuer les taux de rachats observés. Il sera intéressant d'analyser la sensibilité conjointe d'une hausse du discrétionnaire financier couplé à une baisse des rachats.

4.3.2 Mortalité et rachats

La clôture d'un PER peut est due à deux évènements : soit un décès, soit un rachat. L'analyse sera séparée en deux parties : une pour chaque cause.

4.3.2.1 Rachats

Le rachat peut survenir tout au long de la vie du contrat pour diverses raisons. La loi de rachat pour des causes liées à des accidents de la vie a été calibrée à partir des données d'un PERP et est ainsi à l'image de notre portefeuille. De plus, elle comprend aussi les rachats anticipés liés au transferts sortants vers d'autres assureurs.

Pour que cette loi soit compatible avec le PER, la nouvelle possibilité de rachat anticipé, à savoir l'acquisition d'une nouvelle résidence principale, doit être intégrée. Le taux avait été estimé à 1% peu importe l'âge de l'assuré. L'analyse ci-dessous portera donc sur la variation de ce taux étant donné que la loi de rachat est calibrée par l'expérience et est donc pertinente pour son utilisation actuelle.

<i>Variation de la loi de rachat</i>	-0,5%	Central	+0,5%
New Business Value	815 731	759 929	708 519
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 431 591	1 331 813	1 266 531
New Business Margin	0,29	0,27	0,25
SCR	275 335	288 485	313 716
Indice de rentabilité attendu	1,96	1,63	1,26
Payback Period	7,23	7,09	8,92

TABLE 4.5 – Sensibilité de la rentabilité aux rachats

Le comportement vis-à-vis de la nouvelle option de rachat est ainsi inconnu de l'assureur. Il devra donc y porter une attention particulière. Avec un niveau de rachat élevé, la rentabilité de l'assureur en est directement impactée à la baisse. Toutefois, cette baisse reste bien légère : la NBM ne diminue que légèrement.

L'indice de rentabilité attendu connaît par contre une décroissance drastique en fonction du niveau de rachat. De ce fait, il a été considéré que la rentabilité est très sensible à une variation de la loi de rachat.

La variation de l'indicateur est directement impactée par le risque de rachat. En effet, le calcul du SCR rachat est proportionnel aux taux de la loi de rachat. Avec un niveau de rachat élevé, l'assureur devra s'attendre à une rentabilité inférieure par rapport au niveau de capital réglementaire immobilisé.

L'incertitude liée à la nouvelle possibilité de rachat anticipé ne pourra être levée qu'avec l'ex-

périence. Ainsi, il est préconisé de mettre en place un suivi afin de suivre ce risque au mieux et ainsi réévaluer la rentabilité du portefeuille avec des hypothèses au plus proches de la réalité des risques de l'assureur. Pour le moment, l'assureur devra estimer ce paramètre avec prudence afin de ne pas surestimer la rentabilité du produit. Cette prudence ne doit pas non plus se faire dans l'excès sous peine de réaliser un mauvais jugement sur le niveau de rentabilité du PER.

4.3.2.2 Mortalité après la liquidation

Lors de la liquidation de l'épargne, l'assuré a le choix entre trois modes de sorties. S'il choisit la sortie en rente, son montant est déterminé à partir d'un coefficient de rente \ddot{a}_x . Ce coefficient est obtenu grâce à la table réglementaire TGF05.

Cette table générationnelle est prudente sur la longévité. Ainsi, l'assureur devrait observer une mortalité réelle supérieure à celle estimée par la table. L'assureur réalisera ainsi un résultat technique chaque année lorsqu'il recalculera le niveau de PM.

Dans les projections, il a été estimé que le taux de surmortalité comparé à la table réglementaire s'élève à 50%. L'impact de la variation de ce taux est donné dans le tableau ci-dessous :

Variation du taux de surmortalité	-20%	-10%	Central
New Business Value	718 996	740 105	759 929
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 335 439	1 333 626	1 331 813
New Business Margin	0,26	0,27	0,27
SCR	288 803	288 644	288 485
Indice de rentabilité attendu	1,49	1,56	1,63
Payback Period	7,08	7,08	7,09

TABLE 4.6 – Sensibilité de la rentabilité à la mortalité

La mortalité après liquidation vient directement impacter la rentabilité de l'assureur au niveau des rentes. Cependant, l'impact reste faible au vu de l'évolution de la *New Business Margin*. L'impact sur l'indice de rentabilité attendu est cependant plus important : le SCR varie très peu et l'évolution est principalement expliquée par l'évolution de la *New Business Value*. Cette hypothèse est donc considérée comme peu sensible pour la rentabilité.

Il est à noter que si l'assureur dispose de suffisamment de données, une table d'expérience

pourrait être mise en place. Il sera dès lors possible d'affiner les calculs et de parvenir à une conclusion plus pertinente car elle sera au plus proche du risque de l'assureur.

4.3.3 Chargements et frais

Le PER est un produit d'épargne. Ainsi, la rémunération de l'assureur est directement impactée par les chargements et les frais. L'analyse de la sensibilité vis-à-vis de ces deux postes sera réalisée en plusieurs parties selon différentes variations possibles.

4.3.3.1 Chargements

Les chargements sont fixés de manière contractuelle. L'assureur devra donc choisir le bon niveau de chargements pour pouvoir garder un bon niveau de rentabilité si les hypothèses retenues lors de l'étude ne sont plus respectées. De plus, l'assureur évolue dans un environnement concurrentiel et devra donc veiller à garder un niveau de chargements assez limité sous peine de voir l'attractivité de son produit réduit.

Chargements sur versements

Les chargements sur versements constituent un premier chargement auquel l'assuré peut faire face. Ils sont prélevés directement sur le montant qu'il aura versé.

<i>Variation des chargements sur versements</i>	-2,5%	Central	+2,5%
New Business Value	726 155	759 929	793 571
Primes versées	2 934 071	2 787 368	2 640 664
Encours moyen	1 365 863	1 331 813	1 297 764
New Business Margin	0,25	0,27	0,30
SCR	295 847	288 485	281 122
Indice de rentabilité attendu	1,45	1,63	1,82
Payback Period	11,94	7,09	5,64

TABLE 4.7 – Sensibilité de la rentabilité aux chargements sur versements

Les chargements sur versements peuvent représenter une rémunération conséquente pour l'assureur. Pour rappel, dans la modélisation initiale, le montant était fixé à 2,5%. L'impact de sa variation est très léger sur la *New Business Value* mais très important sur l'indice de rentabilité attendu. Ces chargements viennent en effet directement s'ajouter au résultat de l'assureur et diminuent le montant d'encours qui est géré. De ce fait, il est possible d'observer une baisse du SCR et donc une hausse de l'indice de rentabilité attendu.

Ce chargement impacte directement l'épargne de l'assuré. Ainsi, l'assureur devra veiller à que son niveau ne soit pas trop élevé. Il est défini de manière contractuelle. Son paramétrage doit ainsi faire l'objet d'une étude approfondie afin de déterminer un niveau satisfaisant de rentabilité sans impacter de manière drastique le niveau des encours des assurés.

Frais de gestion des actifs

Dans la modélisation réalisée, les frais de gestion des actifs sont prélevés sur le rendement généré par la gestion financière de l'épargne des assurés.

<i>Variation des frais de gestion d'actifs</i>	-10%	Central	+10%
New Business Value	696 965	759 929	817 993
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 356 039	1 331 813	1 327 573
New Business Margin	0,25	0,27	0,29
SCR	297 630	288 485	279 842
Indice de rentabilité attendu	1,34	1,63	1,92
Payback Period	9,24	7,09	6,22

TABLE 4.8 – Sensibilité de la rentabilité aux frais de gestion des actifs

Les frais de gestion des actifs sont directement liés aux rendements obtenus sur les marchés financiers. Comme pour les chargements sur versements, leur hausse a un impact non négligeable sur les indicateurs de rentabilité. Il a été retenu que la rentabilité est moyennement sensible aux variations des frais de gestion d'actifs.

Avec l'hypothèse de hausse des rendements des marchés financiers, il est dans l'intérêt de l'assureur de fixer un bon niveau pour ce chargement. Il devra aussi faire attention à ne pas revoir ce taux trop à la hausse car il viendrait impacter directement le niveau de rendement de l'épargne des assurés.

Frais de gestion sur encours

Les frais de gestion sur encours sont prélevés chaque année sur l'épargne de l'assuré. Ils sont proportionnels au niveau de l'encours

<i>Variation des frais de gestion sur encours</i>	-0,5%	Central	+0,5%
New Business Value	667 427	759 929	843 160
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 416 725	1 331 813	1 279 622
New Business Margin	0,24	0,27	0,30
SCR	308 335	288 485	271 221
Indice de rentabilité attendu	1,16	1,63	2,11
Payback Period	10,16	7,09	6,47

TABLE 4.9 – Sensibilité de la rentabilité aux frais de gestion sur encours

Les frais de gestion sur encours peuvent représenter une part non négligeable de la rémunération de l'assureur. La hausse de ces frais étant directement bénéfique à l'assureur : tout comme pour les chargements sur versements, les frais de gestion sur encours viennent directement s'ajouter au résultat de l'assureur et font diminuer les niveaux d'encours gérés et donc le SCR.

A l'inverse, leur baisse viendrait diminuer la rentabilité de l'assureur avec une baisse des la *New Business Value* et une hausse du SCR suite à une hausse des encours.

L'assureur devra porter une attention particulière sur le niveau de frais de gestion sur encours afin de limiter l'impact de ces frais sur le taux de revalorisation de l'épargne des assurés : scc taux est trop faible, l'assuré pourrait être amené à transférer son PER chez un autre assureur. Ce cas de figure fera l'objet d'un scénario de sensibilité conjointe.

4.3.3.2 Frais

Les frais de l'assureur ne sont pas fixes et sont amenés à évoluer dans le temps. Une dérive non anticipée des frais est même possible. Cette analyse portera sur une dérive des frais à hauteur de 25% et 50%.

<i>Dérive des frais</i>	Central	+25%	+50%
New Business Value	759 929	726 719	693 434
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 331 813	1 331 813	1 331 813
New Business Margin	0,27	0,26	0,25
SCR	288 485	288 629	288 774
Indice de rentabilité attendu	1,63	1,52	1,40
Payback Period	7,09	9,13	11,20

TABLE 4.10 – Sensibilité de la rentabilité aux frais

La dérive des frais est un risque très important pour l'assureur. Elle viendrait impacter directement la rentabilité et ce de manière assez conséquente. Ces frais peuvent être liés à des facteurs internes ou externes à l'assureur. Ainsi, un suivi des frais peut être mis en place afin de surveiller leur évolution. Dans la mesure où le PERIN est un produit très proche du PERP dans sa nature, l'assureur peut déjà être en possession d'informations pertinentes concernant leur niveau et leur évolution.

4.3.4 Sensibilité au volume de souscription

Les analyses précédentes ont été effectuées pour un volume de souscription fixé à 100 assurés. Ce volume n'est pas représentatif de la réalité dans la mesure où le portefeuille historique comptait en moyenne 500 souscriptions par an. Ce volume avait été choisi afin de faciliter les calculs pour les analyses réalisées ci-dessus.

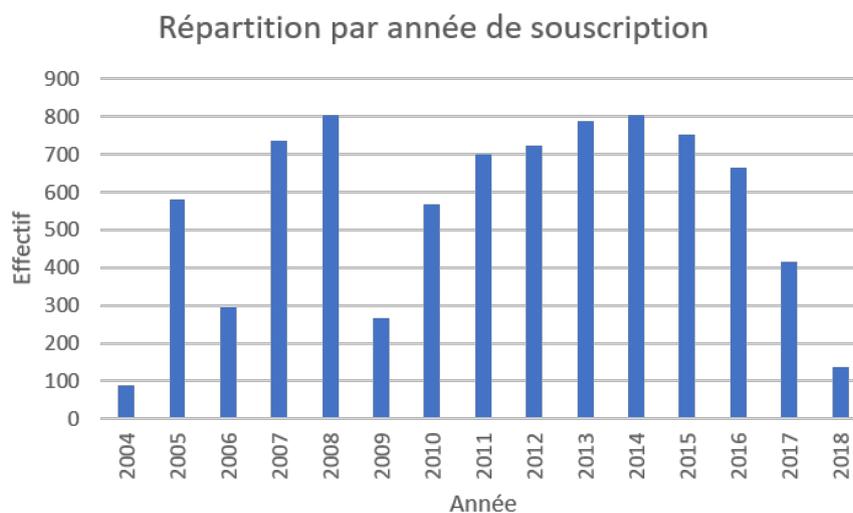


FIGURE 4.7 – Historique des souscriptions par année civile

Dans cette partie, l'analyse se concentrera sur l'impact de la variation du volume de souscription. Il est à noter que les portefeuilles de petite taille sont inclus dans les portefeuilles de plus grande taille afin de rester sur un périmètre de comparaison identique.

<i>Volume de souscription</i>	100	250	500	750
New Business Value	759 929	1 775 171	3 394 087	4 837 153
Primes versées	2 787 368	7 061 182	14 271 372	20 693 062
Encours moyen	1 331 813	3 484 122	7 059 695	10 389 633
New Business Margin	0,27	0,25	0,24	0,23
SCR	288 485	757 641	1 544 033	2 300 017
Indice de rentabilité attendu	1,63	1,34	1,20	1,10
Payback Period	7,09	7,00	7,07	8,78

FIGURE 4.8 – Sensibilité de la rentabilité au volume de souscription

La hausse du volume entraîne une augmentation de la *New Business Value* et du montant de primes versées. Leur variation est similaire, ce qui permet à la *New Business Margin* de légèrement varier. De plus, avec la hausse du volume, sa valeur tend vers la valeur de la *New Business Margin* observée sur le portefeuille existant qui s'élève à 0,23.

Le niveau de SCR augmente presque de façon linéaire avec le volume de primes versées. Cela viendra donc impacter l'indice de rentabilité à la baisse car la variation de la *New Business*

Value est moindre.

4.3.5 Sensibilités conjointes

L'analyse des sensibilité vue ci-dessus porte à chaque point sur la variation d'une hypothèse à la fois. Comme il a été vu dans pour certains points, certains changements d'hypothèses peuvent avoir un impact sur d'autres hypothèses. L'objectif de cette partie n'est pas détailler tous les changements possibles mais d'étudier l'impact du changement apporté par une hypothèse sur une seconde.

4.3.5.1 Sensibilité à la hausse des taux sur les marchés financiers

Au moment de l'écriture de ce mémoire, les marchés financiers connaissent un univers de taux bas. Les acteurs s'attendent à une hausse des taux et donc des rendements financiers. D'un autre côté, cette hausse serait accompagnée d'une hausse de l'inflation qui se manifesterait par une hausse des frais. Ainsi, il est intéressant de voir l'effet de ces deux hausses sur les indicateurs de rentabilité.

	Central	Rendement	Frais	Conjoint
New Business Value	759 929	957 019	802 766	1 024 839
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 331 813	1 617 877	1 455 708	1 751 537
New Business Margin	0,27	0,34	0,29	0,37
SCR	288 485	393 619	318 005	444 193
Indice de rentabilité attendu	1,63	1,43	1,52	1,31
Payback Period	7,09	7,89	8,97	7,77

FIGURE 4.9 – Sensibilité conjointe à la hausse des rendements et de l'inflation

Dans ce scénario, il a été retenu une hausse des taux de rendements de 3% ainsi qu'un taux d'inflation à 3% aussi.

La hausse de l'inflation entraîne une hausse de la rentabilité de l'assureur du fait d'un meilleur rendement financier malgré une hausse des charges liées aux frais. En cumulant les deux scénarios, la *New Business Margin* connaît bien une hausse car le montant de primes reste constant.

Toutefois, la hausse de l'inflation vient impacter le SCR à la hausse, notamment au niveau du SCR Frais. La hausse des rendements financiers entraîne aussi une augmentation du SCR de

son côté du fait de la hausse des encours des assurés et donc du risque technique au niveau des sous-modules de longévité et de rachat. Le cumul des deux scénarios vient donc augmenter le SCR. Sa variation étant plus importante que celle de la *New Business Value*, l'indice de rentabilité attendu diminue par rapport au scénario central.

La hausse des taux est ainsi bénéfique pour l'assureur d'après la *New Business Margin*. Toutefois, comme les encours assurés sont plus élevés, le risque technique augmente et vient faire baisser l'indicateur de rentabilité attendu.

4.3.5.2 Sensibilité au discrétionnaire et aux rachats

Le discrétionnaire financier est fixé au choix par l'assureur. En effet, le PER étant un contrat d'assurance vie à capital variable, aucune disposition réglementaire de PB existe. Cependant, il a été vu précédemment qu'il est dans l'intérêt de l'assureur de mettre en place un discrétionnaire élevé afin de montrer un meilleur de taux de rendement des contrats.

Dans ce cas de figure, il sera possible d'augmenter la satisfaction des assurés vis-à-vis des rendements servis et ainsi faire diminuer les transferts sortants de contrats. Ce scénario couple ainsi un discrétionnaire fixé à 100% et une baisse des taux de rachats de 0,2%.

	Central	PB: 100%	Rachat -0,2%	Conjoint
New Business Value	759 929	824 892	781 697	848 581
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 331 813	1 351 915	1 370 469	1 391 087
New Business Margin	0,27	0,30	0,28	0,30
SCR	288 485	293 246	282 869	287 889
Indice de rentabilité attendu	1,63	1,81	1,76	1,95
Payback Period	7,09	7,07	7,14	7,13

FIGURE 4.10 – Sensibilité conjointe à la hausse du discrétionnaire et une baisse des rachats

Comme il a été vu lors de l'analyse individuel de la sensibilité par rapport au discrétionnaire et aux rachats, la *New Business Value* augmente bien et va encore plus augmenter sur le scénario conjoint. Du fait que le niveau de primes versées n'ait pas évolué, la *New Business Margin* augmente.

Le niveau du SCR reste stable et est le résultat de deux effets opposés :

- Une augmentation due au discrétionnaire via un niveau d'encours géré plus élevé ;

— Une baisse liée à la baisse des rachats et donc une moindre exposition à ce risque.

Ainsi, avec la hausse de la *New Business Value*, l'indice de rentabilité attendu augmente sur le scénario conjoint par rapport au scénario central.

De meilleurs rendements de l'épargne des assurés pouvant limiter les transferts sortants est ainsi bénéfique pour l'assureur. Cela lui permettra de conserver la gestion des contrats qui lui est bénéfique et de plus de diminuer le risque de rachat auquel il s'expose. Une distribution maximale de la PB est ainsi préconisée.

4.3.5.3 Sensibilité aux frais et aux rachats

Les frais de gestion sur encours peuvent constituer une part non négligeable du résultat de l'assureur. Ils sont définis de manière contractuelle et ainsi l'assureur devra s'assurer de leur bon calibrage.

Ces frais de gestion sur encours viennent impacter directement les taux de revalorisation de l'épargne des assurés chaque année. Un taux plus faible permettrait d'avoir un meilleur niveau de satisfaction des assurés par rapport aux taux de rendement servis et pourrait faire baisser les taux de rachats liés aux transferts sortants. A l'inverse, un taux de frais plus élevé pourrait entraîner plus de départs.

L'analyse de cette sensibilité conjointe sera réalisée pour ces deux cas de figure.

Scénario à la baisse	Central	Frais	Rachats	Conjoint
New Business Value	759 929	667 427	781 697	687 710
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 331 813	1 416 725	1 370 469	1 459 224
New Business Margin	0,27	0,24	0,28	0,25
SCR	288 485	308 335	282 869	301 840
Indice de rentabilité attendu	1,63	1,16	1,76	1,28
Payback Period	7,09	10,16	7,14	10,25

FIGURE 4.11 – Sensibilité conjointe à la baisse des frais de gestion sur encours et des rachats

Dans le cas où les frais sont revus à la baisse, cela permettrait potentiellement de réduire les rachats. Il a été défini une baisse du taux de frais de gestion sur encours de 0,5% avec un impact de -0,2% sur les taux de rachat.

Ces changements d'hypothèses entraînent une baisse de la *New Business Value* du fait des

chargements plus faibles. L'encours moyen du portefeuille étant plus élevé, cela entraîne de plus une hausse du SCR et accentue ainsi la baisse de l'indice de rentabilité attendu.

<i>Scénario à la hausse</i>	Central	Frais	Rachats	Conjoint
New Business Value	759 929	843 160	738 863	820 922
Primes versées	2 787 368	2 787 368	2 787 368	2 787 368
Encours moyen	1 331 813	1 279 622	1 319 940	1 245 402
New Business Margin	0,27	0,30	0,27	0,29
SCR	288 485	271 221	297 042	281 419
Indice de rentabilité attendu	1,63	2,11	1,49	1,92
Payback Period	7,09	6,47	7,03	6,43

FIGURE 4.12 – Sensibilité conjointe à la hausse des frais de gestion sur encours et des rachats

A l'inverse du scénario ci-dessus, ce scénario prévoit une augmentation du taux de frais de gestion sur encours de 0,5% et ainsi une hausse des taux de rachat de 0,2%.

Les résultats sont ainsi meilleurs car l'assureur prélève plus de chargements. De plus, cela a pour conséquence direct de faire diminuer les encours assurés et vient donc accentuer la hausse de l'indice de rentabilité attendu.

Le calibrage des frais de gestion sur encours est ainsi un point critique lors du lancement de produit car il est défini de manière contractuelle. De plus, ce chargement vient directement impacter les taux de réévaluation annuel de l'encours des assurés. L'assureur devra donc bien le calibrer sachant que cela peut impacter les transferts sortants.

Conclusion

Dans le contexte actuel de taux bas, les assureurs font face à une problématique double : ils doivent non seulement servir des taux de rendement ayant un niveau satisfaisants pour les assurés mais aussi y trouver partie pour pouvoir se rémunérer.

Le PERIN possède plusieurs publics cibles : d'une part les actuels détenteurs d'un contrat PERP et d'autre part ceux qui n'en possèdent pas un. L'étude de la rentabilité se divise alors en 2 parties : une analyse du portefeuille actuelle et la projection d'un nouveau portefeuille.

Une analyse du portefeuille actuel va permettre à l'assureur de se positionner sur la stratégie à adopter vis-à-vis de l'option qui est proposée à l'assuré de transférer son contrat PERP actuel vers un PER. Il offre aussi plus de libertés aux assureurs sur le choix des supports d'investissement. Les résultats démontrent une perte en rentabilité pour l'assureur en cas de transfert. Ce résultat est l'impact de deux effets : une hausse des rachats et une perte de la gestion des rentes.

Avec le PERIN, il est désormais possible pour l'assuré de racheter son contrat lors de la phase de constitution en cas d'acquisition d'une nouvelle résidence principale. Cette nouvelle option de rachat augmente ainsi le risque de rachat auquel l'assureur fait face. Le PERIN offre aussi la possibilité de sortie en capital en intégralité sans conditions, alors qu'elle était limitée à hauteur de 20% pour un contrat PERP. Dans le cas de l'exercice de cette seconde liberté donnée à l'épargne de l'assuré, le résultat technique de l'assureur lié à la gestion des rentes est donc nul.

La seconde analyse permettra à l'assureur de se positionner vis-à-vis du produit en lui-même. Afin de mener à bien la construction de la stratégie de développement du produit, l'assureur devra considérer aussi tous les profils d'assurés qu'il pourra retrouver dans son portefeuille de nouvelles affaires.

Cette seconde étude est accompagnée par une analyse de la sensibilité de la rentabilité. En effet, des hypothèses ont dues être réalisées afin de pouvoir projeter correctement le portefeuille. L'analyse de la sensibilité de la rentabilité vis-à-vis de ces hypothèses doit permettre de mettre en avant pour l'assureur les scénarios qu'il peut tolérer ou non afin de pouvoir ca-

librer correctement les chargements de son produit pour qu'il puisse atteindre les objectifs de rentabilité qu'il se fixe.

Ces paramètres devront être surveillés lors de la commercialisation, mais aussi tout au long de la vie du produit, pour pouvoir observer les écarts d'hypothèses et réévaluer le niveau de rentabilité si nécessaire.

Du point de vue de l'assureur, ce produit représente une opportunité de nouveauté. Du point de vue de l'assuré, ce produit se met directement en concurrence face à l'assurance vie épargne. Il serait intéressant d'étudier l'intérêt de se tourner vers un PER plutôt qu'une assurance vie épargne. Est-ce que l'avantage fiscal pourrait être plus intéressant qu'une possibilité d'effectuer des rachats à tout moment ?

Annexe A

Les produits remplacés par le PER

Cette annexe présentera de manière plus détaillée les produits qui seront remplacés par le PER, à savoir :

- le PERP ;
- le Contrat Madelin ;
- le PERCO ;
- l'Article 83 [du Code Général des Impôts].

La présentation détaillée du PERP a été réalisée dans la partie 1 de ce mémoire. Cette annexe se focalisera ainsi sur les trois produits restants.

A.1 Le contrat Madelin

Le contrat Madelin a été créé en 1994 par la Loi dite « Madelin » relative à l'initiative et à l'entreprise individuelle. Il s'agit d'un produit de retraite à cotisations définies et il fonctionne par capitalisation.

A.1.1 Caractéristiques

Public concerné

Ce produit est à destination des TNS de domaines non-agricoles.

Versements

Un montant minimal de versement annuel est fixé à la souscription. Une fois les versements commencés, ils ne peuvent plus être interrompus sous peine de perdre les avantages fiscaux initiaux.

Gestion

L'épargne d'un contrat Madelin peut être investi sur des fonds euros ou des supports boursiers.

Débloccage anticipé

L'épargne versée est bloquée jusqu'au moment du départ à la retraite. Cependant, il est possible de récupérer son épargne de façon anticipée dans les cas suivants :

- invalidité de 2^e ou 3^e catégorie ;
- décès de l'époux ou du partenaire de Pacs ;
- expiration des droits aux allocations chômage ;
- surendettement ;
- cessation d'activité non salariée à la suite d'un jugement de liquidation judiciaire ;

Sortie

La sortie pour un contrat Madelin se fait uniquement en rente.

Décès

En cas de décès avant la retraite, une rente de réversion sera reversée aux bénéficiaires choisis par l'adhérent. S'il s'agit d'un enfant mineur, il percevra une rente éducation jusqu'à ses 25 ans.

Fiscalité

Les versements sur un contrat Madelin sont déductibles du bénéfice imposable dans la limite d'un plafond qui est égal à la somme des deux montants suivants :

- 10% des bénéfices imposables. L'assiette retenue ne doit pas dépasser 8 fois le PASS de l'année de versement.
- 15% sur la partie des bénéfices imposables compris entre 1 et 8 fois le PASS.

A.1.2 Avantages

Le contrat Madelin permet aux TNS non-agricoles de se constituer une épargne pour la retraite tout en déduisant les sommes placées du bénéfice imposable.

A.1.3 Inconvénients

Le contrat Madelin requiert des versements réguliers tout au long de la phase de constitution. De plus, l'épargne est indisponible jusqu'au départ à la retraite et la sortie ne peut être faite que sous forme de rente.

A.2 Le PERCO

Le PERCO a été introduit avec la Loi Fillon du 21 août 2003. Il s'agit de la version collective du PERP : une adhésion au PERCO est réalisée par décision de l'employeur ou suite à une négociation collective.

A.2.1 Caractéristiques

Public concerné

Le PERCO est à destination de tous les employés d'une entreprise si cet dernière le propose. L'adhésion est facultative. Toutefois, elle peut aussi se faire par défaut à l'arrivée dans l'entreprise ou à l'issue d'un délai si une condition d'ancienneté est présente. L'employé dispose de 15 jours pour faire connaître son refus d'adhésion.

Versements

Les versements sur le PERCO peuvent être réalisés par l'employeur et l'employé.

L'employé peut verser les sommes en provenance :

- du plan de participation ;
- du plan d'intéressement ;
- de Plan D'Épargne Entreprise (PEE) ;
- d'un Compte Épargne Temps (CET) ;
- d'un versement direct.

Concernant l'employeur, il peut réaliser des financements par abondement, c'est-à-dire en complément du versement du salarié, ou des versements périodiques même si le salarié ne réalise aucun versement.

Gestion

Les sommes placées sur un PERCO peuvent être investies dans des fonds euros ou des supports boursiers.

Déblocage anticipé

Les conditions de déblocage anticipé sont identiques à celles du PERP auxquelles s'ajoute l'achat de la résidence principale.

Sortie

La sortie d'un PERCO peut être réalisé sous forme de rente viagère ou sous forme de capital. Le capital peut être perçu en une ou plusieurs fois.

Décès

En cas de décès de l'adhérent lors de sa vie active, ses héritiers peuvent récupérer le capital.

Fiscalité

Les sommes versées par l'entreprise sur le PERCO sont exonérées d'impôt sur le revenu dans les limites suivantes :

- 16% du PASS pour l'abondement ;
- 75% du PASS pour l'intéressement.

Pour une sortie en rente viagère, les sommes sont soumises à l'impôt sur le revenu et aux contributions sociales.

Pour une sortie en capital, seuls les gains sont soumis aux contributions sociales.

A.2.2 Avantages

Le PERCO permet une sortie en capital et le déblocage anticipé pour l'achat d'une résidence principale.

A.2.3 Inconvénients

L'épargne du PERCO est bloquée jusqu'à la retraite.

A.3 L'article 83

L'article 83 est un type de contrat bénéficiant d'incitations fiscales créé par le législateur dans le but d'encourager la création de dispositifs de retraite supplémentaire dans les entreprises. Ce contrat porte le nom du numéro d'article du Code général des impôts qui lui correspond.

A.3.1 Caractéristiques**Public concerné**

L'article 83 est à destination des entreprises. L'employeur a le choix dans la mise en place de dispositif et aussi des catégories de salariés qui peuvent en profiter.

Versements

Les versements sont effectués par l'employeur et le montant est fixé à l'avance. Il peut s'agir d'un pourcentage fixe du salaire. De plus, selon les accords, les cotisations peuvent aussi comprendre une part salariale. Depuis la réforme des retraites en 2010, il est désormais possible pour l'employé d'effectuer des versements volontaires.

Gestion

L'épargne peut être investie dans des supports euros ou boursiers.

Débloqué anticipé

Les conditions de débloqué anticipé sont identiques à celles du PERP.

Sortie

La sortie se fait uniquement sous forme de rente viagère.

Décès

En cas de décès de l'employé avant sa retraite, l'épargne est reversée à ses bénéficiaires sous forme de capital ou de rente.

Fiscalité

Les versements effectués par l'employeur sont exonérées d'impôt sur le revenu dans la limite de 8% du salaire brut de l'employé. L'assiette de salaire brut pris en compte dans le calcul du plafond doit être inférieure à huit fois le PASS.

A.3.2 Avantages

Les versements effectués par l'employeur sont exonérés d'impôt sur le revenu.

A.3.3 Inconvénients

L'Article 83 bloque les sommes versées jusqu'à la retraite et la sortie ne peut se faire uniquement par rente.

Annexe B

Calcul du résultat

Afin de pouvoir mesurer toute rentabilité, le compte de résultat du produit doit être projeté. Il présente l'ensemble des produits et des charges de l'assureur sur une période donnée.

B.1 Calcul du résultat

En comptabilité, le résultat est défini comme la différence constatée entre tous les produits et toutes les charges observées sur une période de temps donnée. Les produits et les charges sont catégorisés en fonction de leur nature :

- les mouvements sur les opérations financières ;
- les mouvements liés aux frais assuré et assureur ;
- et les mouvements liés aux versements et prestations.

Les mouvements sur les opérations financières contiennent les frais de gestion des actifs et les rendements financiers et la commission reversée à l'assureur.

Les rendements financiers sont distingués selon qu'ils proviennent des fonds euros ou non. S'ils sont issus de sommes placées en fonds euros alors les rendements produiront un produit financier pour l'assureur. A l'inverse, cela signifie qu'il s'agit de rendement financier pour des sommes investies dans des UC ou en gestion à horizon. Dans ce cas, ils seront directement comptabilisés dans l'épargne de l'assuré. En effet, l'assureur ne s'engage que sur le montant d'unités de compte et non sur leur valeur et pour la gestion à horizon, leur fonctionnement peut être assimilé au fonctionnement des unités de compte.

Le calcul du rendement pour les fonds euros ne prend en compte uniquement les actifs cantonnés au fonds euros du produit, c'est-à-dire les actifs dans lesquels l'assureur aura investi pour ce fond euros. Sa performance est ainsi dissociée de tout autre investissement que l'assureur aurait pu effectuer.

La revalorisation des fonds euros est réalisée via une distribution discrétionnaire grâce à la participation aux bénéfices. Concernant les UC, elles suivent l'évolution de la valeur des UC.

La commission est une somme versée à l'assureur par le gestionnaire d'actifs pour l'apport de nouvelles affaires qui est fait. En effet, une partie de sa rémunération porte sur les rendements qu'il a effectué et ses derniers dépendent du montant des sommes qu'il place. La commission peut être assimilée à une forme de gratification.

La rémunération du gestionnaire est distinguée des rendements qu'il réalise. Cette rémunération constitue des frais de gestion d'actifs. Les frais de gestion d'actifs sont à distinguer des frais de gestion et d'acquisition dans la mesure où ils sont directement prélevés des rendements avant qu'ils soient servis à l'assuré et ne constituent pas une charge pour l'assureur. Pour compenser les charges liées à ces deux postes, les chargements sur encours viendront constituer un produit.

A partir de ces éléments, les montants suivants sont calculés : l'ajustement ACAV et la revalorisation des PM avant prestations.

L'ajustement ACAV est l'ajustement pris en compte dans le cadre d'une assurance-vie pour comptabiliser les plus ou moins-values latentes. Sa valeur est déterminée de la manière suivante :

$$\text{Ajustement ACAV} = \text{Rendement brut financier} - \text{Frais de gestion des actifs}$$

Le montant de revalorisation des PM avant la prise en compte des prestations est ensuite déterminé grâce à l'ajustement ACAV et le montant de chargements sur encours :

$$PM_{\text{avant prestations}} = PM_{\text{début}} + \text{Ajustement ACAV} - \text{Chargements sur encours}$$

La revalorisation des PM est ainsi la différence entre l'ajustement ACAV et les chargements sur encours.

La Provision Mathématique finale est obtenue en prenant en compte les prestations et les nouveaux versements. Au niveau des prestations, une distinction est faite entre les sommes versées en cas de rachat ou de décès, et le capital reversé à la sortie et les rentes. Les versements peuvent faire l'objet de chargements sur versements. En cas de transfert du PERIN ouvert il y a moins de 5 ans, le transfert peut aussi être soumis à des frais de transfert.

$$PM_{\text{fin}} = PM_{\text{avant prestations}} - \text{Prestations versées} + \text{Nouvelles primes} \\ - \text{Chargements sur versement}$$

Avec ces éléments, le résultat technique est obtenu de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{Résultat technique} &= \text{Primes} + \text{Produits financiers} - \text{Sinistres} \\ &+ \text{Chargements} - \text{Frais} - \text{Variation PM} \end{aligned}$$

Où :

- les primes correspondent aux nouveaux versements déduits des chargements sur verse-
ment ;
- les produits financiers sont égaux aux revalorisations des PM ;
- les sinistres sont les prestations versées ;
- les chargements sont les chargements sur encours et sur transfert ;
- les frais correspondent aux frais de gestion et d'acquisition ;
- enfin, la variation des PM est la différence de la valorisation de PM entre le début et la
fin de l'année.

Le PERIN étant un produit d'épargne, le montant du résultat technique devrait être égal au montant de chargements auxquels sont déduits les frais. En effet, les autres postes du compte de résultat cités ci-dessus viennent contribuer à la variation de PM et sont annulés par celle-ci.

Un second type de résultat vient compléter le résultat technique, il s'agit du résultat financier. Ce résultat est composé en produit des rendements financiers que perçoit l'assureur au titre des placements qu'il effectue. Pour un PERIN, il s'agit uniquement des sommes issues de fonds euros. Les charges de ce compte de résultat sont uniquement les frais de gestion d'actifs. Ainsi, le résultat est obtenu grâce à la relation suivante :

$$\text{Résultat financier} = \text{Produits financiers} - \text{Charges financières}$$

B.2 L'imposition

L'impôt est un prélèvement effectué à profit de l'Etat sur les ressources des personnes physiques et morales afin de pallier au dépenses publiques, c'est-à-dire les dépenses qu'il réalise. L'imposition d'un assureur, qui est une personne morale d'un point de vue juridique, est effectuée par l'impôt sur les sociétés.

L'assiette sur laquelle l'impôt est calculé est le résultat après application de la participation aux bénéfices. Le montant d'impôts à verser est déterminé en appliquant un taux d'imposition à cette assiette.

Dans le cadre de la loi de finances pour 2017, le gouvernement avait adopté une baisse progressive du taux d'imposition : allant de 33,33% en 2017 à 28% en 2020 pour le taux normal. Ce taux a été abaissé une nouvelle fois avec la loi des finances pour 2018. Elle prévoit une nouvelle baisse progressive jusqu'à 25% en 2022. L'évolution du taux d'imposition est détaillée dans le tableau ci-dessous :

Année	Entreprises avec un CA < 250 millions d'euros	Entreprises avec un CA > ou = à 250 millions d'euros
2020	28%	28% jusqu'à 500 000€ de bénéfices Puis 31% au-delà
2021	26,5%	27,5%
2022	25%	25%

Source: *economie.gouv.fr*

TABLE B.1 – Taux d'imposition sur les sociétés

Il est possible de bénéficier d'un taux réduit de 15% sur la tranche des bénéfices inférieurs à 38 120€ si les deux conditions suivantes sont remplies :

- le chiffre d'affaires hors taxe est inférieur à 7,63 millions €;
- le capital a été entièrement reversé et est détenu à au moins 75% par des personnes physiques (ou par une société appliquant ce critère).

Au-delà de ce seuil sur le bénéfice, le taux normal s'applique.

En cas de déficit, le montant d'impôt est nul. De plus, un report de ce déficit est réalisé automatiquement sur les prochains exercices. Le montant du déficit sera déduit du bénéfice réalisé, et ce jusqu'à épuisement de ce déficit. Il est aussi possible pour la société de demander le report en arrière de son déficit et ainsi obtenir un crédit d'impôt.

Annexe C

Démonstrations

C.1 Formule du montant annuel versé pour la sortie en capital fractionné

Soient :

- n le nombre d'années de fractionnement choisi par l'assuré ;
- $\forall t \in \llbracket 0, n \rrbracket$ PM_t le montant de la provision mathématique en t ;
- K le montant de capital accumulé au moment de la liquidation ;
- FEG le taux de frais de gestion sur encours et x le montant du capital versé chaque année à l'assuré.

La variation de la provision au cours d'une année dépend des frais de gestion sur encours ainsi que du montant de capital versé. Ainsi, on a que :

$$PM_{t+1} = PM_t \times (1 - FEG) - x$$

Montrons par récurrence que $\forall t \in \llbracket 1, n \rrbracket, PM_t = PM_0 \times (1 - FEG)^t - x \times \sum_{k=0}^{t-1} (1 - FEG)^k$

Cela est vrai pour $t = 1$. En effet, on a :

$$\begin{aligned} PM_0 \times (1 - FEG) - x \times \sum_{k=0}^0 (1 - FEG)^k \\ = PM_0 \times (1 - FEG) - x = PM_1 \end{aligned}$$

Supposons que la relation est pour t fixé quelconque et montrons à présent qu'elle est vérifiée pour $t + 1$.

D'après l'hypothèse de récurrence, on a que :

$$PM_{t+1} = PM_t \times (1 - FEG) - x$$

Comme la relation est vérifiée pour t fixé, on a donc :

$$\begin{aligned} PM_{t+1} &= [PM_0 \times (1 - FEG)^t - x \times \sum_{k=0}^{t-1} (1 - FEG)^k] \times (1 - FEG) - x \\ &= PM_0 \times (1 - FEG)^{t+1} - x \times \sum_{k=0}^{t-1} (1 - FEG)^{k+1} - x \\ &= PM_0 \times (1 - FEG)^{t+1} - x \times \sum_{k=1}^t (1 - FEG)^k - x \\ &= PM_0 \times (1 - FEG)^{t+1} - x \times \sum_{k=0}^t (1 - FEG)^k \end{aligned}$$

Ainsi on a démontré par récurrence que :

$$\forall t \in \llbracket 1, n \rrbracket, PM_t = PM_0 \times (1 - FEG)^t - x \times \sum_{k=0}^{t-1} (1 - FEG)^k$$

A la date n , la provision mathématique est nulle car l'intégralité du capital a été reversé à l'assuré. De plus, la provision mathématique à la date 0 correspond au montant de capital accumulé K . On a donc :

$$\begin{aligned}
 PM_n &= K \times (1 - FEG)^n - x \times \sum_{k=0}^{n-1} (1 - FEG)^k = 0 \\
 \implies K \times (1 - FEG)^n - x \times \frac{1 - (1 - FEG)^n}{1 - (1 - FEG)} &= 0 \\
 \implies K \times (1 - FEG)^n - x \times \frac{1 - (1 - FEG)^n}{FEG} &= 0 \\
 \implies K \times (1 - FEG)^n &= x \times \frac{1 - (1 - FEG)^n}{FEG} \\
 \implies K \times (1 - FEG)^n &= x \times \frac{1 - (1 - FEG)^n}{FEG} \\
 \implies x &= \frac{K \times (1 - FEG)^n \times FEG}{1 - (1 - FEG)^n}
 \end{aligned}$$

■

C.2 Approche du prix d'une obligation par la duration

Soient :

- B le prix de l'obligation ;
- C le coupon de l'obligation ;
- N la valeur nominale de l'obligation ;
- r le taux nominal de l'obligation ;
- T la maturité de l'obligation.

On a la relation suivante qui permet de déterminer le prix d'une obligation :

$$B = \sum_{k=1}^T \frac{C}{(1+r)^k} + \frac{N}{(1+r)^T}$$

La duration est la durée moyenne à courir de versements des flux pondérée par la valeur actuelle du flux à la date de calcul. Elle est définie de la manière suivante :

$$D = \frac{\sum_{k=1}^T \frac{k \times C}{(1+r)^k} - \frac{T \times N}{(1+r)^T}}{\sum_{k=1}^T \frac{C}{(1+r)^k} + \frac{N}{(1+r)^T}}$$

On peut remarquer que le prix de l'obligation est une fonction continue et dérivable du taux nominal de l'obligation car il s'agit d'une combinaison linéaire de fonctions continues et dérivables du taux nominal. Ainsi, on a donc que :

$$\begin{aligned}\frac{dB}{dr} &= -\sum_{k=1}^T \frac{k \times C}{(1+r)^{k+1}} - \frac{T \times N}{(1+r)^{T+1}} \\ &= -\frac{D}{1+r} \times B\end{aligned}$$

On en déduit donc que :

$$\Delta B = -\frac{D}{1+r} \times B \times \Delta r$$

Pour $|\Delta r|$ suffisamment petit.

■

Annexe D

Le Solvency Capital Requirement

D.1 La notion de solvabilité

Un organisme d'assurance est caractérisé par son cycle de production inversé. Dans les industries traditionnelles, l'entreprise connaît le coût de production d'un bien ou d'un service qu'il souhaite vendre puis fixe le prix de vente en conséquence. En assurance, en raison du caractère incertain et aléatoire d'un sinistre, l'organisme ne connaît pas à l'avance le montant de la prestation et le souscripteur paie une prime avant la survenance du sinistre.

Dès lors, l'organisme d'assurance est engagé auprès de l'assuré et doit faire face à ses engagements. Pour cela, il doit posséder suffisamment de fonds mis de côté pour le paiement des sinistres : ce sont les provisions techniques.

Afin de respecter le principe de prudence en comptabilité, il était demandé aux organismes d'assurances de constituer des provisions en utilisant des hypothèses de calculs prudentes. De cette manière, les provisions étaient, en moyenne, supérieures au montant des règlements à venir.

La Directive Solvabilité 1 avait pour objectif de protéger les assurés en prémunissant des risques de faillite des organismes d'assurance. Elle leur demandait de plus de disposer suffisamment de capitaux pour couvrir l'Exigence de Marge de Solvabilité (EMS) :

- ces capitaux correspondent aux fonds propres, en prenant en compte les plus-values latentes et en retraitant de la richesse intangible ;
- l'EMS se calcule de manière différente selon que l'activité de l'organisme d'assurance. En non-vie, cela se fait à partir du montant de primes brut émis ou acquis et de la moyenne sur les 3 dernières années des montants de sinistres. En vie, cela se fait à partir des provisions techniques, du montant des contrats en unité de compte, des contrats en fonds euros et des capitaux sous risques.

Le ratio entre les capitaux propres et l'EMS est calculé pour obtenir le taux de couverture de l'EMS. Ce dernier doit être strictement supérieur à 1.

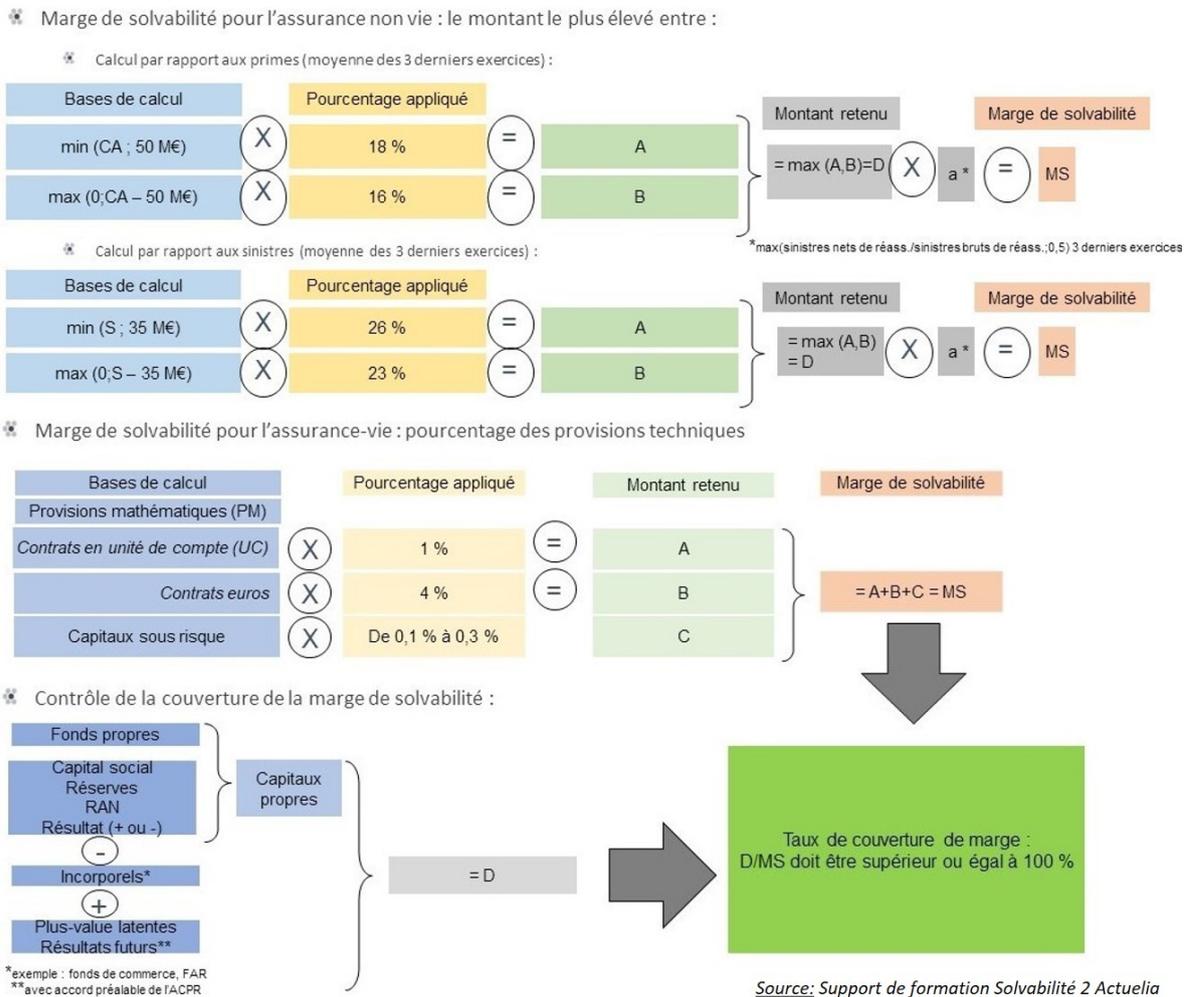


FIGURE D.1 – Schéma résumant la méthode de calcul des capitaux propres et de l'EMS

La méthode de calcul de l'EMS est ainsi simple et robuste : les paramètres utilisés sont facilement identifiables par tous les organismes d'assurances et sont communs à toutes les activités. De plus, ils n'ont subi aucune modification depuis leur introduction, permettant donc de comparer facilement les taux de couverture de l'EMS d'une année à l'autre. De ce fait, la méthodologie de Solvabilité 1 a fait ses preuves : très peu de faillites d'organismes d'assurance ont été constatées depuis sa mise en place.

Toutefois, la Directive Solvabilité 1 fut très critiquée, car présentant plusieurs inconvénients :

- au niveau des provisions, ces dernières étant calculées de manière prudente, cela entraîne

une exigence de fonds propres supérieure. Dans certains pays de l'Union européenne, un système complémentaire était requis pour le calcul de la marge de solvabilité.

- certains risques n'étaient pas pris en compte, notamment les risques financiers, c'est-à-dire le risque de perte de valeur des actifs financiers que possède l'organisme d'assurance. La réassurance non proportionnelle a un impact réduit sur la marge de solvabilité.
- solvabilité 1 n'avait que très peu d'exigences sur la gestion et le contrôle des risques.
- une divergence existait entre les différents pays membres de l'Union européenne, ce qui entraînait des problèmes de comparaison. Ces divergences se situaient au niveau des moyens accordés aux superviseurs nationaux et donc leurs actions n'étaient pas homogènes.

D.2 La vision Best Estimate

C'est sur ces bases que la Directive Solvabilité 2 a été construite. La notion de richesse a été revue et est désormais définie par les fonds propres économiques (NAV : *Net Asset Value*). Ils sont obtenus en réévaluant les actifs et les passifs du bilan comptable en vision économique.

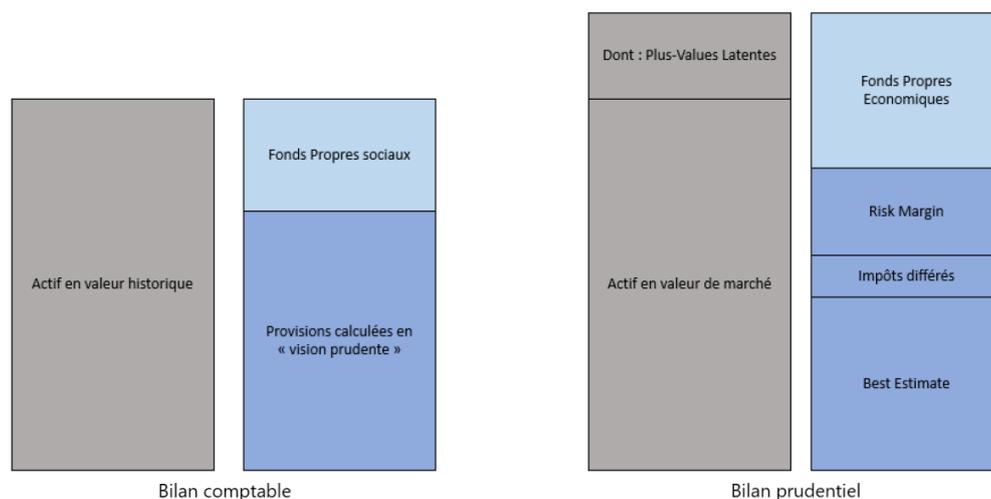


FIGURE D.2 – Différence entre bilan comptable et bilan économique

Ainsi, les fonds propres économiques sont calculés de la manière suivante :

$$NAV = \text{Actif économique} - \text{Passif économique}$$

De manière générale, pour obtenir l'actif économique, plusieurs réévaluations sont à effectuer, les plus significatives étant d'évaluer les investissements non plus en coût historique, mais en

valeur de marché et y soustraire le montant des actifs incorporels. Pour les projections réalisées dans le cadre de ce mémoire, le montant de l'actif économique sera supposé égal au montant des encours des PERIN souscrits, qui prennent en compte les plus values latentes.

Parmi les points les plus significatifs du passif économique, les provisions sont à réévaluer en vision Best Estimate, c'est-à-dire au plus proche du risque, et non plus en vision prudente. Il s'agit de l'engagement de l'assureur. Le BE de l'assureur est la somme des flux de trésorerie sortants à destination de ses assurés. Ces flux sont probabilisés et actualisés.

Pour un PERIN, la probabilisation des flux passe par des tables de mortalité. Les tables réglementaires suivantes ont été retenues selon la phase dans laquelle se trouve le contrat :

- la table TH00-02 pour la phase de constitution ;
- la table générationnelle TGF05 pour la phase de restitution.

La table de mortalité TH00-02 est une table qui est prudente pour le risque de mortalité. Ainsi, les individus de la cohorte de cette table décèdent plus rapidement que la population utilisée pour la construction de la table. Cela signifie ainsi que les taux de décès q_x sont majorés. Pour recoller avec les données observées, l'assureur peut effectuer un abattement sur cette table et donc de réduire les taux de mortalité de la table. Cet abattement est effectué de la manière suivante :

$$q_x^{\text{avec abattement}} = q_x \times (1 - \text{abattement})$$

Il faudra faire attention au fait que l'abattement peut poser problème sur les taux de mortalité sur les âges élevés. En effet, la justification de l'abattement se fait à partir d'observations réelles et cette donnée peut ne pas être disponible en quantité suffisante. Toutefois, comme cela ne concerne uniquement les âges élevés, c'est-à-dire au-delà de 80 ans, cela ne pose aucun problème dans les projections réalisées pour un PERIN car l'utilisation de cette table prend fin avec la fin de phase de constitution qui coïncide avec le départ à la retraite aux alentours de 70 ans.

A l'inverse de la table TH00-02, la table générationnelle TGF05 est une table de mortalité qui est prudente sur le risque de longévité. Ainsi, un coefficient de surmortalité au taux de mortalité peut être appliqué :

$$q_x^{\text{avec abattement}} = q_x \times (1 + \text{coefficient de surmortalité})$$

Il est à noter que la table générationnelle obtenue ne doit être utilisée uniquement sur le calcul de la provision en vision économique et non pour le calcul du montant de rente. Ce dernier a déjà été évalué avec la table réglementaire.

L'abattement et le coefficient de surmortalité retenus pour les projections sont de 40% et 50% respectivement.

En plus de la probabilisation, la valeur temporelle de l'argent doit être prise en compte. Cette étape de calcul n'est pas réalisée en vision comptable afin de constituer des provisions prudentes. L'actualisation doit être réalisée selon la courbe des taux sans risques fournie par l'EIOPA.

D.3 Calcul du SCR

L'agrégation des SCR Marché et Vie est réalisée à l'aide de la matrice de corrélation ci-dessous. Elle est présentée à l'Annexe IV, point 1 de la Directive 2009/138/CE (Solvabilité 2).

Matrice de corrélation BSCR	Vie	Santé	Marché	Contrepartie
Vie	100%	25%	25%	25%
Santé	25%	100%	25%	25%
Marché	25%	25%	100%	25%
Contrepartie	25%	25%	25%	100%

TABLE D.1 – Matrice de corrélation du BSCR

D.3.1 SCR Marché

Le SCR Marché correspond au SCR nécessaire pour faire face aux risques de marchés. Il rassemble les risques suivants :

- Taux ;
- Action ;
- Immobilier ;
- Spread ;
- Change ;
- Concentration.

Les sous-modules de ce SCR sont agrégés à l'aide de la matrice de corrélation suivante, provenant de l'article 164 du règlement délégué de la Directive Solvabilité 2.

Matrice de correlation Marché	Taux	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration
Taux	100%	0%	0%	0%	25%	0%
Action	0%	100%	75%	75%	25%	0%
Immobilier	0%	75%	100%	50%	25%	0%
Spread	0%	75%	50%	100%	25%	0%
Change	25%	25%	25%	25%	100%	0%
Concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%

TABLE D.2 – Matrice de corrélation du SCR Marché

Le risque de marché concerne les actifs détenus par l'assureur. Pour un PERIN, deux catégories d'actifs se distinguent :

- les actifs liés aux placements des contrats en gestion à horizon et les unités de compte ;
- les actifs liés aux placements en fonds euros.

La particularité pour les placements en gestion à horizon et en unités de compte est que le risque est porté par les assurés. En effet, en cas de la variation de la valeur de ces actifs, l'engagement de l'assureur évoluera exactement de la même manière. Ainsi, le niveau de fonds propres économiques de l'assureur reste intact. Ainsi, le SCR Marché ne sera calculé uniquement pour les placements liés aux fonds euros.

Pour le calcul du SCR Marché, il a été supposé que la répartition des actifs était la suivante :

- 90% en obligations ;
- 10% en actifs immobiliers ;
- 10% en actions cotées sur un marché de l'EEE.

SCR Taux

Le risque de taux correspond à une variation de la courbe des taux d'intérêt. Il est calculé en 2 étapes : dans un premier temps si une hausse de la courbe des taux est observée et dans un second temps si une baisse est observée. Le SCR Taux sera égal à l'impact le plus important sur les fonds propres économiques de l'assureur. Un impact du changement de la courbe des taux pourra être observé notamment sur la valorisation des obligations détenues par l'assureur.

Dans le cas d'un PERIN, les obligations sont notamment détenues dans le cadre des placements en fonds euros. Une variation à la hausse de la courbe des taux entraînerait une baisse de la valeur de marché des obligations et ainsi une baisse de l'actif de l'assureur. Étant donné que

les fonds propres économiques sont déterminés comme l'excédent d'actifs sur passifs et que ces derniers n'ont pas évolué, le niveau des fonds propres de l'assureur sera donc revu à la baisse. L'écart constaté avant et après le choc constitue le SCR Taux.

La variation de la valeur des obligations a été modélisée par l'approche de la durée. Dans un contexte de taux très bas, cette approximation donne une valeur de marché proche de la valeur qui serait obtenue par retarification de l'obligation. La durée des obligations en portefeuille est supposée fixée à deux ans.

De plus, cette approximation entraîne une sous-estimation de la valeur finale en cas de hausse de taux. Ainsi, l'écart de valorisation est dans le sens de la prudence.

En notant P le prix de l'obligation et ΔP la variation du prix et Δi la variation du taux d'intérêt, l'écart de la valorisation est obtenu de la manière suivante :

$$\Delta P = -\Delta i \times \text{duration} \times P$$

La démonstration de cette formule a été donnée en annexe de ce mémoire.

SCR Action

Le risque action résulte de la volatilité du cours des actions. Pour le calcul du SCR, une pénalité différente est appliquée selon que l'action est cotée ou non sur un marché de l'Espace économique Européen (EEE) ou de l'OCDE. Sa valeur est de 39% ou de 49% respectivement.

En théorie, l'ajustement symétrique (*dampener*) doit être appliqué à la pénalité avant le calcul du SCR. Toutefois, cet ajustement sert à prendre en compte l'aspect cyclique des valorisations boursières. Comme les projections sont effectuées sur un horizon de temps long, il n'est pas erroné d'omettre ce facteur.

Cette pénalité est appliquée à la valeur de marché des actions et constitue ainsi le montant du SCR Action pour chaque type d'actions. Le SCR Action est l'agrégat du SCR Action Type 1 (pour les actions cotées) et du SCR Action Type 2 (pour les actions non cotées). L'agrégation est effectuée grâce à la formule suivante :

$$\sqrt{SCR_{ActionType1}^2 + 2 \cdot 0.75 \cdot SCR_{ActionType1} \cdot SCR_{ActionType2} + SCR_{ActionType2}^2}$$

Dans les projections effectuées, le SCR Action ne concerne que la partie en action des fonds euros. Il a été supposé que cette partie n'est investie uniquement dans des actions de type 1 afin de limiter le risque et ainsi le montant du SCR Action. De plus, comme les actions de

type 2 ne sont pas présents dans le portefeuille, le SCR Action correspond au montant du SCR Action Type 1. Le cas échéant, il aurait été nécessaire de prendre en compte la corrélation entre ces deux types d'action.

SCR Immobilier

Le SCR immobilier est calculé comme la perte de la valeur de marché des actifs immobiliers. La perte de valeur a été calibrée à hauteur de 25% dans la formule standard.

SCR Spread

Le risque de spread correspond à l'évolution défavorable de la solvabilité d'un émetteur. Cela provoque ainsi une aggravation du spread, c'est-à-dire de l'écart de crédit par rapport à la courbe des taux sans risque. Le SCR Spread est calculé pour les actifs suivants :

- les obligations et les prêts ;
- les positions de titrisation ;
- et les dérivés de crédit.

La méthodologie de calcul prévoit l'application d'un facteur de stress à la valeur de marché de l'actif concerné pour les obligations et les positions de titrisation. Ce facteur de stress dépend de la durée du titre et de son échelon de qualité du crédit si disponible. Si ce dernier n'est pas disponible, un facteur de stress dépendant uniquement de la durée du titre est utilisé. Pour les dérivés de crédit, le SCR Spread correspond à la variation de la valeur du dérivé de crédit suite à la variation du spread sur le sous-jacent.

Comme il a été supposé qu'aucune position de titrisation et qu'aucun dérivé de crédit ne seraient présents en portefeuille, le SCR Spread total correspond au SCR Spread pour les obligations et les prêts. Pour ces derniers, il a été présumé que leur durée est égale à 2 ans (hypothèse formulée lors du calcul du SCR Taux) et que leur échelon de qualité de crédit est égal à 2. Cet échelon correspond à la note A selon l'échelle de l'agence de notation *Standard & Poor's*. Le tableau complet des correspondances entre les échelons de qualité de crédit et les notes attribuées par diverses agences de notations est donné sur le site de l'EIOPA.

Les informations sur le calcul du taux de stress sont indiquées à l'article 176 du règlement délégué de la réglementation Solvabilité 2.

SCR Change

Le risque de change fait référence à la sensibilité à la variation au taux de change. Ce risque est nul si la devise est l'euro. Le SCR Change s'élève à hauteur de 25% de la valeur des marchés de l'actif concerné pour la majorité des devises.

Les investissements sont supposés effectués intégralement en euros donc le SCR Change est nul.

SCR Concentration

Il ne faut pas mettre tous les œufs dans le même panier.

C'est à cet adage que fait référence le SCR Concentration. Ce SCR représente le risque supplémentaire porté par l'organisme du fait d'un manque de diversification dans son portefeuille d'actifs. Autrement dit, c'est le risque qu'une part importante du portefeuille d'actifs soit portée par un nombre restreint d'émetteurs de titres financiers.

Les concentrations du risque de marché présentent un risque supplémentaire pour l'assureur en raison de la volatilité supplémentaire présente dans le portefeuille liée au manque de diversification. Cela entraîne aussi un risque supplémentaire de perte de valeur partielle voire totale en raison de la défaillance d'un émetteur.

Au vu des indices retenus, il a été supposé que la gestion des actifs est très diversifiée et ainsi, aucun SCR Concentration n'est à constater dans les projections.

D.3.2 SCR Vie

Ce module reflète le risque de souscription en vie lié aux engagements d'assurance vie autres que les engagements d'assurance santé. Les risques élémentaires de ce module sont :

- la mortalité ;
- la longévité ;
- l'invalidité ;
- la dérive des frais ;
- le rachat ;
- la revalorisation ;
- et la catastrophe en vie.

L'agrégation des sous-modules de ce SCR est réalisé avec la matrice de corrélation donnée ci-dessous. Elle provient de l'article 136 du règlement délégué de la Directive Solvabilité 2.

Matrice de correlation Vie	Mortalité	Longévité	Morbidité	Frais	Révision	Rachat	Catastrophe
Mortalité	100%	-25%	25%	25%	0%	0%	25%
Longévité	-25%	100%	0%	25%	25%	25%	0%
Morbidité	25%	0%	100%	50%	0%	0%	25%
Frais	25%	25%	50%	100%	50%	50%	25%
Révision	0%	25%	0%	50%	100%	0%	0%
Rachat	0%	25%	0%	50%	0%	100%	25%
Catastrophe	25%	0%	25%	25%	0%	25%	100%

TABLE D.3 – Matrice de corrélation du SCR Vie

SCR Mortalité

Le risque de mortalité est le risque d'une hausse de l'engagement de l'assureur, et donc des provisions techniques, en cas de hausse de la mortalité. Pour le calcul de ce SCR, la formule standard prévoit que la hausse soit égale à 15%. Cette hausse est à appliquer sur les taux de mortalité utilisés pour le calcul des provisions techniques.

Le PERIN est un produit non sujet à ce risque. En effet, lors de la phase de constitution, l'engagement de l'assureur est égal au montant de l'épargne de l'assuré et ce montant n'évolue pas en cas de changement de la mortalité. Lors de la phase de restitution, la hausse de la mortalité entraînerait une diminution des provisions techniques car le nombre d'assurés auxquels des rentes doivent être versées va diminuer.

SCR Longévité

A l'inverse du risque de mortalité se trouve le risque de longévité. La méthodologie derrière le calcul de ce SCR est similaire, et seul la valeur du choc change : il passe de +15% à -20%.

Comme pour le risque de mortalité, le risque de longévité de l'assureur n'affecte pas les contrats en phase de constitution. Cependant, pour les contrats en phase de restitution, un impact est à prévoir étant donné que l'engagement de l'assureur est composé de rentes viagères. En augmentant la longévité des assurés, les rentes devront être servies de manière plus longue.

Pour le calcul de ce SCR, le choc est appliqué sur la table de mortalité générationnelle TGF05. Le changement des taux de mortalité entraînera un changement des coefficients de rente et donc du montant de provisions mathématiques. Le montant de SCR correspondra à la différence, si elle est positive, entre le montant de provisions après application du choc et le montant initial de provisions.

SCR Invalidité et Morbidité

Le SCR Invalidité et Morbidité fait référence à la hausse des taux d'invalidité de la population dans le portefeuille. Le PERIN n'est pas concerné par ce risque étant donné qu'il ne possède aucune garantie couvrant à ces risques.

SCR Frais

La commercialisation d'un contrat d'assurance vie comporte des frais pour l'assureur. Ces derniers sont fixés lors de la tarification du contrat qui est réalisée avant la souscription du contrat. Un contrat d'assurance vie porte sur la vie humaine et peut durer ainsi plusieurs années. L'assureur n'a aucune certitude que les coûts resteront fixes sur toute la vie du contrat. Ainsi, une dérive des frais peut survenir à tout moment.

Le SCR Frais représente ainsi la perte de fonds propres économiques liée aux changements suivants :

- une hausse de 10% du montant des dépenses prises en compte dans le calcul des provisions ;
- et une augmentation d'un point de pourcentage du taux d'inflation des dépenses utilisé pour le calcul des provisions techniques.

SCR Rachat

Le rachat est l'opération par laquelle le souscripteur prélève son épargne avant le terme du contrat. Dans le cadre d'un PERIN, il peut s'agir :

- du rachat anticipé du contrat ;
- ou du transfert du contrat et ainsi du départ de l'assuré chez un autre assureur.

Le SCR Rachat vient ainsi mesurer l'impact d'un changement dans les rachats sur les provisions techniques. 3 scénarii sont pris en compte :

- la hausse des taux de rachat de 50% ;
- la baisse des taux de rachats de 50% ;
- un rachat de masse à hauteur de 40% du portefeuille la première année.

Le SCR Rachat s'élèvera à hauteur de la perte de fonds propres économiques la plus importante des trois scénarii.

SCR Revalorisation

Aussi appelé SCR Révision, il fait référence au risque de changement de la réglementation ou de l'état de santé de la personne assurée. Ce risque entraînerait ainsi une hausse des rentes à

verser. Le PERIN n'est pas concerné par ce risque dans la mesure où si les tables réglementaires utilisées pour la tarification de la rente étaient amenées à changer, cela n'affecterait que les assurés en phase de constitution.

SCR Catastrophe

Ce scénario catastrophe concerne la mortalité. Il prévoit une hausse de 0,15 point de pourcentage des taux de mortalité pour les assurés. Pour les mêmes raisons que le SCR Mortalité, le PERIN n'est pas concerné par ce SCR. Ainsi, son montant est nul.

Annexe E

Détermination du nombre optimal de classes

Dans le cadre de la réalisation d'une classification à l'aide de méthodes de partitionnement direct, l'utilisateur est contraint de fournir un nombre de classes k avant l'exécution de l'algorithme. Afin d'obtenir le nombre optimal de classes, l'utilisateur dispose de plusieurs solutions, dont :

- le critère du coude ;
- la méthode des silhouettes ;
- la statistique du Gap.

Dans cette annexe, les deux dernières méthodes seront brièvement présentées, la première ayant été présentée dans la partie 3 de ce mémoire.

E.1 La méthode des silhouettes

La méthode des silhouettes emploie k silhouettes pour une partition en k classes. Pour chaque classe, une silhouette lui sera attribuée. La silhouette d'une classe va exprimer dans quelle mesure les individus de la classe sont correctement assignés. Le nombre optimal de classes k sera celle qui fournira les silhouettes de meilleure qualité.

La première étape consiste à calculer un score s_i pour chaque individu i d'une classe C . Ce score évalue à quel niveau l'individu est plus proche en moyenne des éléments de sa classe que des éléments de la classe voisine.

s_i est évalué de la façon suivante :

$$s_i = \frac{b_i - a_i}{\max(a_i, b_i)}$$

Où :

- a_i est la dissimilarité moyenne entre i et les individus de sa classe ;
- b_i est la diddimilarité moyenne entre i et les individus de la classe la plus proche.

s_i peut donc prendre les valeurs suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \approx 1 \text{ si } i \text{ est correctement classé} \\ \approx 0 \text{ si } i \text{ est à la frontière entre 2 classes} \\ < 0 \text{ si } i \text{ est mal classé} \end{array} \right.$$

La silhouette $S(C)$ d'une classe C est déterminée comme la moyenne des scores s_i :

$$S(C) = \frac{1}{\text{card}(C)} \sum_{i \in C} s_i$$

L'obtention du nombre optimal de classes k^* est effectuée de la manière suivante :

- l'algorithme de partitionnement direct est exécuté avec différentes valeur de k ;
- ensuite, pour chaque niveau de partition, la silhouette $S(C)$ d'une classe C et la silhouette moyenne S_k pour la partition sont calculés. La formule de la silhouette moyenne est donnée ci-dessous :

$$S_k = \frac{1}{k} \sum_C S(C)$$

- le nombre optimal de classes k^* est celui dont la silhouette moyenne est le plus élevé. Ainsi k^* vérifie l'équation suivante :

$$k^* = \underset{k}{\operatorname{argmax}} S_k$$

E.2 La statistique du Gap

La statistique du Gap recherche le nombre de classes k qui va s'éloigner le plus d'une situation aléatoire. Il s'agit de trouver l'écart maximal entre l'inertie intra observée et l'inertie intra associée à des données générées aléatoirement.

L'obtention du nombre optimal de classes k^* est effectuée de la manière suivante :

- l'algorithme de partitionnement direct est exécuté avec différentes valeur de k et pour chaque partition, on calcule $\log(W_k)$;
- grâce à la méthode du bootstrap, on génère B échantillons aléatoires avec l'hypothèse de distribution uniforme des données on applique l'algorithme de partitionnement à ces données.

- on calcule $W_k(b)$ qui est l'inertie intra de l'échantillon aléatoire b pour une partition en k classes et ensuite la valeur $\frac{1}{B} \sum_b \log(W_k(b))$;
- le nombre optimal de classes k^* est celui qui maximise la fonction suivante :

$$Gap(k) = \frac{1}{B} \sum_b \log(W_k(b)) - \log(W_k)$$

Dans la pratique, il faudra prendre en compte la variabilité des échantillons aléatoires bootstrap et donc le critère est différent. Ainsi, la plus valeur de k est celle qui vérifie la relation suivante :

$$Gap(k) - Gap(k + 1) \geq s_{k+1}$$

Où s_{k+1} est l'écart type des variabilités intra (notés $\log(W_k(b))$) pour les B échantillons aléatoires soumis à un partitionnement en k classes.

Table des figures

1.1	Schéma du fonctionnement de la capitalisation	17
1.2	Historique des rendements des fonds euros	24
2.1	Postes du compte de résultat	31
2.2	Répartition des actifs pour le profil sécuritaire	33
2.3	Répartition des actifs pour le profil équilibré	33
2.4	Répartition des actifs pour le profil dynamique	33
2.5	Répartition des actifs en UC pour la gestion libre	34
2.6	Loi de rachat du PERP	36
2.7	Échéancier des flux pour une rente viagère	39
2.8	Cartographie des risques de de la formule standard	42
3.1	Diagramme en bâton de l'âge des assurés dans le portefeuille	46
3.2	Diagramme circulaire de la répartition Homme/Femme	47
3.3	Diagramme circulaire de la répartition des professions	48
3.4	Histogramme du montant total de l'épargne	48
3.5	Diagramme en bâton du montant moyen de l'épargne selon l'âge	49
3.6	Histogramme du montant de versement moyen annuel	50
3.7	Diagramme en bâton de l'âge des assurés à la souscription	50
3.8	Diagramme en bâton de l'âge des assurés à la liquidation	51
3.9	Diagramme circulaire de la répartition du mode de gestion	52
3.10	Projection du résultat net de l'assureur	53
3.11	Postes du compte de résultat selon l'année de projection	54
3.12	Projection du résultat net de l'assureur	56
4.1	Graphique de la variance intra totale en fonction du nombre de classes	63
4.2	Résultat de l'assureur avec le portefeuille de profils types	64
4.3	Boîte à moustache de l'âge des assurés dans le portefeuille historique	65
4.4	Boîte à moustache de l'âge des assurés dans le deuxième portefeuille par groupe	66
4.5	Résultat de l'assureur suite au tirage aléatoire	66
4.6	Indicateurs de rentabilité du nouveau portefeuille	67
4.7	Historique des souscriptions par année civile	78

4.8	Sensibilité de la rentabilité au volume de souscription	78
4.9	Sensibilité conjointe à la hausse des rendements et de l'inflation	79
4.10	Sensibilité conjointe à la hausse du discrétionnaire et une baisse des rachats . .	80
4.11	Sensibilité conjointe à la baisse des frais de gestion sur encours et des rachats .	81
4.12	Sensibilité conjointe à la hausse des frais de gestion sur encours et des rachats .	82
D.1	Schéma résumant la méthode de calcul des capitaux propres et de l'EMS	99
D.2	Différence entre bilan comptable et bilan économique	100

Liste des tableaux

1.1	Tableau récapitulatif des caractéristiques des produits remplacés par le PER (autres que le PERP)	20
1.2	Tableau de répartition des versements	21
1.3	Tableau des parts minimums investis en fonds euros du PERP	25
1.4	Tableau de correspondance pour le calcul du SRRI	26
1.5	Tableau des parts minimums investis dans des actifs à faible risque du PER	26
2.1	Tableau des parts minimums investis dans des actifs à faible risque du PER	28
2.2	Rendement des actifs selon leur nature	35
2.3	Tableau des frais retenus pour la modélisation	37
2.4	Tableau des chargements	38
3.1	Indicateurs de rentabilité du portefeuille actuel	55
3.2	Projection du résultat net de l'assureur	56
4.1	Barycentres des classes issues de l'algorithme des <i>k-means</i>	64
4.2	Tableau récapitulatif des analyses de sensibilité	68
4.3	Sensibilité de la rentabilité au rendement des actifs	69
4.4	Sensibilité de la rentabilité au discrétionnaire	71
4.5	Sensibilité de la rentabilité aux rachats	72
4.6	Sensibilité de la rentabilité à la mortalité	73
4.7	Sensibilité de la rentabilité aux chargements sur versements	74
4.8	Sensibilité de la rentabilité aux frais de gestion des actifs	75
4.9	Sensibilité de la rentabilité aux frais de gestion sur encours	76
4.10	Sensibilité de la rentabilité aux frais	77
B.1	Taux d'imposition sur les sociétés	93
D.1	Matrice de corrélation du BSCR	102
D.2	Matrice de corrélation du SCR Marché	103
D.3	Matrice de corrélation du SCR Vie	107

Bibliographie

- [Abgrall 2013] D. Abgrall. *Impacts des mécanismes d'un produit de Variable Annuities GMWB for Life sur la rentabilité du distributeur*. Mémoire d'actuariat, EURIA, 2013.
- [Actuaires 2016] SPAC Actuaires. *Taux technique*. <https://www.spac-actulaires.fr/>, 2016.
- [Administration française 2019] Administration française. *Plan d'épargne retraite (PER)*. <https://www.service-public.fr/>, 2019.
- [Administration française 2020] Administration française. *Impôt sur les sociétés : entreprises concernées et taux d'imposition*. <https://www.service-public.fr/>, 2020.
- [Assemblée Nationale 2020] Assemblée Nationale. *Code des assurances*. <https://www.legifrance.gouv.fr/>, 2020.
- [Briand 2019] C. Briand. *Fonds euro-croissance : perspectives offertes par la Loi PACTE au marché de l'assurance-épargne*. Mémoire d'actuariat, ENSAE ParisTech, 2019.
- [Commission Européenne 2014] Commission Européenne. *Règlement délégué 2015/35 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II)*, 2014.
- [Devolder 2020] P. Devolder. *Retraite et prévoyance*. Support de cours, Université de Strasbourg, 2020.
- [Dumur 2015] C. Dumur. *Etude de la rentabilité d'un contrat de retraite de type « Article 83 » du point de vie de l'assuré*. Mémoire d'actuariat, DUAS, 2015.
- [EIOPA 2020] EIOPA. *Risk-free interest rate term structures*. <https://www.eiopa.europa.eu/>, 2020.
- [ESMA 2010] ESMA. *Guidelines - Methodology for the calculation of the synthetic risk and reward indicator in the Key Investor Information Document*. <https://www.esma.europa.eu/>, 2010.
- [Graf 2017] A. Graf. *Mise en oeuvre d'un système de micro-retraite en Inde*. Mémoire d'actuariat, DUAS, 2017.
- [Herbin 2018] T. Herbin. *Etude d'un régime de retraite en unité de rente dans un contexte réglementaire en évolution*. Mémoire d'actuariat, DUAS, 2018.
- [INSEE 2016] INSEE. *Nomenclatures des professions et catégories socioprofessionnelles*. <https://www.insee.fr/>, 2016.

- [Le Blog Patrimoine 2018] Le Blog Patrimoine. *Assurance vie : Qu'y a-t-il dans votre fonds euros ? Comment les assureurs investissent l'argent des épargnants ?* <https://www.leblogpatrimoine.com/>, 2018.
- [MeilleursAgents 2020] MeilleursAgents. *Les Indices des Prix Immobiliers - IPI*. <https://www.meilleursagents.com/>, 2020.
- [Merli 2018] M. Merli. *Investissements*. Support de cours, Université de Strasbourg, 2018.
- [Modry 2018] J. Modry. *Assurance Vie 1*. Support de cours, Université de Strasbourg, 2018.
- [MSCI 2020] MSCI. *MSCI World Index*. <https://www.msci.com/>, 2020.
- [Parlement Européen 2009] Parlement Européen. *Directive 2009/138/CE sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II)*, 2009.
- [Prigent 2013] B. Prigent. *Etude de la rentabilité technique des contrats de retraite à cotisations définies en rentes viagères « Article 83 »*. Mémoire d'actuariat, EURIA, 2013.
- [Périnel 2020] E. Périnel. *Science des données pour l'actuariat 2*. Support de cours, Université de Strasbourg, 2020.
- [State Street Global Advisor 2020] State Street Global Advisor. *SPDR Bloomberg Barclays Euro Corporate Bond UCITS ETF (Dist)*. <https://www.ssga.com/>, 2020.