

Mémoire présenté le :  
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA  
et l'admission à l'Institut des Actuaires

Par : Erwan BOUHEDDOU

Titre : Modélisation ALM et mesures par sensibilités pour le nouveau produit PER

Confidentialité : ☐ NON ☐ (Durée : ☐ 1 an ☒ 2 ans)

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

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

.....  
.....  
.....

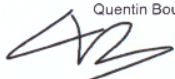
*Membres présents du jury de  
l'ISFA*

.....  
.....  
.....

*Entreprise :*

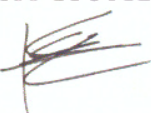
Nom : CNP Assurances

Quentin Boudoux, Directeur Technique Gro

Signature : 

*Directeur de mémoire en entre-  
prise :*

Nom : Patrice KUATE

Signature : 


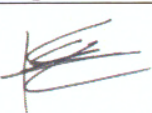
*Invité :*

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable entreprise

 PK 

Signature du candidat



# Résumé

Depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2019, un nouveau produit de retraite a été commercialisé : le PER. Ce produit doit remplacer les anciens produits de retraite supplémentaire et doit être le produit de retraite phare des compagnies d'assurance.

Ce produit apporte beaucoup plus de flexibilité et de variété à la retraite supplémentaire, cependant il comporte de nombreuses caractéristiques qui n'étaient pas présentes dans les anciens produits de retraite, qui doivent être modélisées et qui ont de forts impacts sur la rentabilité et l'exposition au risque de l'assureur. Le transfert de l'épargne, le rachat dans le cas de l'acquisition de la résidence principale, la grande flexibilité dans la répartition entre rente et capital à la liquidation en font partie.

En effet, le comportement des assurés représente un enjeu majeur pour les assureurs, puisque ces derniers doivent simuler le plus précisément possible afin d'estimer leurs engagements et de les projeter. Ces simulations permettent alors d'estimer leur rentabilité future et à quelle hauteur ils sont exposés au risque.

Ce mémoire a donc comme objectif d'estimer la rentabilité, au travers de la VIF, et l'exposition au risque, via le BSCR, de l'assureur pour ce produit et de mesurer l'impact de certaines caractéristiques du produit sur ces métriques via des mesures de sensibilité.

Pour ce faire, nous proposons une modélisation ALM du produit PER et construisons diverses hypothèses en input afin de réaliser nos projections et ainsi calculer le VIF et le BSCR selon divers scénarios.

# Abstract

Since October 1, 2019, a new retirement product has been on the market : the PER. This product is intended to replace the old supplementary pension products and is to be the flagship pension product for insurance companies.

This product brings much more flexibility and variety to supplementary retirement, but it has many features that were not present in previous pension products, which need to be modeled and have strong impacts on the insurer's profitability and risk exposure. These include the transfer of savings, the buyback in the case of the purchase of one's principal residence, and the great flexibility in the division between annuity and capital on liquidation.

Indeed, the behavior of the insured represents a major issue for insurers, since they must simulate as accurately as possible in order to estimate their commitments and project them. These simulations then enable them to estimate their future profitability and the extent to which they are exposed to risk.

Therefore goal of this memorandum is to estimate the profitability, via VIF, and the risk exposure, via BSCR, of the insurer for this product and to measure the impact of certain product features on these metrics via sensitivity measures.

For this purpose, we propose an ALM modeling of the PER product and build various assumptions in input of the latter in order to carry out our projections and thus calculate the VIF and the BSCR according to various scenarios.

# Remerciements

Je tiens d'abord à exprimer ma grande gratitude envers Patrice Kuate et Tristan Cluzel pour leur disponibilité, leur encadrement et leurs nombreuses relectures.

Mes remerciements vont aussi à Quentin Boudoux pour ses nombreux conseils et tout le savoir qu'il a pu me transmettre.

Merci aussi à Xavier Milhaud pour son aide et le temps qu'il m'a accordé.

Je n'oublie pas tous les collaborateurs de l'équipe Retraite et de l'équipe Epargne qui ont répondu à chacune de mes questions avec bonne humeur.

Je tiens plus particulièrement à remercier mes parents et mes deux petits frères pour m'avoir toujours soutenu quoique j'entreprenne et sans qui je n'aurais pas pu aller si loin.



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Présentation générale de la Retraite en France</b>	<b>13</b>
1.1	Les deux techniques de gestion financière des régimes de retraite . . . . .	13
1.1.1	La Répartition . . . . .	13
1.1.2	La Capitalisation . . . . .	14
1.2	Les trois piliers de la Retraite . . . . .	14
1.2.1	Le Régime Général de base de la Sécurité Sociale . . . . .	14
1.2.2	Le Régime Complémentaire . . . . .	15
1.2.3	Les Régimes Supplémentaires . . . . .	15
<b>2</b>	<b>La Retraite Supplémentaire avant la loi PACTE</b>	<b>18</b>
2.1	La Retraite Supplémentaire d'Entreprise . . . . .	18
2.1.1	Article 83 . . . . .	18
2.1.2	Article 82 . . . . .	19
2.1.3	Article 39 . . . . .	20
2.1.4	Les régimes L-441 . . . . .	21
2.2	La Retraite Supplémentaire Individuelle . . . . .	21
2.2.1	PERP . . . . .	21
2.2.2	Contrat de Retraite Madelin . . . . .	22
2.3	Quelques chiffres sur la Retraite Supplémentaire . . . . .	22
2.4	Synthèse . . . . .	23
<b>3</b>	<b>La Retraite Supplémentaire après la loi PACTE</b>	<b>24</b>
3.1	Un produit unique : le PER . . . . .	24
3.1.1	Les compartiments des PER . . . . .	25
3.1.2	Des conditions de sortie plus souples . . . . .	26
3.1.3	Un type d'allocation d'actif par défaut : la Gestion Pilotée . . . . .	27
3.1.4	Transférabilité . . . . .	27
3.1.5	Régime fiscal du PER . . . . .	29
3.2	Synthèse . . . . .	31

<b>4</b>	<b>La modélisation ALM d'un nouveau produit : le PER</b>	<b>32</b>
4.1	Rappels de comptabilité des assurances . . . . .	32
4.1.1	Le taux technique . . . . .	32
4.1.2	La participation aux bénéfices . . . . .	33
4.1.3	Le Taux Minimum Garanti (TMG) . . . . .	33
4.1.4	La provision pour participation aux excédents (PPE) . . . . .	34
4.1.5	Les provisions mathématiques . . . . .	34
4.1.6	Les Plus ou Moins Values Latentes (PMVL) . . . . .	34
4.1.7	La Réserve de Capitalisation . . . . .	34
4.1.8	Le compte de résultat . . . . .	35
4.2	Présentation générale d'un modèle ALM . . . . .	35
4.2.1	Les approches possibles dans un modèle ALM . . . . .	35
4.2.2	L'actif . . . . .	36
4.2.3	Le passif . . . . .	36
4.3	Présentation du modèle ALM en Epargne . . . . .	37
4.3.1	Contexte . . . . .	37
4.3.2	Inputs . . . . .	37
4.3.3	Déroulement d'un pas de projection . . . . .	38
4.3.4	Outputs . . . . .	41
4.4	L'outil de modélisation ALM Retraite adapté à la loi PACTE . . . . .	41
4.4.1	Les inputs qui ont changé . . . . .	42
4.4.2	Mise en place d'une phase de restitution . . . . .	43
4.4.3	Déroulement d'un pas de projection du modèle Retraite . . . . .	44
4.4.4	Outputs . . . . .	47
4.4.5	Validation du modèle . . . . .	47
4.5	Synthèse . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Construction des hypothèses et lois comportementales</b>	<b>52</b>
5.1	Les hypothèses construites par avis d'expert . . . . .	52
5.1.1	La loi de liquidation . . . . .	52
5.1.2	Les transferts . . . . .	53
5.1.3	Construction d'un portefeuille d'assurés fictif . . . . .	54
5.1.4	Répartition de l'épargne entre les compartiments du PER . . . . .	54
5.1.5	Répartition à la liquidation entre rente et capital . . . . .	55
5.1.6	La loi de rachat . . . . .	56
5.2	Le produit de retraite ayant servi de base à l'étude : le produit B . . . . .	56

5.2.1	Présentation du produit . . . . .	56
5.2.2	Analyse des données . . . . .	58
5.2.3	Synthèse . . . . .	63
5.3	Construction de la loi de rachat brute . . . . .	64
5.3.1	Choix de la variable de segmentation . . . . .	64
5.3.2	Choix de l'estimateur . . . . .	65
5.3.3	La loi brute . . . . .	71
5.4	Construction de la loi de rachat finale . . . . .	72
5.4.1	Prise en compte des tranches d'âges avec des expositions faibles . . .	72
5.4.2	Lissage . . . . .	74
5.4.3	Validation de la loi . . . . .	77
5.4.4	Synthèse . . . . .	81
<b>6</b>	<b>Mesures de sensibilité</b>	<b>83</b>
6.1	Rappels sur les métriques . . . . .	83
6.1.1	Le Best Estimate . . . . .	83
6.1.2	La Value of Inforce . . . . .	84
6.1.3	Le SCR . . . . .	84
6.2	Mesures de sensibilité . . . . .	89
6.2.1	Le PERO . . . . .	89
6.2.2	Le PERECO . . . . .	94
6.2.3	Le PERIN . . . . .	97
6.2.4	Synthèse . . . . .	101



# Table des figures

1.1	Les trois piliers de la Retraite en France . . . . .	15
1.2	Schématisation des flux lors de la vie d'un contrat de retraite . . . . .	16
1.3	Répartition des actifs en face des fonds Euros . . . . .	17
2.1	Cotisations et prestations servies par les régimes de retraite français en 2018 .	22
2.2	Répartition des encours des régimes de retraite supplémentaire en 2018 . . . .	23
3.1	Alimentation des compartiments des différents PER . . . . .	25
3.2	Les différents types de sortie à la liquidation selon le compartiment . . . . .	26
3.3	Les différents cas de déblocage anticipé par compartiment . . . . .	27
3.4	Transferts de droits acquis sur des produits antérieurs à la loi PACTE vers un PER . . . . .	28
3.5	Tableau récapitulatif de la fiscalité du produit PER . . . . .	30
3.6	Tableau récapitulatif des changements entraînés par la création du PER [1] . .	31
4.1	Description des produits et charges d'un compte de résultat en Retraite . . . .	35
4.2	Schéma récapitulatif du fonctionnement du modèle ALM Epargne . . . . .	41
4.3	Schéma récapitulatif du fonctionnement du modèle ALM Retraite . . . . .	47
4.4	Tableau récapitulatif des choix et hypothèses effectués au cours de la modélisation . . . . .	51
5.1	Loi de liquidation utilisée dans le modèle ALM . . . . .	53
5.2	Caractéristiques des portefeuilles d'assurés fictifs du PERO, PERECO et PERIN	54
5.3	Les TMG moyen du produit B contre le Taux Technique moyen . . . . .	58
5.4	Distribution des âges . . . . .	59
5.5	Courbe des encours moyen par âge . . . . .	60
5.6	Courbe des taux de rachat moyens par an . . . . .	61
5.7	Tableau récapitulatif des données . . . . .	63
5.8	Exposition et loi de rachat historique . . . . .	64
5.9	Loi de rachat brute construite avec la méthode d'Hoem . . . . .	72
5.10	Critère de Cochran appliqué à la loi brute . . . . .	73

5.11	Loi lissée par la méthode de Whittaker-Henderson pour $z = 3$ et $h = 10$ . . . . .	76
5.12	Répartition des propriétaires par âge . . . . .	77
5.13	Test des signes pour le lissage par Whittaker-Henderson . . . . .	78
5.14	Les indicateurs MAPE et $R^2$ pour le lissage par Whittaker-Henderson . . . . .	79
5.15	Comparaison rachats estimés/observés par âge de survenance . . . . .	80
5.16	Synthèse de la construction de la loi de rachat . . . . .	82
6.1	Calcul du SCR par la méthode bottom-up . . . . .	85
6.2	Matrice de corrélation du module Souscription Vie . . . . .	87
6.3	Matrice de corrélation du module Marché en cas de hausse des taux . . . . .	88
6.4	Matrice de corrélation du module Marché en cas de baisse des taux . . . . .	88
6.5	BSCR, VIF et durations du scénario central du PERO . . . . .	89
6.6	Composition du SCR Vie du PERO pour le scénario central . . . . .	89
6.7	Composition du SCR Marché du PERO pour le scénario central . . . . .	90
6.8	Comparaison entre le BSCR et la VIF du PERO et de l'Article 83 . . . . .	90
6.9	Composition du SCR Vie de l'Article 83 . . . . .	91
6.10	Composition du SCR Marché de l'Article 83 . . . . .	91
6.11	Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERO . . . . .	92
6.12	Ecart de duration entre le scénario central et les scénarios choqués du PERO .	94
6.13	BSCR, VIF et durations du scénario central du PERECO . . . . .	94
6.14	Composition du SCR Vie du PERECO . . . . .	95
6.15	Composition du SCR Marché du PERECO . . . . .	95
6.16	Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERECO . . . . .	96
6.17	Ecart de duration entre le scénario central et les scénarios choqués du PERECO	97
6.18	BSCR, VIF et durations du scénario central du PERIN . . . . .	98
6.19	Composition du SCR Vie du PERIN . . . . .	98
6.20	Composition du SCR Marché du PERIN . . . . .	98
6.21	Comparaison entre le BSCR et la VIF du PERIN et du PERP . . . . .	99
6.22	Composition du SCR Vie du PERP . . . . .	99
6.23	Composition du SCR Marché du PERP . . . . .	99
6.24	Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERIN . . . . .	100
6.25	Ecart de duration entre le scénario central et les scénarios choqués du PERIN .	101

# Introduction

Les produits d'Épargne Retraite représentent 237 milliards d'encours en 2018, contre plus de 300 milliards pour le livret A. Ce manque d'intérêt pour les produits de Retraite comparé au Livret A est en partie dû à la rigidité de ces produits, mais également à leur complexité. Cependant, le Livret A dynamise très peu l'économie comparé aux produits de Retraite, dont l'épargne est souvent investie en actions. C'est pourquoi, la loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises), promulguée le 22 mai 2019, a pour ambition de rendre plus attractifs les produits d'Épargne Retraite, en les simplifiant et en les rendant plus souples, afin de redynamiser l'économie.

Les épargnants peuvent choisir de souscrire des contrats de différents types, des contrats à versements obligatoires, à versements facultatifs ou des contrats individuels. La loi PACTE, va permettre de commercialiser un produit unique, le PER, réunissant tous ces types de contrats via des compartiments, et simplifiant ainsi le fonctionnement des produits de Retraite. De plus, en fonction de leur type de contrat, les conditions de rachat et de liquidation sont différentes, ce qui impacte fortement les sorties. La loi PACTE vient assouplir ces conditions ce qui va changer le comportement des assurés et donc représente un enjeu majeur de l'assureur. En effet, l'assureur doit pouvoir simuler au mieux ces comportements afin d'affiner le plus possible l'estimation de leurs engagements envers les assurés et ainsi pouvoir les projeter plus précisément.

Ce mémoire a pour objectif d'estimer l'exposition au risque, au travers du BSCR, et la rentabilité de l'assureur, via la VIF, pour le nouveau produit PER, et de réaliser des sensibilités sur différentes variables afin de voir leurs impacts sur ces métriques. Afin de calculer ces dernières, il est nécessaire de projeter à la fois l'actif et le passif. En effet, il y a de nombreuses interactions entre le passif et l'actif, qui doivent être modélisées pour pouvoir estimer précisément le BSCR et la VIF. C'est pourquoi nous devons utiliser un modèle ALM afin de modéliser le PER.

Dans un premier temps, nous allons poser le contexte actuel de l'Épargne Retraite. Ce chapitre a pour objectif de présenter l'état de la retraite supplémentaire avant la loi PACTE et donc de mettre en évidence les raisons de la promulgation de la loi PACTE.

Dans un second temps nous allons présenter de manière détaillée le nouveau produit PER. En effet, afin de modéliser le PER, il est nécessaire de comprendre quelles sont toutes les caractéristiques du produit et ce qu'elles entraînent afin de pouvoir par la suite construire un modèle et des hypothèses les plus fidèles possibles au produit.

Ensuite, nous allons présenter le modèle ALM Épargne Euro à partir duquel nous avons développé le modèle ALM du PER, puis nous présentons ce dernier et toutes les modifications qui ont été apportées.

Dans la cinquième partie, nous allons construire les différentes lois et hypothèses en input du modèle. Dans ce chapitre nous justifierons au mieux les approximations et hypothèses que nous allons effectuer. En effet, le PER n'étant commercialisé que depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2019, nous ne disposons pas de suffisamment d'historique sur le PER pour pouvoir utiliser des données sur le produit. Il faudra donc utiliser des données de produits qui se rapprochent de ce dernier et réaliser des approximations pour tenter de se rapprocher le plus possible de la réalité du produit.

Enfin, dans la dernière partie, nous effectuerons des sensibilités sur les différentes variables du produits et ainsi voir leurs impacts sur l'exposition au risque et la rentabilité de l'assureur.

# Chapitre 1

## Présentation générale de la Retraite en France

Le fonctionnement de la retraite en France est assez complexe étant donné la variété des régimes existants. En effet, ces derniers possèdent chacun leur système de gestion propre et leurs particularités.

Ce chapitre va donc expliquer le fonctionnement des différents piliers de la retraite française et leur système de gestion, avant de se focaliser sur la retraite supplémentaire dans les chapitres suivants.

### 1.1 Les deux techniques de gestion financière des régimes de retraite

#### 1.1.1 La Répartition

La gestion par répartition adopte une approche prospective. En effet il y a une redistribution immédiate des ressources, les cotisations des actifs sont directement reversées aux retraités. Il n'y a donc aucune garantie sur les prestations futures puisque les régimes en répartition se caractérisent par le fait que les réserves sont inférieures aux engagements futurs. Par conséquent, il faut qu'il y ait une population de cotisants suffisamment conséquente et répartie dans des secteurs diversifiés afin d'avoir la certitude qu'il y aura toujours assez de cotisations pour pouvoir faire face aux prestations servies immédiatement.

Par conséquent, les régimes gérés en répartition permettent une forte solidarité entre les actifs et les retraités, puisque les actifs sont garants, par leurs cotisations des prestations des retraités.

Cependant, ce point entraîne une grande sensibilité du système aux évolutions démographiques et économiques tels que le vieillissement de la population ou une hausse du chômage. En effet, ces deux cas peuvent entraîner un déséquilibre entre les cotisations perçues et les prestations à servir et ainsi rendre difficile pour le régime de tenir ses engagements. C'est pourquoi, les régimes par répartition mettent en place des compensations inter-régimes afin de diversifier les sources de financements. De même, c'est l'une des raisons qui pousse les régimes par répartition à être obligatoires. En effet, en le rendant facultatif, il se peut que le nombre de cotisants soit insuffisant. De plus, en rendant l'adhésion au régime facultative, il se peut qu'il y ait un phénomène d'antisélection et que seuls les mauvais profils adhèrent au

régime ce qui entrainerait encore un déséquilibre entre les cotisations perçues et les pensions à servir.

### **1.1.2 La Capitalisation**

Les régimes par capitalisation permettent de se constituer un capital qui servira ensuite à financer ses pensions futures. Les réserves sont donc au moins égales aux engagements futurs. Par ailleurs, ce type de système ne permet pas de solidarité intergénérationnelle contrairement aux régimes gérés par répartition.

De plus, jusqu'à la date de départ à la retraite, les cotisations sont placées sur les marchés financiers. Ainsi, le niveau des prestations que percevra l'assuré à la retraite est directement lié à la performance de la gestion adoptée et aux rendements des actifs. Cela rend donc le régime extrêmement sensible à la gestion financière sur les réserves et à l'évolution des marchés financiers. Les droits de l'assuré dans ce type de régime sont acquis et ne peuvent pas être perdus même après résiliation. Cependant il n'y a aucune garantie sur la suffisance du capital au moment de la retraite.

La capitalisation peut être individuelle. Chaque assuré finance pendant sa période d'activité sa propre retraite, ou alors collective, notamment dans les régimes d'entreprise, où l'équilibre recherché est celui de l'ensemble du portefeuille d'assurés.

Enfin, on peut distinguer deux catégories de régimes gérés par capitalisation : les régimes à cotisations définies où l'engagement porte sur le montant des cotisations, et les régimes à prestations définies, où l'engagement porte sur le montant des prestations.

## **1.2 Les trois piliers de la Retraite**

La retraite en France se décompose en trois piliers : les deux premiers piliers correspondent aux régimes légalement obligatoires que sont le régime général de base de la Sécurité Sociale et le régime complémentaire, résultant de la fusion de l'AGIRC et de l'ARRCO suite à la réforme des retraites de 2019. Le troisième est constitué des régimes supplémentaires d'entreprise, facultatifs ou conventionnellement obligatoires, et de la capitalisation individuelle, qui est purement facultative.

Chaque pilier dispose de son propre système de gestion comme résumé dans la figure suivante :

### **1.2.1 Le Régime Général de base de la Sécurité Sociale**

Le régime de base a été créé en 1945 en même temps que la Sécurité Sociale et est géré par la CNAV (Caisse Nationale d'Assurance Vieillesse).

Dans ce régime, les droits s'expriment en trimestres. Afin de valider un trimestre, il faut cotiser sur un salaire de référence au moins équivalent à 150 heures de SMIC sur l'année.

Le régime de base est le régime le plus conséquent, aussi bien en terme de nombre qu'en terme d'encours.

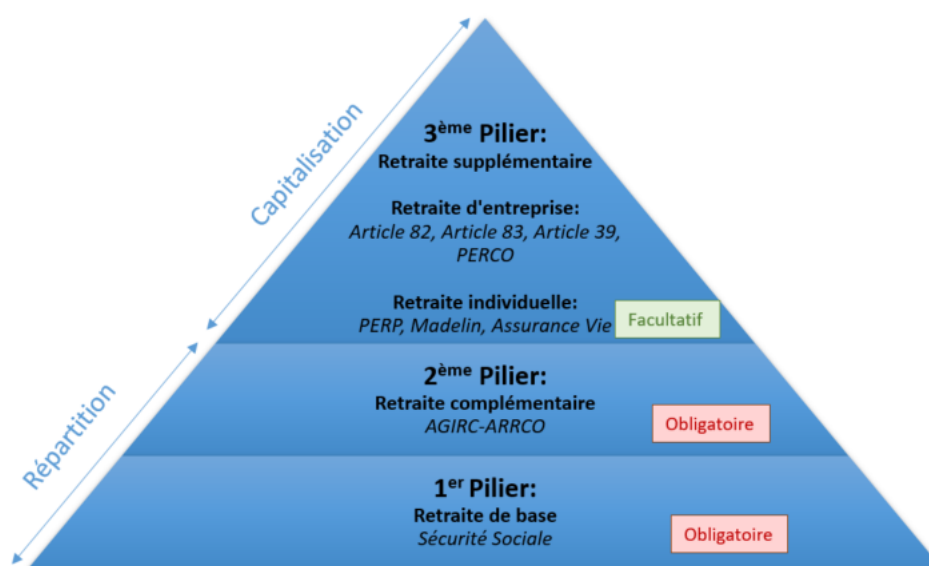


FIGURE 1.1 – Les trois piliers de la Retraite en France

### 1.2.2 Le Régime Complémentaire

Le régime complémentaire vient s'ajouter au régime de base de la Sécurité Sociale, il est obligatoire et est géré pour les salariés du privé par l'AGIRC-ARRCO. L'AGIRC (Association Générale des Institutions de Retraite des Cadres), créée en 1947, était la caisse qui gérât la retraite complémentaire des cadres du privé. L'ARRCO (Association pour le Régime de Retraite Complémentaire des salariés), quant à elle, était la caisse qui gérât la retraite complémentaire des salariés cadres et non-cadres.

Ainsi, avant 2019, un cadre cotisait à l'AGIRC et à l'ARRCO, tandis qu'un non-cadre ne cotisait qu'à l'ARRCO. À la suite de la réforme des retraites de 2019, l'AGIRC et l'ARRCO ont fusionné afin de ne constituer qu'une seule caisse gérant la retraite complémentaire de tous les salariés du privé.

Il s'agit d'un système en points : les cotisations permettent l'achat d'un point qui représente alors les droits acquis. Le nombre de points acquis est calculé annuellement en divisant le montant des cotisations payées sur l'année par la valeur de service (valeur d'achat du point). Au moment du départ à la retraite les points sont convertis en pieds de rente en les multipliant par la valeur du point au moment de la liquidation.

### 1.2.3 Les Régimes Supplémentaires

Les régimes supplémentaires sont les piliers sur lesquels nous allons nous focaliser dans ce mémoire. Les contrats relevant de la retraite supplémentaire sont souscrits de manière collective via l'entreprise du salarié ou de manière individuelle. La retraite supplémentaire est gérée par Capitalisation : elle permet aux travailleurs de se constituer un capital, moyennant des cotisations payées à un assureur, qu'il dépensera alors comme complément de revenu après son départ à la retraite.

## Les phases de constitution et de restitution

La vie des contrats de retraite est découpée en trois phases :

- **La constitution** : La phase de constitution est la phase au cours de laquelle l'assuré constitue son épargne en vue de préparer sa retraite.  
Pour les contrats en euro, le capital constitué est composé des versements de l'épargnant, de la participation aux bénéfices et des intérêts crédités, calculés à partir du taux technique. Dans le cadre d'un contrat souscrit auprès de son entreprise, l'abondement de l'employeur peut aussi alimenter l'épargne du salarié.  
Pour un contrat en unités de compte, le capital constitué est uniquement composé des versements de l'épargnant.  
Durant la phase de constitution, des chargements peuvent être prélevés par l'assureur afin de couvrir les frais de gestion et de rémunérer l'assureur.  
Il est également possible, si le contrat le permet de racheter son épargne.
- **La liquidation** : La liquidation est le moment où l'assuré décide de convertir l'épargne qu'il a constitué en rente. Au moment de la liquidation, l'assureur peut prélever des chargements à l'assuré diminuant ainsi son capital constitutif et donc son terme de rente.  
La rente peut être immédiate, l'assuré touche alors immédiatement son premier terme de rente, ou différée, alors l'assuré ne touchera son premier terme de rente qu'à partir d'une date donnée.  
Le terme de rente est calculé à partir du capital constitué par l'assuré et du coût moyen d'un euro de rente annuelle à partir de la table de mortalité en vigueur et du taux technique.
- **La restitution** : Durant cette phase, l'assuré perçoit sa rente. La rente est revalorisée à partir du taux technique et de la participation aux bénéfices.  
De plus, tout comme lors de la phase de constitution, des chargements peuvent être prélevés. Ils le sont au moment de la perception du pied de rente, on parle de chargements sur arrérages.  
En revanche, contrairement à la phase de constitution, il est impossible de racheter son épargne durant la phase de restitution.

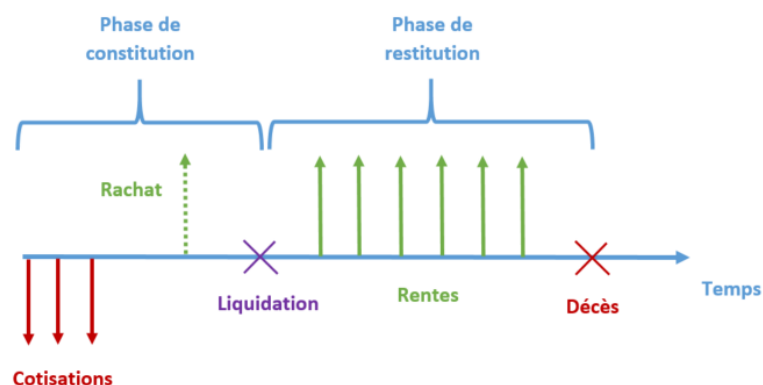


FIGURE 1.2 – Schématisation des flux lors de la vie d'un contrat de retraite



## Les différents supports

L'épargne constituée peut être investie dans deux supports différents :

- **Le support Euro** : Il s'agit du placement le plus sûr. L'assureur garantit le capital constitué mais diminué des frais de gestion. Afin de pouvoir garantir ce capital, l'assureur investit généralement les cotisations de l'assuré dans des actifs peu risqués tels que des obligations souveraines ou des obligations d'entreprise notées au minimum A [1]. En revanche, cette garantie a comme défaut d'avoir un rendement plutôt faible. La rémunération de ces supports est issue de la revalorisation, constituée d'intérêts techniques et de la participation aux bénéfices. Elle est définie contractuellement. Chaque année cette revalorisation est ajoutée au montant d'épargne et sera source d'intérêts pour les années à venir. Généralement, les assureurs garantissent un rendement minimum annuel, il s'agit du Taux Minimum Garanti (TMG). Cependant, avec le contexte de taux bas actuel, les TMG pour les nouveaux contrats sont nuls et donc ont un rendement très faible pour l'assuré.

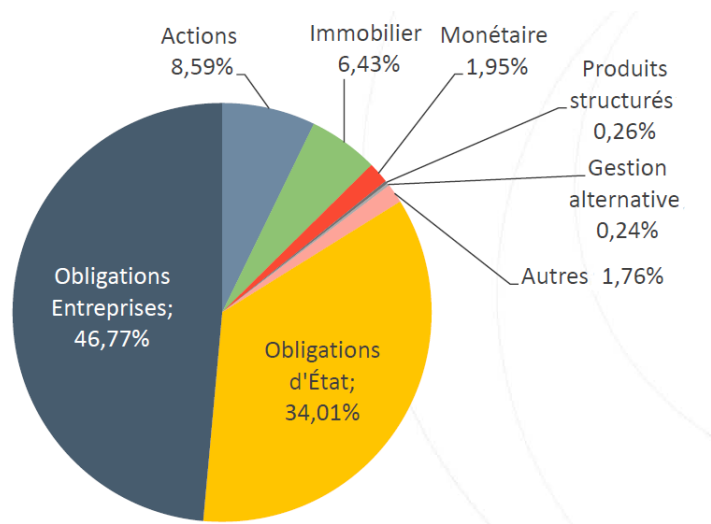


FIGURE 1.3 – Répartition des actifs en face des fonds Euros

- **Le support Unités de Compte (UC)** : Dans ce support, la garantie ne porte plus sur le montant en euros mais sur le nombre d'unités de compte des actifs financiers. Le capital est donc entièrement investi sur les marchés. Ainsi, ce capital est soumis aux variations boursières, lorsque les marchés boursiers sont à la hausse, le capital augmente et inversement. Ce support a pour avantage d'avoir historiquement des rendements supérieurs à ceux du support Euro, cependant l'assuré n'est pas à l'abri d'un effondrement du marché et donc de voir la valeur de son contrat baisser drastiquement. Cela est dû au fait que l'assureur ne garantit que le nombre d'unité de compte et pas la valeur du contrat.

# Chapitre 2

## La Retraite Supplémentaire avant la loi PACTE

La Retraite Supplémentaire est constituée de deux grandes catégories de contrats. Les contrats relevant de la Retraite Supplémentaire d'Entreprise et ceux relevant de la Retraite Supplémentaire Individuelle.

De plus, au sein même de ces catégories, il y a de nombreux contrats disposants chacun de caractéristiques propres, l'objectif de ce chapitre sera de les présenter pour mettre en évidence les changements apportés par le produit PER dans le chapitre suivant.

### 2.1 La Retraite Supplémentaire d'Entreprise

#### 2.1.1 Article 83

Ce sont des contrats collectifs d'entreprise relevant de l'Article 83 du Code Général des Impôts. Il est souscrit par l'entreprise pour l'ensemble de ses salariés ou pour une catégorie objective de salariés afin de leur permettre de bénéficier d'un complément de revenu à partir de leur départ à la retraite.

Ce type de contrat est à cotisations définies et à adhésion obligatoire. Chaque salarié ayant souscrit au contrat dispose d'un compte individuel alimenté par les versements obligatoires de l'entreprise et du salarié. Il peut également l'être par des versements facultatifs du salarié [2].

**Type de sortie possible :** Au moment de la liquidation, l'assuré ne peut sortir qu'en rente viagère. Cette dernière peut être réversible au profit d'un bénéficiaire.

**Conditions de rachats anticipés :** La loi prévoit une possibilité de racheter son épargne en cas d'accidents de la vie. Dans ce cas, le rachat est total et sous forme de capital. Il est donc possible de débloquer son épargne de manière anticipée en cas de :

- Situation de surendettement
- Décès du conjoint ou du partenaire de PACS
- Passage en invalidité de 2ème ou 3ème catégorie de l'assuré

- Cessation d'activité non salariée de l'assuré suite à une liquidation judiciaire
- Expiration des droits de l'assuré aux allocations chômage

**Transferts :** Ces contrats sont à cotisations définies, donc les droits du salarié sont acquis. Ainsi en cas de départ de l'entreprise, l'employé peut transférer le capital qu'il a constitué vers le contrat de type Article 83 qu'a souscrit son nouvel employeur.

#### **Régime fiscal et social de l'employé :**

- **Fiscalité des versements obligatoires :** Les versements obligatoires issus de l'épargne salariale et des abondements sont déductibles dans la limite de 8% de la rémunération annuelle brute limitée à 8 PMSS (soit 27424€ en 2020).
- **Fiscalité des versements volontaires :** Ces versements sont déductibles dans la limite de 10% de la rémunération annuelle brute.
- **Régime social des versements obligatoires** Les versements obligatoires de l'employeur sont soumis à la Cotisation Sociale Générale (CSG) et à la Contribution à la Réduction de la Dette Sociale (CRDS)
- **Régime social et fiscal en phase de restitution :** La rente viagère est assujettie à l'impôt sur le revenu après abattement de 10%, à la CSG, la CRDS, la cotisation maladie et à la Contribution Additionnelle de Solidarité pour l'Autonomie.

**Régime fiscal et social de l'employeur :** L'entreprise peut déduire les cotisations patronales de son résultat imposable. De plus, elles sont exonérées de charges sociales dans la limite de 5% de la rémunération du salarié. Elles sont cependant assujetties à 100% au forfait social.

### **2.1.2 Article 82**

Ce sont des contrats collectifs d'entreprise relevant de l'Article 82 du Code Général des Impôts. Il est souscrit par l'entreprise pour l'ensemble ou une catégorie objective de salariés. Ce type de contrat est à cotisations définies et à adhésion facultative. Chaque salarié ayant souscrit au contrat dispose d'un compte individuel alimenté par les versements facultatifs du salarié et de l'entreprise [3].

**Type de sortie possible :** Au moment de la liquidation, l'assuré peut sortir en capital ou en rente viagère. Cette dernière peut être réversible au profit d'un bénéficiaire.

**Conditions de rachats anticipés :** Si le contrat le permet, les sommes investies sur le contrat sont au moins bloquées 6 ans et sont ensuite disponibles à tout moment. La loi prévoit une possibilité de racheter son épargne, avant les 6 années d'ancienneté. En cas d'accidents de la vie, dans ce cas le rachat est total et sous forme de capital.

**Transferts :** Les transferts suivent les mêmes modalités que ceux des Articles 83.

#### **Régime fiscal et social de l'employé :**

- **Fiscalité des versements :** Contrairement aux Articles 83, les cotisations patronales sont soumises à l'impôt sur le revenu.

- **Fiscalité de la sortie en Capital** : Seules les plus-values constatées sont assujetties à l'impôt sur le revenu.
- **Fiscalité de la sortie en Capital Anticipée** : Ni le capital ni les plus-values constatées ne sont imposables.
- **Fiscalité des rentes viagères** : La rente viagère est partiellement assujettie à l'impôt sur le revenu après l'application d'un abattement de 10%. En fonction de l'âge de liquidation, la part imposable est plus ou moins grande. Plus l'assuré liquide tard, plus la part imposable est faible.

**Régime fiscal et social de l'employeur** : L'entreprise peut déduire les cotisations patronales de son résultat imposable, elles sont cependant assujetties à 100% au forfait social.

### 2.1.3 Article 39

Les contrats de type Article 39 sont des contrats à prestations définies, c'est à dire que l'engagement de l'assureur porte sur le montant de la rente et non sur la constitution du capital nécessaire à la restitution. Par conséquent, la rente que percevra le retraité est calculée au moment de la souscription. Ce montant ne dépend donc pas des cotisations de l'assuré. De plus, dans ce type de contrat, les versements sont totalement à la charge de l'employeur [4].

On distingue deux types d'Article 39 :

- **Les L137-11-1** : Ce sont des contrats dits "à droits aléatoires". Ils sont aussi appelés "régimes de fidélisation", car l'employé perd l'intégralité de ses droits s'il quitte l'entreprise avant son départ à la retraite. Cependant, depuis l'ordonnance du 4 juillet 2019, les entreprises ne peuvent plus ouvrir de nouveaux contrats de ce type, on ne peut plus affilier de nouveaux assurés à ce type de contrat et aucun nouveau droit supplémentaire ne peut être acquis. Les contrats fermés à de nouvelles affiliations avant le 20 mai 2014 (date d'entrée en vigueur de la directive européenne du 16 avril 2014 dite « Portabilité retraite ») ne sont pas concernés par cette réforme.
- **Les L137-11-2** : Ce sont des contrats dits "à droits certains". Dans ce type de contrat, l'assuré ne perd pas ses droits en cas de changement d'entreprise.

**Type de sortie possible** : Au moment de la liquidation, l'assuré ne peut sortir qu'en rente viagère. Cette dernière peut être réversible au profit d'un bénéficiaire.

**Conditions de rachats anticipés** : Les contrats de type Article 39 ne permettent aucun cas de déblocages anticipé.

#### **Régime fiscal et social de l'employé :**

- **Fiscalité des cotisations** : Les versements de l'entreprise n'entrent pas dans le salaire, elles ne sont donc pas assujetties à l'impôt sur le revenu, aux cotisations de Sécurité sociale, ni à la CRDS ou la CSG.
- **Fiscalité des rentes** : La rente viagère du salarié est assujettie à l'impôt sur le revenu après l'application d'un abattement de 10%, à la cotisation maladie, la CRDS, la CSG et

à la CASA.

**Régime fiscal et social de l'employeur :** Les versements de l'entreprise sont déductibles de son résultat imposable. De plus, ils ne sont pas assujettis à la CSG, ni à la CRDS, ni aux charges patronales. En revanche, l'employeur doit choisir entre assujettir ses cotisations à des contributions sociales ou assujettir les rentes à ces dernières.

### 2.1.4 Les régimes L-441

Les régimes L.441 ou régimes de Branche 26 sont des régimes collectifs en points. Ainsi, durant la phase de constitution, les assurés cotisent à une certaine hauteur, et à la fin de chaque année, ces cotisations sont converties en points en les divisant par la Valeur d'Acquisition du Point. L'assuré acquiert donc tout au long de la phase de constitution un certain nombre de points qui, au moment de la liquidation, sera multiplié par le Valeur de Service afin de convertir les points en montant de rente.

Ce type de régime est à cotisations définies et à adhésion facultative ou conventionnellement obligatoire [5]. Par ailleurs, dans ce type de régime, les engagements des retraités et des actifs sont gérés dans un fond commun, tandis que dans les autres régimes, ils sont séparés sans compensation de résultats techniques et financiers. Le nombre minimum d'adhérents au régime doit être de 1000. Cette limite doit être respectée dans un délai de 3 ans à partir de l'entrée en vigueur du régime. Si le nombre d'adhérents n'est pas respecté au-delà de cette période, il est procédé à la conversion du régime (Art R. 441-26).

## 2.2 La Retraite Supplémentaire Individuelle

### 2.2.1 PERP

Le Plan d'Épargne Retraite Populaire (PERP) a été créé par la loi Fillon de 2003. Il s'agit d'un contrat de retraite supplémentaire individuel ouvert à tous.

**Type de sortie possible :** L'assuré a le choix de sortir en rente viagère, ou de liquider 20% de son épargne en capital et 80% en rente.

**Conditions de rachats anticipés :** Dans le cas du PERP, l'assuré peut racheter son contrat avant son départ à la retraite en cas d'accident de la vie, mais aussi, lorsqu'il fait l'acquisition d'une résidence principale.

**Fiscalité :** Les versements sont déductibles du revenu imposable dans la limite du foyer fiscal. Lors de la restitution, les rentes sont assujetties à l'impôt sur le revenu après l'application d'un abattement de 10%, à la CSG, la CRDS et la cotisation maladie. Dans le cas d'un rachat partiel, le capital est imposé suivant le barème progressif de l'impôt sur le revenu, ou sur option suivant un prélèvement libératoire de 7,5 %.

### 2.2.2 Contrat de Retraite Madelin

Les régimes Madelin sont des contrats qui permettent aux travailleurs non salariés et non agricoles de bénéficier d'un complément de revenus au moment du départ à la retraite. Ce type de contrat concerne les artisans, les commerçants, les industriels, les professionnels libéraux, les dirigeants de sociétés assujetties à l'impôt sur le revenu et le conjoint du travailleur non salarié.

**Type de sortie possible :** L'assuré ne peut sortir que sous forme de rente viagère.

**Conditions de rachats anticipés :** L'assuré ne peut racheter son contrat de manière anticipée qu'en cas d'accidents de la vie.

**Fiscalité :** Les versements sont déductibles du bénéfice imposable dans la limite du maximum entre 10% du PASS, soit 4113,6€ en 2020 et 10% du bénéfice imposable.

## 2.3 Quelques chiffres sur la Retraite Supplémentaire

Fin 2018, l'encours de l'assurance vie représentait 1700 milliards d'euros, contre 237 milliards pour la retraite supplémentaire [6]. Cet immense écart entre les deux types de produits montre le manque d'attractivité de la retraite supplémentaire comparé à l'assurance vie.

De même, la retraite supplémentaire ne représente qu'une faible partie du système de retraite français. Les régimes par répartition montrant leurs limites, un des objectifs du gouvernement serait de diriger les Français vers les systèmes par capitalisation, soient les produits de retraite supplémentaire.

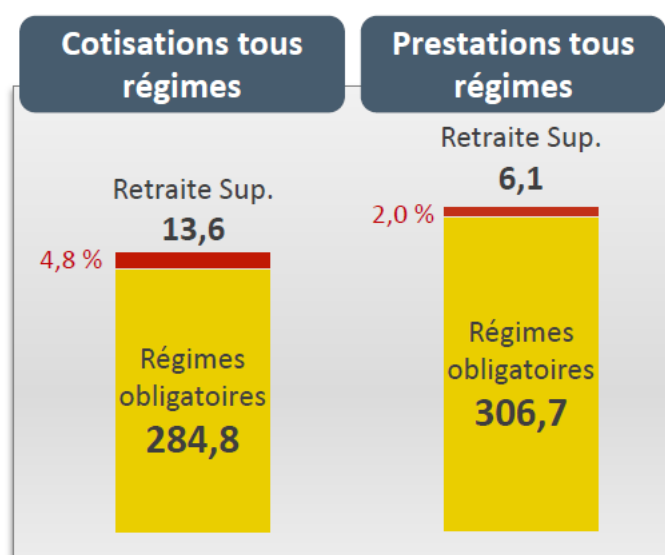


FIGURE 2.1 – Cotisations et prestations servies par les régimes de retraite français en 2018

De plus, lorsque l'on observe la répartition des encours entre les différents régimes de retraite supplémentaire, on constate que les régimes représentant la majorité des encours sont les Articles 83, les Madelins et les Articles 39, qui sont soit des contrats obligatoires (Article 83, Article 39), soit des contrats destinés aux indépendants qui bénéficient d'une retraite provenant du régime de base assez faible et ont donc tout intérêt à souscrire un contrat Madelin, d'autant plus que le produit est très intéressant fiscalement.

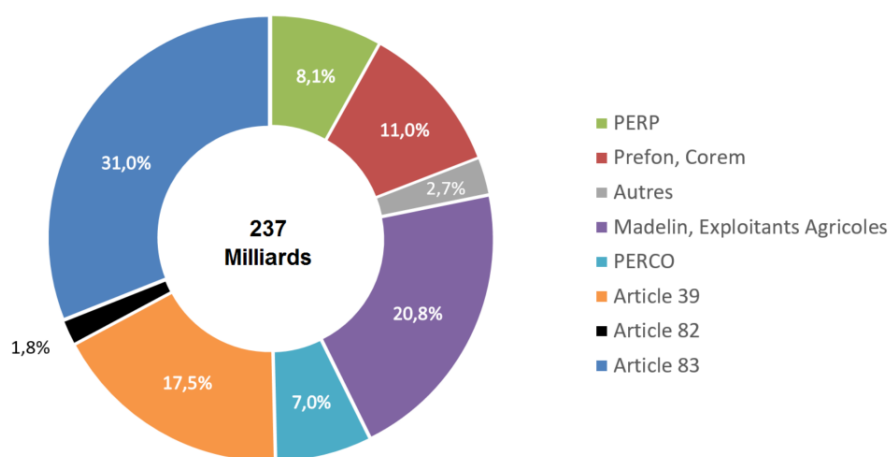


FIGURE 2.2 – Répartition des encours des régimes de retraite supplémentaire en 2018

## 2.4 Synthèse

Ce chapitre a montré que les anciens produits de Retraite Supplémentaire sont très nombreux avec des subtilités qui leurs sont propres, cette complexité de la Retraite Supplémentaire a alors tendance à la rendre assez opaque pour les épargnants, c'est une des raisons qui rend ces types de produits peu attractifs.

De plus, ce sont des produits très rigides, car ils permettent, sauf pour les Article 82, une faible portabilité de l'épargne et ne permettent le déblocage anticipé qu'en cas d'extrême nécessité (accidents de la vie), rendant l'épargne accessible qu'à un horizon lointain, la liquidation.

Nous pouvons ajouter également que les types de sortie permis par ces produits sont peu flexibles puisque souvent ils ne permettent que la sortie en rente viagère, et lorsque c'est possible, en capital mais dans la limite de 20% de l'épargne de l'assuré. Ces types de sorties possibles peuvent être perçus comme inadaptées pour certains profils d'assurés ce qui les poussent vers d'autres produits d'épargne plus souples tel que l'assurance vie.

Ce sont pour ces raisons que la Loi Pacte a été promulguée, nous allons donc présenter le volet sur la retraite dans le chapitre suivant.

## Chapitre 3

# La Retraite Supplémentaire après la loi PACTE

La loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises), est un projet de loi porté par le ministre de l'économie et des finances, Bruno Le Maire, qui vise à dynamiser l'économie et plus particulièrement à favoriser le développement des PME et TPE [7]. Elle porte sur divers sujets, dans ce mémoire nous nous concentrerons sur le volet portant sur l'Épargne Retraite.

Ce dernier a pour objectif de rendre l'Épargne Retraite plus attractive pour les Français et d'en faire un produit phare de l'Épargne en France. Pour ce faire, la loi cherche à simplifier les produits de retraite avec la création d'un unique produit PER, à les rendre plus souples, en facilitant la portabilité des encours et en rendant la fiscalité plus intéressante. Par ailleurs, cette loi cherche à inciter les investissements des épargnants vers le financement de TPE et PME. En effet, cette dernière prévoit une gestion pilotée qui investit au minimum 10% des encours en titres Plan d'Épargne en Actions - Petites et Moyennes Entreprises.

### 3.1 Un produit unique : le PER

Le Plan d'Épargne Entreprise est le nouveau produit lancé par la loi PACTE. Il vise à regrouper et unifier les différents produits de retraite commercialisés jusqu'alors afin de gagner en simplicité. Par ailleurs, ce produit permet une plus grande portabilité de son épargne retraite. En effet, ce dernier offre la possibilité à l'épargnant de conserver et alimenter son épargne tout au long de sa carrière professionnelle. De plus, il permet une plus grande flexibilité, puisque les conditions pour sortir en capital sont assouplies.

Il y a trois types de PER, le PER Individuel (PERIN), le PER Entreprise Collectif (PERECO) et le PER Obligatoire (PERO). Ces derniers correspondent respectivement aux anciens produits individuels, aux PERCO et aux Articles 83. Ces PER sont chacun divisés en trois compartiments caractérisés par une alimentation spécifique. Ce sont les compartiments 1, 2 et 3, correspondant respectivement aux versements volontaires, à l'épargne salariale et aux versements obligatoires.



### 3.1.1 Les compartiments des PER

Les PER comportent 3 compartiments chacun disposant de types d'alimentation particuliers :

- **Compartiment 1 (Versements Volontaires)** : Ce compartiment est alimenté par des cotisations volontaires de l'épargnant. Ces versements peuvent être programmés ou ponctuels et leurs montants sont déterminés par l'assuré.
- **Compartiment 2 (Epargne Salariale et Compte Epargne Temps)** : Ce compartiment est alimenté par des versements issus de la participation, de l'intéressement et des droits inscrits au titre du compte épargne temps ou à défaut de CET, des sommes correspondant à des jours de repos non pris ou des versements de l'entreprise.
- **Compartiment 3 (Cotisations Obligatoires)** : Versements obligatoires de l'employeur et du salarié.

Pour le PER Individuel et le PER Entreprise Collectif seuls les compartiments, respectivement, 1 et 2 peuvent être alimentés par versements. Quant au PER Obligatoire les compartiments 1 et 3 peuvent être alimentés par versements.

En revanche, pour n'importe quel PER, tous les compartiments peuvent être alimenté par transfert du moment que l'épargne provient d'un compartiment de même nature [8].

	PER Obligatoire	PER Entreprise Collectif	PER Individuel
Compartiment 1	Versements et transferts	Transferts uniquement	Versements et transferts
Compartiment 2	Transferts uniquement	Versements et transferts	Transferts uniquement
Compartiment 3	Versements et transferts	Transferts uniquement	Transferts uniquement

FIGURE 3.1 – Alimentation des compartiments des différents PER

### 3.1.2 Des conditions de sortie plus souples

**Types de sorties possibles :** L'épargne issue du compartiment 3 ne peut être liquidée que sous forme de rente. En revanche, celle issue du compartiment 1 et 2, l'assuré a le choix de sortir en rente, en capital (fractionné ou en une fois).

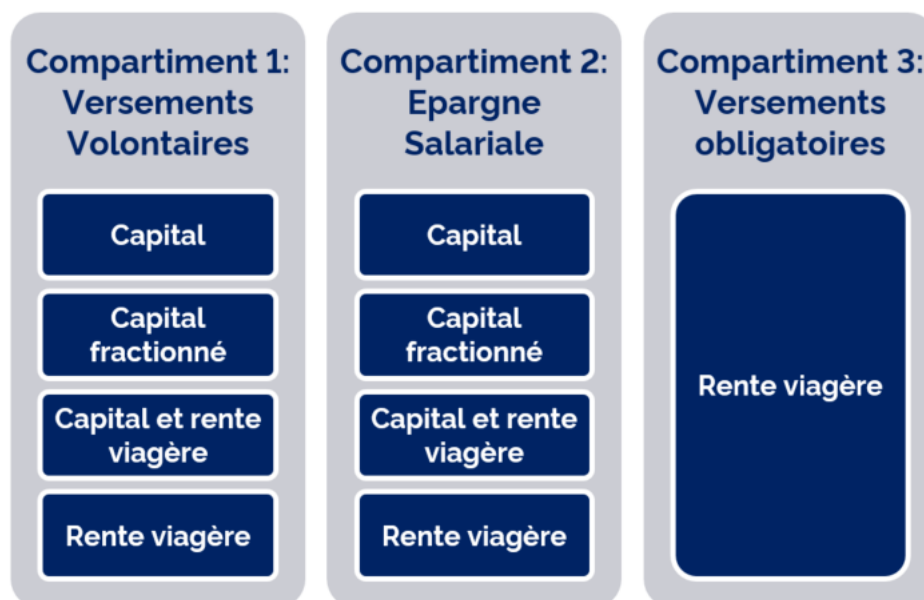


FIGURE 3.2 – Les différents types de sortie à la liquidation selon le compartiment

**Conditions de rachats anticipés :** Les conditions de sorties anticipées ont globalement été conservées. Elles ont été légèrement étendues, notamment pour l'épargne des compartiments 1 et 2 qui est déblocable en cas d'achat de la résidence principale. De même, la condition de départ anticipé correspondant au passage en invalidité de catégorie 2 ou 3 a été étendue au conjoint ou au partenaire de PACS et aux enfants. Cependant, seul le rachat total est permis. On a donc :

- Invalidité du titulaire, de ses enfants, de son époux ou épouse ou de son partenaire de PACS
- Décès de l'époux ou l'épouse 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
- Acquisition de la résidence principale (sauf droits issus du compartiment 3 du PER)

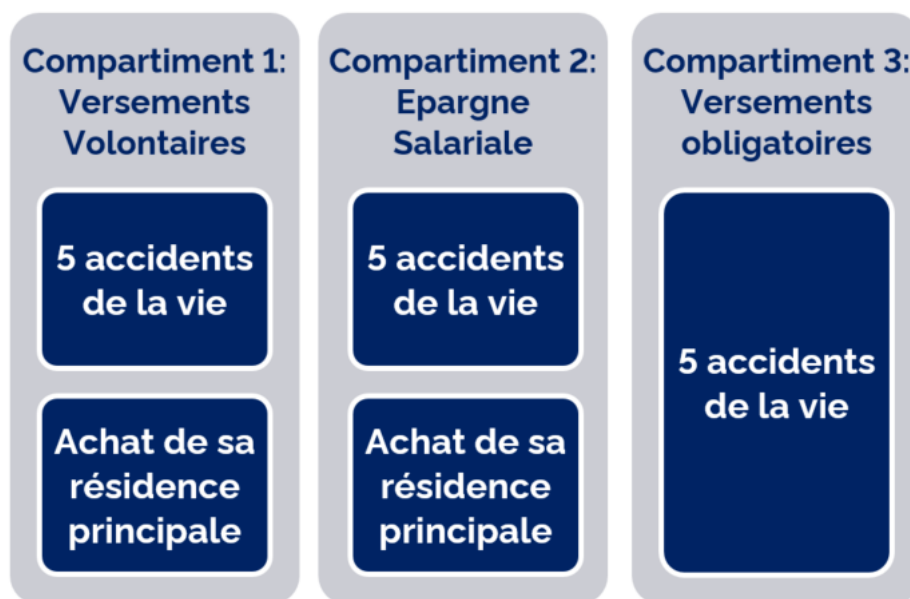


FIGURE 3.3 – Les différents cas de déblocage anticipé par compartiment

### 3.1.3 Un type d'allocation d'actif par défaut : la Gestion Pilotée

L'épargne de l'assuré est investie dans des actifs selon différents types de gestion. Cela peut être de la gestion libre, où l'épargnant détermine sa stratégie de gestion en choisissant la composition de son portefeuille de supports, ou bien de la gestion pilotée où l'assureur établit la stratégie au nom de l'épargnant.

Pour le PER, sauf mention contraire de l'épargnant, le type de gestion adopté est celui de la gestion à horizon pilotée. Ce type de gestion est inspiré de celui existant pour le PERCO. Le PER offre trois types de gestion à horizon pilotée à l'assuré, correspondant à son aversion au risque. Plus l'épargnant choisit un profil peu risqué, plus son capital est investi dans des actifs peu exposés au risque mais avec de faibles rendements. De plus, les allocations des actifs varient en fonction de l'horizon de la retraite. Plus l'assuré est proche du départ à la retraite, plus l'épargne est investie dans des actifs peu risqués. Le profil par défaut est "équilibré horizon retraite".

Par ailleurs, avec la gestion pilotée, il y a minimum 10% de l'épargne qui est investie dans des encours en titres Plan d'Epargne en Actions - Petites et Moyennes Entreprises. Cela s'inscrit dans un des objectifs de la loi PACTE qui est d'orienter l'investissement des Français vers le financement des entreprises, notamment des PME et TPE.

### 3.1.4 Transférabilité

#### Transferts entre deux produits antérieurs à la loi PACTE

Le transfert d'encours est possible uniquement entre deux produits de même nature. À l'exception des contrats Madelin et Article 83 dont les encours sont transférables entre eux. De même, les encours provenant d'un Madelin ou d'un Article 83 peuvent être transférés vers un PERP [9].

Cependant, des frais de transfert allant jusqu'à 5% du capital constitué, peuvent être appliqués si le premier versement a eu lieu il y a moins de 10 ans. Passé 10 ans, ces frais sont nuls.

### Transferts d'un produit antérieur à la loi PACTE vers un PER

Tous les droits acquis sur certains produits antérieurs à la loi PACTE sont transférables vers un compartiment spécifique du PER. Cette portabilité est résumée dans le tableau suivant :

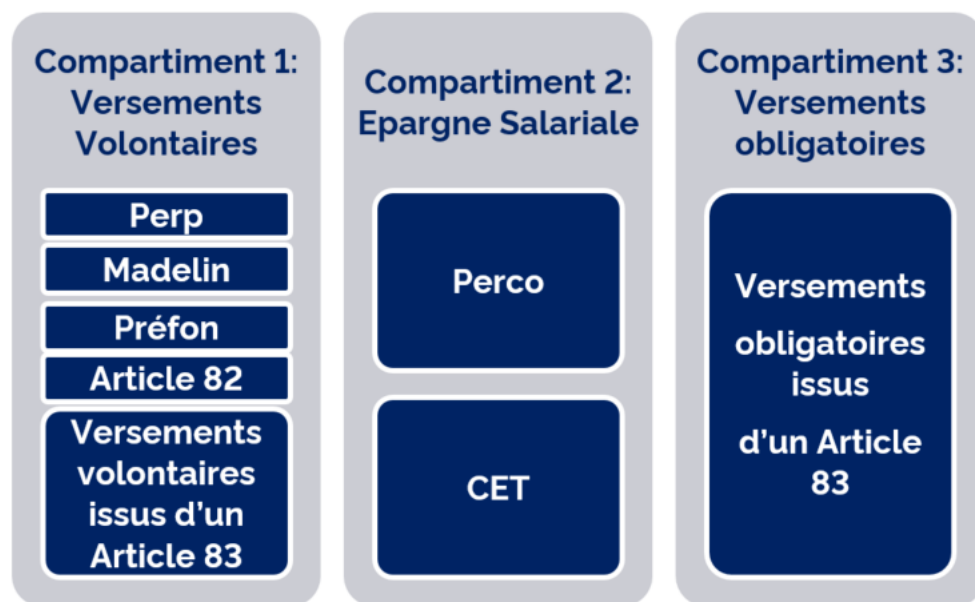


FIGURE 3.4 – Transferts de droits acquis sur des produits antérieurs à la loi PACTE vers un PER

### Transferts d'une Assurance Vie vers un PER

Jusqu'au 31/12/2022, il est possible de transférer son épargne provenant de son Assurance Vie vers le compartiment 1 de son PER Individuel.

Ce transfert n'est possible que pour les contrats d'Assurance Vie ayant plus de 8 ans et si l'on est à plus de 5 ans de l'âge de retraite légale, soit 57 ans.

De plus, ce transfert dispose d'un double avantage fiscal. En effet, l'abattement fiscal lié au rachat de son Assurance Vie est multiplié par deux, passant de 4600 euros d'abattement pour une personne seule, à 9200 euros. Pour les couples, on passe de 9200 euros à 18400 euros. L'avantage fiscal est double, puisque l'on peut également déduire ce transfert de l'impôt sur le revenu au même titre que les versements volontaires[9].

### Transferts entre deux PER

Les droits de contrats individuels en phase de constitution sont transférables vers tout autre PER. Cependant, ils ne peuvent être transférés que d'un compartiment vers un autre de même nature.

Les frais engendrés par ce transfert ne peuvent dépasser 1% de l'épargne. Par ailleurs, si le premier versement a eu lieu il y a plus de 5 ans, ces frais sont nuls.

De plus, il n'est possible de transférer ses droits individuels d'un PER Entreprise Collectif vers un autre PER avant le départ de l'entreprise que tous les trois ans.

Les droits individuels du PER Obligatoire sont transférables seulement lorsque l'assuré n'y adhère plus[9].

### 3.1.5 Régime fiscal du PER

La fiscalité dépend de nombreux facteurs, du type de PER, du compartiment, du type de sortie et de l'âge de l'assuré.

**Fiscalité durant la période de constitution :** Les versements du compartiment 1 sont déductibles du revenu imposable dans la limite d'un plafond. L'assuré peut choisir de ne pas bénéficier de cette exonération fiscale. Par ailleurs, les versements du compartiment 2 sont entièrement défiscalisés tout comme les versements du compartiment 3.

**Fiscalité durant la période de restitution :** Si l'épargnant choisit de déduire les versements du compartiment 1 de son PER du revenu imposable, la fiscalité est de la sorte :

- **Cas de sortie en capital :** Les plus-values sont soumises au prélèvement forfaitaire unique (PFU) à hauteur de 30%. Le capital, quant à lui, est assujéti à l'impôt sur le revenu.
- **Cas de sortie en rente :** La rente est soumise à l'impôt sur le revenu après un abattement de 10% . Il s'agit du régime fiscal des rentes viagères à titre gratuit.

Si l'épargnant choisit de ne pas déduire les versements du compartiment 1 de son PER, la fiscalité est de la sorte :

- **Cas de sortie en capital :** Les plus-values sont soumises au prélèvement forfaitaire unique (PFU), le capital n'est pas imposable.
- **Cas de sortie en rente :** La rente est soumise à l'impôt sur le revenu suivant le régime de rentes viagères à titre onéreux. Autrement dit, la part de la rente assujéti à l'impôt sur le revenu dépend de l'âge de l'épargnant. 70% de la rente est imposable pour les assurés de moins de 50 ans, 50% pour ceux entre 50 et 59 ans, 40% pour ceux entre 60 et 69 ans et 30% pour ceux de plus de 69 ans.

Pour les versements issus du compartiment 2 :

- **Cas de sortie en capital :** Les plus-values sont assujéties au PFU à hauteur de 30%. Le capital quant à lui est exonéré d'impôts.
- **Cas de sortie en rente :** La rente est soumise à l'impôt sur le revenu selon le régime des rentes viagères à titre onéreux.

Pour les versements issus du compartiment 3, l'épargnant ne peut liquider son épargne que sous forme de rente viagère. Ces rentes sont assujéties à l'impôt sur le revenu selon le régime des rentes viagères à titre onéreux.

**Fiscalité en cas de déblocage anticipé :** En cas d'accident de la vie, le capital est exonéré d'impôts. En revanche, les plus-values sont soumises aux prélèvements sociaux à hauteur de 17,2%.

En cas de déblocage anticipé afin de financer l'achat de sa résidence principale, la fiscalité dépend du compartiment et du choix de l'assuré de déduire ses versements de l'impôt sur le revenu ou non.

- **Pour les versements déduits de l'impôt sur le revenu du Compartiment 1 :** Le capital est assujéti à l'impôt sur le revenu et les plus-values sont soumises au PFU à hauteur de 30%.
- **Pour les versements non-déduits de l'impôt sur le revenu du Compartiment 1 :** Le capital est exonéré d'impôt sur le revenu. En revanche, les plus-values sont soumises au PFU à hauteur de 30%.
- **Pour les versements du Compartiment 2 :** Le capital est exonéré d'impôt sur le revenu et les plus-values sont soumises aux prélèvements sociaux à hauteur de 17,2%.

Pour résumer :

	Versements Volontaires		Participation, intéressement, CET	Versements obligatoires
Fiscalité à l'entrée	Versements déduits	Versements non déduits	Exonération d'IR	Exonération d'IR
Fiscalité pour une sortie en capital	Capital soumis à l'IR	Capital exonéré d'IR	Capital exonéré d'IR	Pas de sorties en capital
	Plus-values soumises au PFU		Plus-values soumises aux prélèvements sociaux	
Fiscalité pour une sortie en rentes	Imposable à l'IR au titre des RVTG	Imposable à l'IR au titre des RVTO	Imposable à l'IR au titre des RVTO	Imposable à l'IR au titre des RVTO

FIGURE 3.5 – Tableau récapitulatif de la fiscalité du produit PER

## 3.2 Synthèse

Ainsi, avec la création d'un produit unique, la retraite supplémentaire a été grandement simplifiée, tout en conservant un large choix et une grande liberté.

En effet, le PER est un produit bien plus souple que les anciens produits de retraite supplémentaire permettant de racheter son contrat dans le but de financer l'achat de sa résidence principale. Ce point permet de réduire un des inconvénients qui repoussait certains épargnants et les dirigeait vers l'assurance vie. Le capital constitué n'est plus bloqué jusqu'à un horizon lointain.

De plus, le produit PER propose différents types de sortie, et est beaucoup plus personnalisable que ne le permettait par exemple le PERP, permettant ainsi de s'adapter aux différents profils d'assurés.

Le PER a également permis de rendre la retraite supplémentaire plus attractive grâce à sa fiscalité avantageuse et plus diversifiée.

Par ailleurs, avec ce produit, le gouvernement cherche à dynamiser l'économie. On peut le remarquer avec la mise en place d'une gestion pilotée par défaut avec un minimum de 10% de l'épargne investie dans les titres Plan d'Épargne en Actions - Petites et Moyennes Entreprises. On peut noter également que les transferts instaurés par la loi PACTE permettront de répondre aux changements fréquents d'employeurs en évitant d'avoir à renégocier une épargne retraite par des clauses génériques engageant l'ensemble des organismes d'épargne. L'organisme d'assurance doit faire en sorte que les clauses contractuelles répondent à cet objectif de portabilité. Les transferts vont sûrement entraîner une concurrence bien plus forte entre les assureurs. En effet, un assuré mécontent du rendement de son PER Individuel ou PER Entreprise Collectif pourra transférer son épargne chez un autre assureur.

La création du PER aura donc un grand impact sur le secteur de la retraite supplémentaire et va certainement modifier le comportement des assurés. Il va donc falloir modéliser ces changements de comportement et mesurer leurs impacts, ce que nous allons tenter de faire dans les prochains chapitres.

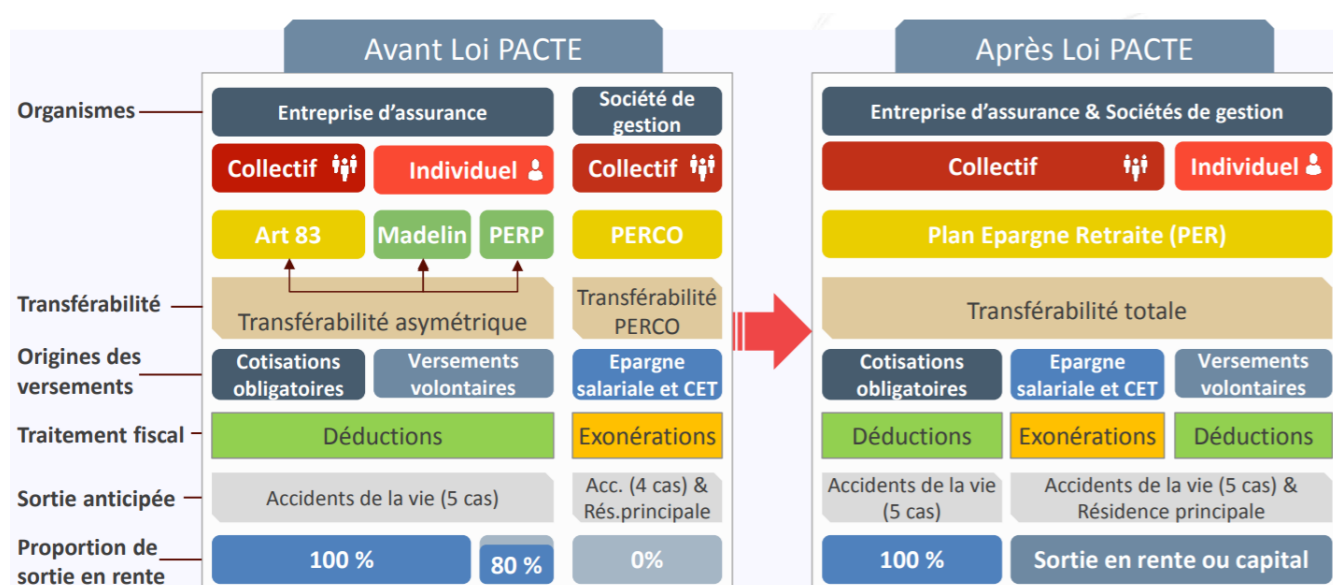


FIGURE 3.6 – Tableau récapitulatif des changements entraînés par la création du PER [1]

# Chapitre 4

## La modélisation ALM d'un nouveau produit : le PER

Sous Solvabilité I, le passif suffisait à calculer les exigences en capital réglementaire, sous Solvabilité II, les règles de calcul des capitaux réglementaires sont complexes. En effet, cette norme impose que l'on fasse des valorisations de type « Best Estimate », reflétant le plus fidèlement la réalité. De plus, la valeur économique des passifs d'assurance dépend à la fois de l'actif et du passif par exemple via les rachats et la participation aux bénéfices. Ainsi, il est préférable d'utiliser des méthodes de simulation tenant compte des interactions entre l'actif et le passif. Le modèle ALM permet ainsi de projeter dans le temps les portefeuilles de passif et d'actif grâce à de nombreuses hypothèses, notamment sur l'environnement financier avec les scénarios économiques, la sinistralité du portefeuille et le comportement des assurés...

Ces hypothèses tels que les scénarios économiques, la politique de revalorisation des contrats, les lois comportementales telles que les lois de liquidation ou de rachats sont donc déterminantes pour projeter dans le temps les différents portefeuilles et ainsi calculer les différentes métriques.

Ainsi dans ce mémoire, nous traiterons des lois comportementales et des différentes hypothèses de modélisation puisqu'elles sont grandement modifiées par les différentes possibilités proposées par la loi PACTE, notamment en terme de rachat, de transférabilité et de type de sortie.

### 4.1 Rappels de comptabilité des assurances

Les modèles ALM utilisent beaucoup de notions liées à la comptabilité des assurances. C'est pourquoi dans cette partie, nous allons présenter différents éléments liés à ce domaine.

#### 4.1.1 Le taux technique

Le taux technique est le rendement financier minimum sur lequel s'engage un assureur pour un contrat d'assurance et qui est anticipé dans le calcul des cotisations ou des provisions mathématiques par actualisation des flux financiers futurs.



La formule du taux technique est définie comme suit :

$$\text{Taux Technique} = \text{Min}(3.5\%, 60\% \text{ du TME}) \quad (4.1)$$

Le TME étant le Taux Moyen des emprunts d'État sur les 6 derniers mois. C'est le taux de rendement sur le marché secondaire des emprunts d'État à taux fixe supérieurs à 7 ans.

#### **4.1.2 La participation aux bénéfices**

La gestion des cotisations épargnées dégage des produits dénommés bénéfices techniques et financiers. La participation aux bénéfices est une obligation légale à la charge des assureurs selon laquelle les assureurs font participer leurs assurés à ces bénéfices techniques et financiers.

##### **Le minimum réglementaire**

L'assureur doit verser à l'assuré dans l'année au minimum :

- 85% du solde du compte financier, soit les gains réalisés grâce au placement de l'épargne de l'assuré
- 90% du solde du compte technique, soit les gains propres à l'activité d'assurance de placement des primes et de respect des engagements auprès des assurés.

Le calcul de la participation au bénéfice peut être calculé au global pour les contrats en phase de constitution et les contrats en phase de restitution, c'est ce qui est fait dans le modèle que nous allons vous présenter.

##### **Le participation aux bénéfices contractuelle**

La distribution et le fonctionnement de la PB contractuelle sont présents dans les conditions générales du contrat signé par l'assuré. Le contrat doit préciser :

- les conditions d'affectation des bénéfices techniques et financiers
- le montant et les modalités de répartition de la participation aux bénéfices
- les modalités de calcul et d'attribution de la participation aux bénéfices

A cette participation aux bénéfices contractuelle peut être ajoutée une participation aux bénéfices discrétionnaire. L'assureur n'est pas dans l'obligation de la verser, mais il le fait à des fins stratégiques (pour être plus attractif, remporter des appels d'offres, etc...)

#### **4.1.3 Le Taux Minimum Garanti (TMG)**

Le Taux Minimum Garanti Annuel est le taux minimal de la revalorisation annuelle des provisions mathématiques accordé par un assureur pour un contrat en euros.

Le TMG peut être défini contractuellement pour un nombre d'années défini.

#### 4.1.4 La provision pour participation aux excédents (PPE)

Le montant de la participation aux bénéfices peut être affecté directement aux provisions mathématiques ou porté, partiellement ou totalement, à la provision pour participation aux excédents. Les sommes portées à cette dernière provision sont affectées à la provision mathématique ou versées aux souscripteurs au cours des huit exercices suivant celui au titre duquel elles ont été portées à la provision pour participation aux excédents.

La PPE sert à lisser dans le temps la revalorisation des contrats pour s'affranchir des fluctuations des rendements financiers et d'autres chocs potentiels. Les reprises sur cette provision permettent de doper les taux servis sans influencer le résultat puisque les mouvements sont seulement entre passifs. L'assureur peut aussi doter la PPE pour offrir des taux plus concurrentiels à l'avenir.

#### 4.1.5 Les provisions mathématiques

Les provisions mathématiques représentent la dette de l'assureur envers les assurés et constituent la plus grande partie du passif de l'assureur. L'article R 331-3 du Code des assurances les définit comme la différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par l'assuré.

La formule d'une provision mathématique de rente d'un assuré d'âge  $x$  s'écrit :

$$PM = R \times \ddot{a}_x$$

Avec :

- $R$  le montant de la rente perçue annuellement
- $\ddot{a}_x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(1+Taux\ Technique)^k} \times {}_k p_x$
- ${}_k p_x$  la probabilité que l'assuré d'âge  $x$  vive  $k$  années de plus

#### 4.1.6 Les Plus ou Moins Values Latentes (PMVL)

Les plus-values latentes sont les bénéfices réalisés sur la cession d'un titre. C'est la différence positive entre le prix de vente d'un actif et son prix d'achat initial. Pour la plupart des entreprises, les plus values constituent un produit non récurrent. La moins-value est la perte réalisée sur la cession d'une valeur mobilière. C'est la différence négative entre le prix de vente d'un actif et son prix d'achat initial.

#### 4.1.7 La Réserve de Capitalisation

Lors de la cession d'une obligation, l'assureur doit doter ou reprendre une réserve, la réserve de capitalisation, de la différence entre le prix de cession et le prix théorique de l'obligation déterminé avec un taux d'actualisation égal au taux de rendement de l'obligation à l'achat.

Autrement dit, il s'agit de verser ou prélever la différence entre le prix de vente et la valeur nette comptable. Le mécanisme de la réserve de capitalisation vise à ce que la vente d'obligations par l'assureur avant leur terme n'ait pas d'impact sur le rendement global des investissements.

#### 4.1.8 Le compte de résultat

Le compte de résultat représente les différents flux impactant le patrimoine de l'assureur au cours de l'exercice (une année). Le résultat, lui, représente alors la variation de patrimoine de l'assureur sur l'année. Les produits étant les flux positifs et les charges les flux négatifs.

Le compte de résultat est alors composé de trois comptes distincts : le compte technique qui répertorie les flux liés à l'activité d'assurance, le compte financier qui répertorie les flux liés aux placements financiers de l'assureur et le compte administratif lui qui répertorie les flux liés à la gestion des contrats.

Dans le cadre de notre modélisation ALM, nous avons fait le choix d'étudier un portefeuille fermé, il n'y a donc pas de primes versées ni de nouveaux entrants. Voici donc le compte de résultat associé :

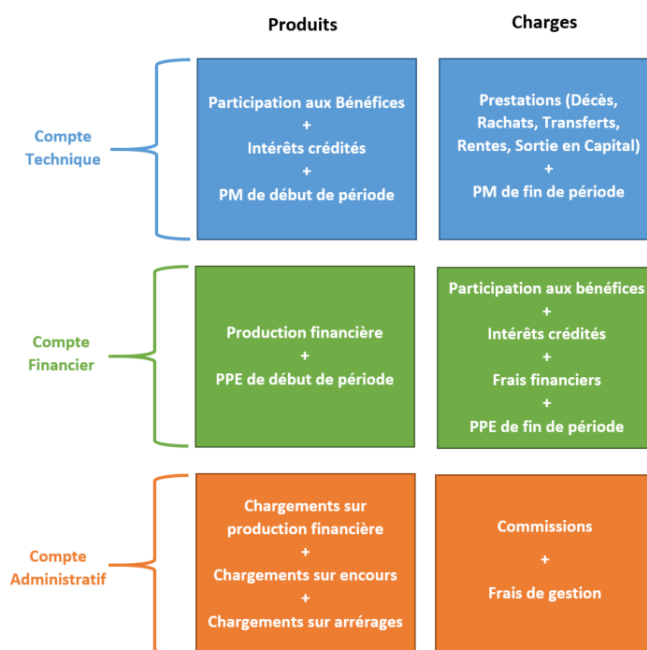


FIGURE 4.1 – Description des produits et charges d'un compte de résultat en Retraite

## 4.2 Présentation générale d'un modèle ALM

### 4.2.1 Les approches possibles dans un modèle ALM

Certains éléments du résultat, comme la participation aux bénéfices, sont intimement liés aux performances financières de l'organisme d'assurance. Il est donc nécessaire de simuler ces dernières pour pouvoir projeter dans le temps ses résultats. Pour ce faire, on utilise des scénarios

économiques, il y a alors deux approches possibles :

- **L'approche déterministe** : avec cette méthode, on ne considère qu'un seul scénario économique. Un scénario économique correspond à une projection sur un horizon d'intérêt de grandeurs économiques et financières : taux d'intérêt, prix des actions, taux d'inflation, spread de crédit, immobilier etc.
- **L'approche stochastique** : avec cette méthode, on considère une multitude de scénarios économiques construits par un générateur de scénarios économiques (GSE). Ces scénarios peuvent être centraux, c'est à dire avoir une tendance proche de l'actuelle et sans de fortes variations, ou bien être des scénarios choqués reflétant un cas de "catastrophe" tels que la chute du cours des actions, une baisse significative des taux d'intérêts etc.

Cette approche est bien plus précise que la déterministe. En effet, cette approche utilise la méthode de Monte-Carlo qui se base sur la loi des grands nombre, selon laquelle la moyenne empirique est un estimateur fortement convergent de l'espérance. Ainsi, en projetant un modèle selon un nombre conséquent de scénarios, le Best Estimate (BE) s'obtient par moyenne des résultats de chaque scénario.

Cependant, cette approche a pour principal défaut qu'elle demande beaucoup de ressources et souvent un temps de calcul très élevé. Ainsi on optera pour la méthode déterministe ou stochastique selon que l'on souhaite avoir des résultats très fins ou bien très rapidement.

#### 4.2.2 L'actif

Dans un modèle ALM, les actifs sont généralement regroupés dans des Model Points. Ils regroupent principalement des actions, des obligations, de l'immobilier, des OPCVM, du monétaire et des produits dérivés. Dans ces Model Points, diverses caractéristiques sont renseignées selon la nature de l'actif. Par exemple, pour une obligation, il y a la maturité, la valeur de remboursement, la valeur des coupons, le type de taux etc...

De plus, il y a de nombreuses hypothèses sur les actifs tels que les scénarios économiques concernant les taux variables, les indices de croissance des actions, les indices de croissance de l'immobilier etc...

#### 4.2.3 Le passif

Dans un modèle ALM, le passif correspond au portefeuille d'assurés résumé dans un Model Point. Ce dernier comporte des lignes d'assurés agrégés par caractéristiques similaires. Parmi ces caractéristiques il y a le sexe, l'âge, l'ancienneté, le montant de provisions mathématiques, le taux de revalorisation etc...

De plus, il y a de nombreuses hypothèses sur le passif qui sont déterminantes pour les projections. Ces hypothèses portent par exemple sur les conditions de sortie du régime, tels que la mortalité, le rachat ou la liquidation.

## 4.3 Présentation du modèle ALM en Epargne

### 4.3.1 Contexte

Afin de réaliser cette étude, nous sommes partis d'un modèle ALM en Epargne. Par la suite, nous l'avons modifié afin d'obtenir un modèle ALM Retraite adapté au PER.

Ainsi, dans un premier temps, nous allons présenter le modèle Epargne Euro, puis nous décrirons les modifications effectuées pour construire le modèle ALM du PER.

### 4.3.2 Inputs

Les inputs comportent les différentes hypothèses sur l'actif et le passif, ainsi que leurs caractéristiques.

La calibration des inputs a donc une très grande importance sur la projection du modèle. Ainsi, dans ce mémoire, nous nous concentrerons particulièrement sur ces derniers et notamment sur les inputs du passif.

Ces inputs comportent :

- Les portefeuilles d'assurés à travers les Model Points
- Le stock d'actifs simplifiés à travers les Model Points
- Le taux de commission des apporteurs d'affaire
- Les différents taux de chargement

Afin de pouvoir évaluer correctement à chaque pas de projection, l'état de son actif et son passif, il est nécessaire de faire des hypothèses.

Ces dernières peuvent par exemple porter sur le comportement des assurés, ces hypothèses permettent ainsi de pouvoir déterminer quelles prestations l'assureur doit verser. Les hypothèses sur l'environnement financier permettent d'évaluer la valeur de son actif au cours du temps.

Ces hypothèses sont regroupées en trois catégories :

#### Les hypothèses sur le comportement des assurés

- Les hypothèses sur la mortalité des assurés, via la table TH 00-02
- Les hypothèses sur les rachats des assurés, via une table de rachat partiel, une table de rachat total

#### Les hypothèses sur l'environnement financier

Ces hypothèses sont alimentées par des scénarios économiques. Ces derniers portent sur :

- Les courbes de taux
- Les indices de rendements (actions, immobiliers ...)
- Les taux de dividendes et de loyers

### Les hypothèses de revalorisation

- Le montant de provision pour participation aux excédents (PPE) initiale
- Le montant de réserve de capitalisation initiale
- Les paramètres de la stratégie de revalorisation

### Les hypothèses de modélisation

- Date de début de projection
- Le pas de projection
- Le type de projection : déterministe ou stochastique
- Le choix du type de scénarios utilisés : centraux ou catastrophes

### 4.3.3 Déroulement d'un pas de projection

L'outil est pensé de manière itérative, c'est-à-dire, que l'année N est déterminée par N-1. On projette donc l'actif et le passif année par année. Chaque année représente un pas de projection où interviennent différents événements. On a donc chronologiquement :

#### Obtention de la provision mathématique de début de période

Au début de la période, la provision mathématique est égale à la provision mathématique de fin de la période précédente.

#### Obtention de la provision mathématique de milieu de période

En milieu de période, la PM est obtenue en retranchant au montant de PM en début de période le montant des sorties (ici les décès et les rachats totaux ou partiels) et en y ajoutant les intérêts techniques de milieu de période.

Ainsi :

$$PM_N^{Milieu} = PM_N^{Début} + IC_N^{1^{ère}demi-période} - Décès_N - Rachats_N$$

Avec :

- $PM_N^{Début} = PM_{N-1}^{Fin}$
- $IC_N^{1^{ère}demi-période} = PM_N^{Début} \times ((1 + Taux\ Technique)^{\frac{1}{2}} - 1)$
- $Décès = {}_1q_{x+N-1} \times PM_N^{Début}$
- $Rachats\ Partiels = (PM_N^{Début} + IC_N^{1^{ère}demi-période}) \times (Taux\ Rachat\ Partiel)$
- $Rachats\ Totaux = (PM_N^{Début} + IC_N^{1^{ère}demi-période}) \times (Taux\ Rachat\ Total)$
- $Rachats = Rachats\ Partiels + Rachats\ Totaux$

## Obtention de la provision mathématique de fin de période avant revalorisation

En fin de période avant revalorisation de fin d'année, la PM est obtenue en ajoutant les intérêts techniques de seconde période.

Ainsi :

$$PM_N^{Fin\ Avant\ Revalo} = PM_N^{Milieu} + IC_N^{2^{ème}\ demi-période}$$

Avec :

$$- IC_N^{2^{ème}\ demi-période} = PM_N^{Milieu} \times ((1 + Taux\ Technique)^{\frac{1}{2}} - 1)$$

On détermine également la PM participante (PMP), servant d'assiette pour la PB cible :

$$PMP_N = PM_N^{Milieu} + \frac{Rachats}{2}$$

On a alors enfin la PB cible :

$$PB_N^{cible} = PMP_N \times Taux_{PB}$$

## Stratégie financière

La stratégie financière est un algorithme d'allocation d'actif sous contraintes, les contraintes étant les différentes prestations à financer et une PB cible à atteindre sachant que l'on dispose comme portefeuille d'actifs à l'année N, le portefeuille d'actifs final de l'année N-1.

Donc dans un premier temps on calcule les flux issus de nos actifs, si ces derniers ne sont pas suffisants pour payer les prestations (Décès, Rachats), l'algorithme vend des actifs afin de disposer de cash et donc régler les prestations.

Puis dans un second temps, l'algorithme achète et vend des actifs afin de dégager une production financière qui servira à atteindre si possible la PB cible.

## Calcul de la revalorisation

Les calculs de revalorisation sont faits à la maille portefeuille puis répartis sur l'ensemble des lignes du Model Points.

La revalorisation se calcule à partir d'un algorithme d'optimisation sous contrainte. Il faut financer au mieux certaines prestations avec les ressources à disposition.

Il y a deux types de prestations, celles qui doivent obligatoirement être servies et celles qui sont servies lorsque cela est possible.

Les contraintes obligatoires sont :

- les intérêts crédités
- les chargements

Elles peuvent être financées via les ressources suivantes et dans cet ordre :

- la production financière
- les plus-values latentes
- les fonds propres

Les contraintes non-obligatoires quant à elles sont :

- Un objectif de participation aux bénéfices discrétionnaire (PB cible)
- Un objectif de niveau de richesse et de provision pour participation aux excédents

Elles peuvent être financées par les ressources suivantes et dans cet ordre :

- la production financière non consommée par les contraintes obligatoires
- les plus-values latentes non consommées par les contraintes obligatoires
- la provision pour participation aux excédents

Ainsi, l'algorithme de revalorisation permet de calculer la participation au bénéfice atteinte au globale en tentant de gérer au mieux les richesses et les besoins de financement. Cette PB atteinte globale est alors ventilée sur toutes les lignes du Model Points.

### **Obtention de la provision mathématique de fin de période**

En fin de période la PM est égale à la PM avant la revalorisation à laquelle est ajoutée la revalorisation et retranchée des prélèvements sociaux.

Ainsi :

$$PM_N^{fin} = PM_N^{Fin Avant Revalo} + PB_N - Prélèvements sociaux_N$$

Avec :

$$\begin{aligned} - Revalorisation_N^{Hors Sortie} &= PB_N + IC_N^{1^{re} demi-période} \times \frac{Décès_N + Rachats_N}{PM_N^{Milieu} + Décès_N + Rachats_N} + \\ &IC_N^{2^{eme} demi-période} \\ - Prélèvements sociaux_N &= Revalorisation_N^{Hors Sortie} \times Taux de prélèvement légal \end{aligned}$$

### **Obtention des actifs de fin de période**

Une fois que les prestations sont réglées, que la production financière est dégagée et que la revalorisation est distribuée, on réévalue la valeur des actifs grâce des indices de performance



générés par des générateurs de scénarios économiques.

**Pour résumer schématiquement :**

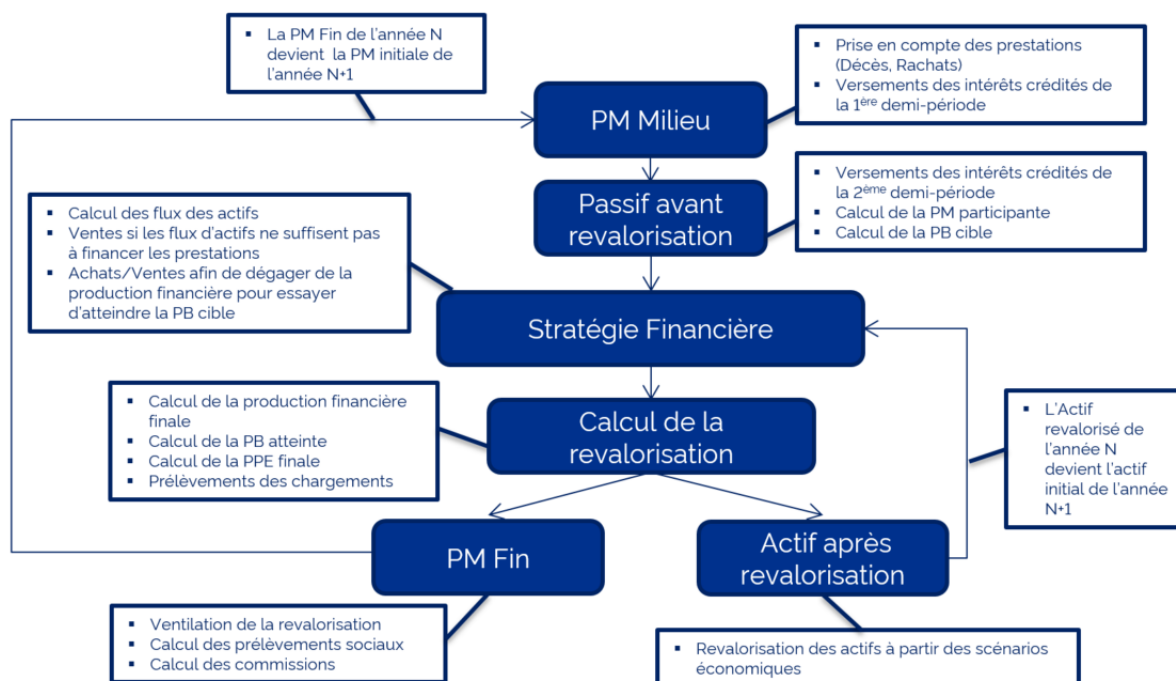


FIGURE 4.2 – Schéma récapitulatif du fonctionnement du modèle ALM Epargne

#### 4.3.4 Outputs

Les différents outputs du modèle ALM sont :

- Les flux et la valeur des actifs à chaque pas de projection.
- Un compte de résultat pour chaque pas de projection.
- Un bilan économique détaillé comprenant le BE et la VIF.
- Les différents BSCR de module, le BSCR, la duration du passif et de l'actif

## 4.4 L'outil de modélisation ALM Retraite adapté à la loi PACTE

Dans cette partie, nous aborderons les principaux changements qui ont été effectués en partant du modèle Epargne afin de construire le modèle Retraite post loi PACTE. Les points qui n'auront pas été évoqués n'ont pas subis de changement par rapport au modèle Epargne.

#### **4.4.1 Les inputs qui ont changé**

Afin de modéliser le PER, nous avons dû changer plusieurs inputs et réaliser de nouvelles hypothèses.

##### **Les taux techniques**

Les taux techniques sont les taux qui permettent de calculer les intérêts crédités qui sont attribués au titre de la revalorisation.

Cependant, la loi PACTE impose que le taux technique soit au plus à 0%, il n'y a donc plus d'intérêts crédités. La revalorisation est uniquement constituée de la participation aux bénéfices.

##### **La table de mortalité**

Dans le cas de la retraite, on ne provisionne pas les mêmes types d'engagements que pour l'épargne.

En effet, les engagements de l'assureur sont principalement des rentes. Ainsi, la table de mortalité TH-02 ne convient plus, il faut utiliser une table générationnelle.

Nous avons donc utilisé les tables réglementaires TGF05 et TGH05.

##### **Loi de rachats**

Le rachat est permis pour les compartiment 1 et 2 du PER dans le cadre de l'achat de sa résidence principale. Il a donc fallu calibrer la loi de rachat afin de l'adapter au PER.

Afin de construire cette loi de rachat, nous avons utilisé un modèle non-paramétrique puis nous avons lissé la loi ainsi obtenue. Cette loi a été construite à partir des données d'un produit dont les conditions de déblocage anticipé sont proches de celle du produit PER, la construction de cette dernière sera détaillée plus loin dans le mémoire.

Nous avons fait le choix de négliger les déblocages anticipés liés au compartiment 3 parce qu'ils ne sont possibles que dans le cas des accidents de la vie, ce qui nous semblait très rare, donc négligeable.

##### **Prise en compte des transferts**

Les transferts entre deux PER représentent une des causes de sortie du modèle, il a donc fallu les modéliser.

Ainsi, pour le PER Individuel et le PER Entreprise Collectif nous avons jugé que les transferts sont assimilables à un rachat dynamique. En effet, l'assuré ne transfère ses droits vers un autre PER que s'il juge que le rendement de son contrat est plus faible que ce que peuvent lui proposer d'autres contrats sur le marché.

Pour le PER Obligatoire, l'assuré ne peut transférer son contrat que lorsqu'il n'est plus tenu d'y adhérer, nous avons donc fait le choix d'assimiler dans ce cas les taux de transferts aux taux de turnover.

## Division en compartiments

Le produit PER est divisé en trois compartiments. Chaque compartiment répond à des règles propres en terme de fiscalité ou de rachat, les comportements des assurés dépendront de chaque compartiment. C'est pourquoi nous avons décidé de modéliser les trois compartiments séparément.

Ainsi, la PM initiale est divisée en trois compartiments, la répartition de la PM entre les compartiments dépend évidemment du type de PER que l'on va modéliser.

Nous avons opté, pour le PER Obligatoire, pour 15% pour le compartiment 1, 5% pour le compartiment 2 et 80% pour le compartiment 3. Pour le PER Entreprise Collectif, nous avons opté pour 5% de compartiment 1, 90% de compartiment 2 et 5% de compartiment 3. Pour le PER Individuel, pour 90% pour le compartiment 1 et 5% pour le compartiment 2 et 5% pour le compartiment 3.

Le produit PER n'étant pas encore commercialisé par CNP Assurances et n'étant pour le moment que très peu présent sur le marché, nous n'avons pas à disposition les données qui auraient pu permettre de déterminer statistiquement ces pourcentages. Ils ont donc été fixés par avis d'expert.

### 4.4.2 Mise en place d'une phase de restitution

Nous avons modélisé deux phases : la constitution et la restitution.

La constitution correspond à la période où l'assuré épargne pour se constituer une retraite, tandis que la restitution correspond à la période où l'assuré perçoit sa retraite.

Dans un produit d'Epargne, il n'y a que la phase de constitution, il a donc fallu modéliser la phase de restitution. Pour ce faire, il a fallu déterminer les moments de liquidation de la retraite. Nous avons utilisé une loi de liquidation construite à partir des données du produit A. En effet, nous avons estimé que ce produit est assez proche au niveau de la liquidation du produit PER, il paraissait donc cohérent d'utiliser cette loi.

Par ailleurs, nous avons raisonné en pourcentage de PM, c'est à dire que si un assuré a une probabilité de liquider sa retraite de  $x\%$ , alors sa PM de restitution sera donc de  $x\% \times PM$ .

Dans ce mémoire, nous avons fait le choix de ne modéliser que les rentes viagères et sans réversion.

De plus, nous avons décidé d'appliquer le même algorithme de revalorisation pour les PM de constitution et de restitution. Donc toutes choses égales par ailleurs, la PM de restitution et de constitution bénéficieront du même taux de revalorisation.

### 4.4.3 Dérroulement d'un pas de projection du modèle Retraite

Nous avons différencié deux types de provisions mathématiques, la PM de constitution, correspondant au capital des assurés épargnants encore pour leur retraite, et la PM de restitution correspondant au capital des retraités.

Nous avons donc deux types d'assurés en input, ceux qui sont en phase de constitution et ceux en phase de restitution.

On a donc chronologiquement :

#### Obtention des provisions mathématiques de début de période

Au début de la période, les provisions mathématiques sont égales aux provisions mathématiques de fin de la période précédente

#### Obtention des provisions mathématiques de milieu de période

En milieu de période, la provision mathématique de constitution est obtenue exactement de la même manière que la PM milieu du modèle Epargne, si ce n'est qu'il n'y a pas d'intérêts crédités et qu'en plus des rachats et des décès, on compte les transferts parmi les prestations.

Le calcul du transfert est différent selon le produit que l'on modélise. Pour le PER Individuel et le PER Entreprise Collectif, le transfert est calculé de la même manière que le rachat dynamique des produits d'Assurance Vie. Pour le PER Obligatoire, l'épargne n'est transférable qu'en cas de départ de l'entreprise, nous avons donc appliqué à l'épargne du PER Obligatoire des taux de turnover.

On a alors :

$$PM_N^{Milieu\ Constit} = PM_N^{Début\ Constit} - Décès_N - Rachats_N - Transferts_N$$

En milieu de période, la provision mathématique de restitution est calculée à partir de la rente finale de l'année N-1 à laquelle on applique le taux de survie afin de modéliser les décès sur les rentes. Ainsi :

$$PM^{Milieu\ Restit} = Rente_N^{Milieu} \times a_{x+N-1}$$

Avec :

$$- Rente_N^{Milieu} = {}_1p_{x+N-1} \times Rente_{N-1}^{Fin}$$

#### Stratégie financière

La stratégie financière est identique au modèle Epargne si ce n'est que parmi les prestations à financer, on compte en plus les rentes et capitaux servis aux retraités et les transferts des assurés en phase de constitution.

## Calcul de la revalorisation

Le processus de revalorisation est exactement le même que dans le Modèle Epargne. On calcule donc une participation aux bénéfices globale, avec une provision mathématique participante correspondant à la somme des provisions de constitution et de restitution de milieu de période à laquelle on a ajouté la moitié des rachats et des transferts.

## Obtention des provisions mathématiques après revalorisation

Les provisions mathématiques sont les provisions de milieu de période auxquelles est ajoutée la revalorisation et auxquelles on retranche les prélèvements sociaux. La revalorisation et les prélèvements sociaux sont calculés globalement, mais sont alloués à la PM de constitution et de restitution proportionnellement à leur poids.

Ainsi :

### Pour la constitution :

$$PM_N^{Constit\ revalorisée} = PM_{Milieu\ Constit\ N} + PB_N^{Constit} - Prélèvements\ sociaux_N^{Constit}$$

Avec :

$$\begin{aligned} - PB_N^{Constit} &= \frac{PB_N^{Globale} \times PM_N^{Milieu\ Constit}}{PM_N^{Milieu\ Constit} + PM_N^{Milieu\ Restit}} \\ - Prélèvements\ sociaux_N^{Constit} &= PB_N^{Constit} \times Taux\ de\ prélèvement\ légal \end{aligned}$$

### Pour la restitution :

$$PM_N^{Restit\ revalorisée} = PM_{Milieu\ Restit\ N} + PB_N^{Restit} - Prélèvements\ sociaux_N^{Restit}$$

Avec :

$$\begin{aligned} - PB_N^{Restit} &= \frac{PB_N^{Globale} \times PM_N^{Milieu\ Restit}}{PM_N^{Milieu\ Constit} + PM_N^{Milieu\ Restit}} \\ - Prélèvements\ sociaux_N^{Restit} &= PB_N^{Restit} \times Taux\ de\ prélèvement\ légal \end{aligned}$$

## Obtention des provisions mathématiques de fin de période

En fin de période, après la revalorisation, les assurés liquident leur épargne. Ils passent donc de la phase de constitution à la phase de restitution. On raisonne en montant de PM, ainsi, pour chaque ligne, le montant de PM passant de la constitution à la restitution correspond à un pourcentage de la PM de constitution. Ce pourcentage est la probabilité que l'assuré liquide sa retraite à cet instant.

Ces taux de liquidation proviennent d'une loi de liquidation qui a été construite sur le produit A. La loi PACTE n'ayant pas modifié les conditions liées à l'âge de sortie, nous avons jugé qu'il ne devrait pas y avoir de différences significatives. On a alors :

$$PM_N^{Liquidée} = Taux\ de\ liquidation_{x+N} \times PM_N^{Constit\ revalorisée} \quad (4.2)$$

Cependant, en fonction du compartiment de son PER, l'assuré peut liquider son épargne sous différentes formes. Ainsi pour les compartiments 1 et 2 nous avons fixé 85% de liquidation de l'épargne en capital et 15% en rentes. Nous justifierons cette répartition dans le chapitre suivant.

Concernant le compartiment 3, il n'est possible de liquider son épargne qu'en rente, il n'y a donc pas de sujet, le taux de sortie en capital est de 0%.

Par ailleurs, au moment de la liquidation, on prélève des chargements sur arrérage sur la partie liquidée en rente. Ainsi :

$$PM_N^{Liquidée\ Rentes} = (1 - Taux\ Capital) \times PM_N^{Liquidée} \times (1 - Taux\ Chargements\ sur\ Arrérages)$$

$$Capital_N = Taux\ Capital \times PM_N^{Liquidée}$$

D'où :

$$PM_N^{ConstitFin} = PM_N^{Constit\ revalorisée} - PM_N^{Liquidée}$$

$$PM_N^{RestitFin} = PM_N^{Restit\ revalorisée} + PM_N^{Liquidée\ Rentes}$$

On peut alors obtenir la rente de fin de période :

$$Rente_N^{Fin} = \frac{PM_N^{Restit\ Fin}}{a_{x+N}}$$

### Obtention de l'actif de fin de période

L'actif est révalorisé de la même manière que pour le modèle Epargne.

Pour résumer schématiquement :

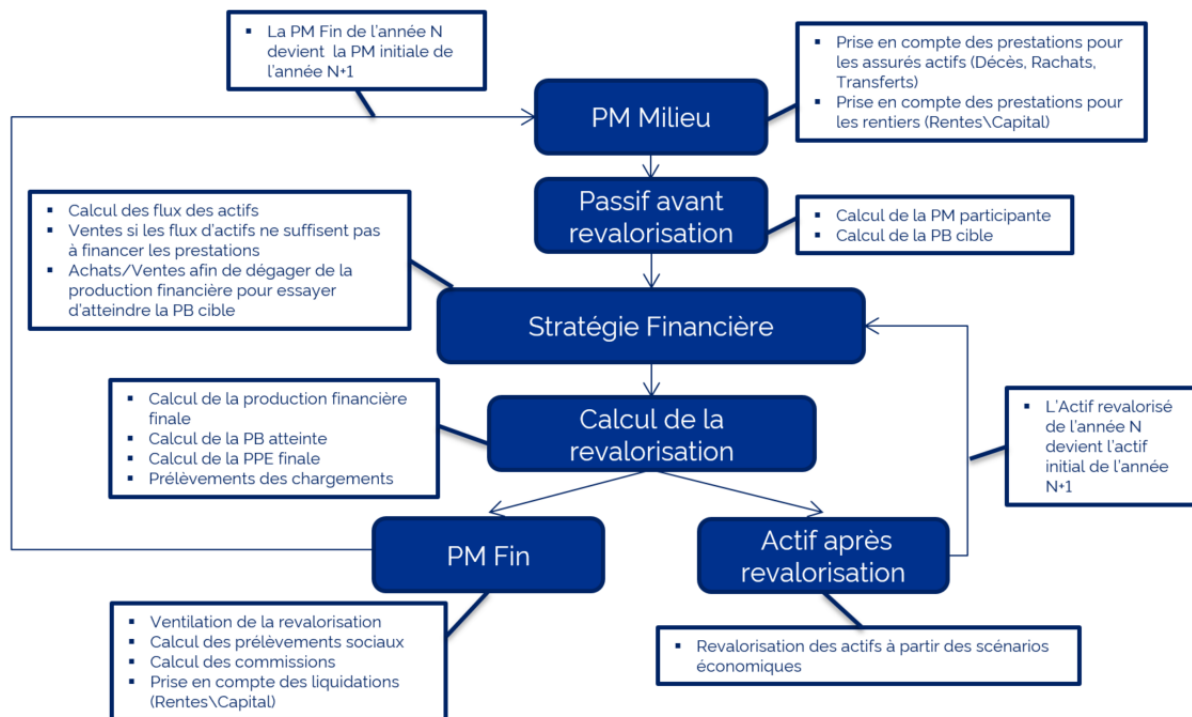


FIGURE 4.3 – Schéma récapitulatif du fonctionnement du modèle ALM Retraite

#### 4.4.4 Outputs

Les outputs sont les mêmes que pour le modèle Epargne Euro.

#### 4.4.5 Validation du modèle

Les modèles ALM sont tentaculaires, il peut arriver que des fuites de valeur économique surviennent. Il faut donc s'assurer de la bonne prise en compte de la capitalisation de chacun des flux, en s'assurant du timing du versement.

Ainsi, pour valider le modèle, nous avons utilisé deux indicateurs :

- Le résultat technique
- L'écart de convergence

#### Le résultat technique

Dans le cadre de notre modèle, le résultat technique doit toujours être nul. En effet, en retraite, il ne peut y avoir de résultat technique que sur la phase de restitution, le résultat étant dû à un écart entre la mortalité prévu par la table dont on s'est servi pour provisionner et la mortalité effectivement observé. Ainsi, comme nous avons utilisé la même table pour provisionner et

pour simuler la mortalité, il ne doit pas y avoir de résultat technique même en phase de restitution.

Nous allons démontrer dans un premier temps que le résultat technique est nul pour la phase de constitution puis qu'il est également nul, dans le cadre de notre étude, pour la phase de restitution.

### Le résultat technique de la phase de constitution :

Pour la phase de constitution dans le cadre de la loi PACTE (soit avec un taux technique nul et donc pas d'intérêts crédités), le résultat technique de l'année N s'écrit comme suit :

$$\text{Résultat Technique}_N^{\text{Constit}} = PB_N - \text{Prestations}_N - \text{Prélèvements Sociaux}_N - \Delta PM_N \quad (4.3)$$

Avec :

$$\begin{aligned} - \text{Prestations}_N &= \text{Décès}_N + \text{Rachats}_N + \text{Transferts}_N + \text{Capital}_N \\ - \Delta PM_N &= PM_{N \text{ Fin}}^{\text{Constit}} - PM_{N \text{ Début}}^{\text{Constit}} \end{aligned}$$

Or,  $PM_{N \text{ Fin}}^{\text{Constit}}$  s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned} PM_{N \text{ Fin}}^{\text{Constit}} &= PM_{N \text{ Début}}^{\text{Constit}} - \text{Décès}_N - \text{Rachats}_N - \text{Transferts}_N - \text{Capital}_N \\ &\quad - \text{Prélèvements Sociaux}_N - PM_N^{\text{Liquidée Rentes}} + PB_N \end{aligned} \quad (4.4)$$

En réinjectant dans (4.3), on obtient :

$$\text{Résultat Technique}_N^{\text{Constit}} = PM_N^{\text{Liquidée Rentes}} \quad (4.5)$$

### Le résultat technique de la phase de restitution :

Pour la phase de restitution dans le cadre de la loi PACTE (donc sans intérêts crédités), le résultat technique de l'année N s'écrit comme suit :

$$\text{Résultat Technique}_N^{\text{Restit}} = PB_N - \text{Rente}_N^{\text{Début}} - \Delta PM_N \quad (4.6)$$

La PM début de l'année N correspond à la PM fin de l'année N-1, on a alors :

$$\begin{aligned} PM_N^{\text{Début}} &= PM_{N-1}^{\text{Fin}} \\ &= {}_1p_{x+N-1}^{\text{observé}} \times R_{N-1}^{\text{Fin}} \times \ddot{a}_{x+N-1} \\ &= R_N^{\text{Début}} \times \ddot{a}_{x+N-1} \end{aligned} \quad (4.7)$$



De plus,

$$PM_N^{Fin} = {}_1p_{x+N-1}^{observé} \times R_N^{Début} \times \ddot{a}_{x+N} + PB_N - Prélèvements Sociaux_N + PM_N^{Liquidée Rentes} \quad (4.8)$$

Or, comme dans notre étude, le taux technique est nul, on peut écrire  $\ddot{a}_{x+N}$  comme suit :

$$\begin{aligned} \ddot{a}_{x+N} &= (\ddot{a}_{x+N-1} - 1) \times \frac{1 + Tax_{Technique}}{{}_1p_{x+N-1}^{table}} \\ &= (\ddot{a}_{x+N-1} - 1) \times \frac{1}{{}_1p_{x+N-1}^{table}} \end{aligned} \quad (4.9)$$

On a alors :

$$\begin{aligned} PM_N^{Fin} &= \frac{{}_1p_{x+N-1}^{observé}}{{}_1p_{x+N-1}^{table}} \times R_N^{Début} \times (\ddot{a}_{x+N-1} - 1) \times + PB_N - Prélèvements Sociaux_N + PM_N^{Liquidée Rentes} \\ &= \frac{{}_1p_{x+N-1}^{observé}}{{}_1p_{x+N-1}^{table}} \times (R_N^{Début} \times \ddot{a}_{x+N-1} - R_N^{Début}) + PB_N - Prélèvements Sociaux_N + PM_N^{Liquidée Rentes} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Ainsi, comme on a utilisé la même table pour provisionner et pour simuler les décès, on a  $\frac{{}_1p_{x+N-1}^{observé}}{{}_1p_{x+N-1}^{table}} = 1$ .

De plus, d'après (4.8),  $PM_N^{Début} = R_N^{Début} \times \ddot{a}_{x+N-1}$ , d'où :

$$PM_N^{Fin} = PM_N^{Début} - R_N^{Début} + PB_N - Prélèvements Sociaux_N + PM_N^{Liquidée Rentes} \quad (4.11)$$

Enfin, en réinjectant (4.11) dans (4.6), on obtient :

$$Résultat Technique_N^{Restit} = -PM_N^{Liquidée Rentes} \quad (4.12)$$

Ainsi, lorsque l'on mutualise la phase de constitution et de restitution, on obtient bien un résultat technique nul.

### L'écart de convergence

En théorie, à l'issue d'une simulation, la valeur de marché initiale des actifs est égale à la somme du BE et de la VIF. Cependant, dans les faits ce n'est pas toujours le cas, cette différence créée s'appelle donc l'écart de convergence et s'écrit comme suit :

$$Ecart de convergence = VM_{initiale} - BE - VIF$$

L'écart de convergence permet de mesurer la qualité de son modèle, en effet, plus ce dernier est faible, plus on peut considérer que notre modèle est fiable [10].

Lorsque l'on effectue des simulations sur un portefeuille, il existe principalement deux sources d'écart de convergence :

- L'écart de convergence peut être dû à une mauvaise implémentation du modèle de projection, par exemple avec une mauvaise prise en compte de la capitalisation de chacun des flux due à un mauvais timing du versement.
- L'écart de convergence peut aussi être dû à un nombre insuffisant ou une mauvaise qualité des scénarios économiques en input.

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué toutes les projections sur un intervalle d'années de 30 ans et avec 101 scénarios économiques. Nous avons considéré que l'écart de convergence était acceptable s'il est de l'ordre de 0,1%.

## 4.5 Synthèse

Afin d'effectuer les sensibilités des différentes variables du PER sur le BSCR et la VIF, nous avons dû au préalable développer un modèle ALM du PER. Pour ce faire, nous sommes partis d'un modèle existant pour les produits d'Epargne Euros que nous avons ensuite adapté en modèle pour le PER.

De nombreux choix de modélisation ont été effectués, mais aussi des hypothèses sur la vie du produit, comme la répartition entre les différents compartiments ou le comportement des assurés vis à vis du produit comme la loi de rachat.

Ces hypothèses et choix sont résumés dans le tableau suivant :

Périmètre	Segment étudié	Retraite
	Produit	PER Euro
Hypothèses de projection	Nombre de scénarios	101
	Pas de projection	1 an
	Durée de projection	30 ans
Hypothèses de modélisation	Modélisation des sorties	Sorties en montant
	Mutualisation des actifs et des retraités	Oui
	Portefeuille ouvert/fermé	Fermé
Hypothèses sur le produit	Taux Technique	0
	Rente de réversion	Pas modélisé
	Répartition de la PM entre les compartiments pour le PERIN	90% de C1 5% de C2 5% de C3
	Répartition de la PM entre les compartiments pour le PERECO	5% de C1 90% de C2 5% de C3
	Répartition de la PM entre les compartiments pour le PERO	15% de C1 10% de C2 75% de C3
	Table de Mortalité	TGH05/TGF05
	Rachat Totaux	Pour les C1 et C2: Loi construite à partir du produit B
		Pour le C3: 0%
	Transferts	Pour le PER Individuel et le PER Entreprise Collectif: Loi de Rachat Dynamique
		Pour le PER Obligatoire: Taux de Turnover
		Pour le C1 et C2: 85% de Capital et 15% de Rente
	Répartition de la liquidation entre Rente et Capital	Pour le C3: 100% de Rente
Conditions de validation du modèle	Sur le Résultat Technique	Résultat Technique = 0
	Sur l'Ecart de Convergence	Ecart de convergence  < 0.1%

FIGURE 4.4 – Tableau récapitulatif des choix et hypothèses effectués au cours de la modélisation

Les lois comportementales sont cruciales dans la modélisation puisqu'elles ont de forts impacts sur les résultats. Nous allons donc décrire dans le prochain chapitre comment nous avons choisi ces paramètres. Nous détaillerons plus particulièrement la construction de la loi de rachat sur laquelle nous avons apporté un soin particulier.

# Chapitre 5

## Construction des hypothèses et lois comportementales

Toutes les hypothèses en input d'un modèle ALM impactent fortement les résultats en sortie. En effet, ce sont elles qui par exemple permettent de projeter dans le temps les prestations qui devront être servies par l'assureur.

De plus, avec le PER, la loi PACTE a introduit un certain nombre de nouveautés en terme de sorties, comme l'élargissement du déblocage anticipé à l'achat de la résidence principale pour les compartiments 1 et 2, l'introduction des transferts ou la généralisation des sorties en capital.

Ainsi pour certains changements, il a été possible de se rapprocher de lois déjà existantes, tandis que pour d'autres, il a fallu les construire. Nous allons donc vous présenter dans cette partie, comment nous avons déterminé et construit les différentes lois.

### 5.1 Les hypothèses construites par avis d'expert

La loi PACTE ayant été promulguée le 23 mai 2019 et les produits PER n'ayant été commercialisés qu'à partir du 1<sup>er</sup> Octobre 2019, nous avons fait face à un problème majeur : un manque de données pour construire nos hypothèses.

Certaines hypothèses ont pu être déterminées simplement parce que sur certains points, le produit PER semble très proche, voire identique aux anciens produits. C'est le cas par exemple pour la loi de liquidation.

#### 5.1.1 La loi de liquidation

En effet, le produit PER ne semble pas comporter des caractéristiques qui inciteraient les épargnants à liquider leur retraite plus tôt ou plus tard que pour les autres produits. C'est pourquoi, pour cette loi, nous avons utilisé une loi déjà existante qui a été construite à partir d'un produit que nous appellerons le produit A.

Le produit A est de type L441, qui représente plus de 12 milliards d'encours, coassuré par quatre grands acteurs de l'assurance en France.

Ce produit est plutôt adapté car il représente plus de 400 000 adhérents, le volume de données à disposition était donc très élevé ce qui a permis de construire une loi très robuste.

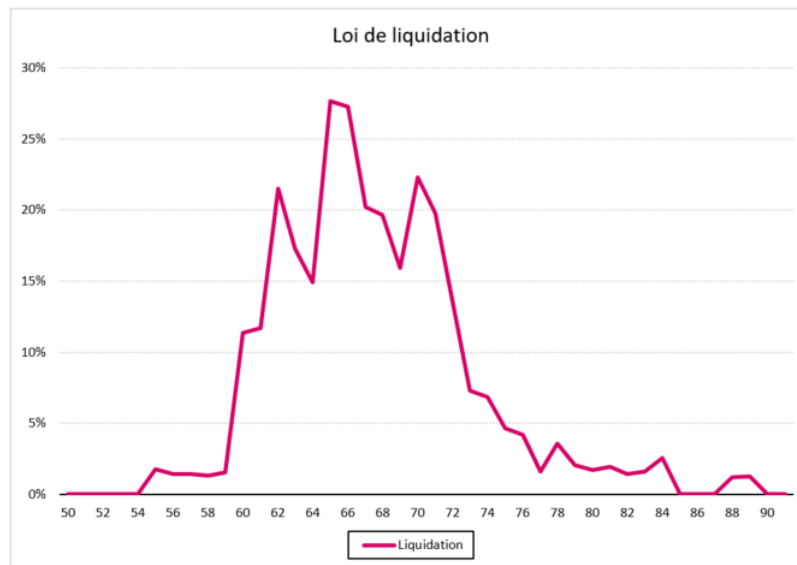


FIGURE 5.1 – Loi de liquidation utilisée dans le modèle ALM

Sur le graphique, on peut constater que lorsque l'on se rapproche d'âges très élevés, la probabilité de liquidation ne se rapproche pas de 1, mais plutôt de 0, ce qui peut paraître étonnant de prime abord.

Cependant, c'est ce qui est constaté dans les faits, puisque certains assurés oublient avec le temps leur contrat et ne liquident donc jamais. De même, certains assurés plutôt aisés ne liquident jamais parce que cela leur serait défavorable fiscalement.

### 5.1.2 Les transferts

Une des nouveautés introduites par la loi PACTE, sont les transferts. Selon le type de PER que l'on modélise, les transferts sont de nature différente.

En effet, pour le PER Obligatoire, le transfert n'est possible que lorsque l'assuré n'est plus tenu d'y adhérer, soit lorsqu'il quitte l'entreprise. Nous avons donc assimilé la probabilité de transfert chaque année aux taux de turnover. De plus, nous avons considéré que l'assuré transférerait systématiquement son épargne vers le PER de sa nouvelle entreprise, puisque l'assuré ne bénéficierait plus de l'abondement de l'entreprise et il est fort probable que les assureurs augmentent les taux de chargements des assurés, ce qui rendrait le produit beaucoup moins attractif. Nous avons utilisé comme loi les taux de turnover de CNP Assurances entre 2015 et 2019.

Pour le PER Entreprise Collectif, le transfert est possible avec pour seule restriction, d'un seul transfert possible tous les 3 ans. L'assuré transférerait donc son épargne que s'il n'est plus satisfait par le rendement de son PER comparé aux rendements proposés par les PER du marché. De même, pour le PER Individuel, il n'y a pas de restriction sur le transfert, donc les transferts auraient lieu en cas de rendements inférieurs à ceux proposés par le marché.

Ainsi, pour le PER Entreprise Collectif et le PER Individuel, nous avons assimilé les transferts à des rachats dynamiques et donc utilisé le système de calcul des rachats dynamiques proposé pour les produits d'assurance vie.

### 5.1.3 Construction d'un portefeuille d'assurés fictif

Le PER étant très récent, le nombre d'assurés ayant souscrit au produit est encore faible. Il a donc fallu construire des portefeuilles d'assurés fictifs pour les PER afin d'avoir des portefeuilles les plus représentatifs de la réalité.

Pour le PER Obligatoire et le PER Entreprise Collectif nous avons alors construit un portefeuille d'assurés à partir des caractéristiques moyennes des Model Points 2016 à 2019 des Article 83. En effet, ces produits devraient être proches au niveau des profils d'assurés puisque ce sont des produits de retraite collective. De plus pour le PER Obligatoire, ce choix est d'autant plus pertinent que tout comme l'Article 83, il s'agit d'un produit à adhésion obligatoire. Pour le PER Individuel, nous avons utilisé les caractéristiques moyennes des Model Points 2016 à 2019 des PERP. De même, il s'agit d'un produit de retraite individuel comme le PERP et qui comme ce dernier permet les sorties en capital. Le PER Individuel devrait donc attirer les mêmes profils d'assurés que le PERP.

Les caractéristiques de ces portefeuilles sont résumés dans le tableau suivant :

Caractéristiques	PERIN	PERO/PERECO
Répartition homme/femme	50%	50%
Âge moyen	50 ans	44 ans
PM moyenne	7566 €	5159 €
PM totale	1 969 017 585 €	1 882 614 040 €

FIGURE 5.2 – Caractéristiques des portefeuilles d'assurés fictifs du PERO, PERECO et PERIN

### 5.1.4 Répartition de l'épargne entre les compartiments du PER

Dans le modèle ALM que nous avons développé, nous avons fait le choix de modéliser tous les compartiments du PER à la fois. Dans le Model Point des assurés, nous disposons du montant de PM global de l'assuré, il a donc fallu la répartir entre les différents compartiments. Ne disposant pas de données sur la répartition des compartiments du PER, il nous a fallu, à partir d'une analyse des caractéristiques des différents PER, déterminer cette répartition par avis d'expert.

En effet, les différents PER n'auront pas la même répartition de l'épargne entre les compartiments puisqu'ils disposent de caractéristiques différentes.

Pour le PER Obligatoire, nous avons fait le choix de répartir la PM comme suit : 15% de compartiment 1, 5% de compartiment 2 et 80% de compartiment 3. Ces pourcentages peuvent être

justifiés par le fait que seuls les compartiments 1 et 3 peuvent être alimentés par versements tandis que le compartiment 2 ne peut l'être que par transfert. Ces produits seront donc principalement alimentés par les versements obligatoires imposés par le contrat, donc le compartiment 3 représentera une grande partie de l'épargne du PERO. Le compartiment 1 lui ne serait alimenté que par les plus aisés.

Pour le PER Entreprise Collectif, nous avons choisi de répartir la PM comme suit : 5% de compartiment 1, 90% de compartiment 2 et 5% de compartiment 3. En effet, seul le compartiment 2 pourra être alimenté par des versements. Les compartiments 1 et 3 ne peuvent l'être que par des transferts, ce qui explique pourquoi nous avons choisi de répartir quasiment la totalité de l'épargne dans le compartiment 2.

De même pour le PER Individuel, la PM est répartie de la sorte : 90% de compartiment 1, 5% de compartiment 2 et 5% de compartiment 3. Seul le compartiment 1 pourra être alimenté par des versements.

### **5.1.5 Répartition à la liquidation entre rente et capital**

Au moment de la liquidation, l'assuré peut choisir de transformer l'épargne de ses compartiments 1 et 2 en rente, en capital, en rente et en capital, ou en capital fractionné. Nous avons choisi de fixer 85% de la liquidation en capital et 15% en rentes. En effet, les compartiments 1 et 2 sont issus des versements facultatifs et de l'épargne salariale. Ces compartiments sont donc alimentés par des épargnants assez aisés, ayant en général une retraite en rente issue des régimes obligatoires déjà conséquente. Nous avons donc jugé que ces assurés auront plus tendance à liquider en capital plutôt qu'en rente afin de financer des projets tel que l'achat d'une résidence principale.

Par ailleurs, on pourrait croire qu'il y a un désavantage fiscal à sortir en capital plutôt qu'en rente. Cependant si l'on opte pour le capital fractionné ce n'est pas le cas. En effet, l'impôt sur le revenu prend comme assiette les revenus annuels. Or le capital représenterait une somme élevée à ajouter à son revenu. Le revenu imposable atteindrait alors les tranches élevées de l'impôt sur le revenu, là où la rente permettrait de percevoir une rémunération annuelle tout en restant dans les tranches basses de l'impôt sur le revenu. Cependant, une rente ne permet pas de débloquer des sommes élevées suffisamment rapidement pour financer des projets onéreux.

Avec le capital fractionné sur 5 ans par exemple, on perçoit une rémunération annuelle élevée tout en bénéficiant des tranches basses de l'impôt sur le revenu. Les assurés optant pour une sortie en capital choisirait plutôt le capital fractionné. Le capital fractionné sera donc une sensibilité importante pour notre étude.

Nous avons donc essayé de confirmer cette tendance des assurés à liquider en capital lorsqu'ils ont le choix du type de sortie avec les données d'un Article 82 du portefeuille de CNP Assurances, que nous appellerons le produit B. Ce produit a comme particularité de proposer une revalorisation supérieure à la moyenne du marché. Cette dernière devrait normalement inciter les assurés à liquider leur épargne en rente puisque cette dernière est revalorisée avec un taux élevé.

Nous avons donc extrait les données d'inventaire de ce produit des années 2007 à 2019. 94% des assurés sortent en capital plutôt qu'en rente, quand bien même la revalorisation des rentes sont élevées. On constate donc bien que les assurés se dirigent lorsqu'ils en ont le choix vers la sortie en capital, ce qui justifie la répartition que nous choisissons de 85% de liquidation en capital et 15% en rente.

Ces taux de liquidation en rente/capital feront l'objet de sensibilités plus loin dans le mémoire.

### **5.1.6 La loi de rachat**

La loi PACTE a élargi les conditions de déblocage anticipé. Auparavant, il n'était possible de débloquent son épargne avant la liquidation que dans le cas d'accidents de la vie. Maintenant il est également possible de le faire pour les compartiments 1 et 2 du PER afin d'acheter sa résidence principale.

Cet élargissement devrait augmenter les sorties et il faut donc capter ces sorties. C'est pourquoi nous avons construit une loi de rachat à partir d'un produit qui nous semblait proche des conditions de rachats des compartiments 1 et 2 du PER en terme de conditions de déblocage anticipé.

Pour le compartiment 3, on ne peut débloquent son épargne qu'en cas d'accidents de la vie, nous avons donc fait le choix de négliger ces sorties et de ne pas les modéliser.

Dans la partie suivante nous détaillerons donc la construction de cette loi.

## **5.2 Le produit de retraite ayant servi de base à l'étude : le produit B**

Ne disposant pas encore de données sur le PER, il a donc fallu construire la loi de rachat à partir d'un produit qui nous semblait proche de ce dernier.

Cependant, avant la loi PACTE, il n'existait pratiquement pas de contrats de retraite permettant le rachat de son épargne en cas d'achat de la résidence principale. Il est donc difficile de trouver des produits qui serviraient de base pour construire cette loi.

Dans le portefeuille de CNP Assurances, un produit permet le déblocage anticipé de son épargne dans ce cas, mais il reste différent du PER sur quelques aspects. Nous allons donc justifier le choix de ce produit.

### **5.2.1 Présentation du produit**

Le produit B est un produit de retraite à adhésion facultative créé sur mesure pour les salariés du groupe Caisse des Dépôts et Consignations qui présente des caractéristiques proches du PER sur certains points.

#### **Type de sortie possible**

L'assuré a le choix de sortie en rente viagère ou en capital. Ainsi sur les sorties à la liquidation, le produit se rapproche des compartiments 1 et 2 du PER.



## Conditions de rachats anticipés

Le produit B a comme particularité de bloquer les sommes investies pour une durée de 8 ans, par la suite l'épargne est rachetable à tout moment.

Des rachats conjoncturels seraient alors possibles après 8 ans ce qui ne correspondrait pas aux conditions de rachat total des compartiments 1 et 2 du PER. Cependant nous montrerons plus tard que dans les faits il n'y a pas de rachats conjoncturels puisque le produit est extrêmement fructueux pour les assurés et offre un rendement bien supérieur à ceux offerts par le marché. Par ailleurs, il est possible de racheter son épargne avant 8 ans dans certains cas :

- invalidité de 2<sup>ème</sup> ou de 3<sup>ème</sup> catégorie de l'adhérent ou de son conjoint.
- décès du conjoint, du concubin, d'un ascendant ou d'un descendant direct
- mariage de l'adhérent ou signature d'un PACS par l'adhérent
- divorce de l'adhérent ou dénonciation d'un PACS par l'adhérent
- naissance de l'un de ses enfants
- acquisition de la résidence principale ou d'une résidence secondaire
- frais liés à la scolarité pour études techniques ou supérieures d'un enfant de l'adhérent, sur présentation de justificatifs

Ainsi, les conditions de rachat anticipé du produit B se rapprochent de celles du PER, puisque elles comprennent l'achat de la résidence principale et des accidents de la vie comme les invalidité de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> catégorie de l'adhérent ou de son conjoint, et le décès du conjoint.

Cependant, un certain nombre de points font que les produits restent quelque peu différents sur les conditions de déblocage anticipé.

En effet, à partir de 8 ans d'ancienneté, le déblocage anticipé est possible à tout instant sans condition. Mais ce point est en réalité négligeable, puisque le produit a un rendement tellement élevé, que dans les faits les assurés ne rachètent que lorsqu'ils ont réellement besoin de leur épargne, donc sur ce produit, il n'y a pas de rachats conjoncturels mais uniquement structurels.

En revanche, avant les 8 ans d'ancienneté, il est possible de débloquer son épargne sous certaines conditions, mais ces conditions sont plus larges que les conditions de rachat anticipé du PER, ce qui fait que la loi va probablement légèrement surestimer les rachats comparé aux rachats qui auront réellement lieu.

## Le rendement du produit B

Comme évoqué plus haut, le produit B est un produit extrêmement intéressant pour les assurés parce qu'il a un rendement très élevé.

En effet, le produit est alimenté par des versements mensuels représentant un pourcentage du salaire de l'employé. A ce versement est ajouté l'abondement de l'employeur dans la limite de 2% du salaire, auquel est ajouté la contribution représentant 3,5% du versement et de l'abondement. L'employeur incitait donc aux versements et fait que ce produit est plutôt intéressant

pour les assurés.

De plus, il s'agit d'un produit très ancien qui a été commercialisé le 1<sup>er</sup> janvier 1967. Ainsi, les adhérents les plus anciens disposent de TMG très élevés, ce qui fait qu'il n'y a pas de rachats conjuncturels parce que la revalorisation servie est bien au-dessus du marché.

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TMG moyen	2,59%	2,62%	2,58%	2,52%	2,46%	2,46%	2,41%	2,28%	2,22%
Taux technique	1,75%	1,75%	1,25%	1,25%	1,13%	0,73%	0,35%	0,25%	0,25%
Différentiel	0,84%	0,87%	1,33%	1,27%	1,33%	1,73%	2,06%	2,03%	1,97%

FIGURE 5.3 – Les TMG moyen du produit B contre le Taux Technique moyen

En effet, on constate que chaque année, les TMG moyens du produit sont bien supérieurs au taux technique et que c'est d'autant plus vrai qu'à partir de 2015 où les taux ont commencé à fortement chuter. De plus, le cantonnement du produit B est également très intéressant puisqu'étant un produit ancien, il dispose d'un portefeuille d'actif comprenant de vieilles obligations servant ainsi des coupons très élevés. La production financière du portefeuille est élevée ce qui permet de servir une participation aux bénéfices élevée même pour les nouveaux arrivants.

Ainsi, les épargnants n'ont aucun intérêt à racheter leur épargne pour la réinvestir dans un autre produit de retraite ou une assurance vie puisqu'ils y perdraient au change. Ce qui explique qu'il n'y a pas de rachats conjuncturels pour ce contrat mais que des rachats structurels. Cela permet donc de justifier que la possibilité de débloquer l'épargne à chaque instant sans condition à partir de 8 ans ne joue pas. En effet, les assurés rachètent leur épargne investie dans ce produit pour financer des projets importants telle que l'achat de la résidence principale par exemple.

## 5.2.2 Analyse des données

Afin de construire la loi de rachat, nous avons constitué une base de données à partir des données d'inventaire du produit B de 2007 à 2019 que l'on a concaténées.

Chaque ligne de cette base de données représente un assuré sur une année donnée (l'année d'arrêt), donc un même assuré peut être représenté par plusieurs lignes, mais à chaque fois pour une année différente.

### Les variables

Nous avons retenu les variables :

- **Année d'arrêt** : Permet de déterminer sur quelle année on observe l'assuré.
- **Date de souscription** : Date à laquelle l'assuré a souscrit le contrat, elle permettra de déterminer le premier jour auquel l'assuré est observé.

- **Date de Naissance** : Date de naissance de l'adhérent, elle permet d'obtenir la date d'anniversaire et donc de déterminer à quelle date l'assuré change d'âge.
- **PM début** : PM de l'assuré au 1<sup>er</sup> janvier de l'année d'arrêté.
- **PM Fin** : PM de l'assuré au 31 décembre de l'année d'arrêté.
- **PM Sortie** : PM de l'assuré au moment de sa sortie.
- **Code Sortie** : Code permettant d'identifier le motif de sortie de l'assuré. Les motifs de sortie peuvent être : le rachat total, la liquidation en rente, la liquidation en capital et le décès.
- **Date de Sortie** : Date à laquelle l'assuré est sorti.

## Description de la démographie et du comportement des assurés

Parmi les sorties, on constate que celles qui sont les plus représentées sont la liquidation en capital qui représente en nombre 55% des sorties, suivie du rachat total qui représente 39% des sorties. La liquidation en rente ne représente que 4% des sorties tandis que le décès lui ne représente que 2%.

Ces chiffres soulèvent un point : la sortie en capital est largement privilégiée au moment de la liquidation, ce qui s'accorde avec notre hypothèse pour le PER quant à la répartition entre rente et capital.

Les souscripteurs sont assez jeunes et ont l'air de souscrire au début de leur carrière au sein de CNP Assurances. C'est pourquoi on constate un pic entre 25 et 30 ans. La souscription chute à partir de 40 ans.

En revanche, le graphique 5.4 nous montre aussi que le portefeuille est assez vieux. En effet, on constate un pic entre 55 et 60 ans. L'âge moyen du portefeuille est de 50 ans.

De même, le graphique 5.4 montre que la majorité des rachats ont lieu entre 40 et 50 ans, cela peut s'expliquer qu'à cet âge là, l'épargne constituée commence à être assez conséquente pour financer des projets tels que l'achat de la résidence principale.

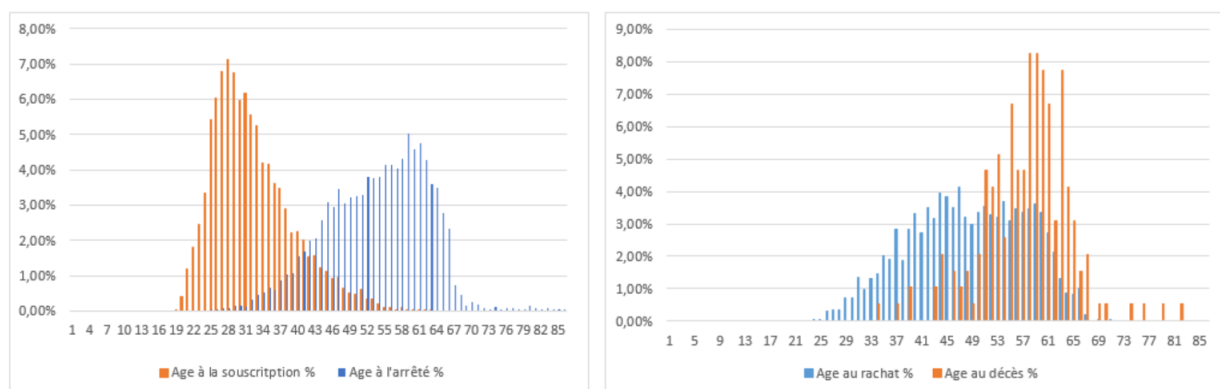


FIGURE 5.4 – Distribution des âges

En effet, comme nous le montre le graphique 5.4, avant 30 ans, l'encours est généralement faible. Il n'est donc pas intéressant de racheter son épargne avant d'avoir un montant de PM élevé, surtout que les taux servis par ce produit sont très attractifs et permettent de vite faire

grossir son épargne.

D'après ce graphique, on constate que plus on atteint des âges élevés, plus l'encours diminue. Cela peut s'expliquer par le fait que certains assurés oublient qu'ils ont souscrit un contrat pour le produit B et généralement ces personnes avaient un contrat avec un encours faible. C'est pourquoi l'encours moyen diminue au fur et à mesure. Plus l'âge est élevé, moins il y a de liquidations tardives, ce qui fait qu'il ne reste que les contrats avec des montants de PM faible et qui par conséquent ont été oubliés.

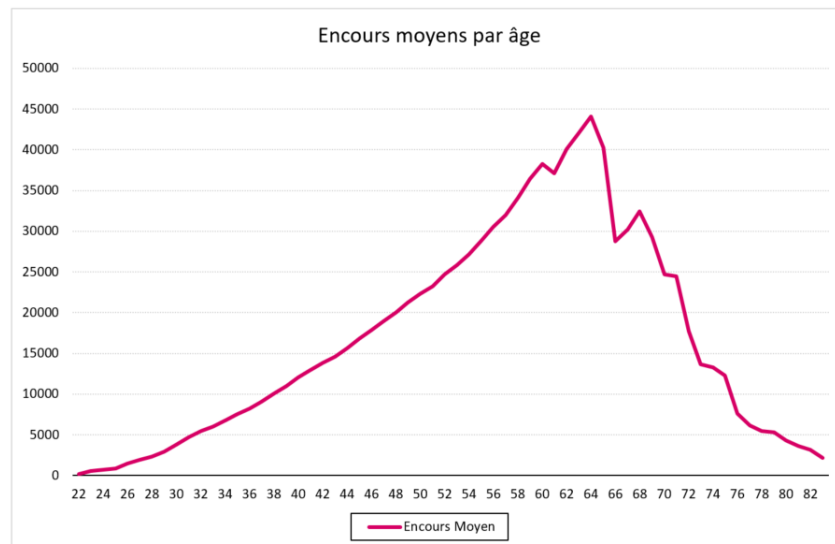


FIGURE 5.5 – Courbe des encours moyen par âge

### Définition de l'assiette

Afin d'étudier les rachats, il a fallu déterminer l'assiette de PM étudiée. En effet, dans notre base de données nous ne disposons pas des PM à chaque instant mais uniquement des PM début et PM fin. Or au cours de l'année, il y a des flux qui interviennent comme la revalorisation ou le paiement des chargements.

Ainsi afin de capter ces mouvements, nous avons défini l'assiette comme suit :

$$PM_{Annuelle} = \frac{(PM_{Début} + PM_{Sortie} + PM_{Fin})}{2}$$

Cette assiette est la moyenne entre la  $PM_{Début}$  et la  $PM_{Fin}$  brute de sortie, elle permet de capter en partie les mouvements en cours de l'année bien qu'ils ne soient pas pris totalement en compte.

Par la suite nous avons déterminé le taux de rachat comme :

$$Taux\ de\ Rachat = \frac{Rachat}{Exposition}$$

Avec :

- *Rachat* le montant racheté
- *Exposition* le montant de PM exposé au risque, donc ici au rachat.

Pour la construction d'une loi de rachat, le choix de l'exposition est déterminant et peut changer drastiquement les résultats.

Dans le cas de notre étude, nous avons fait le choix de construire une loi de rachat en montant pour deux raisons.

La première est que le modèle ALM que nous avons développé prend en compte les sorties en pourcentage de PM, donc en montant et non en nombre de contrats. Nous avons donc construit une loi de rachat en montant afin de rester cohérent par rapport au modèle.

Ensuite nous avons également jugé qu'une loi en montant est plus juste puisqu'elle n'accorde pas la même importance au montant de PM élevé. En effet, un contrat racheté représentant 100€ de PM n'aura pas le même impact qu'un contrat représentant 50 000€ de PM.

### Identification des années exceptionnelles

Il a fallu déterminer quelles sont les années exceptionnelles. Pour ce faire, nous avons calculé les taux de rachat globaux pour chaque année, en prenant  $Exposition = PM_{Annuelle}$

Le taux de rachat pour l'année N est donc :

$$Taux\ de\ Rachat_N = \frac{Rachat_N}{PM_{Annuelle\ N}}$$

On obtient alors la courbe suivante :

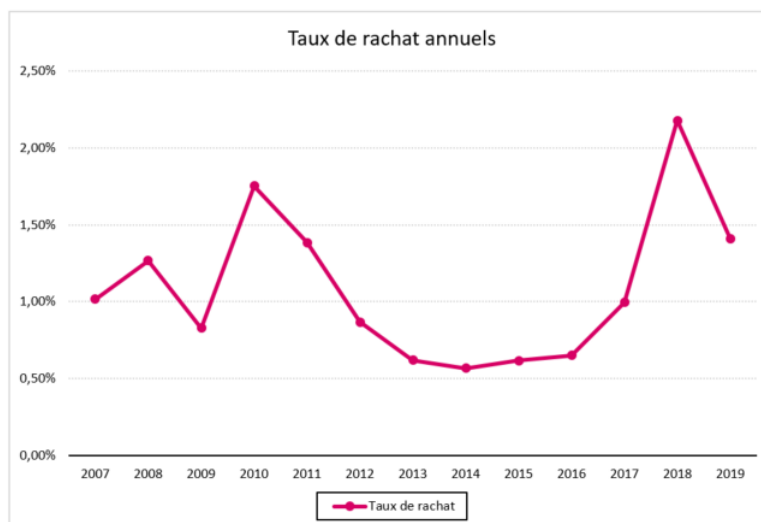


FIGURE 5.6 – Courbe des taux de rachat moyens par an

On constate sur ce graphique que les années 2010 et 2011 ont des taux de rachats plutôt élevés par rapport aux années précédentes. Cela peut être vu comme une des conséquences des crises économiques de 2007-2008, avec probablement des licenciements entraînant un besoin

de liquidité des épargnants ou une perte de confiance envers le système financier. Nous avons donc jugé que ces deux années sont des années exceptionnelles, nous avons donc fait le choix de les exclure de l'étude.

De même on constate un pic de rachat en 2018. Ce dernier s'explique par la vie du produit. En effet, en 2018, le groupe Caisse des Dépôts et Consignations a supprimé l'abondement et la contribution de l'employeur sur ce produit et mis un nouveau produit de retraite collective à la disposition des salariés, un article 83. Le produit étant devenu moins attractif avec la perte de l'abondement et de la contribution, beaucoup de salariés ont fait le choix de racheter leur épargne. Nous avons donc également jugé que cette année était exceptionnelle et nous l'avons retirée de notre étude. Pour les mêmes raisons, nous avons fait le choix de retirer l'année 2019.

Enfin, nous avons également retiré l'année 2017 de la base de données, puisque cette année servira à tester notre loi finale.

Ainsi, notre intervalle d'étude est  $[2007; 2009] \cup [2012; 2016]$

## Mesure de la qualité des données

Maintenant que nous avons l'intervalle d'étude, nous pouvons vérifier la qualité des données. Deux types d'anomalie peuvent apparaître, les anomalies d'exhaustivité et les anomalies d'exactitude.

Par anomalie d'exhaustivité nous entendons des données manquantes pour certaines variables de notre base de données, concernant l'année d'arrêté, la date de souscription, la date de Naissance, la PM début, la PM Fin, la PM sortie, le code sortie, ou la date de sortie. En effet, si une de ces variables manque, il ne serait plus possible de calculer le taux de rachat. Dans le cas où une de ces variables n'est pas renseignée, nous avons fait le choix de supprimer la ligne en question.

Les anomalies d'exactitude interviennent lorsque la variable est renseignée pour une ligne, mais qu'elle est incohérente par rapport aux autres variables. Les anomalies d'exactitude peuvent être :

- **Pour les dates :** La sortie ou la souscription avant la naissance ou la sortie avant la souscription
- **Les provision mathématiques.** Un montant de PM Sortie non nul et une PM Fin non nulle (seules les sorties totales sont autorisées), un code sortie indiquant une sortie et une PM sortie nulle ou une PM fin non nulle.

De même, en cas d'anomalie d'exactitude, nous avons fait le choix de supprimer la ligne en question afin de ne pas biaiser les données.

Nous obtenons finalement, que les données sont exactes à 99,67% et exhaustives à 99,95%. Les erreurs représentant moins de 0,5% des données, on peut considérer que la qualité des données est satisfaisante.

Après tous les traitements effectués, voici un tableau récapitulatif de notre base de données :

<b>Nombre d'observations</b>	80786
<b>Nombre d'individus</b>	11833
<b>Nombre de rachats</b>	1101
<b>Nombre de décès</b>	153
<b>Nombre de liquidations</b>	2068
<b>Age moyen</b>	50
<b>Encours Moyen</b>	24 046 €

FIGURE 5.7 – Tableau récapitulatif des données

### 5.2.3 Synthèse

Afin de construire la loi de rachat des compartiments 1 et 2 du PER, nous avons d'abord dû trouver un produit qui s'en rapproche sur ce point. Nous avons alors choisi le produit B. Ce dernier semble adapté, puisqu'il permet le rachat en cas d'accidents de la vie et pour l'acquisition de la résidence principale. Bien qu'après 8 ans d'ancienneté, il soit possible de racheter son épargne sans condition, nous avons montré que dans les faits, les assurés ne rachètent leur épargne que pour des raisons structurelles puisque le produit à un rendement très élevé.

Néanmoins, il faut tout de même nuancer puisque le produit propose plus de conditions de sorties avant 8 ans que le PER. De plus, après 8 ans d'ancienneté l'assuré peut racheter son épargne pour des raisons structurelles mais autres que l'achat de la résidence principale ou les accidents de la vie et donc notre loi risque de surestimer les rachats du PER. Nous avons tout de même considéré que ce produit constituerait la meilleure base à disposition, puisque dans le portefeuille de CNP Assurances, il n'existe pas d'autres produits de retraite permettant le déblocage anticipé de son épargne en cas d'achat de la résidence principale.

Quant à la qualité des données, nous avons jugé qu'elle est satisfaisante, bien qu'un point pourrait poser problème, le nombre d'observations risquerait d'être un peu faible et d'entraîner une certaine volatilité des résultats.

## 5.3 Construction de la loi de rachat brute

Maintenant que la base de donnée a été constituée et nettoyée, il a fallu déterminer la méthode que l'on va utiliser pour construire la loi de rachat brute. Cela passe par deux choix principaux, le choix de la variable de segmentation, et le choix de l'estimateur que l'on va utiliser.

### 5.3.1 Choix de la variable de segmentation

Généralement, pour les lois de rachat, la variable de segmentation utilisée est l'ancienneté. En effet, auparavant, très peu de produits de retraite autorisaient le déblocage anticipé pour des raisons autres que les accidents de la vie. Ainsi la rareté de ces événements font que le rachat dans le cas des produits de retraite était rarement modélisé. Les rachats étaient donc le plus souvent modélisés pour les produits d'Assurance Vie où il n'y a pas de condition de sortie et leurs fréquences font qu'ils ont un fort impact sur les résultats de l'assureur.

Cependant, si la variable privilégiée pour le rachat des assurance vie est l'ancienneté, cela est dû au fait que la fiscalité du produit est directement impactée par cette dernière. Si l'on rachète son épargne après 8 ans d'ancienneté, l'assuré bénéficie d'avantages fiscaux plus élevés que s'il la rachète avant.

Pour le PER, la fiscalité ne dépend pas de l'ancienneté, l'assuré n'a pas plus intérêt à racheter son épargne après un certain nombre d'année d'ancienneté. En revanche, on peut imaginer que l'assuré va avoir plus tendance à racheter son épargne à certaines période de sa vie, comme vers 30 ans pour l'achat de sa première résidence principale ou entre 45 et 50 ans, une fois que ses enfants ont grandi afin d'acheter une nouvelle résidence principale.

C'est pourquoi, nous avons plutôt choisi l'âge en variable de segmentation que l'ancienneté. Voici la loi de rachat obtenue avec pour variable de segmentation l'âge en prenant  $Exposition_x = PM_{Annuelle\ x}$ , avec  $x$  l'âge :

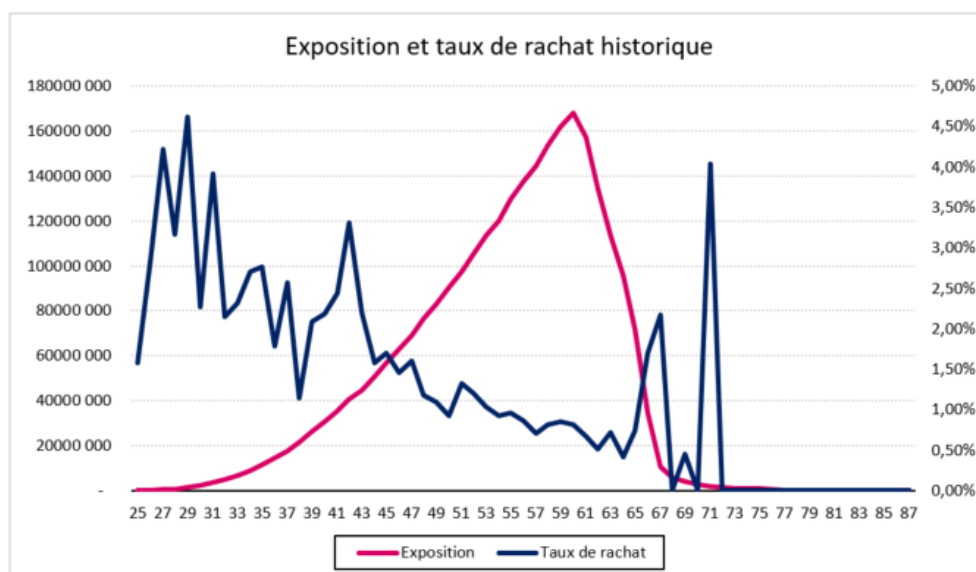


FIGURE 5.8 – Exposition et loi de rachat historique



On constate que pour les âges élevés et faibles, l'exposition est faible, ce qui entraîne une grande volatilité des taux de rachat, notamment pour les âges inférieurs à 35 ans et ceux supérieurs à 65 ans. En effet, plus l'exposition est faible, plus le taux de rachat est sensible aux cas exceptionnels qui le font exploser à la hausse.

Cependant, on constate tout de même une certaine tendance baissière. En effet, plus on se rapproche de la retraite, moins on a intérêt à racheter son épargne puisqu'on pourra la toucher au moment de la liquidation sous forme de capital.

Ainsi, cette loi historique semble cohérente puisqu'elle conserve la tendance baissière à laquelle on s'attend, cependant, elle présente deux soucis. Le premier est la grande volatilité pour les âges faibles et élevés due à un manque d'exposition.

Le deuxième est le calcul de l'exposition qui n'est pas exact. En effet, l'exposition correspond en théorie au montant de PM exposé au risque à chaque instant. Dans le cas de la loi historique, l'exposition est définie comme :

$$Exposition_x = \sum_{k=1}^{n_x} \frac{PM_{Début\ x}^k + PM_{Sortie\ x}^k + PM_{Fin\ x}^k}{2}$$

Avec :

- $n_x$  le nombre d'épargnants ayant l'âge  $x$
- $PM_{Début\ x}^k$  la PM début du  $k^{\text{ème}}$  épargnant ayant l'âge  $x$
- $PM_{Sortie\ x}^k$  la PM sortie du  $k^{\text{ème}}$  épargnant ayant l'âge  $x$
- $PM_{Fin\ x}^k$  la PM fin du  $k^{\text{ème}}$  épargnant ayant l'âge  $x$

Le souci de cette définition de l'exposition est que tous les assurés ne sont pas observés sur la même durée. Par exemple, un assuré observé à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020 qui décède le 1<sup>er</sup> avril 2020 n'est observé qu'un quart de l'année, et sa PM n'est exposée au risque qu'un quart de l'année. Cependant, avec cette formule de l'exposition, on ne capte pas cette sortie ce qui mène à des imprécisions. En résumé, l'estimateur défini avec cette formule de l'exposition ne prend pas en compte la censure.

C'est pourquoi nous allons nous diriger vers des estimateurs qui prennent en compte la censure.

### 5.3.2 Choix de l'estimateur

Tout d'abord, il a fallu choisir le type d'estimateur que nous allons utiliser. Nous avons écarté les estimateurs paramétriques parce que nous ne disposons pas d'assez de variable pour pouvoir les utiliser efficacement. Nous nous sommes alors dirigés vers les estimateurs non-paramétriques.

#### Définition de la censure

On parle de censure lorsque l'information sur la date de survenance de l'événement que l'on étudie est incomplète.

Il y a censure à gauche lorsque l'événement que l'on étudie a eu lieu avant la période d'observation, tandis que l'on parle de censure à droite lorsque l'événement que l'on étudie n'a pas

eu lieu à la fin de la période d'observation [11].

Nous allons prendre l'exemple de l'étude de l'âge à partir duquel les enfants apprennent à écrire afin d'illustrer le concept de censure :

- Au début de la période d'observation, des enfants savent déjà lire. Ces derniers sont donc censurés à gauche, car on ne sait pas quand ils ont appris à lire.
- A la fin de la période d'observation, des enfants ne savent toujours pas lire. Ces derniers sont donc censurés à droite, car on ne sait pas quand ils apprendront à lire.

Dans notre étude, la censure correspond à la sortie ou non d'un assuré. Dans notre cas il n'y a pas de censure à gauche, en revanche, on parle de censure à droite lorsqu'à la fin de la période d'observation, l'assuré n'est pas encore sorti. Soit si à la fin de chaque année d'arrêt, l'assuré n'a ni racheté, ni liquidé son contrat, et n'est pas décédé.

### L'estimateur retenu

Afin de tenir compte de la censure, nous avons choisi d'utiliser l'estimateur d'Hoem. L'exposition est déterminée pour chaque épargnant à chaque année d'arrêt comme suit :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{n_{obs\ x}^N(k)}{365,25}$$

Avec :

- $PM_{Annuelle}^N(k) = \frac{(PM_{Début}^N(k) + PM_{Sortie}^N(k) + PM_{Fin}^N(k))}{2}$  la PM moyenne de l'assuré  $k$  l'année  $N$
- $n_{obs\ x}^N(k)$  le nombre de jours de l'année  $N$  où on a observé l'individu  $k$  à l'âge  $x$

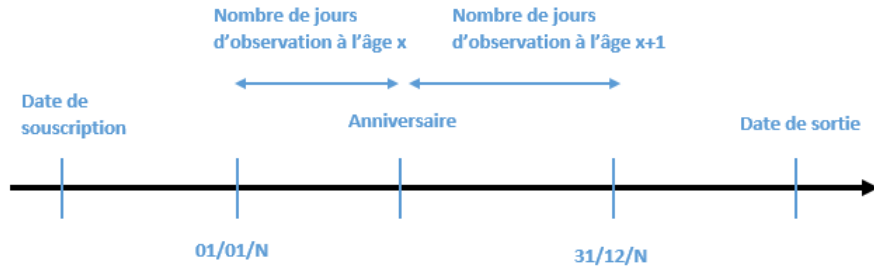
Comme nous avons construit notre base de données en concaténant les données d'inventaire de chaque année, un même assuré peut être représenté plusieurs fois dans la base mais avec un âge différent et une PM différente. Chaque ligne représente alors la situation d'un assuré à une année d'arrêt  $N$ .

Nous avons alors calculé l'exposition pour chaque ligne de notre base de donnée. Ainsi, un individu  $k$  d'âge  $x$  ayant souscrit son contrat le 1<sup>er</sup> avril de l'année  $N$  et qui ne sort pas cette année sera observé trois quarts de l'année. Cependant il ne sera pas observé les trois quarts de l'année à l'âge  $x$ . En effet, si l'on suppose que son anniversaire est le 1<sup>er</sup> juillet et que l'individu ne sort toujours pas, l'individu n'est observé qu'un quart de l'année à l'âge  $x$ . Son exposition pour l'âge  $x$  à l'année  $N$  vaut donc  $Exposition_x^N(k) = \frac{1}{4} \times PM_{Annuelle}^N(k)$ .

Son exposition pour l'année  $N$  à l'âge  $x + 1$  lui vaut  $Exposition_{x+1}^N(k) = \frac{1}{2} \times PM_{Annuelle}^N(k)$ .

On distingue alors 8 cas pour lesquels le calcul de l'exposition est différent :

– Date de souscription < 01/01/N < Anniversaire < 31/12 < Date de sortie :

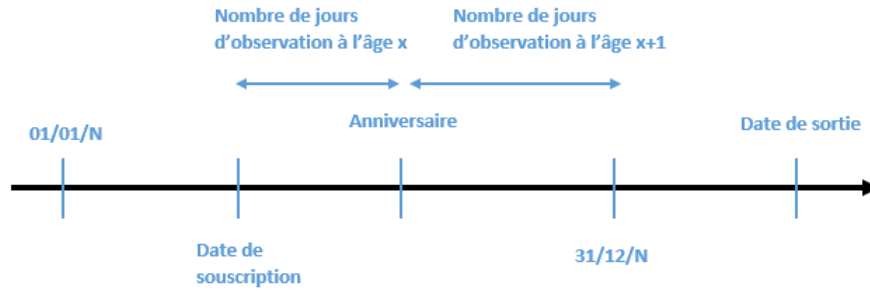


On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{01/01/N - Anniversaire}{365,25}$$

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Anniversaire - 31/12/N}{365,25}$$

– 01/01/N < Date de souscription < Anniversaire < 31/12 < Date de sortie :

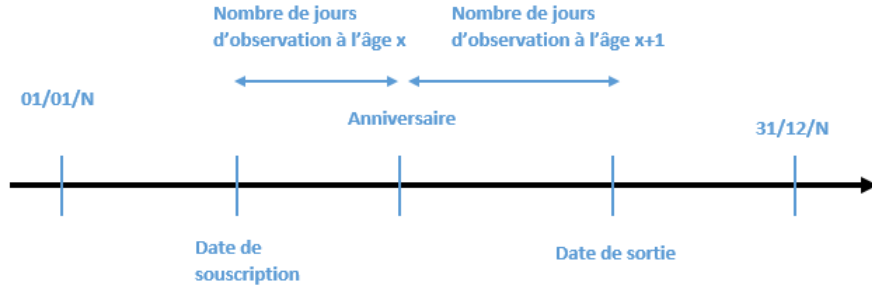


On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Date de souscription - Anniversaire}{365,25}$$

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Anniversaire - 31/12/N}{365,25}$$

– 01/01/N < Date de souscription < Anniversaire < Date de sortie < 31/12/N :

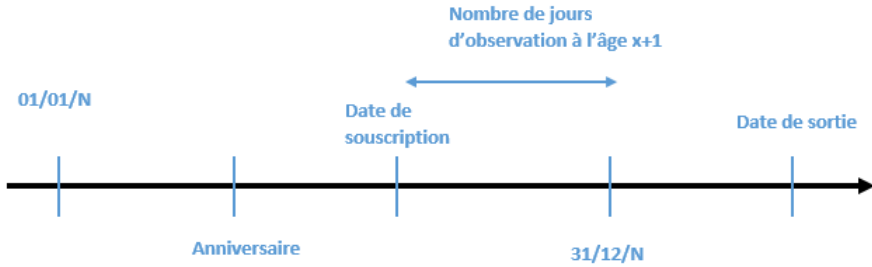


On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Date\ de\ souscription - Anniversaire}{365,25}$$

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Anniversaire - Date\ de\ sortie}{365,25}$$

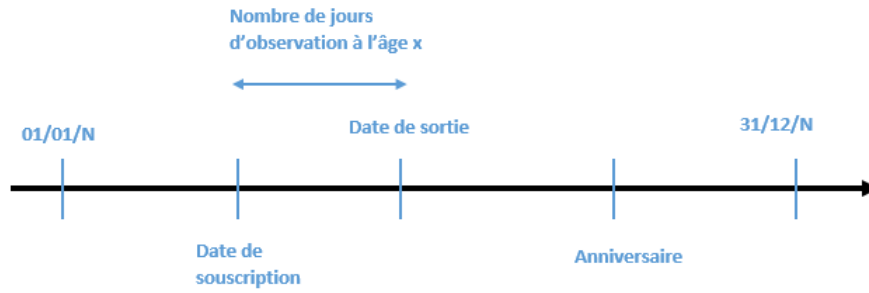
– 01/01/N < Anniversaire < Date de souscription < 31/12/N < Date de sortie :



On a alors :

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Date\ de\ souscription - 31/12/N}{365,25}$$

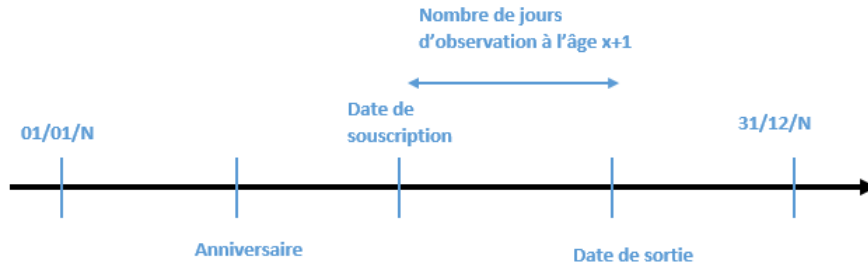
– 01/01/N < Date de souscription < Date de sortie < Anniversaire < 31/12/N :



On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Date\ de\ souscription - Date\ de\ sortie}{365,25}$$

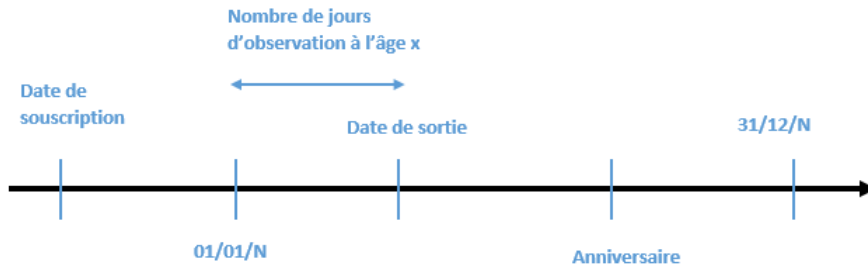
– 01/01/N < Anniversaire < Date de souscription < Date de sortie < 31/12/N :



On a alors :

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Date\ de\ souscription - Date\ de\ sortie}{365,25}$$

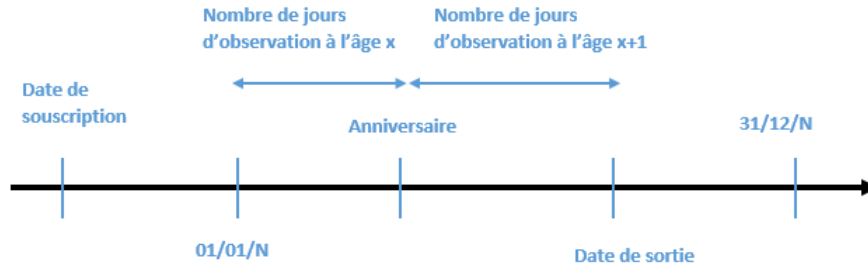
– Date de souscription < 01/01/N < Date de sortie < Anniversaire < 31/12/N :



On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{01/01/N - Date\ de\ sortie}{365,25}$$

– Date de souscription < 01/01/N < Anniversaire < Date de sortie < 31/12/N :



On a alors :

$$Exposition_x^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{01/01/N - Anniversaire}{365,25}$$

$$Exposition_{x+1}^N(k) = PM_{Annuelle}^N(k) \times \frac{Anniversaire - Date\ de\ sortie}{365,25}$$

Une fois que l'on a calculé l'exposition pour chaque individu, on obtient l'exposition totale pour l'âge  $x$  comme suit :

$$Exposition_x = \sum_{N \in I} \sum_{k=1}^{n_x} Exposition_x^N(k)$$

Avec :

- $n_x$  le nombre d'assurés d'âge  $x$  (un même assuré peut être comptabilisé pour  $n_x$  et  $n_{x+1}$ )
- $I = \llbracket 2007 ; 2009 \rrbracket \cup \llbracket 2012 ; 2016 \rrbracket$  est notre intervalle d'étude

On obtient alors comme taux de rachat estimés :

$$\hat{i}_x = \frac{Rachat_x}{Exposition_x}$$

Avec  $Rachat_x$  la somme des rachats effectués à l'âge  $x$

### Inconvénient de l'estimateur d'Hoem

L'un des principaux inconvénients de la méthode d'Hoem est qu'elle peut autoriser des taux de rachat supérieurs à 1.

En effet, supposons que notre portefeuille est composé d'uniquement de 2 individus d'âge  $x$ , tout deux ayant souscrit avant le 01/01/N, ayant leur date d'anniversaire le 1<sup>er</sup> octobre et possédant chacun 100€ de PM.

Si les deux individus rachètent leur épargne le 1<sup>er</sup> juillet, nous avons :

$$\begin{aligned} Exposition_x &= \frac{1}{2} \times 100 + \frac{1}{2} \times 100 \\ &= 100 \end{aligned}$$

Or,  $Rachat_x = 200$ , on a donc :

$$\begin{aligned} \hat{i}_x &= \frac{Rachat_x}{Exposition_x} \\ &= 2 > 1 \end{aligned}$$

Dans les faits, ce type d'anomalie n'intervient que lorsque le nombre d'observation est faible ou qu'elles sont mal réparties entre les âges. Dans notre cas, nous n'avons aucun  $\hat{i}_x$  supérieur à 1.

L'estimateur de Kaplan-Meier prend aussi en compte la censure. Il est plus précis que celui d'Hoem, mais nous n'avons pas pu l'utiliser car il suppose que l'on dispose des PM à un pas au moins trimestriel ou mensuel, ce qui n'est pas notre cas [12].

### 5.3.3 La loi brute

Après avoir appliqué la méthode d'Hoem, nous avons obtenu des taux de rachats bruts. Ces derniers sont représentés par le graphique suivant :

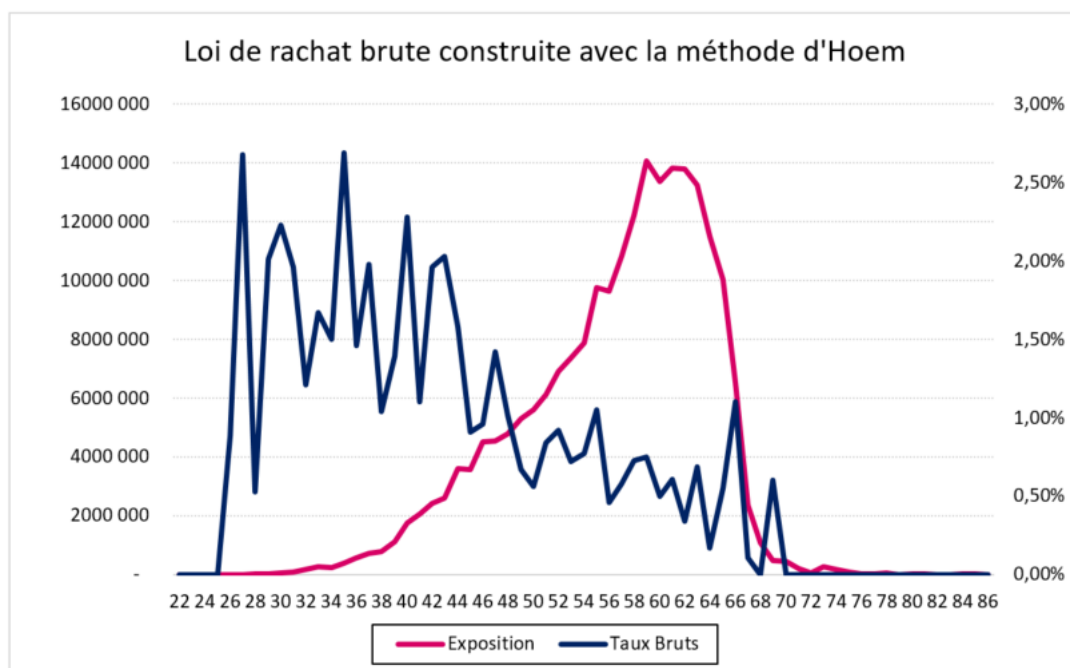


FIGURE 5.9 – Loi de rachat brute construite avec la méthode d’Hoem

On constate que comparé à la loi historique, la loi construite avec la méthode d’Hoem est moins volatile et que la tendance baissière est plus prononcée que pour la loi historique. On remarque toutefois que pour les âges faibles et élevés, il y a toujours une grande volatilité de la loi qu’il faudra corriger.

De plus, la méthode d’Hoem a diminué l’exposition, cela est dû à la prise en compte de la censure. En effet, auparavant la PM d’un assuré était comptabilisée pour une année entière à chaque fois, quand bien même ce dernier n’est plus observé depuis le début d’année.

## 5.4 Construction de la loi de rachat finale

On constate qu’avec la méthode d’Hoem, la loi est un peu plus robuste et prend mieux en compte les sorties. Cependant elle reste assez volatile dû à un manque d’exposition pour certains âges. C’est pourquoi nous allons traiter les tranches d’âges avec une exposition faible et les autres séparément afin de corriger cette volatilité.

### 5.4.1 Prise en compte des tranches d’âges avec des expositions faibles

Afin de rectifier la forte volatilité pour les tranches d’âges avec des expositions faibles, nous avons utilisé le critère de Cochran.

Ce critère permet de déterminer si il y a un nombre de rachats pour un âge  $x$  suffisant pour considérer l’estimation du rachat pertinent pour cet âge [13]. Ce critère est valide si :

$$N_x \times \hat{i}_x \geq 5 \text{ ET } N_x \times (1 - \hat{i}_x) \geq 5$$

Avec  $N_x$  le nombre d’assurés d’âge  $x$  exposés au risque.



Age	$N_x$	$\hat{i}_x$	$N_x \times \hat{i}_x$	$N_x \times (1 - \hat{i}_x)$	Critère de Cochran
22	0,4928131	0,00%	0	0,492813142	FAUX
23	4,1861739	0,00%	0	4,186173854	FAUX
24	18,614648	0,00%	0	18,6146475	FAUX
25	38,444901	0,00%	0	38,44490075	FAUX
26	73,869952	0,88%	0,646743599	73,22320849	FAUX
27	116,95277	2,68%	3,131005911	113,8217662	FAUX
28	193,79671	0,53%	1,024928555	192,771786	FAUX
29	266,91581	2,11%	5,631923614	261,2838875	VRAI
30	376,51198	2,23%	8,396217112	368,115761	VRAI
31	487,02943	1,96%	9,570006002	477,4594259	VRAI
32	616,31622	1,21%	7,434196066	608,8820257	VRAI
33	749,31828	1,67%	12,48762588	736,8306493	VRAI
34	883,78029	1,50%	13,21664526	870,5636422	VRAI
35	1023,091	2,69%	27,48373619	995,6072973	VRAI
36	1170,0459	1,46%	17,07508545	1152,970774	VRAI
37	1331,1321	1,98%	26,34706134	1304,78504	VRAI
38	1455,1259	1,04%	15,17566161	1439,95028	VRAI
39	1604,0062	1,39%	22,22964928	1581,776511	VRAI
40	1743,9555	2,28%	39,68335339	1704,272157	VRAI
41	1897,3381	1,10%	20,82827088	1876,509854	VRAI
42	2060,8898	1,96%	40,46365829	2020,426143	VRAI
43	2172,2799	2,03%	44,03150787	2128,248437	VRAI
44	2283,8795	1,58%	35,98679884	2247,892736	VRAI
45	2335,7803	0,91%	21,25239255	2314,527895	VRAI
46	2424,5373	0,96%	23,15623801	2401,381065	VRAI
47	2489,232	1,42%	35,23466639	2453,997366	VRAI
48	2573,8131	1,02%	26,13875728	2547,674384	VRAI
49	2723,9685	0,67%	18,16556893	2705,802946	VRAI
50	2838,9466	0,56%	15,84423529	2823,102377	VRAI
51	2902,3703	0,84%	24,48014353	2877,890151	VRAI
52	2908,4086	0,92%	26,63682699	2881,771797	VRAI
53	2970,5079	0,72%	21,39556583	2949,112305	VRAI
54	3086,7604	0,77%	23,6488849	3063,111553	VRAI
55	3138,0144	1,05%	32,93908082	3105,075293	VRAI
56	3145,0931	0,46%	14,31274903	3130,780338	VRAI
57	3126,5051	0,58%	18,02112516	3108,484008	VRAI
58	3108,0445	0,73%	22,74263595	3085,301854	VRAI
59	3096,0445	0,75%	23,17159968	3072,87289	VRAI
60	2997,6701	0,50%	15,03347936	2982,63661	VRAI
61	2763,7228	0,61%	16,78998589	2746,932807	VRAI
62	2298,9124	0,34%	7,82398573	2291,088403	VRAI
63	1837,9131	0,69%	12,76923529	1825,143838	VRAI
64	1477,1335	0,37%	5,497817266	1471,635653	VRAI
65	1219,7153	0,55%	6,649726991	1213,065537	VRAI
66	765,41752	0,65%	4,939691036	760,4778312	FAUX
67	296,4449	0,11%	0,313781812	296,1311189	FAUX
68	116,0616	0,00%	0	116,0616016	FAUX
69	77,564682	0,60%	0,463315799	77,10136593	FAUX
70	62,420945	0,00%	0	62,42094456	FAUX
71	45,620808	0,00%	0	45,62080767	FAUX
72	32,47091	0,00%	0	32,47091034	FAUX
73	24,80219	0,00%	0	24,80219028	FAUX
74	22,239562	0,00%	0	22,23956194	FAUX
75	26,874743	0,00%	0	26,87474333	FAUX
76	30,119097	0,00%	0	30,11909651	FAUX
77	28,845996	0,00%	0	28,84599589	FAUX
78	23,252567	0,00%	0	23,25256674	FAUX
79	24,087611	0,00%	0	24,08761123	FAUX
80	21,278576	0,00%	0	21,27857632	FAUX
81	13,697467	0,00%	0	13,69746749	FAUX
82	9,8261465	0,00%	0	9,826146475	FAUX
83	7,6495551	0,00%	0	7,649555099	FAUX
84	7,6440794	0,00%	0	7,644079398	FAUX
85	4,6078029	0,00%	0	4,607802875	FAUX

FIGURE 5.10 – Critère de Cochran appliqué à la loi brute

On constate alors que le critère de Cochran n'est pas respecté pour les âges strictement inférieurs à 29 ans et ceux strictement supérieurs à 65 ans.

Pour les âges supérieurs à 65 ans, nous avons fait le choix de fixer leur taux de rachat à 0%. En effet, à cet âge les assurés sont soit retraités soit proche de la retraite. Dans le premier cas ils ne peuvent pas racheter leur épargne et dans le second, s'ils souhaitent disposer de leur épargne, ils peuvent tout simplement liquider leur contrat en capital. Nous jugeons donc qu'il n'y aura pas de rachats à ces âges.

Pour les âges inférieurs à 29 ans, c'est plus délicat, puisqu'il y aura probablement des rachats notamment dans le cas de l'achat d'une résidence principale. Nous avons fait le choix de fixer le taux de rachat à 1,19%, cela correspond à la moyenne des taux de rachat pour les âges respectant le critère de Cochran. Ce choix est plutôt arbitraire, cependant, les encours à ces

âges sont plutôt faibles et nous montrerons par la suite qu'en réalité changer les taux pour ces âges n'ont que très peu d'impact sur la VIF et le BSCR.

### 5.4.2 Lissage

Pour les âges respectant le critère de Cochran, on constate tout de même une certaine volatilité. Nous avons donc lissé ces taux via la méthode de Whittaker-Henderson afin de les rendre plus cohérents.

Nous avons choisi la méthode de Whittaker-Henderson parce qu'il s'agit d'une méthode non-paramétrique et nous permettant ainsi de lisser la courbe sans effectuer d'hypothèse sur l'allure de la courbe.

#### Présentation de la méthode de Whittaker-Henderson

Cette méthode de lissage introduit deux critères, le critère de fidélité et le critère de régularité et a pour but de minimiser la combinaison linéaire de ces deux critères [14].

Le critère de fidélité  $F$  mesurant la fidélité des taux lissés  $\tilde{i}_x$  par rapport aux taux bruts  $\hat{i}_x$  s'écrit comme suit :

$$F = \sum_{x=l}^p \omega_x \times (\hat{i}_x - \tilde{i}_x)^2 \quad (5.1)$$

Avec :

- $l$  le premier âge de notre courbe
- $p$  le dernier âge de notre courbe
- $\omega_x$  le poids que l'on donne à l'âge  $x$

$F$  est donc la somme des écarts quadratiques entre les taux lissés et taux bruts pondérés par leurs poids et mesure la distance entre ces taux.

Le critère de régularité  $S$  mesure la régularité de la courbe et s'écrit comme suit :

$$S = \sum_{x=l}^{p-z} (\Delta^z \tilde{i}_x) \quad (5.2)$$

Avec :

$$\Delta \tilde{i}_x = \tilde{i}_{x+1} - \tilde{i}_x$$

$$\Delta^2 \tilde{i}_x = \Delta(\Delta \tilde{i}_x) = \Delta(\tilde{i}_{x+1} - \tilde{i}_x) = \tilde{i}_{x+2} - 2 \times \tilde{i}_{x+1} + \tilde{i}_x$$

$$\text{Par récurrence on trouve alors : } \Delta^z \tilde{i}_x = \sum_{k=0}^z C_z^k \times \tilde{i}_{x+k}$$

La méthode de Whittaker-Henderson cherche alors à minimiser  $M$  la combinaison linéaire du critère de fidélité  $F$  et du critère de régularité  $S$ ,  $M$  s'écrivant :

$$M = F + h \times S \quad (5.3)$$

Avec  $h$  le poids que l'on accorde au critère de régularité comparé au critère de fidélité. Ainsi plus  $h$  sera grand, plus la courbe sera lissée, pour  $h = 0$  la courbe n'est pas lissée.

Afin de minimiser  $M$ , nous devons résoudre le problème d'optimisation suivant :

$$\frac{\partial M}{\partial \tilde{i}_x} = 0, \quad l \leq x \leq p$$

Posons :

$$\tilde{i} = (\tilde{i}_x)_{l \leq x \leq p}; \quad \hat{i} = (\hat{i}_x)_{l \leq x \leq p}; \quad \omega = (\omega_x)_{l \leq x \leq p}; \quad \Delta^z \tilde{i} = \Delta^z (\tilde{i}_x)_{l \leq x \leq p}$$

On a donc :

$$F = (\tilde{i} - \hat{i})^T \omega (\tilde{i} - \hat{i})$$

$$S = (\Delta^z \tilde{i})^T (\Delta^z \tilde{i})$$

Nous posons alors  $K_z$  la matrice de taille  $(p - l + 1 - z; p - l + 1)$  constituée des coefficients binomiaux d'ordre  $z$  dont le signe alterne et commence positivement pour  $z$  pair.

Par exemple, pour  $p - l + 1 = 5$  et  $z = 2$  :

$$K_2 = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

On a alors  $\Delta^z \tilde{i} = K_z \tilde{i}$ , ce qui permet d'écrire  $M$  comme suit :

$$M = (\tilde{i} - \hat{i})^T \omega (\tilde{i} - \hat{i}) + h \tilde{i}^T K_z^T K_z \tilde{i}$$

$$= \tilde{i}^T \omega \tilde{i} - 2 \tilde{i}^T \omega \hat{i} + \hat{i}^T \omega \hat{i} + h \tilde{i}^T K_z^T K_z \tilde{i}$$

Ainsi nous pouvons résoudre :

$$\frac{\partial M}{\partial \tilde{i}} = 2\omega\tilde{i} - 2\omega\hat{i} + 2hK_z^T K_z \tilde{i} = 0$$

Ce qui nous donne alors les taux lissés :

$$\tilde{i} = (\omega + hK_z^T K_z)^{-1} \omega \hat{i} \quad (5.4)$$

Notons que  $hK_z^T K_z$  n'est pas inversible mais que  $\omega + hK_z^T K_z$  l'est.

### Application de la méthode de Whittaker-Henderson à notre étude

Dans notre étude, nous avons lissé nos taux de rachats bruts avec la méthode de Whittaker-Henderson. Nous avons pris comme poids  $\omega_x$  le rapport entre l'exposition de l'âge  $x$  et la moyenne des expositions. Ce choix permet de limiter le poids donné aux points aberrants. Nous avons également décidé de fixer  $z$  à 3 et  $h$  à 10 afin de ne pas surlisser la courbe et ainsi ne pas perdre certaines "bosses" qui reflèteraient une tendance de rachat observée dans les faits.

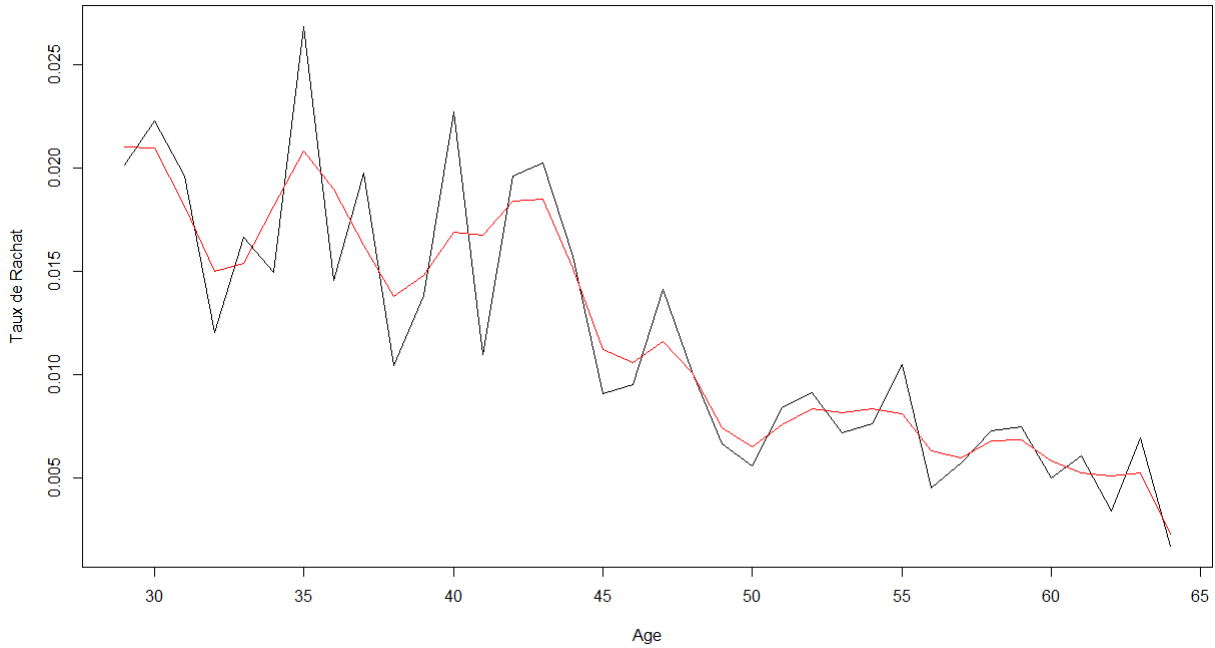


FIGURE 5.11 – Loi lissée par la méthode de Whittaker-Henderson pour  $z = 3$  et  $h = 10$

On constate que la loi lissée, en rouge, conserve la tendance baissière de la loi brute tout en conservant certaines "bosses" qui peuvent refléter une réalité. En effet, on observe deux principales "bosses", une entre 30 et 40 ans avec un pic à 35 ans et une seconde entre 40 et 45 ans avec un pic à 43 ans. Ces pics de rachat peuvent être justifiés par une tendance des épargnants à acheter leur résidence principale autour de ces âges. Voici, un tableau de l'INSEE [15] montrant la répartition par âge des nouveaux acquéreurs de résidence principale.

	Ensemble des propriétaires	Ancienneté de l'acquisition	
		Acquéreurs anciens	Acquéreurs récents
<b>Âge de la personne de référence</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Moins de 30 ans	2,3	0,6	13,3
De 30 à 39 ans	12,0	8,3	35,5
De 40 à 49 ans	17,8	16,9	24,2
De 50 à 64 ans	31,5	33,6	17,8
65 ans ou plus	36,4	40,6	9,1

FIGURE 5.12 – Répartition des propriétaires par âge

On constate que les deux tranches d'âge représentant la majorité des nouveaux acquéreurs de résidence principale sont les 30-39 ans représentant 35,5% des acquéreurs récents et les 40-49 ans représentant 24,2% des acquéreurs récents.

Ainsi les taux élevés de rachats constatés sur notre loi pour ces tranches d'âge peuvent être expliqués par une tendance des épargnants à racheter leur épargne à ces âges afin d'acquérir leur résidence principale.

Toutefois, il y a quelques autres sauts qui peuvent être expliqués par la grande volatilité des données due à un nombre d'observations faible.

### 5.4.3 Validation de la loi

Nous avons construit une loi brute que nous avons ensuite lissée, afin de mesurer la qualité de la loi, nous allons effectuer différents tests et calculer différents critères.

Tout d'abord, nous allons tenter de valider le lissage en vérifiant que ce dernier n'a pas dénaturé la loi. Cela passe principalement par deux niveaux :

- **La qualité du lissage** : Nous allons utiliser le test des signes afin de déterminer si la loi lissée a tendance à sur-estimer ou sous-estimer la loi brute.
- **Les écarts entre la loi lissée et la loi brute** : Nous allons mesurer la distance entre la loi lissée et la loi brute. Pour ce faire, nous allons utiliser le MAPE et le  $R^2$

#### Test des signes

Il s'agit d'un test non-paramétrique qui examine la fréquence des changements de signes de la différence entre les probabilités de rachat bruts et lissés [16]. Sous l'hypothèse nulle  $H_0$  la médiane entre les signes positifs et négatifs de cette différence est nulle. Soit le nombre  $n_+$  de signes positifs et  $n_-$  de signes négatifs avec  $n = n_+ + n_-$ , la statistique du test des signes  $\xi^{SIG}$  s'écrit :

$$\xi^{SIG} = \frac{|n_+ + n_-| - 1}{\sqrt{n}}$$

Si  $H_0$  est vraie, cette statistique suit une loi Normale centrée réduite,

$$\xi^{SIG} \sim \mathcal{N}(0, 1)$$

Ainsi, l'hypothèse nulle  $H_0$  sera rejetée si,

$$|\xi^{SIG}| > \mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1)$$

où  $\mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1)$  est le  $1-\frac{\alpha}{2}$  quantile de la distribution Normale centrée réduite. Dans le cadre de notre étude, nous avons pris  $\alpha = 5\%$ . Donc  $\mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1) = 1,96$ . La p-value est la plus petite valeur du risque de première espèce ( $\alpha$ ) pour laquelle on rejette le test. Plus la p-value est proche de 1, plus on considère que le lissage est bon.

Dans le cadre de notre étude, nous obtenons :

Test des signes	Statistique	p-value	Acceptation H0
	<b>1,66666667</b>	<b>0,8763233</b>	<b>H0 est conservée</b>

FIGURE 5.13 – Test des signes pour le lissage par Whittaker-Henderson

$H_0$  est conservée, donc la loi lissée n'a pas tendance à sous-lisser ou sur-lisser la loi brute. Donc sur ce point le lissage semble correct.

### L'indicateur MAPE

Le Mean Average Percentage Error (MAPE) est un indicateur qui mesure l'exactitude de l'ajustement par rapport aux observations. Cet indicateur correspond à la moyenne des écarts en valeur absolue par rapport aux valeurs observées.

$$MAPE = \frac{1}{p-l+1} \times \sum_{x=l}^p \left| \frac{\tilde{i}_x - \hat{i}_x}{\tilde{i}_x} \right|$$

Ce coefficient est à minimiser pour considérer la loi lissée et la loi brute comme "proche".

### L'indicateur $R^2$

Ce coefficient détermine s'il y a une corrélation linéaire entre deux séries de données. Il représente la part de variance expliquée par rapport à la variance globale. Le  $R^2$  s'écrit :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{x=l}^p (\tilde{i}_x - \hat{i}_x)^2}{\sum_{x=l}^p (\tilde{i}_x - \frac{1}{p-l+1} \sum_{x=l}^p \tilde{i}_x)^2}$$

Plus le coefficient est proche de 1, plus la corrélation entre la loi lissée et la loi brute est élevée.

Dans le cas de notre étude, nous obtenons :

MAPE	15,8276%
R <sup>2</sup>	80,4261%

FIGURE 5.14 – Les indicateurs MAPE et R<sup>2</sup> pour le lissage par Whittaker-Henderson

Le MAPE, soit les écarts valent 15,82% et le R<sup>2</sup> vaut 80,43%.

Ainsi les taux lissés sont plutôt proches et corrélés des taux bruts. De plus, à cause de la volatilité de la loi, il est compliqué d'obtenir un MAPE plus faible et un R<sup>2</sup> plus élevé sans que la loi ne soit pas assez lissée et donc rester extrêmement volatile. Cette loi paraît donc être un bon compromis entre la fidélité par rapport à la loi initiale et la régularité de la courbe.

### Confrontation des rachats estimés par la loi lissée et les rachats observés en 2017

Avec le test des signes et les indicateurs MAPE et R<sup>2</sup> nous avons pu valider que la loi lissée est suffisamment fidèle à la loi brute. Il faut donc désormais s'assurer que la loi prédit bien les rachats. Pour ce faire, nous allons essayer de prédire les rachats survenus en 2017 que nous allons ensuite comparer aux rachats effectivement observés en 2017.

Pour ce faire, il a fallu construire des intervalles de confiance à 95% autour des rachats estimés par la loi.

L'intervalle de confiance généralement utilisé pour les lois en nombre est le suivant :

$$[ \tilde{i}_x - \mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1) \times \hat{\sigma}(\tilde{i}_x) ; \tilde{i}_x + \mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1) \times \hat{\sigma}(\tilde{i}_x) ] \quad (5.5)$$

Avec  $\hat{\sigma}(\tilde{i}_x) = \tilde{i}_x(1 - \tilde{i}_x)$

Cet intervalle de confiance est correct pour les lois en nombre puisqu'il est construit en supposant que tous les événements sont indépendants et que la survenance de l'événement prédit suit une loi de Bernoulli de paramètre le taux de survenance donné par la loi.

Cependant pour les lois de rachats en montant, l'intervalle de confiance ne paraît pas correct. En effet, il serait construit en supposant l'indépendance du rachat par rapport au montant ce qui ne paraît pas vrai.

En effet, un contrat représentant un montant de PM faible est moins susceptible d'être racheté puisque l'assuré a tout intérêt à continuer de profiter de la revalorisation élevée servie par le produit B pour ensuite une fois que le montant de PM devient élevé, racheter son épargne pour acheter sa résidence principale.

Nous nous sommes alors plutôt dirigés vers du bootstrap pour construire les intervalles de confiance.

Le bootstrap est une méthode d'inférence statistique qui repose sur des simulations.

Soit  $X_1, \dots, X_n$ , un échantillon de  $n$  observations indépendantes et identiquement distribuées.

Soit  $S$  le nombre de simulations effectuées. Pour  $s$  variant de 1 à  $S$ , nous tirons avec remise un échantillon  $X_1^s, \dots, X_n^s$  de l'échantillon initial.

Nous obtenons alors l'estimateur  $\hat{R}_x^s$ . Nous obtenons alors une distribution  $\hat{R}_x^1, \dots, \hat{R}_x^S$

Nous calculons alors :

- La moyenne :

$$\hat{R}_x = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \hat{R}_x^s \quad (5.6)$$

- La variance :

$$\hat{\sigma}_x^2 = \frac{1}{S-1} \sum_{s=1}^S (\hat{R}_x^s - \hat{R}_x)^2 \quad (5.7)$$

Pour un très grand nombre de simulation, 1000 dans notre étude, on obtient l'intervalle de confiance asymptotique suivant :

$$[ \tilde{i}_x - \mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1) \times \hat{\sigma}_x ; \tilde{i}_x + \mathcal{N}_{1-\frac{\alpha}{2}}(0, 1) \times \hat{\sigma}_x ] \quad (5.8)$$

Voici, nos rachats estimés pour l'année 2017 comparés aux rachats observés pour l'année 2017 :

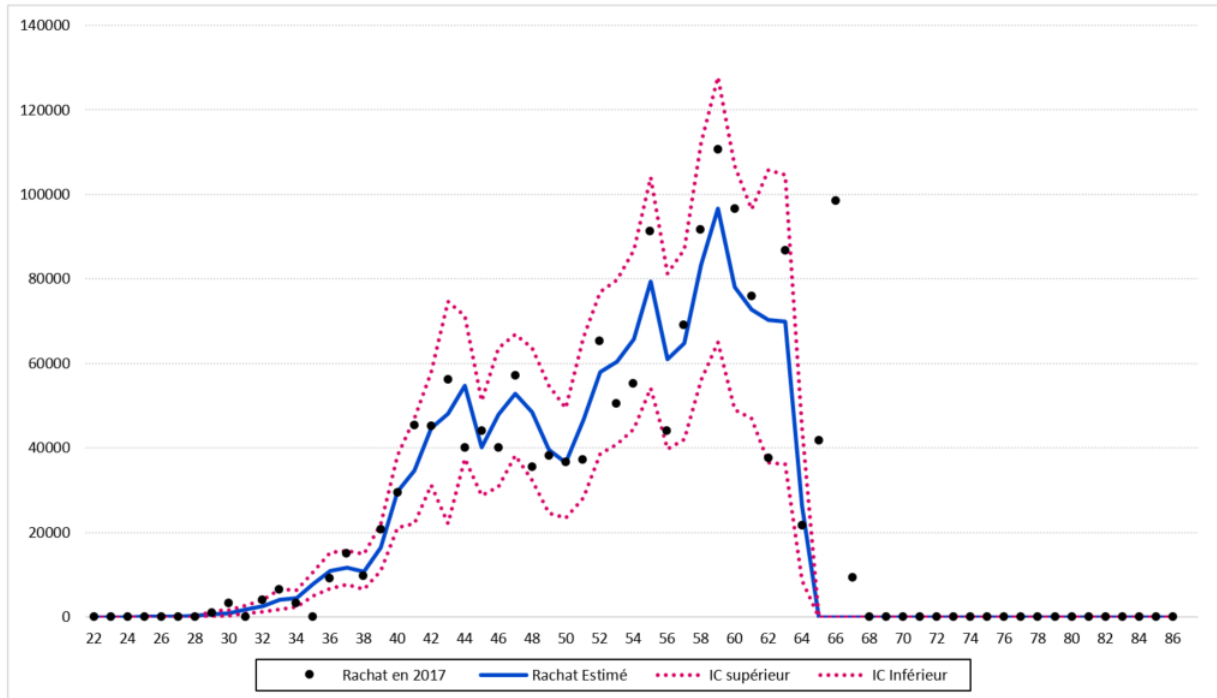


FIGURE 5.15 – Comparaison rachats estimés/observés par âge de survenance

On constate que pour les âges supérieurs à 65 ans, les rachats observés sont en dehors de



l'intervalle de confiance . Cela s'explique par notre choix de fixer les taux de rachat à 0% pour ces âges, or il arrive qu'il y ait des rachats tardifs dans le cas du produit B. Cependant, cela devrait rester des événements très ponctuels, puisqu'il n'y a aucun intérêt à racheter son contrat plutôt que de liquider son épargne sous forme de capital.

Néanmoins, la majorité des rachats observés se trouvent dans l'intervalle de confiance à 95%, nous pouvons alors conclure que notre loi est satisfaisante.

#### **5.4.4 Synthèse**

Nous avons déterminé certaines hypothèses par avis d'expert, tout en les justifiant avec les caractéristiques du produit, comme les répartitions des compartiments pour les différents PER qui sont justifiées par la nature de leur alimentation qui diffèrent selon le compartiment. En fonction du PER, certains compartiments peuvent être alimentés par versements et transferts, tandis que d'autres ne le sont que par transferts.

De même nous avons fait le choix de modéliser les transferts différemment en fonction du PER, puisque les transferts pour le PER Obligatoire ne sont possibles que lorsque l'assuré quitte l'entreprise, c'est pourquoi nous avons assimilé ces transferts à des taux de Turnover. Tandis que pour le PER Entreprise Collectif et le PER Individuel, les conditions de transferts sont beaucoup plus souples et seraient conditionnées par le rendement qu'offre le marché et seraient alors assimilables à des rachats dynamiques.

Pour certaines lois, nous avons dû utiliser comme base certains produits qui auraient des caractéristiques similaires au PER. Pour la loi de liquidation, nous avons jugé que le produit A serait proche du PER en terme de liquidation, c'est pourquoi nous avons utilisé une loi de liquidation déjà existante pour ce produit.

Pour la loi de rachat, cela a été plus délicat puisque peu de produits de retraite permettaient le rachat pour des raisons autres que les accidents de la vie. Cependant, dans le portefeuille de CNP Assurances, le produit B le permettait et notamment pour l'achat de sa résidence principale, c'est pourquoi nous l'avons utilisé comme base pour construire la loi de rachat du PER. Nous avons effectué divers traitements synthétisés dans le tableau suivant :

<b>Périmètre</b>	Segment étudié	Retraite Collective
	Produit étudié	Produit B
	Risque	Rachat Total
<b>Critères liés aux données</b>	Critère d'exhaustivité	99,95%
	Critère d'exactitude	99,67%
	Qualité globale des données	Bonne
	Fraicheur des données utilisées	2019
<b>Critères liés aux variables explicatives</b>	Historique de calibrage	[2007;2009] U [2012; 2016]
	Variable de segmentation retenue	Âge
	Variable de segmentation non retenue	Ancienneté
	Variables de segmentation non étudiées car non disponible	Patrimoine/Catégorie socio-professionnelle
<b>Critères liés aux modèles statistiques d'estimation</b>	Méthode d'estimation choisi	Hoem
	Modèle d'estimation non étudiés	Kaplan-Meier/Actuariel
	Méthode de lissage étudiée	Whittaker-Henderson
	Test des signes	Statistique: 1,666667
		p-value: 0,8763233
		H0 est conservée
	MAPE	15,83%
	R <sup>2</sup>	80,43%
	Comparaison des rachats estimés aux rachats observés en 2017	88% des rachats observés dans l'intervalle de confiance à 95%

FIGURE 5.16 – Synthèse de la construction de la loi de rachat

# Chapitre 6

## Mesures de sensibilité

Maintenant que nous avons développé le modèle ALM du PER et que nous avons déterminé les différentes hypothèses en input, nous allons effectuer diverses sensibilités sur les variables afin de mesurer leur impact sur la rentabilité de l'assureur au travers de la VIF et de mesurer leur impact sur le risque détenu par l'assureur au travers du BSCR.

### 6.1 Rappels sur les métriques

Les deux indicateurs que nous avons choisi afin de mesurer l'exposition au risque et la rentabilité sont respectivement le BSCR et la VIF. Ainsi avant toutes choses, nous allons expliquer ces deux notions. Pour ce faire, il faut également introduire d'autres métriques telles que le Best Estimate (BE) ou la Net Asset Value (NAV).

#### 6.1.1 Le Best Estimate

Le Best Estimate (BE) correspond à la somme des flux futurs des contrats d'assurance actualisés au taux sans risque et pondérés par leur probabilité de survenance.

Il y a les flux sortants correspondant aux prestations, aux commissions, aux frais financiers, aux coûts de gestion, à la PM de fin de projection, aux PVL et à la PPE de fin de projection. Les flux entrants correspondent aux primes, nous noterons que dans notre étude il n'y a pas de flux entrants.

Cette métrique représente alors la meilleure estimation (dans le sens proche de la réalité) de l'engagement de l'assureur envers les assurés, d'où l'appellation "Best Estimate".

Ainsi :

$$BE = \mathbb{E}^{\mathbb{Q}} \left( \sum_{t=1}^d \frac{Flux_t}{(1 + r_t)^t} \right)$$

Avec :

- $\mathbb{Q}$  la probabilité risque-neutre
- $Flux_t$  les flux probables de l'année  $t$
- $r_t$  le taux sans risque pour l'échéance  $t$

Cependant, les interactions entre actif et passif poussent à simuler de nombreux scénarios via des méthodes de Monte-Carlo. Les flux et les taux sans risque diffèrent selon le scénario, c'est pourquoi il faut prendre en compte les différents scénarios dans le calcul du  $BE$ .

Le moyenne empirique de la somme actualisée des flux selon chaque scénario est un estimateur convergeant du BE d'après la loi des grands nombres.

D'où :

$$BE \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^d \frac{Flux_t}{(1 + r_{i,t})^t}$$

Avec :

- $N$  le nombre de scénarios utilisés par le modèle
- $r_{i,t}$  le taux sans risque du scénario  $i$  pour l'échéance  $t$

### 6.1.2 La Value of Inforce

La Value of Inforce (VIF) correspond à la valeur actuelle des résultats futurs distribuables aux actionnaires. Elle représente ainsi la capacité de l'assureur à dégager des marges avec un portefeuille donné, soit la rentabilité espérée du portefeuille.

$$VIF = \sum_{t=1}^d \frac{Résultats_t}{(1 + r_t)^t}$$

Avec :

- $r_t$  le taux d'intérêt sans risque pour l'échéance  $t$
- $d$  la durée de projection du modèle
- $Résultats$  étant la somme du résultat technique, du résultat administratif et du résultat financier

### 6.1.3 Le SCR

Le SCR est le montant de fonds propres nécessaires pour être sûr de pouvoir éviter la ruine sur un horizon d'un an avec une probabilité de 99,5%.

Cette métrique peut alors être vue comme un indicateur du niveau de risque auquel est exposé l'assureur. En effet, plus les risques sont élevés, plus le SCR sera élevé.

#### Calcul par la formule standard

Selon les spécifications techniques du QIS 5, le SCR est calculé comme suit :

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{op}$$

Avec :

- $BSCR$  le SCR de base
- $Adj$  l'ajustement pour les effets d'atténuation des risques provenant de la participation aux bénéfices et des impôts différés
- $SCR_{op}$  exigence de capital au titre du risque opérationnel

Dans le cadre de notre étude, nous n'étudierons pas l'ajustement ni le risque opérationnel dont le calcul de son SCR est réalisé de manière forfaitaire en fonction des provisions mathématiques et des primes.

Nous allons maintenant expliquer le calcul du BSCR.

### La méthode Bottom-Up

Cette méthode consiste à calculer l'impact des risques sur les capitaux grâce à des stress-tests. L'assureur doit alors sélectionner les principaux risques susceptibles d'impacter le montant des fonds propres parmi les différents risques listés par l'EIOPA. De même, pour chacun de ces risques, l'EIOPA préconise une méthode de calcul basée sur un choc quantifiable [17].

Tous ces risques sont organisés selon une arborescence suivante :

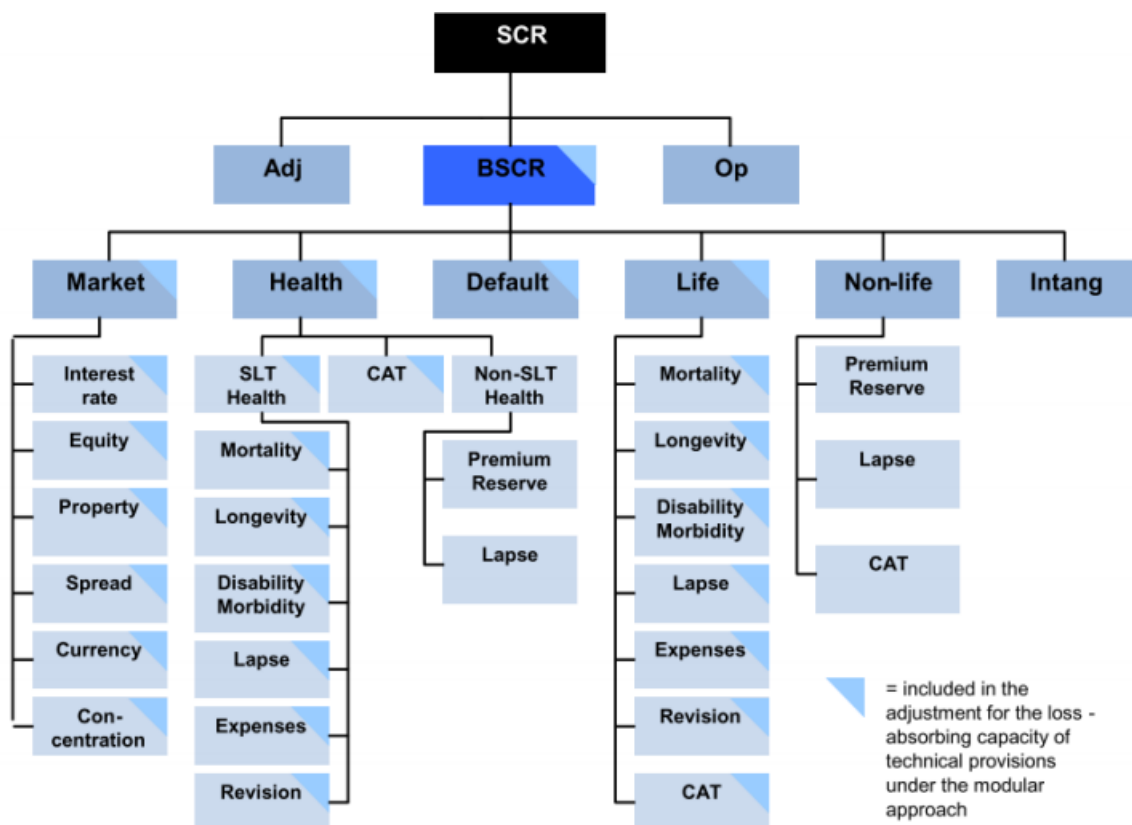


FIGURE 6.1 – Calcul du SCR par la méthode bottom-up

Les risques sont regroupés en modules : Vie, Non-Vie, Santé, Défaut, Marché et Intangible. Comme dans le cadre de notre étude nous étudions un produit de Retraite, les seuls modules qui nous concernent sont les modules Vie et Marché.

Ces modules sont subdivisés en sous-modules. Une fois que l'on a appliqué tous les chocs, on peut alors calculer les SCR des sous-modules via la formule suivante :

$$SCR_{\text{sous-module}} = \text{Max} ((VM_{\text{Aprèschoc}} - BE_{\text{Aprèschoc}}) - (VM_{\text{Central}} - BE_{\text{Central}}); 0)$$

Pour le module Vie, nous avons comme sous-modules :

- **Le risque de mortalité** : Il s'agit du risque que les tables de mortalité sous-estiment les taux de mortalité  $q_x$  du portefeuille.  
Le choc associé correspond à une hausse de 15% des taux de mortalité.
- **Le risque de longévité** : Il s'agit du risque que les tables de mortalité sur-estiment les taux de mortalité  $q_x$  du portefeuille.  
Le choc associé correspond à une baisse de 20% des taux de mortalité.
- **Le risque d'incapacité-invalidité** : Il s'agit du risque de perte ou de changements défavorables de la valeur des passifs assurantiers résultant de changements dans le niveau, la tendance ou la volatilité des taux d'incapacité/invalidité initialement prévus.  
Notons le produit que l'on étudie est un produit de Retraite, il n'est donc pas exposé à ce risque, c'est pourquoi nous n'étudierons pas le risque d'incapacité-invalidité.
- **Le risque de rachat** : Il s'agit du risque lié à un changement inattendu des taux de rachat.  
On distingue 3 chocs pour ce risque : la baisse permanente des taux de rachat de 50%, la hausse permanente des taux de rachat de 50% et le rachat massif correspondant à une diminution de 40% des PM lors de la première année.  
Le SCR correspond ensuite au maximum des SCR issus de ces trois chocs.
- **Le risque de frais** : Il s'agit du risque que l'assureur ait sous-estimé le montant des frais de gestion.  
Le choc associé correspond à une hausse de 10% des frais de gestion et à une hausse de 1% de l'inflation. Notons que nous n'avons pas appliqué la hausse de 1% puisque notre modèle ne prend pas en compte l'inflation.
- **Le risque de révision** : Il s'agit du risque qu'il y ait une variation du montant d'une rente du fait d'une révision imprévue de la sinistralité.  
Ce risque ne concerne que les activités de non-vie. Notre portefeuille n'étant pas exposé à ce risque, nous ne l'avons pas étudié.
- **Le risque catastrophe** : Il s'agit du risque de mortalité lié aux événements extrêmes ou irréguliers (catastrophe nucléaire, pandémie...).  
Le choc appliqué est une hausse de 0.15% lors de la première année de projection.

Une fois que l'on a tous les SCR de sous-modules, on obtient le SCR Souscription Vie via la formule qui suit :

$$SCR_{Vie} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{Vie\ i,j} \times SCR_{Vie\ i} \times SCR_{Vie\ j}}$$

Avec :

- $i$  et  $j$  les différents risques composants le module risque de souscription vie.
- $Corr_{Vie\ i,j}$  le coefficient de corrélation entre le risques  $i$  et  $j$ . La matrice de corrélation fournie par l'EIOPA est la suivante :

Corrélation Souscription Vie	Mortalité	Longévité	Invalidité	Frais	Révision	Rachat	Catastrophe
Mortalité	100%	-25%	25%	25%	0%	0%	25%
Longévité	-25%	100%	0%	25%	25%	25%	0%
Invalidité	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%

FIGURE 6.2 – Matrice de corrélation du module Souscription Vie

Pour le module Marché :

- **Le risque de taux** : Il s'agit du risque lié à la variation des taux utilisés pour actualiser l'actif et le passif, à la hausse ou à la baisse.  
A noter que la matrice de corrélation servant à calculer le SCR Marché diffère en fonction de si l'on a appliqué un choc à la hausse ou à la baisse. Le SCR taux conservé est celui qui permet d'obtenir le SCR Marché le plus élevé.
- **Le risque actions** : Il s'agit du risque qui concerne les actifs d'assurance sensibles aux variations des cours des actions. Ce risque résulte d'une variation défavorable du cours des actions.
- **Le risque immobilier** : Il s'agit du risque lié à la volatilité de la valeur de marché des actifs immobiliers.
- **Le risque de spread** : Le risque de spread de crédit dépend de l'évolution de l'écart entre le taux de rentabilité actuariel d'une obligation et le taux de rentabilité actuariel d'un emprunt sans risque de même maturité.  
Le risque de spread est d'autant plus important que la note de l'émetteur est faible. Il est évalué à partir du risque de spread des obligations, du risque de spread des produits structurés de crédit et enfin du risque de spread des dérivés de crédit

- **Le risque de change** : Il s'agit du risque de perte dû à une variation des taux de change. Le SCR de ce risque est nul dans notre étude puisque l'actif et le passif de notre portefeuille est dans la même devise, l'Euro.
- **Le risque de concentration** : Il s'agit du risque lié au manque de diversification des contrepartie auprès desquelles l'assureur détient des positions. En effet, si l'assureur possède une grande quantité de titres émisent par la même contrepartie, en cas de défaut, l'assureur risque de faire faces à des pertes et des moins-values importantes. Nous n'avons pas pris en compte ce risque, nous avons considéré que notre portefeuille d'investissement est suffisamment diversifié pour négliger ce risque.

Le SCR marché dispose de 2 matrices de corrélation distinctes, une correspondant à la corrélation des différents risques en cas de hausse des taux et une seconde en cas de baisse des taux :

Corrélation Hausse 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%

FIGURE 6.3 – Matrice de corrélation du module Marché en cas de hausse des taux

Corrélation Baisse Marché	Taux	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration
Taux	100%	50%	50%	50%	25%	0%
Action	50%	100%	75%	75%	25%	0%
Immobilier	50%	75%	100%	50%	25%	0%
Spread	50%	75%	50%	100%	25%	0%
Change	25%	25%	25%	25%	100%	0%
Concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%

FIGURE 6.4 – Matrice de corrélation du module Marché en cas de baisse des taux

La formule du SCR Marché qui en découle est alors la suivante :

$$SCR_{Mch} = \max \left( \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{Mch\ i,j}^{Hausse} \times SCR_{Mch\ i}^{Hausse} \times SCR_{Mch\ j}^{Hausse}} ; \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{Mch\ i,j}^{Baisse} \times SCR_{Mch\ i}^{Baisse} \times SCR_{Mch\ j}^{Baisse}} \right)$$



## 6.2 Mesures de sensibilité

Dans cette section nous allons vous présenter les résultats des mesures de sensibilités sur la rentabilité des portefeuilles ainsi que leur exposition au risque.

### 6.2.1 Le PERO

Afin de présenter les sensibilités effectuées sur les produits PERO, PERECO et PERIN, il convient de détailler les résultats liés à l'exposition au risque et la rentabilité pour les scénarios centraux.

#### Le scénario central du PERO

Les résultats en sortie du modèle ALM sont résumés dans le tableau suivant :

Produit	BSCR	VIF	BSCR en % du BE	VIF en % du BE	Duration du passif	Duration de l'actif
PERO	38 148 363, 21 €	53 251 749,48 €	1,9%	2,66%	19,35	12,10

FIGURE 6.5 – BSCR, VIF et durations du scénario central du PERO

Nous constatons un net écart entre la duration passif et la duration actif. La duration passif plutôt élevée peut être expliquée par les caractéristiques du portefeuille passif composé d'assurés relativement jeunes, l'âge moyen du portefeuille étant de 44 ans.

Par ailleurs, cette duration élevée résulte des caractéristiques du PERO. En effet, les encours de ce produit sont majoritairement répartis dans le compartiment 3, or ce dernier ne permet pas le déblocage anticipé de l'épargne pour l'achat de la résidence principale. De plus, pour ce compartiment le seul type de sortie possible est la liquidation en rente, ce qui entraîne une fin des engagements de l'assureur envers l'assuré uniquement à la mort de ce dernier, d'où la duration passif élevée.

De même on constate l'impact de ces caractéristiques sur la décomposition du BSCR :

<b>SCR Souscription Vie</b>	<b>16 682 062,55</b>
SCR Mortalité	-
SCR Longévité	13 112 599,34
SCR Invalidité	-
SCR Frais	5 685 973,56
SCR Révision	-
SCR Rachats	2 477 756,39
SCR Catastrophe	64 884,55

FIGURE 6.6 – Composition du SCR Vie du PERO pour le scénario central

On constate que le SCR Vie est majoritairement composé du SCR Longévité ce qui est logique puisque le PERO est principalement composé du compartiment 3 qui ne permet que la sortie en rente. Ainsi lorsque que l'on augmente les probabilités de survie des assurés, les engagements de l'assureur augmentent considérablement.

<b>SCR Marché</b>	<b>30 389 571,24</b>
<b>SCR Taux</b>	<b>25 872 419,89</b>
<b>SCR Action</b>	<b>5 269 808,39</b>
<b>SCR Immobilier</b>	<b>914 866,82</b>
<b>SCR Spread</b>	<b>1 605 926,33</b>
<b>SCR Change</b>	<b>-</b>
<b>SCR Concentration</b>	<b>-</b>

FIGURE 6.7 – Composition du SCR Marché du PERO pour le scénario central

Par ailleurs, nous constatons que la majeure partie du SCR Marché correspond au SCR Taux. Cela s'explique par le fait que plus l'on détient des engagements longtemps plus on est sensible aux dérives de taux.

Ainsi la duration passif élevée du PERO explique le SCR Marché élevé.

### Comparaison du produit Article 83 à son successeur : le PERO

L'Article 83 est le produit qui est voué à être remplacé par le PERO, c'est pourquoi nous avons décidé de comparer les deux produits. Pour ce faire nous avons utilisé le modèle ALM que nous avons développé pour le PERO pour modéliser l'Article 83.

Le produit est composé à 100% de compartiment 3, tandis que le PERO en est composé à 75%. Ainsi il n'y aura aucune sortie en capital et aucun déblocage anticipé, contrairement au PERO qui via ses encours sur les compartiments 1 et 2 permettait des sorties anticipées et une liquidation en capital, bien qu'elles restent mineurs vu la faiblesse des encours sur ces compartiments.

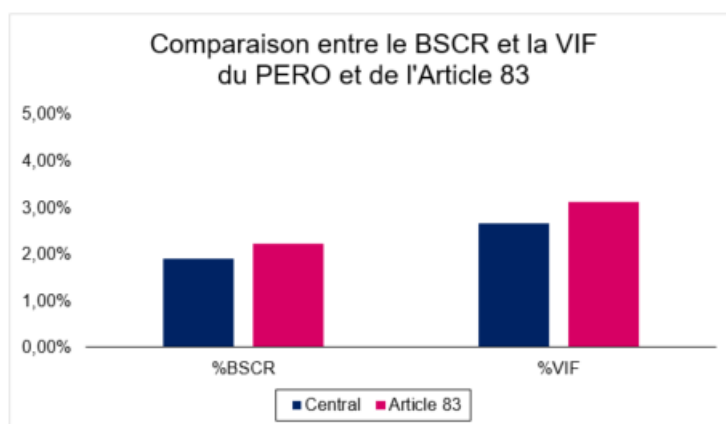


FIGURE 6.8 – Comparaison entre le BSCR et la VIF du PERO et de l'Article 83

Nous constatons que la VIF de l'Article 83 est supérieure à celle du PERO. Cela s'explique par le fait que l'Article 83 ne permet pas les sorties anticipées, ni les sorties en capital. En effet, les

assurés restent en moyenne plus longtemps en période de capitalisation et des chargements sur encours peuvent alors être prélevés plus longtemps et ainsi améliorer le résultat administratif et donc la VIF. De même, la période de restitution dure plus longtemps permettant le prélèvement de chargements sur arrérage et ainsi augmenter la VIF.

Par ailleurs, nous observons que le BSCR du PERO est inférieur à celui de l'Article 83.

<b>SCR Souscription Vie</b>	<b>19 807 563,72</b>
SCR Mortalité	-
SCR Longévité	17 013 408,69
SCR Invalidité	-
SCR Frais	6 733 960,26
SCR Révision	-
SCR Rachats	-
SCR Catastrophe	73 670,77

FIGURE 6.9 – Composition du SCR Vie de l'Article 83

Nous observons que le SCR Vie augmente significativement, cela est dû à une forte hausse du SCR Longévité. En effet, étant donné que le seul moyen de sortie est la liquidation en rente, il y a un plus grand nombre d'épargnants qui entrent en phase de restitution et qui perçoivent de prestations viagère. Ainsi il y a plus d'assurés qui atteignent des âges élevés, les chocs de longévités ont alors beaucoup plus d'impact sur le portefeuille.

<b>SCR Marché</b>	<b>35 307 473,81</b>
SCR Taux	30 581 512,64
SCR Action	5 280 894,37
SCR Immobilier	873 919,82
SCR Spread	2 111 237,94
SCR Change	-
SCR Concentration	-

FIGURE 6.10 – Composition du SCR Marché de l'Article 83

De même, le SCR Marché de l'Article 83 est plus élevé que celui du PERO car le SCR Taux est plus élevé. En effet, ce montant est dû à la durée passive de l'Article 83 qui est plus élevée que celle du PERO, ce qui rend le produit plus sensible aux chocs de taux.

### Les différentes sensibilités effectuées sur le PERO

Afin de déterminer quelles sont les caractéristiques qui ont le plus d'impact sur l'exposition au risque et la rentabilité du produit. Les sensibilités effectuées sont les suivantes :

- **Âge Pivot à 63 ans** : Nous avons fixé l'âge de liquidation à 63 ans, ainsi chaque assuré est en phase de rente à 63 ans.
- **Le taux de rachat des jeunes à 0%** : Afin de justifier notre choix de fixer les taux de rachat pour les assurés de moins de 29 ans à 1,18%, nous avons effectué une sensibilité. Nous avons alors fixé le taux de rachat des moins de 29 ans à 0% afin de vérifier que

l'impact sur le BSCR et la VIF sont effectivement non significatifs.

- **Hausse des rachat de 10%** : Nous avons augmenté les taux de rachats de 10%.
- **Hausse des transferts de 10%** : Nous avons augmenté les taux de transferts de 10%.
- **Hausse de 10% du Compartiment 1** : Le PERO est composé à 15% de Compartiment 1, à 10% de Compartiment 2 et à 75% de Compartiment 3. Nous avons alors réhaussé le pourcentage de Compartiment 1 à 25% et ramené le pourcentage de Compartiment 3 à 65%.  
La répartition des encours entre les compartiments est importante puisque les modalités de sortie à la liquidation et de déblocages anticipés sont déterminés par les compartiments.
- **Hausse de l'âge de 5 ans** : Nous avons vieilli l'ensemble du portefeuille d'assurés de 5 ans.
- **Baisse de l'âge de 5 ans** : Nous avons rajeuni l'ensemble du portefeuille d'assurés de 5 ans.
- **Baisse de 10% des sorties en capital** : Dans le cadre de notre étude, nous avons fixé le pourcentage de sorties en capital à 85%. Afin de capter l'impact de ces sorties, nous avons décidé de ramener ce pourcentage de sorties en capital à 75%.

Les résultats de ces sensibilités sont synthétisés dans les graphiques suivants :

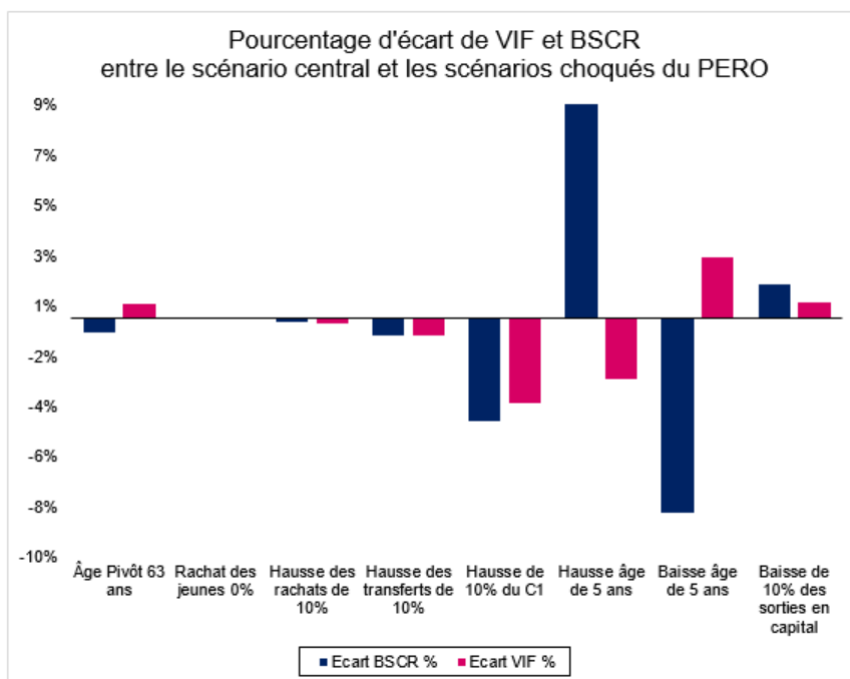


FIGURE 6.11 – Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERO

Nous constatons que les sensibilités sur l'âge de liquidation, le rachat des jeunes assurés, la hausse des rachats et la baisse des sorties en capital n'ont que très peu d'impact sur le BSCR et la VIF.

On constate tout de même que la baisse des rachats a baissé les deux métriques citées, tandis que la baisse des sorties en capital ont augmenté ces dernières.

Cela s'explique par le fait que la hausse des rachats entraîne une baisse de la duration, ainsi les SCR Longévité et Taux sont plus faibles. En effet, si il y a plus de sorties des assurés, il y en aura moins qui atteignent des âges élevés, le portefeuille est donc moins sensible aux chocs de longévité. De même si la duration baisse, le portefeuille est moins sensible aux variations de taux. Par ailleurs, la VIF diminue aussi car si les assurés restent moins longtemps dans le portefeuille, on a moins le temps de leur prélever des chargements dans le temps, ce qui diminue la marge administrative et donc la VIF.

Concernant la baisse des sorties en capital de 10% on constate l'effet inverse. En effet, si il y a moins de sortie en capital, il y a plus de liquidations en rente, les assurés restent donc plus longtemps dans le portefeuille ce qui augmente le BSCR et la VIF. On notera tout de même que la baisse des sorties en capital a peu d'impact pour le PERO, cela est dû au fait que ce produit est composé à 75% de compartiment 3 qui ne permet que les liquidations en rente. On peut donc s'attendre à des impacts plus significatifs pour le PERECO et le PERIN.

Ainsi les sensibilités entraînant le plus de variations du BSCR et de la VIF sont celles concernant la hausse du compartiment 1, la hausse de l'âge de 5 ans et celle concernant la baisse de l'âge de 5 ans.

En effet, la hausse du compartiment 1 a un fort impact, cela est dû au fait que ce compartiment permet une sortie en capital contrairement au compartiment 3. Ainsi en augmentant les encours sur ce compartiment et en diminuant ceux du compartiment 3 on augmente sensiblement les sorties en capital et on diminue les liquidations en rente, ce qui baisse fortement la duration du passif d'où l'impact sur la VIF et le BSCR.

Les sensibilités sur l'âge des assurés ont de forts impacts et leurs effets sont symétriques. En effet, une hausse de 5 ans de l'âge des assurés entraîne une forte augmentation du BSCR. Cela est dû au fait que les assurés atteignent plus rapidement des âges avancés et sont donc plus longtemps à des âges très sensibles aux chocs de Longévité, le SCR Longévité augmente alors sensiblement. Par ailleurs, on constate une forte diminution, cela peut s'expliquer par le fait que lorsque l'on augmente de 5 ans l'âge du portefeuille, les assurés décèdent et sortent en capital plus vite. On a alors moins le temps de prélever des chargements sur ces assurés ce qui baisse la VIF.

Concernant la sensibilité baissant de 5 ans l'âge du portefeuille, les effets sont symétriques et les explications sont l'inverse de celles données pour la hausse de 5 ans.

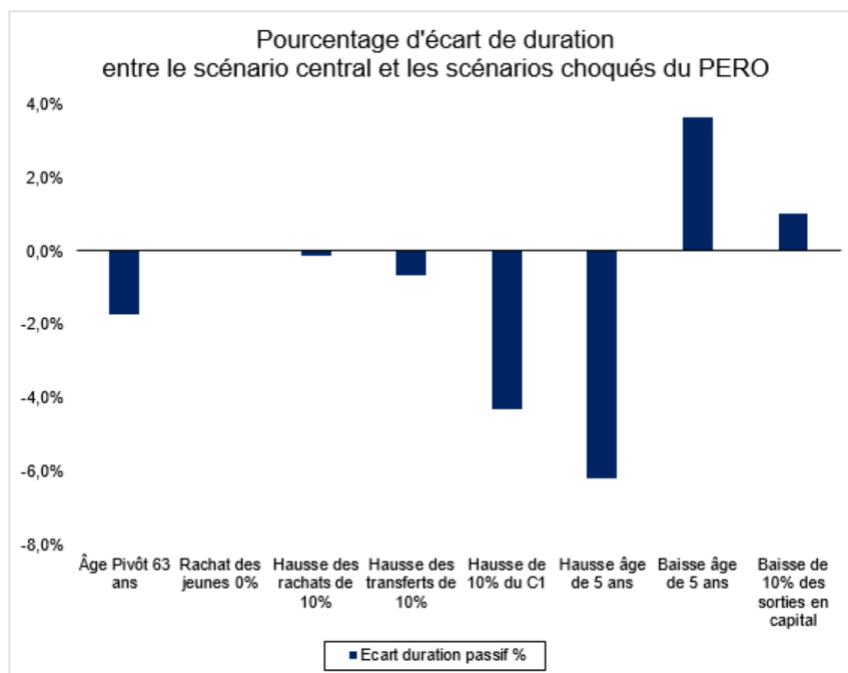


FIGURE 6.12 – Ecart de durée entre le scénario central et les scénarios choqués du PERO

Comme pour les écarts de BSCR et de VIF, on constate que les sensibilités ayant le plus d'impact sur la durée sont celles concernant la hausse des encours sur le compartiment 1, la hausse de 5 ans du portefeuille et la baisse de 5 ans du portefeuille.

De plus, on constate bien la corrélation entre la durée, le BSCR et la VIF. En effet, à part pour les sensibilités sur l'âge, une diminution de la durée entraîne une baisse du BSCR et de la VIF.

## 6.2.2 Le PERECO

### Le scénario central du PERECO

Les résultats en sortie du modèle ALM sont résumés dans le tableau suivant :

Produit	BSCR	VIF	BSCR en % du BE	VIF en % du BE	Duration du passif	Duration de l'actif
PERECO	31 302 289,23 €	32 235 205,96 €	1,56%	1,61%	13,89	12,10

FIGURE 6.13 – BSCR, VIF et durations du scénario central du PERECO

Nous constatons que l'écart entre la durée passif et la durée actif est moins prononcé que pour le PERO. Cela est dû au fait que ce produit est composé à 90% de compartiment 2 qui permet la liquidation en capital et seulement 5% de compartiment 3. De plus, on observe que le BSCR et la VIF sont plus faibles que celui du PERO.

La décomposition du BSCR est la suivante :

<b>SCR Souscription Vie</b>	<b>5 968 712,63</b>
SCR Mortalité	-
SCR Longévité	2 925 236,95
SCR Invalidité	-
SCR Frais	4 056 865,95
SCR Révision	-
SCR Rachats	729 874,28
SCR Catastrophe	47 308,42

FIGURE 6.14 – Composition du SCR Vie du PERECO

On constate que le SCR Vie du PERECO est nettement inférieur à celui du PERO, cela est dû à un SCR Longévité bien plus faible. En effet, la durée du PERECO est bien plus basse que celle du PERO grâce à des débloques anticipés et des liquidations en capital bien plus conséquentes que dans le PERO. Il y a alors moins d'assurés qui atteignent la phase de rente ce qui fait alors baisser le SCR Longévité.

<b>SCR Marché</b>	<b>29 271 995,43</b>
SCR Taux	19 353 553,30
SCR Action	9 066 450,86
SCR Immobilier	2 029 636,29
SCR Spread	3 946 124,10
SCR Change	-
SCR Concentration	-

FIGURE 6.15 – Composition du SCR Marché du PERECO

On observe que le SCR Marché est légèrement plus faible que le PERO. Cela peut s'expliquer par un SCR Taux bien plus faible que celui du PERO mais compensé par un SCR Action plus élevé.

Le SCR Taux plus faible est dû à la durée passif du PERO inférieure à celle du PERECO ce qui rend le portefeuille moins sensible aux chocs de taux. En revanche, le SCR Action plus élevé est dû aux débloques anticipés et aux sorties en capital plus nombreuses que pour le PERO. En effet, ces sorties nécessitent de beaucoup de trésorerie et cette dernière est alors loin d'être suffisante dans le cas du PERECO. On doit donc vendre des actions pour débloquer de l'argent liquide ce qui rend le portefeuille plus sensible aux variations du cours des actions.

### Les différentes sensibilités effectuées sur le PERECO

Comme pour le PERO, nous avons effectué des sensibilité afin de déterminer quelles sont les caractéristiques qui ont le plus d'impact sur la rentabilité et l'exposition au risque.

Les sensibilités sont les mêmes hormis la sensibilité sur le pourcentage des compartiments.

Le PERECO est composé à 5% de compartiment 1, à 90% de compartiment 2 et à 5% de compartiment 3. Pour la sensibilité sur les compartiments, nous avons ramené le compartiment 2 à 80% et rehaussé le compartiment 3 à 15%.

Les résultats de ces sensibilités sont synthétisés dans les graphiques suivants :

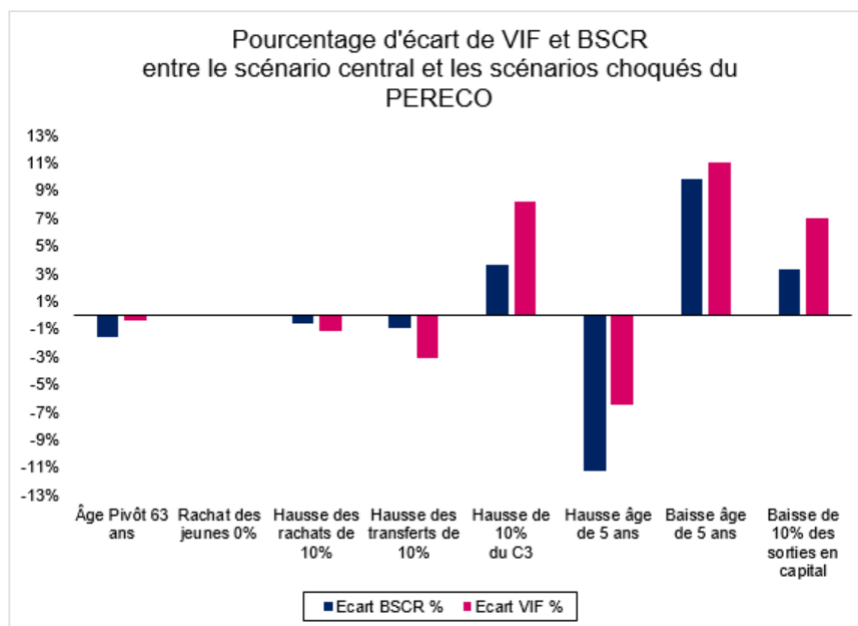


FIGURE 6.16 – Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERECO

Tout comme pour le PERO, on constate que les sensibilités sur les rachats et les transferts entraînent légèrement plus de variation que pour le PERO. En effet, le PERO était composé à 75% de compartiment 3, or ce compartiment ne permet pas les rachats dans le cas de l'achat de la résidence principale, une hausse des probabilités de rachat n'aura alors que peu d'impact. Le PERECO, quant à lui, est composé à 90% de compartiment qui lui permet les rachats, la majorité de l'encours est rachetable c'est pourquoi cette sensibilité entraîne plus de variation. Par ailleurs, la sensibilité liée aux transferts a un impact plus élevé que dans le cas du PERO car le produit permet le rachat sans restriction contrairement au PERO. L'impact est donc plus significatif même si il paraît marginal comparé à ceux des sensibilités liées à l'âge ou influant sur les sorties en capital.

En effet, on observe également que la sensibilité sur la baisse des sorties en capital a plus d'impact exactement pour les mêmes raisons. En effet le compartiment 3 ne permet pas de sorties en capital tandis que le compartiment 2 l'autorise. Donc l'impact est plus prononcé sur le PERECO, composé majoritairement de compartiment 2, que sur le PERO qui est composé majoritairement de compartiment 3.

D'autre part, on constate que les sensibilités les plus impactantes restent celles portant sur la hausse des encours du compartiment 3, la hausse et la baisse de l'âge, cependant elles n'entraînent pas les mêmes variations.

En effet, lorsque l'on augmente les encours du compartiment 3, il y a moins d'encours débloable de manière anticipée et par liquidation en capital, de plus, on augmente les sorties en rente. Cela a pour effet d'augmenter la durée du passif ce qui augmente le SCR Taux, mais aussi le nombre d'assurés atteignant un âge élevé entraînant ainsi une baisse du SCR Longévité. Le BSCR augmente alors significativement. De même, si la durée du passif augmente, il y a plus de prélèvements de versements dans le temps augmentant la VIF.



Concernant les sensibilités sur l'âge du portefeuille, la variation de la VIF est dans le même sens que pour le PERO mais est bien plus prononcée. En effet, contrairement au PERO la liquidation en capital est majoritaire. Ainsi lorsqu'un assuré liquide, une grande partie de son épargne n'est plus disponible pour le prélèvement de chargements. Ainsi en augmentant l'âge des assurés, ils atteignent plus vite l'âge de la retraite et le montant des chargements prélevés diminue fortement. On peut faire le raisonnement inverse lorsque l'on baisse l'âge du portefeuille.

Par ailleurs, on constate que le BSCR évolue dans le sens inverse de celui du PERO pour ces sensibilités. Cela s'explique également par la forte proportion de sorties en capital. En effet, la liquidation en rente ne concernant pas la majorité des encours du PERECO, une hausse de l'âge du portefeuille n'augmente que peu le SCR Longévité en revanche il diminue drastiquement la duration passif et donc le SCR Taux.

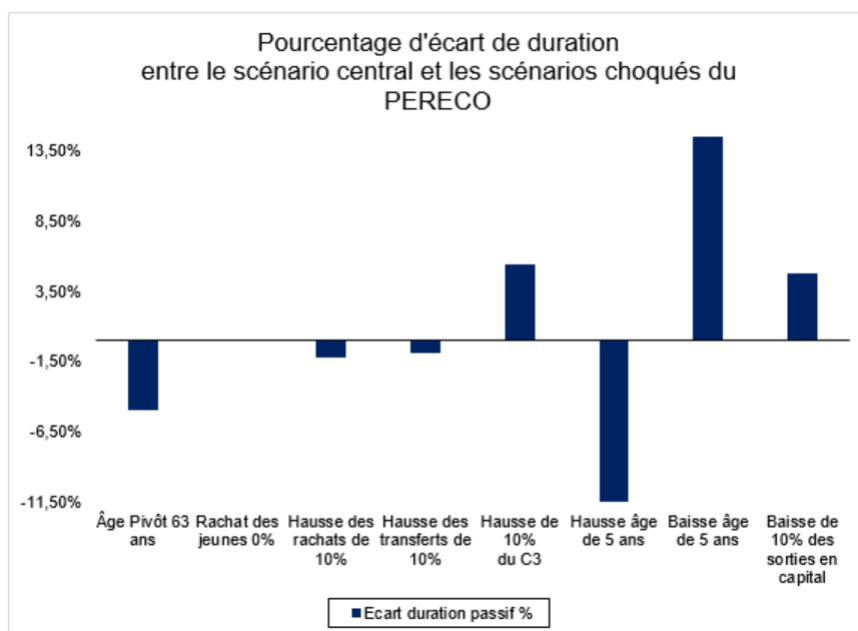


FIGURE 6.17 – Ecart de duration entre le scénario central et les scénarios choqués du PERECO

Comme pour le PERO, on constate que les sensibilités ayant le plus d'impact sur la VIF et le BSCR correspondent à celles qui entraînent les plus fortes variations de duration. Les sensibilités sur l'âge du portefeuille et dans une moindre mesure celle sur la répartition des compartiments ainsi que sur les sortie en capital sont les sensibilités ayant le plus d'impact.

### 6.2.3 Le PERIN

#### Le scénario central du PERIN

Les résultats en sortie du modèle ALM sont résumés dans le tableau suivant :

Nous constatons que l'écart entre la duration passif et la duration actif est encore moins prononcé que pour le PERECO. Le PERIN est composé à 90% de compartiment 1, 5% de compartiment 2 et 5% de compartiment 3. Le compartiment 1 et 2 ayant des caractéristiques similaires,

Produit	BSCR	VIF	BSCR en % du BE	VIF en % du BE	Duration du passif	Duration de l'actif
PERIN	29 606 339,20 €	36 552 269,75 €	1,4%	1,7%	11,77	12,10

FIGURE 6.18 – BSCR, VIF et durations du scénario central du PERIN

on peut en déduire que cet écart provient du portefeuille d'assurés du PERIN. En effet, l'âge moyen du portefeuille du PERIN est de 50 ans contre 44 ans pour le PERECO, ce qui explique la duration passif plus faible.

La décomposition du BSCR est la suivante :

<b>SCR Souscription Vie</b>	<b>7 039 511,23</b>
SCR Mortalité	-
SCR Longévité	4 871 834,18
SCR Invalidité	-
SCR Frais	3 631 266,93
SCR Révision	-
SCR Rachats	558 278,57
SCR Catastrophe	41 902,27

FIGURE 6.19 – Composition du SCR Vie du PERIN

On constate que le SCR Vie est majoritairement composé du SCR Longévité. Ce dernier est plus élevé que celui du PERECO. Cela s'explique par le fait que l'âge moyen du portefeuille est plus élevé que celui du PERECO.

<b>SCR Marché</b>	<b>27 051 192,50</b>
SCR Taux	15 935 140,42
SCR Action	9 157 800,01
SCR Immobilier	1 949 227,05
SCR Spread	5 079 141,28
SCR Change	-
SCR Concentration	-

FIGURE 6.20 – Composition du SCR Marché du PERIN

De même, la majeure partie du SCR Marché correspond au SCR Taux. En revanche, ce dernier est plus faible que pour celui du PERECO puisque les assurés sont plus âgées, donc la duration passif est plus faible.

### Comparaison du PERP à son successeur : le PERIN

Le PERP est le produit de retraite individuelle qui sera remplacé par le PERIN. Nous avons donc comparé les deux produits. Pour ce faire nous avons utilisé le modèle ALM que nous avons développé pour le PERIN pour modéliser le PERP. Le produit est composé à 100% de compartiment 1, tandis que le PERIN en est composé à 90%. De plus, nous avons fixé le taux

de liquidation en capital à 20%, soit le maximum permis par le PERP. De même les déblocages anticipés ne sont pas permis, les taux sont donc fixés à 0%.

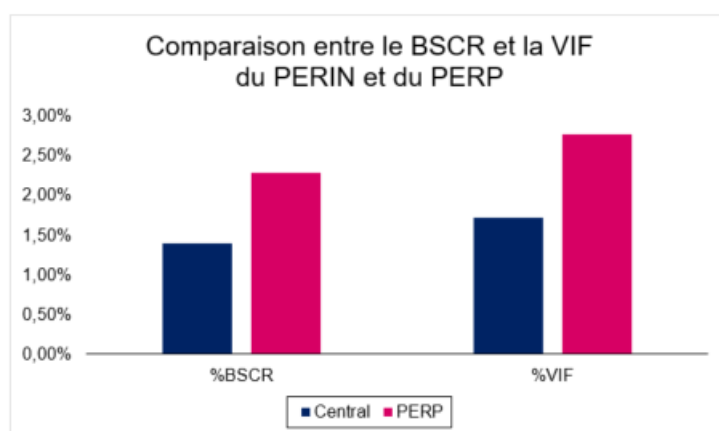


FIGURE 6.21 – Comparaison entre le BSCR et la VIF du PERIN et du PERP

On observe que la VIF du PERP est bien plus élevée que celle du PERIN. En effet, le fait qu'il n'y ait plus de sorties anticipées et que le taux de liquidation en capital soit bien plus faible que celui du PERIN augmente la durée et permet de prélever plus de chargements dans le temps. De même, on constate que le BSCR du PERP est nettement supérieur à celui du PERIN. Cela s'explique principalement par le fait que le taux de liquidation en capital n'est que de 20% pour le PERP contre 85% pour le PERIN. Il ya donc beaucoup plus de sorties en rente ce qui augmente fortement le SCR Longévité et le SCR Taux, comme on peut le voir sur les graphiques ci-dessous :

<b>SCR Souscription Vie</b>	<b>28 302 018,89</b>
SCR Mortalité	-
SCR Longévité	21 738 780,88
SCR Invalidité	-
SCR Frais	5 933 963,94
SCR Révision	-
SCR Rachats	8 882 130,28
SCR Catastrophe	77 133,64

FIGURE 6.22 – Composition du SCR Vie du PERP

<b>SCR Marché</b>	<b>32 895 619,44</b>
SCR Taux	28 288 139,52
SCR Action	5 736 049,28
SCR Immobilier	1 020 105,26
SCR Spread	1 227 991,33
SCR Change	-
SCR Concentration	-

FIGURE 6.23 – Composition du SCR Marché du PERP

## Les différentes sensibilités effectuées sur le PERIN

Comme pour les deux précédents produits, nous avons effectué des sensibilité afin de déterminer quelles sont les caractéristiques qui ont le plus d'impact sur la rentabilité et l'exposition au risque.

Les sensibilités sont les mêmes hormis la sensibilité sur le pourcentage des compartiments.

Le PERIN est composé à 90% de compartiment 1, à 5% de compartiment 2 et à 5% de compartiment 3. Pour la sensibilité sur les compartiments, nous avons ramené le compartiment 1 à 80% et rehaussé le compartiment 3 à 15%.

Les résultats de ces sensibilités sont synthétisés dans les graphiques suivants :

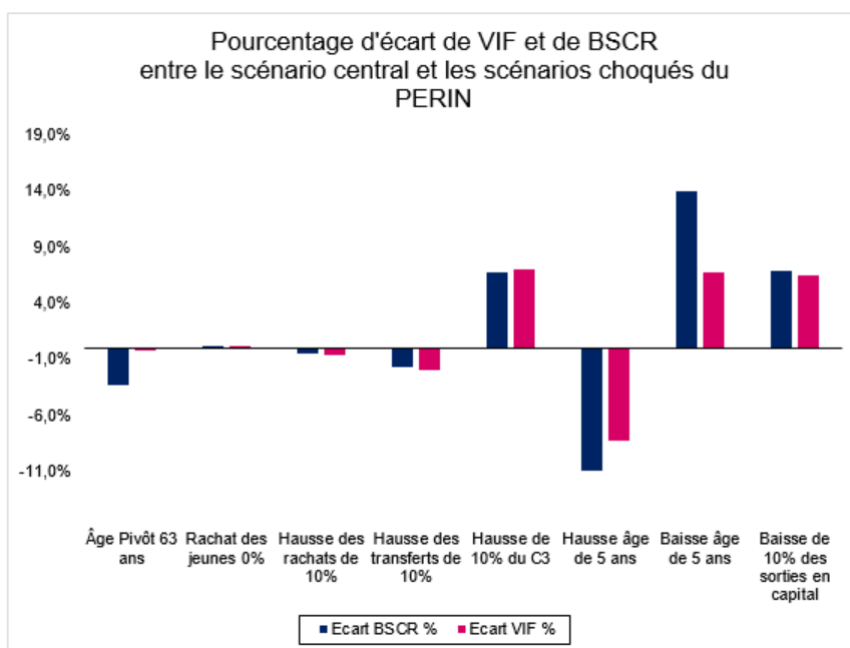


FIGURE 6.24 – Ecart de BSCR et de VIF entre le scénario central et les scénarios choqués du PERIN

Les produits PERIN et PERECO ayant des caractéristiques très similaires, on constate que les résultats des sensibilités sont très proches. En effet, les sensibilités les plus impactantes sont celles concernant l'âge, la hausse des encours du compartiment 3 et la baisse des sorties en capital.

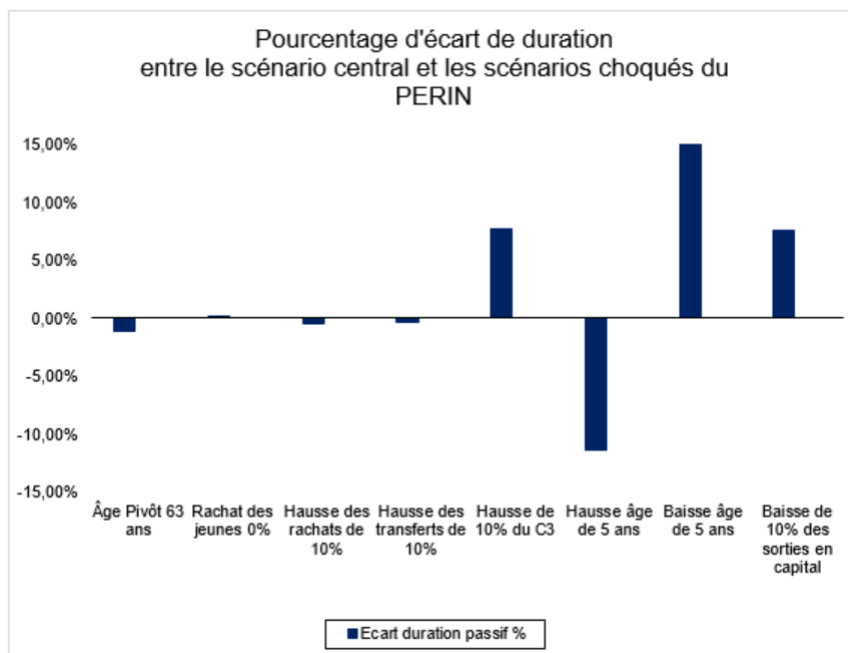


FIGURE 6.25 – Ecart de durée entre le scénario central et les scénarios choqués du PERIN

Comme pour le PERECO, nous observons une corrélation entre les variations de durée et les variations de VIF et de BSCR.

Par ailleurs, on constate que hormis les sensibilités ayant un impact sur l'âge du portefeuille, ce sont bien les sensibilités influant sur les sorties en capital qui ont le plus d'influence.

## 6.2.4 Synthèse

Nous avons effectué différentes sensibilités afin de déterminer quelles sont les caractéristiques ayant le plus d'influence sur la rentabilité et l'exposition au risque de l'assureur au travers de la VIF et du BSCR.

Nous avons observé que pour le PERO, les sensibilités les plus impactantes étaient celles où l'on a augmenté l'âge du portefeuille de 5 ans, diminué l'âge du portefeuille de 5 ans et changé la répartition des encours dans les compartiments en augmentant ceux du compartiment 1 et en diminuant ceux du compartiment 3.

Comme la majorité des liquidations du PERO sont en rente, lorsque l'on augmente l'âge des assurés, cela a pour effet d'énormément augmenter le BSCR car le SCR Longévité croît fortement. La VIF, quant à elle, baisse puisque l'on diminue la durée, ce qui laisse moins de temps pour prélever des chargements. De même lorsque que l'on augmente les encours sur le compartiment 1, on constate une forte variation de BSCR, de VIF et de durée. Cela est dû au fait que cela augmente les sorties en capital et diminue ainsi la durée, donc la VIF.

Par ailleurs, il ressort que la VIF et le BSCR du PERO sont inférieurs à ceux de l'Article 83. Cela s'explique par le fait que le PERO permet les déblocages anticipés et les liquidations en capital grâce à son compartiment 1 et 2 ce qui diminue la durée.

Concernant le PERECO et le PERIN, les sensibilités ayant le plus d'influence sur le BSCR et la VIF sont également celles portant sur la hausse des encours sur le compartiment 3, l'augmentation de l'âge du portefeuille de 5 ans, la diminution de l'âge du portefeuille de 5 ans, mais aussi la baisse des sorties en capital de 10%.

De même, l'écart entre le BSCR et la VIF du PERIN et ceux du PERP sont bien plus prononcés qu'entre le PERO et l'Article 83. Ce qui explique ce point est que la majorité des encours sont répartis dans le compartiment 1 qui permet la liquidation en capital et les déblocages anticipés. Cela nous conforte dans notre idée que l'une des caractéristiques les plus influentes est le taux de liquidation en capital.

Ce qui ressort alors de cette étude est que les variables les plus déterminantes sont celles qui ont le plus fort impact sur la duration, notamment l'âge du portefeuille. L'autre caractéristique qui semble déterminante est le taux de sortie en capital.

# Conclusion

Les produits PER devraient permettre de rendre la retraite supplémentaire bien plus attractive grâce à sa fiscalité intéressante et à sa grande flexibilité en terme de transférabilité, de déblocage anticipé et de type de sortie possible.

Ces derniers représentent donc un enjeu majeur pour les assureurs. C'est pourquoi il leur est essentiel d'estimer leur exposition au risque, leur rentabilité et de déterminer quelles sont les variables ayant le plus d'impact.

Nous avons donc développé un modèle ALM pour les produits PER afin d'estimer nos indicateurs de risque et de rentabilité, respectivement le BSCR et la VIF. Les principales nouveautés dans la modélisation concernent l'ajout des transferts, la division de la provision mathématique en compartiments et la prise en compte de la sortie en rente et en capital.

Par la suite, nous avons dû déterminer les hypothèses en input du modèle. Les PER étant de nouveaux produits, nous n'avons pas d'historique pour construire les hypothèses. C'est pourquoi certaines ont été déterminées par avis d'expert afin d'obtenir des hypothèses les plus proches de la réalité des produits. D'autres hypothèses, ont pu être déterminées à partir de produits proches des PER, comme la loi de rachat qui a été construite à partir du produit B.

Il ressort de notre étude que les produits PER comparés aux anciens produits de retraite devraient considérablement réduire la durée passive des assureurs. Cela est dû aux multiples possibilités de déblocages anticipés comme le rachat dans le cas de l'acquisition de la résidence principale ou les transferts. Mais aussi à la possibilité de choisir le pourcentage de liquidation en capital au moment de la retraite.

La réduction de la durée passive entraîne alors une réduction de la rentabilité, que l'on capte via une diminution de la VIF. En effet sur l'ensemble des années de projections, l'assureur prélève moins de chargements puisque les encours baissent plus rapidement, ce qui diminue alors le résultat administratif.

De plus, en raison d'une baisse de la durée passive, l'exposition au risque diminue. En effet, les déblocages anticipés et les sorties en capital réduisent le nombre d'assurés entrant en phase de rente, ce qui entraîne une baisse du nombre d'assurés atteignant des âges élevés. Par conséquent, le SCR Longévité diminue.

La baisse de l'exposition au risque est également liée à une diminution de SCR Taux. En effet, en diminuant la durée passive, le portefeuille est moins sensible aux variations de taux.

Par ailleurs, l'impact des rachats et des transferts sur l'exposition au risque et la rentabilité est négligeable comparé aux variables en lien avec les sorties en capital. Les caractéristiques les plus impactantes sont alors le taux de sortie en capital et la répartition des encours dans les compartiments.

Ainsi, les produits PER devraient, d'une part, rendre la retraite supplémentaire plus attractive pour les assurés et d'autre part, fortement réduire la duration du passif de l'assureur. Ce qui lui permettrait donc de diminuer son exposition au risque, notamment en rendant les portefeuilles de retraite moins sensible aux variations de taux, ce qui est d'autant plus intéressant en ce contexte de taux bas.



# Bibliographie

- [1] BORDELET S. JOST V. (2018). La Loi PACTE : un New Deal pour l'épargne retraite en France ?. Présentation MORNING FORSIDES : LOI PACTE.
- [2] Code général des impôts. Article 83.
- [3] Code général des impôts. Article 82.
- [4] Code général des impôts. Article 39.
- [5] Code des assurances. Article L441.
- [6] DIRECTION DE LA RECHERCHE, DES ETUDES, DE L'EVALUATION ET DES STATISTIQUES. (2020) Les retraités et les retraites. Panoramas de la dress social.
- [7] MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES. (2019). Réforme de l'épargne retraite.
- [8] Code monétaire et financier. Article L224.
- [9] NDOYE F. (2019). Comment la transférabilité prévue par la Loi PACTE peut fragiliser l'équilibre actif-passif?. Présentation Journées d'études de l'Institut des Actuaire et du SACEI de Deauville.
- [10] COLLIER S. (2019) Cours de Modélisation ALM - Chapitre 3. Support de cours ISFA.
- [11] PLANCHET F. (2019). Statistique des modèles non paramétriques. Support de cours ISFA.
- [12] PLANCHET F. (2019). Statistique des modèles paramétriques et semi-paramétriques. Support de cours ISFA.
- [13] ZHANG X. (2011) Construction des tables de mortalité d'expérience en cas de décès. Mémoire de l'Institut des Actuaire.
- [14] JUILLARD M. PLANCHET F. (2010). Tables d'expériences. Présentation Winter Associés.
- [15] INSEE Références. (2017). Fiches - Propriétaires occupants. Les conditions de logement en France.
- [16] PLANCHET F. TOMAS J. (2013). Critères de validation : aspects méthodologiques. Note de travail LL1291-14 v1.4. Institut des actuaire, Laboratoire SAF.
- [17] KAMEGA A. (2015). Introduction à Solvabilité 2 - Applications des mesures des risques. Présentation EURIA, Brest.