Mémoire présenté devant l'Université de Paris Dauphine
pour l'obtention du Diplôme du Master actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuaires
le 29/01/2019

Par : Othmane ZIYATI
Titre : Impact de la création des FRPS sur la gestion d'engagements de retraite professionnelle en France

Confidentialité : OUI (Durée : 2 ans)

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

Membres présents du jury de l'Institut des Actuaires

Entreprise :Deloitte France
Nom :
Signature :

Membres présents du jury du Master Actuariat de Paris Dauphine

Directeur de mémoire en entreprise :
Nom :
Signature :

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

Secrétariat :

Bibliothèque :

Signature du responsable entreprise

Signature du candidat

Remerciements

Ils m'ont fait bénéficier d'une formation d'une très grande qualité, et je souhaite leur adresser mes premiers remerciements.

Merci à Pierre Cardaliaguet et Christophe Dutang, responsables du Master Actuariat à Dauphine pour m'avoir donné l'opportunité de suivre ce cursus de qualité au sein de l'Université Paris Dauphine.

Merci à Antoine Taveneaux pour le temps qu'il m'a consacré, pour la définition de la problématique de mon mémoire et pour son aide tout au long du semestre académique.

Merci à Hélène Milhem, Sandrine Hénon, Timothy Peter Riley, Simona Grusea, Romain Boyer Chammard, Adrien Suru et Laurent Devineau pour leurs enseignements et leurs conseils avisés, qui m'ont été d'une très grande aide durant mon année académique et plus généralement dans ma vie.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble du corps professoral du Master Actuariat de l'Université Paris Dauphine et de l'INSA Toulouse.

Ils m'ont permis de m'intégrer très rapidement dans la vie professionnelle et de découvrir le domaine actuariel des avantages sociaux.

Je tiens à remercier Fabien Richard et Franck Chéron, associés chez Deloitte Human Capital, pour m'avoir accueilli dans leur équipe.

Je remercie mon tuteur entreprise Simon Lapeyre pour le temps qu'il a consacré pour m'accompagner dans la rédaction de mon mémoire.

Je souhaite remercier Stéphane Rebaudo, Jérémie Levy et Alexandre Klock pour leurs conseils ainsi que pour le suivi et l'intérêt porté à mes travaux.

Merci à l'ensemble de l'équipe Actuarial Reward and Analytics, pour leur accueil, leur amitié et l'attention qu'ils m'ont accordée.

Last but not least, je remercie ma famille pour leur soutien indéfectible.

« L’irrationalité du marché peut durer plus longtemps que votre solvabilité »

J. M. Keynes

Résumé

Les régimes de retraite professionnelle ont été au cœur de l'action législative. Au niveau européen avec la directive IORP 2 et au niveau national avec la loi Sapin 2, suivie de la loi PACTE.

Depuis 2017, la législation française permet la création d'organismes dédiés à la gestion d'engagements de retraite professionnelle, nommés FRPS (Fonds de retraite professionnelle supplémentaire).

Ces structures seront assimilées au niveau européen à des « Institutions de Retraite professionnelle » (IRP), qui sont déjà bien implantés dans le paysage socio-économique européen, et seront soumises aux directives IORP.

L'entrée en vigueur de Solvabilité II en 2016 a augmenté les difficultés liées à la gestion d'engagements de retraite. Effectivement, le capital requis pour exercer selon la norme a désavantagé la gestion d'actif fondée sur des instruments financiers risqués et de long terme, tels que les actions et les obligations d'entreprise, au profit de la gestion d'actif fondée sur l'investissement dans les obligations souveraines.

En conséquence, en plus des difficultés de financement de l'économie réelle, l'innovation et les PME, l'Etat privilégie l'endettement à l'équilibre budgétaire, la demande d'actifs obligataires étant trop forte.

De plus, en favorisant l'investissement non risqué, Solvabilité II risque à terme de dénuer les régimes de retraite par capitalisation de leur intérêt financier, dans notre contexte de taux bas.

Par ailleurs, la nature même des risques liés aux régimes de retraite supplémentaire diffère des autres branches d'assurance soumises à Solvabilité II, confirmant l'inadaptabilité de la directive aux régimes de retraite professionnelle.

Pour pallier tous ces manquements, la directive IORP 2 donne la possibilité aux régimes de retraite de s'extraire des autres activités d'assurance, au sein d'un organisme dédié, où l'exigence quantitative serait moindre et plus adaptée à la réalité des risques supportés.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact de ce changement de normes prudentielles, sur l'exigence en capital, mais aussi sur d'autres aspects qualitatifs, en se fondant sur les données d'un assureur détenant un régime de retraite supplémentaire à prestation définies, dit « article 39 ».

Mots clés : Retraite professionnelle, Article 39, FRPS, IORP2, Solvabilité II, Loi Sapin 2, SCR, Best Estimate, Provisions mathématiques, Fonds propres, Ratio de Solvabilité, Gestion actif passif, Black & Scholes, Vasicek, Monte-Carlo.

Abstract

Occupational pension schemes have been at the heart of legislative action. At European level with the IORP 2 directive and at the national level with the Sapin 2 law, followed by *PACT* law.

Since 2017, French laws allow the creation of organizations dedicated to occupational pension policies, named FRPS (*Fonds de retraite professionnelle supplémentaire*).

These structures will be assimilated at the European level as "Institutions for Occupational Retirement Provision" (IORP), which are already well established in other European countries, and will be subjected to the IORP directives.

The entry into force of Solvency II in 2016 has raised difficulties in the management of pension commitments. The capital required to perform under the standard has disadvantaged asset management based on risky, long-term financial instruments, such as equities and corporate bonds. Instead, it has incited for sovereign bonds-based asset management. As a result, real economy and SMEs[1] are struggling to get financings and liquidities, from occupational retirement savings.

In addition, by favoring risk-free investment, Solvency II is depriving pension plans by capitalizing from their financial interest, in the current context of low interest rates.

Moreover, the nature of the risks associated with the occupational pension schemes differs from insurance line of business, subject to Solvency II, which confirm the inappropriateness of the Directive to occupational pension schemes.

To alleviate all these shortcomings, IORP 2 directive gives pension plans the possibility of getting out of other insurance activities, within a dedicated organization, where the risk capital would be lower and more adapted to the nature of retirement schemes.

The purpose of this thesis is to study the impact of changing prudential standards (Solvency II to IORP 2) on the risk capital and other qualitative aspects. It will be based on a defined benefit supplementary pension (referred to as "Article 39") data, provided by an insurer.

Key words: Occupational Retirement, Article 39, FRPS, IORP2, Solvency II, Sapin Law 2, SCR, Best Estimate, Mathematical Provisions, Own Funds, Solvency Ratio, Asset liability management, Black & Scholes, Vasicek, Monte-Carlo.

[1] Small and medium-sized enterprises

Note de synthèse

Problématique

La retraite obligatoire en France, gérée par répartition, connait des déséquilibres financiers qui réduiront inéluctablement de sa profitabilité dans le futur, d'autant plus que les prévisions démographiques anticipent un vieillissement de la population. Par ailleurs, l'économie française peine à être financée par l'épargne.

C'est en partant de ces deux constats que le législateur tente depuis des années d'encourager la population à épargner et à se constituer une retraite supplémentaire, dans un cadre professionnel ou individuel :

- d'abord avec l'article 114 de la loi « Sapin 2 », qui a habilité le gouvernement à créer des Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire (FRPS) ;
- puis récemment avec la loi PACTE, qui permettra, entre autres, de transposer la directive européenne IORP 2, et de favoriser l'épargne retraite à travers des mesures de cantonnement et des possibilités de sortie en capital.

L'origine des FRPS remonte à 2015, lorsque Emmanuel Macron, alors ministre de l'Economie disait vouloir « réorienter le capital de financement vers le fonctionnement de l'économie réelle plutôt que vers le financement obligataire ». L'ambition était alors de faire parvenir les 130 milliards d'euros d'encours de retraite professionnelle supplémentaire aux entreprises, en particulier PME, à travers une forme de « fonds de pension à la française ».

Jusqu'à la création des FRPS en 2017, la retraite professionnelle supplémentaire était exclusivement gérée par des compagnies d'assurance, et non des Institutions de Retraite Professionnelle (IRP), comme le prévoient les textes européens.

Bien que le profil de risque de l'épargne retraite puisse présenter des similarités à celui de l'assurance vie, les IRP se distinguent par leur rôle social et leurs habitudes d'investissements. Ces dernières prennent en compte l'aspect long terme et l'impossibilité de rachat. Cette différence de profil de risque implique une différence des normes prudentielles : Solvabilité II et IORP (IORP 2 prochainement).

Selon certains acteurs, l'impossibilité de gérer les engagements de retraite hors du cadre assurantiel pénalise les consommateurs, les entreprises souscriptrices, mais également les compagnies d'assurance. En effet, Solvabilité II a souvent été jugée inadaptée pour les activités de retraite professionnelle supplémentaire. Parmi les critiques on peut citer :

- l'horizon inadapté pour des engagements de long terme ;
- une exigence en capital requis favorisant des investissements en obligations souveraines, au détriment de placement plus risqués ;

- un ratio de solvabilité volatil, dû à la valorisation économique imposée par Solvabilité II.

Solvabilité II et IORP 2 ont une structure en 3 piliers :

- pilier quantitatif : Calcul des provisions techniques et des exigences en capital ;
- pilier qualitatif : Gouvernance, contrôle interne et auto-évaluation ;
- pilier de *reporting* : prudentiel et grand public.

La différence principale entre les deux normes prudentielles se situe au niveau de premier pilier. En effet, IORP 2 dispose d'un pilier quantitatif assimilable à celui de Solvabilité I.

Le pilier quantitatif de Solvabilité II impose de valoriser les passifs selon une vision *Best Estimate*, c'est-à-dire, une vision « meilleure estimation » de l'engagement (valeur de marché). Cette vision nécessite une évaluation prospective des évolutions futures, à la fois du passif et de l'actif en couverture.

Selon les règles énoncées par l'ACPR, les fonds propres, qui correspondent à l'actif diminué du *Best Estimate* et la marge de solvabilité, doivent être supérieurs à l'exigence en capital requise par Solvabilité II.

Le futur cadre prudentiel qui serait applicable en cas de transfert des engagements de retraite vers un FRPS, serait quant à lui davantage basé sur des principes comptables pour la valorisation du bilan.

Dans ce cas également, les fonds propres devraient être supérieurs à l'exigence en capital requise par Solvabilité I.

Les produits d'épargne retraite concernés sont les *Article 39, 83 ou 82*, les plans Madelin ou encore les Indemnités de Fin de Carrière.

Ce mémoire est consacré à l'étude de l'impact du transfert d'un contrat de retraite professionnelle supplémentaire d'une structure assurantielle, soumise à Solvabilité II, à un FRPS, soumis à IORP 2.

Données et méthodologies

Notre étude se place au 31/12/2017, sur des données relatives à un régime à prestations définies, dit « Article 39 », auquel une entreprise a souscrit pour ses salariés en activité à la date d'évaluation. Nous considérons que le contrat est en *run-off*. Nous réalisons cette étude à l'aide de R et Excel.

Ce contrat prévoit un certain nombre de clauses, notamment sur la revalorisation des rentes, sur la reversions aux ayants droits et sur la participation aux bénéfices.

Les passifs de retraite ont une duration d'environ douze ans. Et les actifs, en couverture des engagements portés par l'assureur, sont supposés investis sur deux classes d'actifs : les obligations souveraines et les actions.

Notre projection de l'actif de couverture nous permet de déterminer les revalorisations annuelles.

Pour cela, les obligations sont modélisées par un modèle de Vasicek, préféré à Cox–Ingersoll–Ross (CIR), pour sa capacité à pouvoir générer des taux instantanés négatifs, ce qui est en phase avec les observations actuelles du marché des taux européens.

Les cours des actions sont simulés grâce au modèle de Black & Scholes, et en utilisant l'algorithme de Cholesky pour avoir la dépendance entre instruments observée sur les données.

Dans un premier temps, nous déterminons les hypothèses financières, actuarielles et démographiques, puis nous valorisons les engagements selon les deux référentiels, IORP 2 et Solvabilité II, dans un second temps.

Les résultats des simulations des taux, issus du modèle de Vasicek, nous permettent également de déterminer le déflateur pour actualiser les flux futurs.

Notre modélisation porte enfin sur l'exigence en capital et le ratio de solvabilité de chaque structure, toujours selon les deux référentiels.

En supposant que les deux structures détiennent un portefeuille uniquement constitué du contrat étudié, nous cherchons à déterminer les quantités suivantes :

- Le *SCR* pour Solvabilité II
- L'*EMS* pour IORP 2 (Solvabilité I)

L'évaluation de l'exigence en capital sous solvabilité II (SCR) se fait en utilisant la formule standard, conformément aux spécifications techniques de l'EIOPA.

Résultats et conclusions

Notre *Best Estimate* est calculé par méthode de Monte-Carlo. Sa valeur converge au bout de quelques centaines de scénarios.

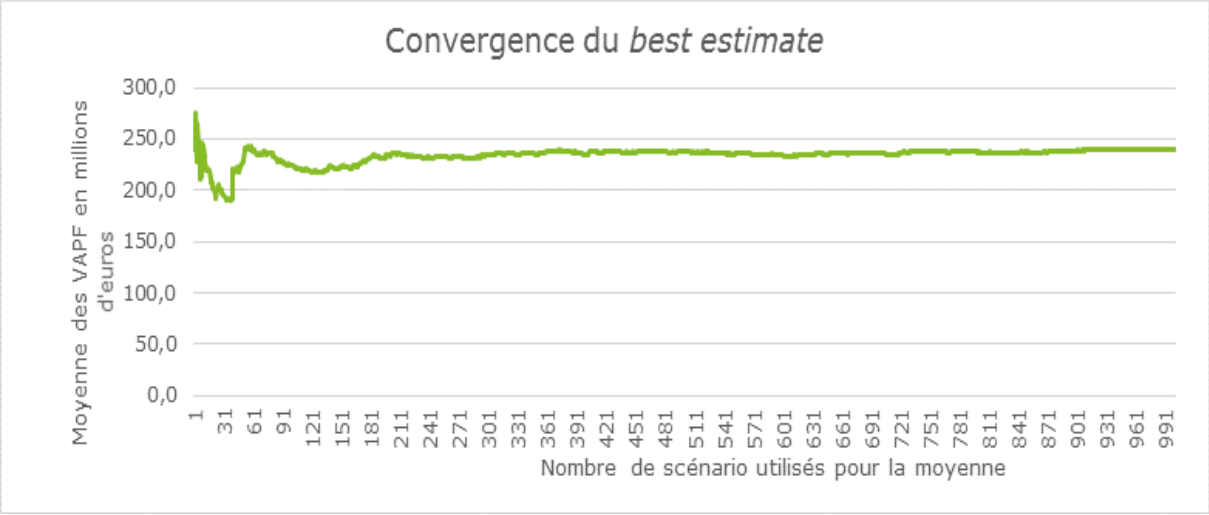


Figure note de synthèse 1 : Convergence du BE

Nous obtenons la valorisation du passif suivante :

Référentiel	Valorisation
Solvabilité II	239 millions €
IORP 2 (FRPS)	267 millions €

Tableau note de synthèse 1 : Valorisation du passif

Il apparait que le Best Estimate de la norme Solvabilité II soit plus faible que dans la valorisation du passif du contrat étudié sous IORP 2 (-10%).

Cette différence est due à une actualisation à un taux sans risque issu d'une courbe swap, au lieu d'une actualisation par le taux technique. La hausse des provisions techniques par rapport au *Best Estimate* pourrait s'amplifier dans un contexte de hausse probable future des taux directeurs.

Pour l'allocation d'actif initiale, nous obtenons une évaluation des exigences en capital selon chaque norme.

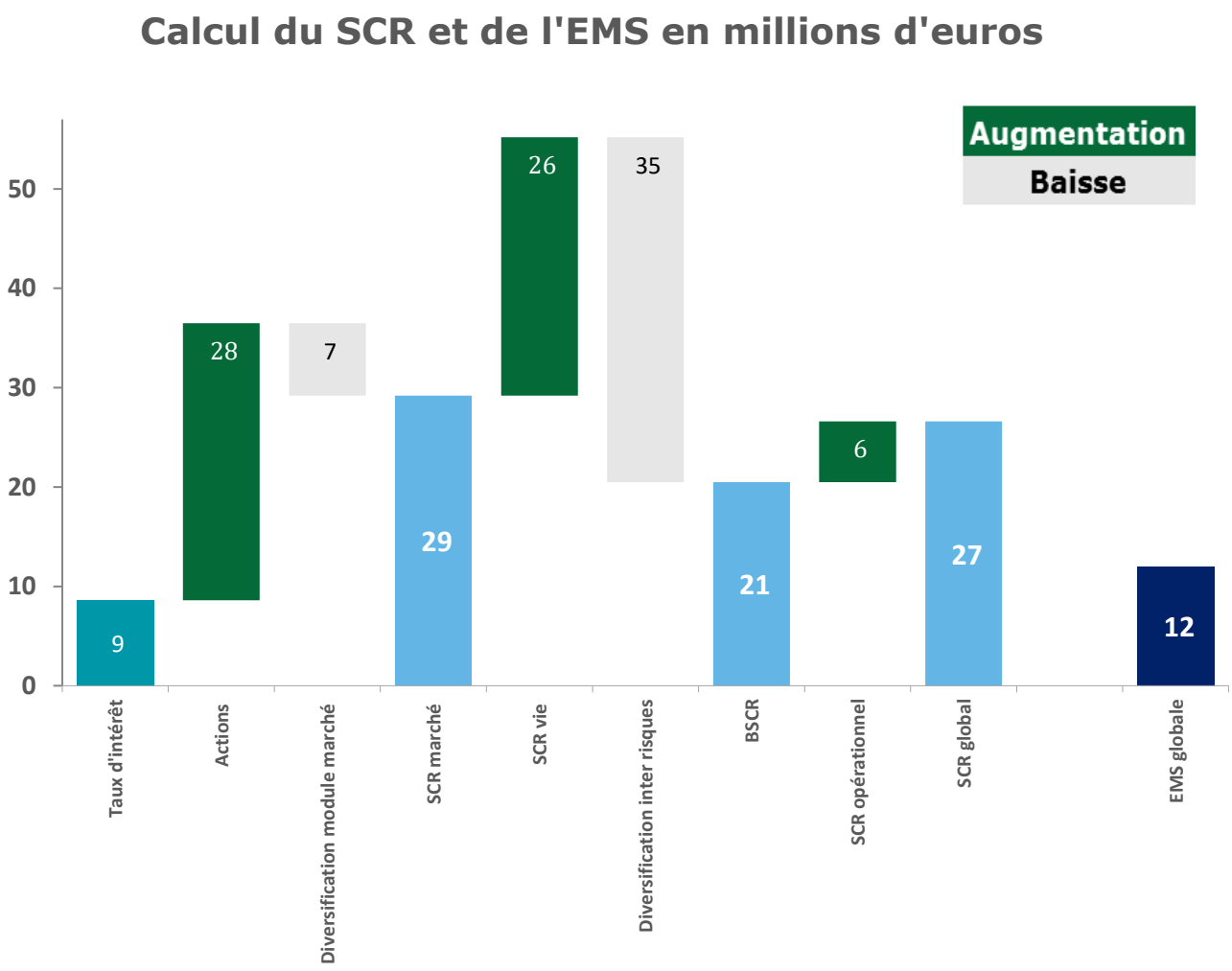


Figure note de synthèse 2 : Calcul des exigences en capital

L'exigence en capital selon la norme IORP 2 est nettement moins élevée, pour un même contrat de retraite professionnelle supplémentaire.

Enfin, nous obtenons le ratio de solvabilité des deux structures. D'un point de vu *business*, cet indicateur est central car il permet d'apprécier la solidité de la structure, et sa capacité à remonter des dividendes.

	Fonds propres en m€	Capital requis en m€	Ratio de solvabilité
Solvabilité II	36	27	**134%**
IORP 2 (FRPS)	33	12	**270%**

Tableau note de synthèse 2 : Comparaison des deux structures

Pour conclure, nous retiendrons que le cadre prudentiel des FRPS maintient des règles très proches de Solvabilité 1 pour les exigences quantitatives, tout en renforçant la protection des assurés avec la mise en œuvre des mesures de bonne gouvernance et de *reporting* prévues par Solvabilité 2.

L'écart de ratio de solvabilité en IORP 2 et Solvabilité II peut offrir une marge de manœuvre aux assureurs, notamment pour investir dans des actifs risques permettant de générer des rendements plus intéressants aux investisseur, en supposant que le capital *add-on* ne réduise pas cet écart.

Toutefois, il faut rester attentif aux incertitudes de ce cadre et mettre en balance les coûts (directs et indirects) de la mise en place d'une telle structure, en particulier sur le résultat opérationnel de l'assureur.

Synthesis note

Problematic

The French public retirement scheme is experiencing financial imbalances that will inevitably reduce its profitability in the future, especially as demographic forecasts anticipate an aging population over the next 40 years. Furthermore, the French economy is struggling to be financed by French savings.

It is based on these two observations that the national legislator has been trying for years to encourage the population to save and prepare an additional pension scheme, in a professional or individual setting:

- firstly with the 114th article of "Sapin 2" law, which has allowed the creation of Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire (FRPS) ;
- then recently with the PACTE law, which will (among other things) transpose the European IORP 2 directive, and promote retirement savings through cantonment measures and liquidation possibilities.

The beginnings of the FRPS came from the mouth of the current President of the Republic, Mr. Emmanuel Macron, who in 2015, then Minister of Economy, Industry and Digital said he wanted to "reorient the financing capital to the functioning of the real economy rather than bond financing ". The ambition was then to send the 130 billion euros of outstanding professional retirement to businesses, especially SMEs, through a form of "French pension fund".

Until the creation of the FRPS in 2017, the supplementary occupational pension schemes were exclusively managed by insurance companies, and Institution for Occupational Retirement Provision (IORP), as it is the case in other European countries.

Although pension schemes risk profile may at first glance seem similar to life insurance risk profile, the IORPs are distinguished by their social role and their investment habits, which take into account the long-term aspect and the impossibility of surrendering pension schemes.

The impossibility of managing pension commitments outside the insurance framework penalized not only consumers and companies, but also insurance companies subject to Solvency II.

Indeed, Solvency II has often been deemed unsuitable for supplementary occupational retirement activities. Critics include:

- Unsuitable horizon for long-term commitments;
- a risk capital that favors investment in sovereign bonds and penalize investments in risky assets;
- a volatile solvency ratio, due to the economic valuation imposed by Solvency II

Solvency II and IORP 2 have a 3-pillar structure:

• Quantitative pillar (Calculation of technical provisions and capital requirements)

• Qualitative pillar (Governance, internal control and self-evaluation)

• Reporting pillar (prudential and public)

The main difference between the two prudential standards is at the first pillar level. Indeed, IORP 2 has a quantitative pillar similar to that of Solvency I.

The quantitative pillar of Solvency II imposes the valuation of liabilities according to a Best Estimate vision, that is to say, to their transfer value (or market value). This vision requires a prospective assessment of future economic conditions, both in terms of liabilities and assets.

According to the rules set out by the ACPR, own funds, which correspond to the assets less the Best Estimate and the solvency margin, must be higher than the risk capital required by Solvency II.

The future prudential framework that would be applicable, in case of transfer of pension liabilities to a FRPS, would be much more based on accounting principles for the valuation of the balance sheet.

In this case too, own funds should be higher than the capital requirement required by Solvency I.

The supplementary occupational pension schemes concerned are *Article 39*, *83* or *82*, the *Madelin* plans or the End-of-Care Benefits.

This thesis is devoted to the study of the impact of the transfer of an additional professional retirement contract from an insurance structure, subject to Solvency II, to a FRPS structure, subject to IORP 2.

Data and methodologies

Our study is at 31/12/2017, based on data relating to a defined benefit plan, referred to as "Article 39", to which an enterprise has subscribed for its active employees at the valuation date. We consider that the contract is in run-off. We do this study using R and Excel.

This contract provides for a number of clauses, including the revaluation of annuities, the loss of rights and the profit sharing.

Pension liabilities have a duration of approximately twelve years. Moreover, the assets, to cover the commitments carried by the insurer, are supposed to be invested in two asset classes: sovereign bonds and equities.

Our projection of the hedge asset allows us to determine annual revaluations.

For this, the bonds are modeled by a Vasicek model, preferred to Cox-Ingersoll-Ross (CIR), for its ability to generate negative rates, which is in line with current observations of the European rate market.

Stock prices are simulated using the Black & Scholes model, and using the Cholesky algorithm to have the instrument dependency observed on the data.

First, we determine the financial, actuarial and demographic assumptions, and then we value the liabilities according to the two standards, IORP 2 and Solvency II.

The results of the simulations of rates, from the Vasicek model, also allow us to determine the deflator to update future cash flows.

Finally, our modeling focuses on the capital requirement and the solvency ratio of each structure, again according to the two standards.

Assuming that the two structures hold a portfolio consisting solely of the contract studied, we seek to determine the following quantities:

- SCR for Solvency II
- EMS for IORP 2 (Solvency I)

The Solvency Capital Requirement II (SCR) is assessed using the standard formula, in accordance with EIOPA's technical specifications.

Results and conclusions

Our Best Estimate is calculated by Monte Carlo method. We obtain the following valuation of liabilities:

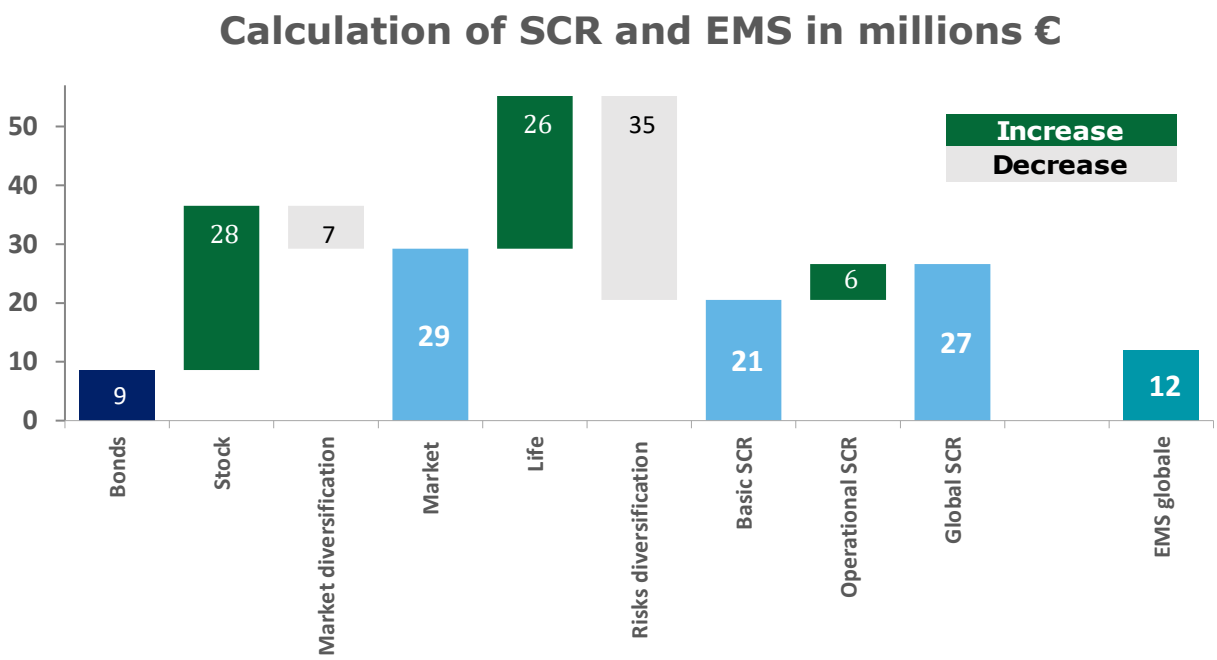
Framework	Valuation
Solvency II	239 millions €
IORP 2 (FRPS)	267 millions €

Synthesis note table 1: Liabilities valuation

It appears that the Solvency II Best Estimate is lower than the valuation of the liabilities of the scheme under IORP 2 (- 10%).

This difference is due to discounting at a risk-free rate from a swap curve, instead of a discount rate corresponding to the technical rate (*taux technique*). That gap could be larger in the future, with the probable rise of sovereign interest rates in Europe.

For the initial asset allocation, we obtain an assessment of the risk capital under each prudential framework.



Synthesis note figure 1: Calculation of risk capital

The capital requirement under IORP 2 is significantly lower for the same supplementary occupational pension scheme.

Finally, we obtain the solvency ratio of the two structures. From a business point of view, this indicator is central because it allows judging the solidity of the structure, and its ability to raise dividends.

	Own funds in m€	Risk Capital in m€	Solvency Ratio
Solvency 2	36	27	**134%**
IORP 2	33	12	**270%**

Synthesis note table 2: Comparison of the two structures

As a conclusion, we will note that the prudential framework of the FRPS maintains rules very similar to Solvency 1 for quantitative requirements, while strengthening the protection of policyholders with the implementation of the good governance and reporting measures provided for in Solvency II.

The solvency ratio gap between IORP 2 and Solvency II may provide insurers with room to maneuver, eventually to invest in risky assets thus generating attractive returns for investors.

However, it is necessary to remain attentive to the uncertainties of this framework, and to balance the costs of the setting up a FRPS, particularly on the operational result of the insurer.

Tableau des matières

Remerciements 3
Résumé 5
Abstract 6
Note de synthèse 7
Synthesis note 12
Introduction 19

Chapitre 1 : La retraite en France 21
I. Principes fondateurs et organisation 21
1) L'histoire de la retraite en France et dans le monde 21
2) Le système de retraite d'inspiration Bismarckien 24
II. Panorama de la retraite en France 27
1) La retraite obligatoire 28
2) La retraite supplémentaire : les piliers 2 et 3 32
3) Les Institutions de Retraite Professionnelle en Europe 39

Chapitre 2 : Cadre prudentiel européen de l'assurance et de la retraite 41
I. Réglementation des compagnies d'assurance 41
1) Solvabilité I et cheminement vers une nouvelle norme réglementaire 41
2) Solvabilité II : Gestion des risques pour les sociétés d'assurance 43
3) Institutions de retraite professionnelle et Solvabilité II 51
II. Règlementation applicable aux institutions de retraite professionnelle 54
1) Règlementation actuellement en vigueur : IORP 1 55
2) Objectifs et contenu de la réglementaire future : IORP 2 56
3) Intérêts d'un cadre règlementaire distinct de Solvabilité II 58
III. IORP 2 et Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire 59
1) Les assureurs face à l'entrée en vigueur de Solvabilité II 59
2) La création des Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire 60

Chapitre 3 : Modélisations sur un portefeuille de retraite 61
I. Modélisation des actifs financiers 61
1) Définitions préliminaires et rappels théoriques 62
2) Modélisation des classes d'actifs 65
3) Comportement global du portefeuille d'actif 83
II. Modélisation du passif de retraite 84

1) Présentation des données 84
2) Évaluation du régime 87
III. Comparaison Assurances et FRPS 105
1) Calcul du niveau de fonds propres 105
2) Calcul de l'exigence en capital sous Solvabilité II 107
3) Evolution de l'exigence en capital sous Solvabilité II 112
4) Evaluation de l'exigence de marge de solvabilité sous IORP 2 114
IV. Effets d'un transfert du contrat vers un Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire 115
1) Capital requis et ratio de solvabilité 115
2) Sensibilités des résultats à l'allocation de l'actif 117
3) Limites de la comparaison 118

Conclusion 121
Bibliographie 124
Annexes 128

Introduction

La retraite a connu et connaît d'importantes transformations au sein de l'Union Européenne. En effet, la structure démographique défavorable des principales économies européennes impose de réformer les régimes de retraite pour leur pérennité.

Alors que les législations nationales s'efforcent de trouver des solutions pour augmenter les recettes (hausse des cotisations, de l'âge de départ à la retraite, etc.) et/ou de réduire les dépenses (supprimer les rentes de réversion, baisser les pensions), le législateur européen a cherché durant les dernières années à créer un marché concurrentiel et harmonisé de la retraite en Europe.

L'objectif étant de renforcer l'esprit d'appartenance à l'Union, mais aussi d'encourager la mobilité intra-européenne.

Cette harmonisation s'avère difficile pour les retraites du premier pilier du fait de la coexistence de systèmes incompatibles, Bismarckiens et Beveridgiens (voir *infra*). Le choix du système est irréversible, car il relève de l'histoire d'un pays, et reflète la plupart du temps la philosophie et la culture locale. Face à ce frein, l'harmonisation tend à se faire au niveau du second pilier, à savoir la retraite professionnelle, qui sera abordé dans ce mémoire.

Aujourd'hui en France, les régimes de retraite professionnelle sont soumis aux mêmes contraintes prudentielles que les produits d'assurance vie ou non vie, malgré leur utilité sociale apparente.

Ainsi, les assureurs sont tenus de mettre face à leurs engagements un haut niveau de capitaux propres et investir leur actif dans des produits financiers non risqués.

La loi Sapin 2 a permis la création des FRPS, dit aussi « Fonds de pension à la française », dans lesquels les assureurs ont la possibilité de transférer leurs engagements de retraite professionnelle et leurs actifs de couverture. Ces structures seront soumises à la directive IORP 2, plus proche de Solvabilité I que de Solvabilité 2 en matière d'exigence en capital.

Afin de montrer l'utilité du transfert des engagements de retraite professionnelle vers un FRPS, nous allons déterminer le capital requis pour commercialiser un même produit de retraite professionnelle et ainsi en déduire les économies potentiellement réalisables. Pour cela, nous mettrons en place un modèle d'actifs financiers et nous modéliserons le passif de l'engagement.

Nous n'analyserons pas les éventuels risques que pourraient subir les bénéficiaires en cas de transfert de ces engagements d'une structure à l'autre.

Chapitre 1 : La retraite en France

Ce premier chapitre doit permettre au lecteur de mieux appréhender et situer le contexte dans lequel ce mémoire est établi. Il rappelle l'histoire de l'émergence de la retraite, ainsi que l'offre actuelle en la matière en France. A la fin de ce chapitre, nous étudierons les Instituts de Retraite Professionnelle – qui seront nommés également IRP -, étant donné leur importance dans le cadre de notre étude.

I. Principes fondateurs et organisation

1) L'histoire de la retraite en France et dans le monde

A. *La retraite : héritage de l'histoire*

Les systèmes de retraite ont été, dans plusieurs pays, l'une des premières protections sociales dont a pu bénéficier la classe ouvrière. Leur émergence est très liée à l'histoire du pays ou ceux-ci sont apparus. On peut distinguer deux grandes causes qui ont mené certains pays avant-gardistes à la mise en place d'un régime de retraite.

Elle est liée, d'une part, à l'histoire des mouvements sociaux, comme par exemple en Allemagne, où le système de retraite dit « bismarckien » est né à la suite de contestations sociales à l'initiative des ouvriers industriels de la fin du XIX^{e} siècle. Ainsi, le chancelier de l'époque, Otto Von Bismarck[2], permit la création du premier système de retraite allemand pour calmer la colère ouvrière et dé-précariser la situation des ouvriers à l'heure de la révolution industrielle.

D'autre part, certains pays ont vu émerger ce type de protection sociale à l'initiative du patronat, notamment dans des entreprises dirigées par des patrons « paternalistes », qui voyaient en cette protection sociale un moyen de favoriser leur essor économique en fidélisant leur employés et en les rendant responsables et concernés par la réussite, notamment économique, de l'institution leur offrant cet avantage. On peut notamment citer l'Angleterre dont les industriels ont suivi cette démarche en mettant en place des fonds de pension à destination de leurs ouvriers dès le XIX^{e} siècle, ou même la France à travers ses industriels adeptes du *socialisme utopique*.

Par ailleurs, c'est vers la fin du XVII^{ème} siècle que la France a vu naître les fondements de la protection sociale, à travers la mise en place en 1673 par Jean-Baptiste Colbert[3], ministre des finances de Louis XIV. Cette initiative avait pour but de fidéliser et inciter les meilleurs marins militaires à défendre la France durant la guerre contre l'Angleterre. Du fait de la dangerosité de ce métier, il a été décidé de mettre en place une pension d'invalidité aux marins, qui leur

[2] Homme d'état allemand ayant vécu de 1815 à 1898, il dirigea successivement le royaume de Prusse, la confédération de l'Allemagne du nord et l'empire allemand de 1867 à 1890

[3] Homme d'état français ayant vécu de 1619 à 1683. Il fut un éminent ministre du règne de Louis XIV

permettrait de subvenir à leurs besoins en cas de blessure, et même une pension pour leur famille en cas de décès.

Néanmoins, ce n'est qu'un siècle plus tard que le système des pensions d'invalidité et de vieillesse fut mis en place de manière officielle en France, à travers l'ordonnance de Castries[4].

L'idée de la retraite s'est ensuite vue imposée à l'État pour ses fonctionnaires mais aussi aux entreprises lors de la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle. C'est à ce titre que les régimes de retraite des personnels militaires (1831), des fonctionnaires civils (1853) ou encore des mineurs (1894) et des cheminots (1909) ont été créés.

B. *De la révolution industrielle à la création de la sécurité sociale*

En 1905, l'état français met en place une assistance gratuite aux gens âgés et aux infirmes[5], posant les bases idéologiques et législatives de la charité publique, qui sera dès lors considérée, au-delà d'un devoir moral, comme une dette positive envers la Société (Journal de la société statistique de Paris, 1911).

Cinq années plus tard, la France inaugure le premier système de retraite général et obligatoire, avec la loi sur les retraites ouvrières et paysannes (ROP), mais dont le succès est limité. En effet, les syndicats ouvriers refusaient de s'engager, considérant que c'était une « *retraite pour les morts* », du fait de l'âge de départ fixé à 65 ans (Pollet et al. 1995).

Une deuxième tentative de mise en place d'un système général de retraite sera faite en 1928 au sein des « assurances sociales », sans plus de succès. Le système, étant fondé sur la capitalisation, a subi de plein fouet les fortes inflations des années 30, à la suite de la crise économique de 1929.

C'est en 1941, sous le régime de Vichy, que l'Allocation aux vieux travailleurs salariés (AVTS) est instituée. Il s'agit du premier système fonctionnant intégralement par répartition et avec un minimum vieillesse (Le Crom, 2001).

En septembre 1944, le Conseil National de la Résistance confia à Pierre Laroque la mission de mettre en place un système de protection sociale global comprenant la retraite qui s'inspirera des systèmes mis en place par Bismarck en Allemagne et Beveridge en Angleterre.

S'en suit l'ordonnance du 4 octobre 1945, qui spécifie : « *Il est institué une organisation de la Sécurité Sociale destinée à garantir les travailleurs et leurs familles contre les risques de toute nature susceptibles de réduire ou de supprimer leur capacité de gain, à couvrir les charges de maternité et les charges de famille qu'ils supportent* ».

L'ordonnance fixe l'âge de départ à la retraite à 65 ans et l'étend à l'ensemble de la population.

---

[4] Le Monde. *Ordonnance du 31 octobre 1784*

[5] L'Assistance Aux Vieillards, Infirmes Et Incurables promulguée par la loi du 14 Juillet 1905

C. *Deux conceptions du système de retraite: Beveridge et Bismarck*

L'héritage des siècles passés ont laissé aujourd'hui place à deux principales conception pour les systèmes de retraite publics : le système Beveridgien et le système Bismarckien.

Le système Beveridgien : Logique assistancielle

Le système tire son nom de son inventeur Lord William Beveridge, connu pour son rapport parlementaire en 1942 sur les services sociaux, qui fournit les bases de réflexion à l'instauration de l'État-providence pour lutter contre ce que Beveridge appelle les « *cinq grands maux* » : pauvreté, insalubrité, maladie, ignorance et chômage *(Damon, 2009)*. Selon sa conception, la protection sociale devait être généralisée, basée sur la solidarité, indépendamment de toute activité professionnelle, et financée par l'impôt, reposant donc sur le principe de solidarité nationale.

Le système Bismarck : Logique assurantielle

Nommé après le chancelier prussien Otto Von Bismarck qui instaura les assurances sociales obligatoires (système d'assurance vieillesse) pour les ouvriers allemands. Dans sa vision, la retraite doit être mise en place par un système d'assurance, financé conjointement par les employeurs et les employés en retenant une part du salaire des affiliés.

Principales différences

La première distinction qu'on peut faire entre les deux systèmes, est que le système Beveridgien offre des avantages forfaitaires, tandis que le système Bismarck offre des avantages liés au revenu, et donc proportionnels au revenu.

Dans le premier, la gestion et le pilotage des caisses de retraite relève de la responsabilité de l'état et du gouvernement, tandis que dans le deuxième, les caisses sont gérées par les partenaires sociaux, les représentants des salariés et des employeurs.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales différences entre les deux systèmes, sur les aspects de la retraite.

	Système d'inspiration « beveridgienne »	**Système d'inspiration « bismarckienne »**
Logique	Assistancielle	Assurantielle
Bénéficiaires	Citoyens/résidents (universalité du système)	Travailleurs qui cotisent
"Assureur"	Etat	Employeur
Mode de financement	Impôt	Cotisations
Pilotage	Gouvernemental	Indépendant
Prestations	Forfaitaires	Proportionnelles aux cotisations

Tableau 1: Comparaison des systèmes Beveridgien et Bismarckien

Aujourd'hui, aucun système n'a su s'imposer et les deux continuent d'exister dans le monde. On retrouve ainsi le modèle de Bismarck en Allemagne, bien sûr, en France, en Belgique, au Japon, en Suisse et, dans une certaine mesure, en Amérique latine.

Tandis que les pays qui utilisent le système Beveridgien comprennent la Grande-Bretagne, l'Espagne, la majeure partie de la Scandinavie et la Nouvelle-Zélande.

2) **Le système de retraite d'inspiration Bismarckien**

Dans l'optique d'étudier les systèmes de retraite, il faut définir ses diverses caractéristiques, ainsi que les formes de mise en place qui peuvent exister.

On distingue des différences en matière de gestion financière et dans la manière dont sont financés les régimes, mais aussi dans les méthodes de calcul des droits et des types d'engagements pris envers les affiliés.

A. *Les différences en matière de gestion financière*

Il existe deux principaux modes de financement des régimes de retraite : la répartition et la capitalisation. Le premier se fonde sur le principe de la solidarité intergénérationnelle, dans le sens où les pensions des retraités d'aujourd'hui sont financées par les cotisations des actifs d'aujourd'hui. Tandis que le second met davantage en avant le principe de responsabilité individuelle, en obligeant chaque actif à placer ses cotisations afin de les faire fructifier et constituer un capital qui servira par la suite à financer les pensions à son départ à la retraite.

Système de retraite par répartition

Pour les retraites, la répartition est source de solidarité entre les générations : Les cotisations (prélevées sur les revenus professionnels) des actifs servent à payer immédiatement les retraites, tout en leur ouvrant des droits pour leur future retraite.

La particularité de ce type de régime est qu'il doit être obligatoire pour qu'il soit viable. En France par exemple, seuls les systèmes obligatoires (du pilier 1) peuvent être gérés par répartition.

En effet, la différence avec un système fondé sur la capitalisation est que la survie du système dépend du nombre de cotisants. Il faut donc être en mesure de capter les cotisations des futurs actifs pour s'assurer du financement des futures retraites.

Système de retraite par capitalisation

Si les régimes de retraite par répartition ne peuvent fonctionner qu'à la condition que tous les actifs cotisent, les dispositifs de retraite par capitalisation n'ont pas cette contrainte puisque l'assuré perçoit des rentes à hauteur de ses cotisations. Ainsi, si les cotisations cessent, les pensions seront réduites en conséquence.

Chaque individu cotise pour lui-même, ses cotisations sont placées, collectivement ou individuellement, sur des supports d'investissement. Avec le rendement des placements, elles forment un capital qui, au moment du départ à la retraite, peut être transformé en une rente viagère constituant la pension de l'individu. Ainsi, les prestations reçues à la retraite sont proportionnelles à ce capital. Ce système s'apparente en France aux produits d'assurance-vie. La méthode de calcul des droits de ce type de régime est dès lors assez simple, les prestations correspondent au capital constitué divisé par le facteur viager.

Autre différence de ce système par rapport au précédent, c'est qu'à tout moment, il y a la possibilité de savoir si l'on est solvable ou pas, en raisonnant comme si le régime est fermé. Ce raisonnement, contrairement à la répartition, ne nécessite pas de vision prospective.

B. *Les différentes méthodes de calcul des droits*

Dans un régime de retraite par répartition, les actifs ne financent pas leur propre retraite, néanmoins, leurs cotisations leur permettent d'acquérir des droits à la retraite. Ces droits à la retraite peuvent être exprimés sous trois principaux types distincts : en annuités, en points ou en comptes notionnels.

Calcul en annuités

A la liquidation, les prestations à verser sont calculées à l'aide de différents indicateurs relatifs au parcours professionnel de l'actif, tels qu'un salaire de référence et une durée de cotisation. On ajoute à ces indicateurs, la plupart du temps, un autre facteur indépendant de l'actif et qui permet d'ajuster le montant des prestations en fonction du contexte social, économique et démographique.

La retraite de base de la Sécurité sociale en France se fonde sur un calcul en annuités. En plus des termes évoqués plus haut, on retrouve également un taux de liquidation, qui dépend de la durée d'assurance de référence. Ce taux de liquidation est dit « taux plein » dans le cas où l'assuré a validé la durée de référence ou a atteint un certain âge.

Ce mode est dit « à prestations définies » (*voir infra*).

Calcul en points

A la liquidation, les prestations à verser correspondent au nombre de points accumulés jusqu'au jour du départ à la retraite, multiplié par la valeur de service du point à la date de calcul. Le nombre de points acquis, pour une année, dépend des cotisations versées et de la valeur d'achat du point durant cette même année. Le nombre de points acquis est égal au montant cotisé divisé par la valeur de service du point (prix d'achat), au moment du versement de la cotisation.

Il peut y avoir un coefficient d'anticipation (resp. d'ajournement), venant minorer (resp. majorer) le niveau des prestations en cas de départ à la retraite anticipé (resp. décalé) par rapport à l'âge de référence.

Une réforme majeure de la retraite de base est envisagée en France, celle-ci faisant évoluer le mode de calcul actuel (en annuités) vers un mode de calcul par

points, en fusionnant au passage l'ensemble des régimes de retraite de base existant en France.

Ce mode est dit « à cotisations définies » (*voir infra*).

Calcul en comptes notionnels
A la liquidation, les prestations sont le produit d'un capital « virtuel » acquis le long de la carrière par un coefficient de conversion.

Le capital est égal aux cotisations versées, revalorisées par un certain taux. Quant au coefficient de conversion, il dépend de plusieurs facteurs, notamment l'âge de départ à la retraite et l'espérance de vie. Il est défini également de manière à ce que l'ensemble des prestations perçues par chaque génération soit égal à la somme des cotisations versées par cette même génération.

C. *Les types d'engagement :*

Les engagements en matière de retraite peuvent se diviser en 2 familles : Ceux dont seul le montant de la pension à la retraite est défini à l'avance, dit « à prestations définies », et ceux dont seul le montant des cotisations est défini à l'avance, dit « à cotisations définies ».

Engagements à prestations définies
Dans ce type de régime, l'assureur s'engage sur le niveau de garantie, *i.e.* le montant mensuel de la pension que percevra l'assuré au moment de sa retraite. Cette garantie, définie dès l'affiliation, fait que le risque de ne pas pouvoir honorer l'engagement sera porté par le *gestionnaire*[6].

Ces derniers disposent néanmoins d'une variable d'ajustement, en la matière du montant des cotisations. En effet, le gestionnaire peut demander à un moment donné un plus grand montant de cotisations, s'il se rend compte que le montant actuel ne suffit pas à honorer ses engagements.

Engagement à cotisations définies
Dans ce type de régime, le bénéficiaire s'engage sur le montant des cotisations qu'il reversera au gestionnaire, au titre du régime de retraite, sans contrepartie sur le niveau de la pension qu'il recevra à son départ à la retraite.

Le montant de cette pension dépendra en réalité du capital constitué au terme de cette phase de constitution. Le gestionnaire ne s'engage donc pas sur le niveau du capital final qui sera constitué. Le risque financier repose donc uniquement sur le bénéficiaire, dont la pension dépendra de la rentabilité des placements opérés par le gestionnaire.

Des risques différents selon chaque cas
Du point de vue de l'assureur ou de l'employeur dans le cas d'une retraite professionnelle, le régime à cotisations définies est moins risqué, dans le sens où il n'y a pas d'objectif à atteindre en matière de rentabilité, Seul demeure le

[6] La mot gestionnaire fait référence à l'organisme qui prend l'engagement de verser une pension au moment de la retraite. Il peut s'agir d'un assureur, tout autant qu'une caisse de retraite (Sécurité sociale) ou d'un employeur.

risque de longévité, dans le cas d'une liquidation du capital constitué sous forme de rente viagère.

Quant à l'assuré, il est donc soumis au risque que ses cotisations n'apportent pas un niveau de rentabilité satisfaisant et que sa pension soit donc inférieure à ses attentes.

En revanche un régime à prestations définies fait porter le risque aux deux parties. D'un côté car il y a un montant minimal de capital constitutif à détenir au terme de la phase de constitution, et d'un autre car les cotisations sont variables. A noter que ce type de régimes en France n'est souscrit que dans un cadre professionnel, avec la plupart du temps des cotisations unilatérales de la part de l'employeur. Le risque est donc entièrement porté par l'entreprise qui doit ajuster ses cotisations à la hausse pour compléter le capital constitutif afin de pouvoir honorer son engagement, dont la prestation est préalablement fixée.

II. Panorama de la retraite en France

Les bases de notre système, toujours en place depuis 1945, font l'objet de réformes indispensables, imposées par l'évolution de la croissance démographique et la nécessité d'équilibre financier du système.

Aujourd'hui le système de retraite est caractérisé par 3 piliers qui sont spécifiques au régime en France :

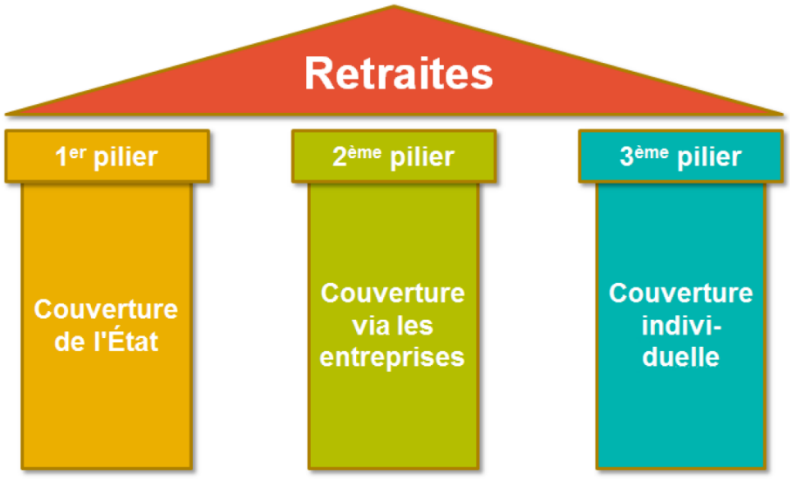


Figure 1 : Retraite en France Retraite obligatoire (Retraite de base SS, Retraite complémentaire : AGIRC ARRCO), Retraite supplémentaire d'entreprise, Retraite supplémentaire individuelle,

Ces trois piliers s'interprètent de la manière suivante :

- 1er pilier : Représente les retraites obligatoires versées par l'Etat et financées par répartition. Il repose sur la solidarité entre les générations et est censé assurer un minimum social aux retraités français. Il est considéré comme un régime à prestations définies.

- 2ème pilier : Constitué des régimes de retraite professionnels, il fonctionne par capitalisation, et peut être à cotisations ou prestations définies.
- 3ème pilier : Représente les régimes de retraite souscrits à titre individuel, généralement auprès d'un assureur. Il fonctionne également par capitalisation, mais ne peut être qu'à cotisations définies.

1) La retraite obligatoire

Le 1er pilier de la retraite en France est composé d'une retraite de base, mais aussi d'une retraite complémentaire, elle aussi obligatoire.

A. *Retraite de base*

Il existe en France plusieurs caisses de retraite de base. En effet, l'ensemble des actifs ne bénéficient pas du même régime de base. Le régime auquel ils sont affiliés dépend de leur statut professionnel. Le tableau en Annexe 2 cartographie la caisse d'affiliation pour les différents statuts professionnels.

Une particularité française réside dans la multitude de caisses qui coexistent et qui ne disposent pas des mêmes caractéristiques. Effectivement, il existe en France 37 caisses de retraite[7], et les actifs cotisent en moyenne à 2,3 caisses différentes au cours de leur carrière professionnelle[8]. Néanmoins, la réforme imminente voulue par le gouvernement Édouard Philippe envisage de fusionner l'ensemble des régimes en un seul et unique régime, où le calcul des droits y serait en points.

Dans ce mémoire, nous allons nous focaliser sur les pensions de base versées par la Caisse Nationale d'Assurance Vieillesse (CNAV), étant donné que notre modèle numérique s'appuie sur une population affiliée à ce régime uniquement.

Les cotisations pour le régime de la CNAV sont doubles, une première partie plafonnée au *PASS*[9], et une deuxième sur l'ensemble du salaire. Les taux de cotisations sont exprimés dans le tableau ci-dessous.

	Employeur	Employé	Plafond annuel
Retraite	8,40%	6,75%	Tranche A
Retraite	1,60%	0,10%	Non

Tableau 2 : Taux de cotisation à la retraite de base

Le montant de la pension CNAV, qui ne constitue généralement qu'une partie de la pension complète pour la retraite, est calculé de la même manière pour tous les affilés, avec la formule ci-dessous :

[7] Régimes de base et régimes complémentaire confondus
[8] Sondage La retraite en claire (2016).
[9] Plafond Annuel de la Sécurité Sociale

$$\begin{pmatrix} Montant\ annuel \\ de\ la\ retraite \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Salaire \\ annuel\ moyen \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} Taux\ de \\ rente \end{pmatrix} \times \frac{\begin{pmatrix} Durée\ d'assurance \\ acquise \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} Durée\ d'assurance \\ requise \end{pmatrix}}$$

Le salaire annuel moyen correspond à la moyenne des 25 meilleurs salaires annuels de la carrière du futur retraité, en prix constants[10]. Ces salaires annuels sont limités au *PASS*.

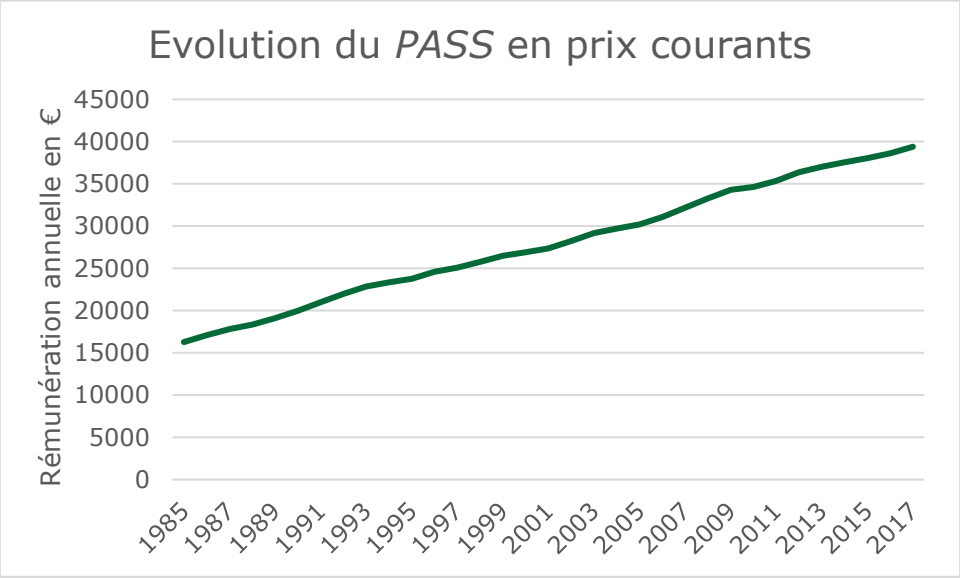


Figure 2 : Evolution du PASS entre 1985 et 2017

Le taux de liquidation est de 50 % si le nombre de trimestres exigés est atteint ou si le salarié a atteint l'âge de départ en retraite à taux plein automatique (67 ans).
Autrement, un coefficient de minoration est appliqué, il est égal à 2,50% multiplié par le minimum entre :

- le nombre de trimestres manquants pour atteindre la durée d'assurance requise ;
- le nombre de trimestres correspondant à la durée entre l'âge de départ à la retraite et le 67ième anniversaire.

A noter que des trimestres peuvent être accordés dans certains cas particuliers pour le calcul du taux de liquidation, notamment en cas de grossesse, ou de chômage.

La durée d'assurance acquise est le nombre de trimestres validés et la durée d'assurance requise est le nombre de trimestres à valider pour avoir le versement complet de la Sécurité sociale. Ce nombre est différent selon l'âge de naissance de l'affilié. Le tableau en annexe 3 contient les durées d'assurance requises et les âges de départ à la retraite, en fonction de la date de naissance.

[10] Inversement aux prix courants, ces prix sont corrigés de la variation des prix et sont donc revalorisés

On pourra remarquer au vu de la formule que les carrières courtes et/ou interrompues sont doublement pénalisées, d'abord avec le taux de liquidation qui peut subir une décote - en cas de départ à la retraite avant l'âge du taux plein -, ensuite avec le troisième terme qui ne prend en compte que la durée d'assurance, *i.e.* de cotisation.

Nous remarquerons également que le système privilégie les carrières à progression lente sur les évolutions de salaire exponentielle, pour un même niveau de rémunération moyen. Dans le second cas, le taux de remplacement (*voir infra*) est plus faible. Cela est dû à la prise en compte dans le calcul du salaire annuel moyen 25 années de cotisation, soit plus de la moitié d'un parcours professionnel.

B. *La retraite complémentaire*

Les produits de retraite complémentaire sont aussi obligatoires, ils s'additionnent à la retraite de base versée par la CNAV (ou équivalent selon le régime). Leur gestion, également par répartition, est faite au sein de différentes autres caisses (voir *Annexes 3 : La retraite en France*).

Comme pour la retraite de base, nous allons nous limiter à l'étude des régimes de retraite complémentaire des salariés du secteur privé, à savoir l'*AGIRC* et l'*ARRCO*.

AGIRC : Association Générale des Institutions de Retraite des Cadres, organisme créé en 1947 à la demande des syndicats des cadres[11], en contrepartie de leur adhésion au régime de la Sécurité sociale en France, créée deux ans auparavant.

ARRCO : Créée en 1962, l'Association pour le Régime de Retraite Complémentaire des salariés, est un régime de retraite complémentaire pour tous les salariés du secteur privé, quel que soit leur statut (cadre, etc.).

Depuis 2002, les moyens et les services de ces deux organismes ont été mis en commun au sein du GIE Agirc-Arrco. Il est prévu que les deux régimes fusionnent en un seul et unique régime au 1er janvier 2019.

Pour les salariés affiliés à ces régimes, les tranches de cotisations se divisent de la manière suivante :

[11] La fédération des cadres, organisation qui a été à l'origine des manifestations en début d'année 1947.

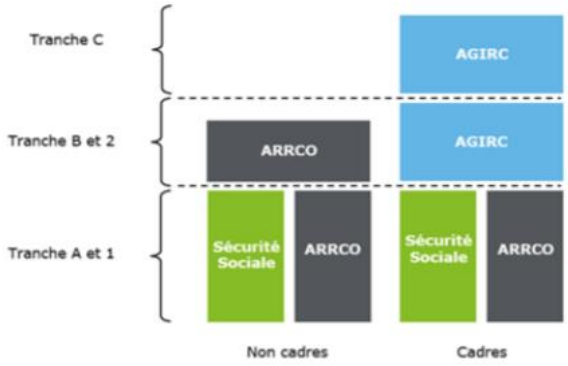


Figure 3 : Tranches de cotisations pour les cadres et non cadres

Le salaire annuel pour la tranche 1 correspond au PASS, et celui des tranches 1 + 2 est plafonné à 4 x PASS. De même, le salaire annuel pour la tranche A correspond au PASS, celui des tranches A + B est plafonné à 4 x PASS et enfin celui des tranches A + B + C ne peut pas excéder 8 x PASS.

Ainsi, les non cadres cotisent auprès de l'ARRCO, pour les tranches 1 et 2. Tandis que les cadres cotisent auprès de l'ARRCO pour la tranche A, et auprès de l'AGIRC pour les tranches B et C.

Le calcul des droits se fait par la méthode des points (voir *I.2.B*). Ainsi, le montant de la pension annuelle brute AGIRC ou ARRCO correspondant au nombre de points accumulés (quel que soit la tranche) multiplié par la valeur du point au moment du départ en retraite.

Un facteur de décote peut être appliqué si la liquidation intervient avant l'âge légal de départ à la retraite et si la durée minimale de travail n'est pas atteinte.

Les figures ci-dessous retracent l'évolution de la valeur d'achat de point, et la valeur de service de point (utilisé pour le calcul de la pension au moment de la liquidation).

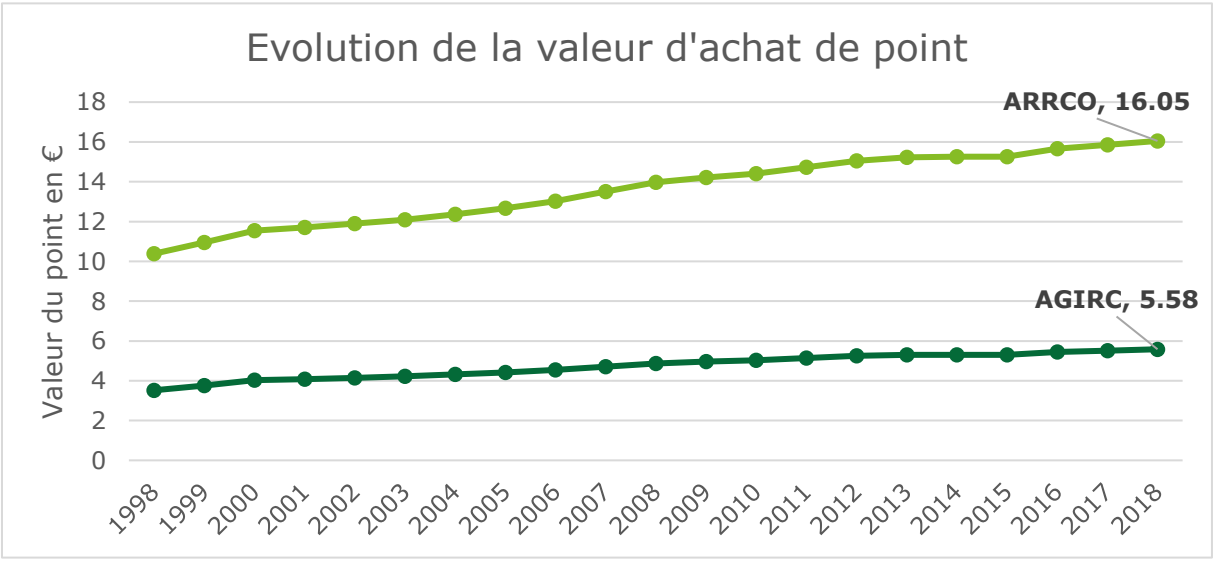


Figure 4 : Evolution de la valeur d'achat de point entre 1998 et 2018

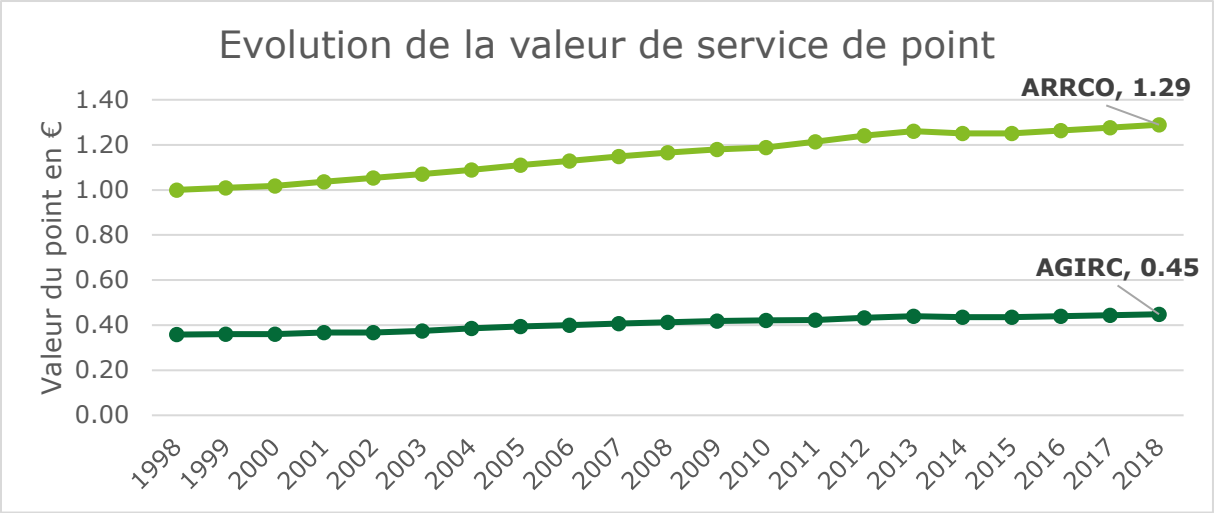


Figure 5 : Evolution de la valeur de service de point entre 1998 et 2018

La variation de ces deux indicateurs en 20 ans n'a pas connu la même pente. Cela se justifie par le *papy-boom*[12] qu'ont connu les caisses durant les dernières années et qui ont entrainé des pertes annuelles rendant ces ajustements nécessaires.

Sachant que les pensions versées dépassent nettement les cotisations encaissées, en 2016, l'AGIRC comptait 2,7 millions de bénéficiaires retraités pour 4 millions de cotisants, et l'ARRCO comptait 11,9 millions de retraités pour 18,1 millions de cotisants.

Ces déséquilibres ont également poussé les gestionnaires à appliquer un taux d'appel de 25%. Ainsi, les cotisations sont calculées sur une base de 125% du salaire, mais seules les cotisations représentant 100% du salaire de base sont prises en compte dans le calcul du nombre de points acquis.

2) **La retraite supplémentaire : les piliers 2 et 3**

Les difficultés des régimes obligatoires sont bien réelles, et imposent donc de réfléchir la retraite autrement qu'à travers le premier pilier uniquement. Les actifs semblent l'avoir compris, comme le révèle le baromètre du cabinet Deloitte[13] sur les Français et la retraite, et qui révèle que 8 actifs français sur 10 estiment qu'ils auront besoin de compléter leur retraite de base par des ressources supplémentaires.

En France, la retraite supplémentaire est proposée par des organismes privés et n'est pas obligatoire. Son fonctionnement est différent de celui du premier pilier, dans la mesure où elle est régie par capitalisation, s'apparentant donc à une assurance-vie.

[12] Désigne le grand nombre de départs en retraite qui auront lieus à partir de 2006 dû au baby-boom d'après-guerre
[13] Deloitte (2016). *Les français et la préparation des retraites*

D'après une enquête *Deloitte*[14], 44% des actifs privilégient un produit d'assurance vie en prévision de la retraite, bien que ce dernier soit plus global, étant l'un des instruments les plus polyvalents en matière d'épargne, et n'étant que peu adapté à l'épargne retraite. En effet, au bout de 8 ans, le contrat peut être débloqué en bénéficiant des avantages fiscaux, ce qui incite certains à s'en servir ensuite comme d'un porte-monnaie, à l'image du livret A, et non dans l'optique de se constituer un capital retraite.

A. *Les raisons d'être de la retraite supplémentaire*

L'existence de la retraite supplémentaire répond à un besoin bien précis : Elle donne la possibilité aux actifs de gérer leur pouvoir d'achat dans le temps, de manière autonome. Leur choix individuel peut alors soit privilégier le salaire d'activité, soit épargner pour atteindre un meilleur niveau de rémunération à la retraite.

Les pensions versées par les régimes obligatoires ont tendance à être assez proches pour de grands écarts de salaire. En effet, le taux de remplacement, qui exprime le rapport montant de la pension sur le dernier salaire d'activité, baisse à mesure que la rémunération augmente, car le calcul de la retraite de base retient des salaires plafonnés au *PASS*.

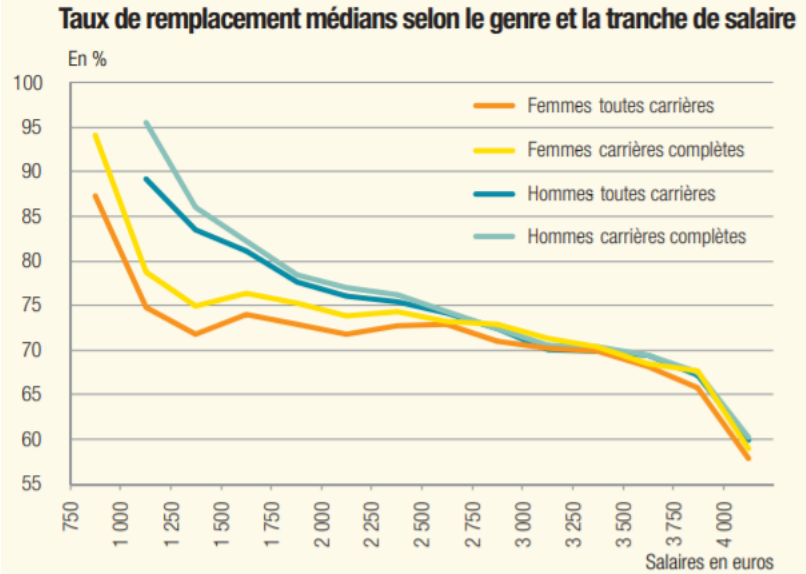


Figure 6 : Taux de remplacement par tranche de salaire (COR, 2016, Le taux de remplacement du salaire par la retraite diminue au fil des générations)

Le recours des actifs à la retraite supplémentaire s'explique également par la baisse de la profitabilité des régimes obligatoires. Certains indicateurs nous permettent de mesurer l'équité de la retraite entre générations, parmi lesquelles

[14] Réalisée en 2012 en partenariat avec Harris Interactive auprès de 4000 répondants représentatifs des français https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/services-financiers/Deloitte_BarometreRetraite_2012.pdf

le taux de remplacement[15] (*TR*) et le taux de rendement interne[16] (*TRI*) observé au fil des générations.

Le taux de remplacement des retraités a connu une chute entre les générations nées en 1936 et celles nées en 1946, quel que soit le sexe et le secteur d'activité. A titre d'exemple, le taux de remplacement médian[17] des salariés du public de sexe masculins ayant effectué une carrière complète, a diminué de 10 points (84 % contre 74 %) entre les générations 1936 et 1946 (voir figure 7).

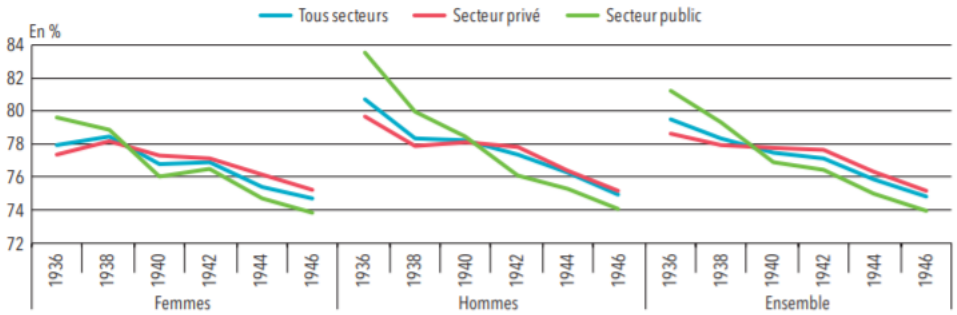


Figure 7 : Taux de remplacement médian par génération pour les retraités à carrière complète (Drees[18], 2017, https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/fiche7-9.pdf)

Par ailleurs, la projection du *TRI* du système de retraite français est en constante baisse : Il est de 1,75% pour la génération 1975, alors qu'il était de presque 2,5% pour les générations nées 25 ans plus tôt (figure 8).

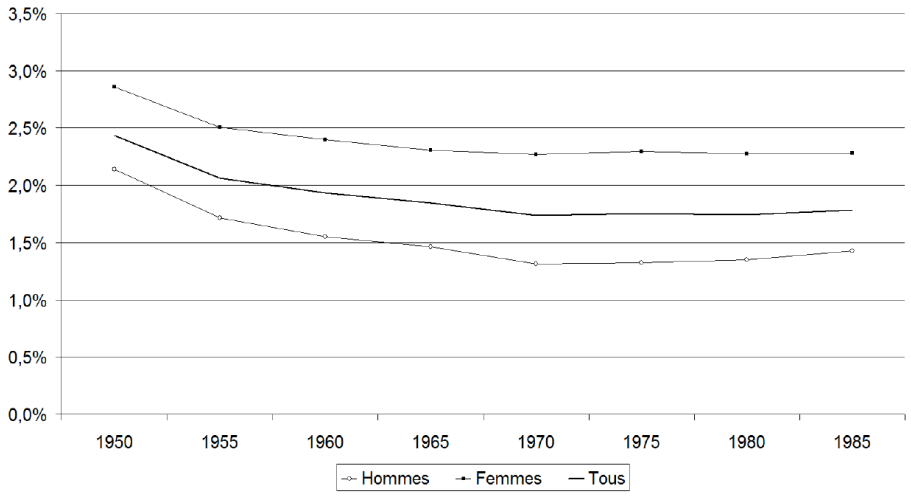


Figure 8 : Projection du TRI par génération. (INSEE)

L'inquiétude sur l'avenir de la retraite publique se base également sur des indicateurs démographiques, et des projections qui laissent présager un avenir plus sombre pour le régime obligatoire, avec de plus grands déséquilibres à l'avenir.

[15] Correspond au rapport entre le montant de la première pension de retraite et la dernière rémunération d'activité.
[16] Taux d'actualisation moyen qui égalise la somme des contributions et la somme des pensions.
[17] Le taux de remplacement médian correspond à la valeur telle que la moitié des personnes en ont un inférieur à celle-ci.
[18] Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques

Le rapport du nombre de personnes âgées sur la population totale va s'accroître d'après les prédictions de l'*INSEE*, avec 27% en 2022 et un pic à 33% en 2040, comme le montre le graphique ci-dessous. Signe que l'époque des régimes de retraite généreux appartient désormais au passé.

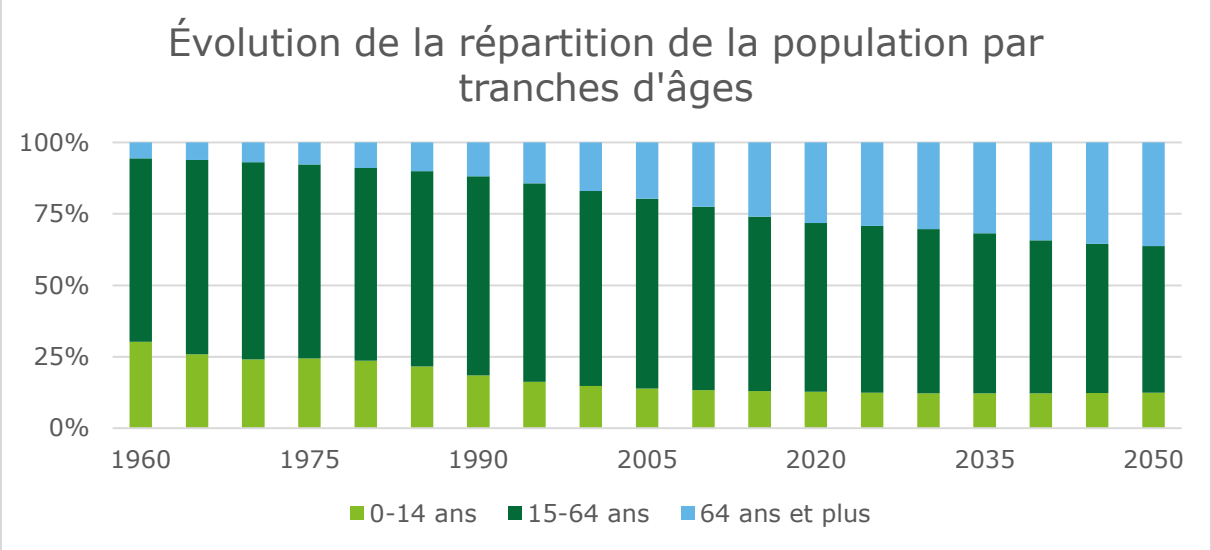


Figure 9 : Evolution de la répartition de la population par tranches d'âges (INSEE)

Les régimes supplémentaires par capitalisation pourraient donc compenser d'éventuelles difficultés du régime obligatoire à l'avenir.

Pour résumer, nous pouvons citer un argument cité en prélude de la Directive (EU) 2016/234 (voir *infra*) qui règlemente les activités de retraite du deuxième pilier : *« au vu de l'évolution démographique de l'Union et de l'état actuel des budgets nationaux, les régimes de retraite professionnelle sont un complément précieux par rapport aux régimes de retraite de la Sécurité sociale. »*

B. *Marché et offre en matière de retraite supplémentaire*

Dans cette partie, plutôt que de faire une présentation détaillée et exhaustive de la retraite supplémentaire, nous allons faire un état des lieux puis introduire certains types de produits de retraite supplémentaire professionnelle (P2).

Les régimes de retraite professionnelle en France

En France, les régimes de retraite professionnelle sont des dispositifs d'épargne collective mis en place par l'employeur. Comme pour les régimes du pilier 3, les fonds sont bloqués jusqu'au départ à la retraite[19].

Ces produits d'épargne représentaient 120 milliards d'euro d'encours à fin 2015, avec une forte croissance annuelle depuis quelques années pour les produits phares, tel que le PERCO qui a progressé de 26% entre 2013 et 2014.

[19] Sauf en cas d'évènement exceptionnel permettant le déblocage anticipé, tel que l'invalidité, le surendettement

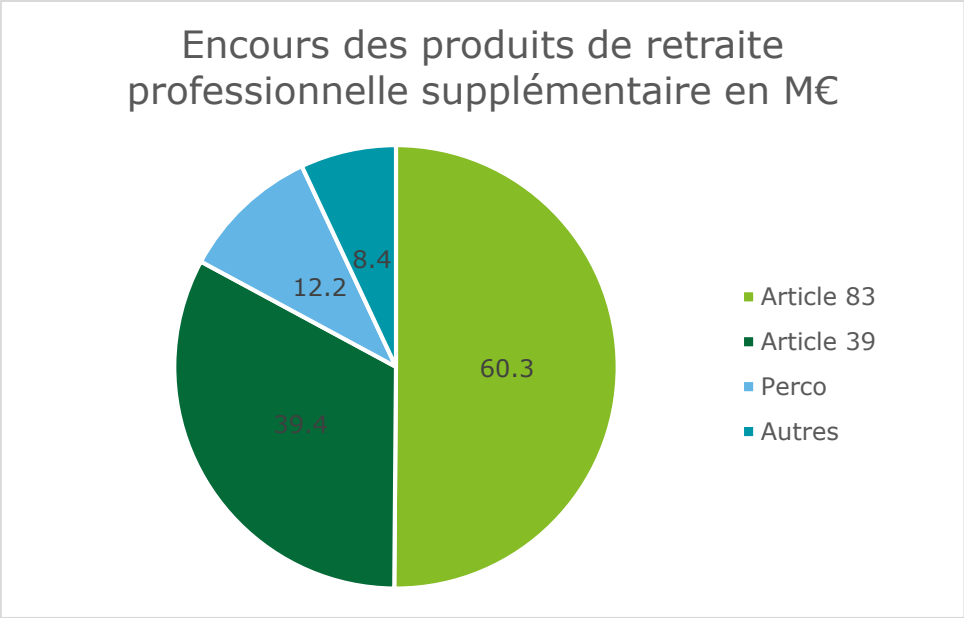


Figure 10 : DREES, les retraités et les retraites, édition 2017, chiffres à fin décembre 2015.

Ces dispositifs sont mis en place à la suite d'une décision managériale, fondée sur une convention collective ou d'un accord d'entreprise. Ces décisions peuvent parfois être dictées par la loi, comme l'obligation de favoriser l'épargne collective pour les entreprises de plus de 50 salariés.

Les produits d'assurance collective retraite visent obligatoirement des catégories "objectives" de personnels : comme par exemple des salariés ayant un même niveau de responsabilité (cadres, agents de maîtrise, ouvriers…).

Chaque salarié bénéficie ainsi d'un compte individuel sur lequel sont placés des versements du salarié, de l'entreprise ou des deux. En cas de départ de l'entreprise, ces contrats ont vocation à continuer, avec notamment la possibilité de les transférer chez un nouvel employeur.

Ces produits d'épargne retraite permettent ainsi au salarié de se constituer une rente pendant sa carrière, qui lui sera versée à vie, en plus des pensions issues des régimes obligatoires.

Ce type de retraite est avantageux car, en plus d'être incité fiscalement, il est prévu un certain nombre de dispositions telles que l'abondement[20], qui permettent aux employeurs de réduire leurs charges sociales.

Produits phares de retraite professionnelle supplémentaire

Parmi les produits existants, on retrouve :

L'Article 83 :

Ces contrats portent ce nom car ils reprennent les conditions définies par l'article 83 du Code Général des Impôts, et sont assez similaires à un produit d'assurance vie collective.

[20] Versement complémentaire de l'employeur prévu par un accord d'entreprise ou une convention collective

Si l'entreprise choisit de le mettre en place, ce régime de retraite à cotisations définies (définition vue dans la partie *I.2.C*) est alors obligatoire pour les salariés. Le contrat prévoit dès le départ les sommes qui seront versées par l'employeur, et éventuellement par le salarié, s'il est prévu un financement des deux parties.

La fiscalité de ce produit est avantageuse puisque les versements obligatoires sont déductibles, y compris versements de l'employeur, de l'impôts sur le revenu dans la limite d'un montant égale à 8% de la rémunération annuelle brute à concurrence de huit fois le *PASS*[21].

L'Article 39

De même que pour l'article 83, l'appellation de l'article 39 découle du Code Général des Impôts.

Ce contrat, plus rare dans le marché, est un régime de retraite à prestations définies, où l'employeur s'engage à garantir un niveau de rémunération à un salarié, seulement s'il est présent dans son entreprise lors de son départ à la retraite. Avant cette date, le salarié ne jouit donc d'aucun droit individuel.

Ce niveau de rémunération peut être défini de deux manières :

- Régime « Chapeau » : Engagement de verser un complément aux autres sources de rente, pour atteindre un pourcentage, préalablement établi, du salaire à la sortie.
- Régime additionnel : Engagement de verser un pourcentage du salaire à la sortie en addition aux autres pensions perçues par ailleurs.

Le régime de retraite article 39, intégralement financé par l'entreprise, bénéficie d'un traitement fiscal et social de faveur. En effet, les versements ne sont pas soumis à l'impôt sur le revenu et sont même exclus de l'assiette de cotisations sociales depuis la loi Fillon (n° 2003-775), ce qui rend l'article 39 plus avantageux que l'article 83 d'un point de vue fiscal.

Le législateur européen s'est fondé sur ce type de produit pour émettre la directive Européenne 2014/31/UE, qui vise à favoriser la mobilité intra-Européenne des travailleurs en obligeant les entreprises à garantir leurs droits au titre des régimes à prestations définies, à partir d'une durée minimale qui ne peut excéder 3 ans.

Branche 26 : Régimes de retraite en points

Ces régimes par capitalisation sont assez similaires dans le fonctionnement aux fonds de pension. Parmi les plus connus, on peut notamment citer les régimes pour fonctionnaires Préfon et COREM, considérés comme relevant de la 26ème branche de l'assurance[22].

Les droits des assurés y sont exprimés à travers un nombre de points, dont la valeur de service déterminée permet aussi bien l'achat, lors de la phase de cotisation, que le montant de la retraite annuelle à la sortie.

[21] C.f. article L. 241-3 du code de la sécurité sociale

[22] Toute opération à caractère collectif définie à la section I du chapitre 1er du titre IV du livre IV du Code des Assurances

PERCO

En accord avec l'entreprise désireuse de faire souscrire ses employés, l'assureur fixe les caractéristiques techniques du contrat.

Les modalités de versement peuvent être plus avantageuses d'une entreprise à l'autre et les adhérents sont alors libres de choisir le montant et la fréquence de leurs cotisations. Ce contrat est à cotisations libres.

Du côté de l'employeur, contrairement à un article 83, le montant des versements annuels n'est pas déterminé à l'avance.

A noter que seules les sociétés dotées d'un Plan d'épargne d'entreprise (PEE) peuvent le mettre en place.

Le marché de la retraite professionnelle à l'échelle européenne

Il existe en Europe une grande diversité quant à la réglementation et la pratique de la retraite professionnelle. Cette diversité peut être vue comme un obstacle à la constitution d'un cadre commun à l'échelle européenne, et un frein à la mobilité professionnelle entre les pays de l'Europe, ce qui explique l'intérêt du législateur européen pour le sujet (voir *chapitre 2).*

Le mode de financement d'un régime de retraite professionnel découle du type de régime :

- Dans le cas des régimes internes, très courant en Allemagne, les engagements de l'entreprise sont financés par une provision au passif du bilan de l'entreprise.
- Dans le cas des régimes externes, un organisme (compagnie d'assurance ou IRP) reçoit les cotisations des adhérents et s'occupe du versement des pensions de retraite.

Le mode de financement interne, bien que faisant partie de l'histoire industrielle allemande et encore présent au début du XXI^{ème} siècle dans d'autres pays, est relativement dangereux pour les affiliés, puisque les actifs représentatifs des provisions de retraite ne sont pas cantonnés, et la promesse donnée n'est donc pas garantie en cas de faillite de l'entreprise, cette dernière supportant seule les engagements de retraite.

Ce cas de figure n'est pas sans rappeler le scandale d'Enron révélé en 2001, et où de nombreux employés avaient investi une grande partie de leur épargne-retraite en actions Enron à leur insu, alors que l'entreprise était en grande difficulté, finissant par perdre leur épargne suite à sa faillite.

C'est la raison pour laquelle la plupart des Etats essaient d'encourager des régimes externes au profit des régimes internes, pour que le patrimoine constitué au titre de la promesse de pension soit distinct du patrimoine de l'entreprise.

Dans les pays anglo-Saxon et d'Europe du nord, le système privilégié dans le cadre de la retraite professionnelle est celui d'une externalisation auprès d'une IRP, tandis qu'en France les entreprises ont tendance à externaliser leurs

engagements de retraite professionnelle au moment de la liquidation auprès d'un assureur, soumis à la réglementation prudentielle des sociétés d'assurance (voir *chapitre 2*).

L'externalisation peut dans certains cas faire porter l'ensemble des risques sur les fonds de pension, comme c'est notamment le cas aux Pays-Bas où il n'existe pas de droits légaux permettant au fonds de pension de réclamer des cotisations supplémentaires à l'entreprise pour honorer ses engagements.

Il existe également des cas d'externalisation permettant de se libérer partiellement des risques inhérents aux engagements de retraite. C'est d'ailleurs l'usage en France, où l'on a tendance à externaliser des régimes de retraite professionnelle auprès d'un assureur.

Enfin, un dernier cas d'externalisation est, du point de vue de l'entreprise, identique à la non-externalisation. En effet, cette dernière continue de porter l'intégralité du risque. Le fonds de pension ou IRP n'est dans ce cas-là qu'un intermédiaire, qui va évaluer les engagements pris, pour ensuite déterminer le niveau de contribution de l'entreprise, et gérer les actifs jusqu'à réaliser le paiement des prestations des bénéficiaires. A tout moment, l'organisme peut réclamer des cotisations additionnelles pour assurer la bonne santé financière du fond.

Ce dernier cas de figure, qui est celui des entreprises du Royaume-Uni, peut parfois porter préjudice à l'entreprise. On peut citer le cas récent du numéro 2 du BTP britannique, *Carillon*, une entreprise vieille de deux siècles et pesant 5,9 Mds€ de chiffre d'affaires (2017). En janvier 2018, le groupe s'est déclaré en faillite, plombé par sa dette *(1,5 Md£)*, contracté notamment pour honorer ses engagements de fonds de retraite alors que son activité ralentissait[23].

3) **Les Institutions de Retraite Professionnelle en Europe**

Les Institutions de Retraite Professionnelle (ci-après IRP ou fonds de pension) sont des organismes dont la mission est la gestion de régimes de retraites professionnelle, et de actifs de couverture de ces régimes.

L'article 6 de la directive *IORP 1* (voir infra) en donne la définition fonctionnelle suivante :

- « Une IRP est un établissement, quelle que soit sa forme juridique, qui fonctionne selon le principe du financement par capitalisation et qui est établi séparément de toute entreprise ou groupement d'affiliation dans le but de fournir des prestations de retraite liées à une activité professionnelle, sur la base d'un accord ou d'un contrat, et qui exerce des activités qui découlent directement de cette vocation ».

La directive ne précise pas quelle forme juridique doit avoir l'institution, laissant ainsi la liberté au législateur national le soin de définir celle-ci en tenant compte des spécificités sociales et culturelles du pays.

[23] Les Echos (2018). *La faillite du géant du btp Carillon crée un véritable seisme au Royaume-Uni*

Chapitre 2 : Cadre prudentiel européen de l'assurance et de la retraite

Le but de ce chapitre est d'éclairer le lecteur sur les normes prudentielles contrôlant l'activité des assurances, mais aussi celle des organismes exerçant dans le secteur de la retraite professionnelle supplémentaire.

I. Réglementation des compagnies d'assurance

Toute compagnie d'assurance se doit d'être solvable, à tout moment, pour pouvoir exercer son activité, et son rôle dans la société. Un assureur solvable est un assureur capable, en cas de cessation d'activité, d'honorer ses engagements futurs, en vendant ses actifs financiers.

Le législateur européen a mis en place des normes afin de contrôler la solvabilité et la santé financière des sociétés d'assurances. L'objectif était également d'harmoniser le marché européen de l'assurance et de favoriser la concurrence entre les différents acteurs, en homogénéisant les pratiques de contrôle des autorités prudentielles.

Afin d'appréhender l'évolution de la réglementation européenne et ses enjeux, il convient tout d'abord de revenir sur les principaux axes de la directive Solvabilité I, pour ensuite analyser les évolutions apportées par la directive Solvabilité II, qui règlemente actuellement les compagnies d'assurance en Europe.

1) Solvabilité I et cheminement vers une nouvelle norme réglementaire

A. *La norme Solvabilité I et sa mise en place*

Mises en place le 5 mars 2002, à la suite des conclusions du rapport Muller[24], les directives dites « Solvabilité I » sont entrées en vigueur pour régir les entreprises d'assurance. Ce régime de solvabilité a succédé aux directives *79/267/CEE* pour l'assurance vie et *73/239/CEE* pour l'assurance non vie.

L'objectif était de s'assurer que les engagements envers les affiliés soient évalués à leur juste valeur. Dans cette optique, ces directives fixaient des règles et des comportements à adopter dans l'exercice des assureurs.

Solvabilité I pouvait se résumer en trois piliers qui doivent être respectés :

- des provisions techniques suffisantes ;
- des provisions techniques représentées par des actifs d'un montant équivalent et d'une certaine qualité ;

[24] Rapport « Solvabilité des entreprises d'assurances », avril 1997

- une marge de solvabilité requise pour l'assureur.

Il y avait également des règles plus implicites, notamment en matière d'investissement des actifs en couverture des engagements, qui devaient être investis selon des principes de diversification, de limitation et de congruence[25].

Ainsi, il n'était pas autorisé d'investir plus de 5% (10% dans certains cas) d'actifs sur un même émetteur. Il y avait également des limitations de détention par classe d'actifs. Il était possible, par exemple, d'investir au maximum 65% de l'actif en actions et 40% en immobilier[26]. Enfin, ces placements se devaient d'être sûrs et liquides.

L'exigence en marge de solvabilité à détenir en fonds propres se déduisait à partir des provisions mathématiques, nettes de réassurance.

Les atouts du dispositif Solvabilité I étaient principalement sa simplicité et sa facilité d'implémentation.

B. *Critiques et insuffisances*

Cette norme prudentielle a suscité de multiples critiques pour ses carences et sa simplicité. En effet, la norme ne distinguait ni les risques et leur volatilité, ni la branche d'activité, en exigeant une marge de solvabilité forfaitaire.

Les critiques étaient donc à double sens, tantôt le cadre réglementaire nécessitait une forte immobilisation de fonds propres pour des activités peu ou pas risquées, tantôt n'exigeait pas un fort niveau de fonds propres pour des activités pourtant très risquées.

Solvabilité I était non seulement incapable de saisir la diversité et la complexité des risques portés, mais elle était, en plus, inadaptée aux pratiques et particularités propres aux organismes d'assurance, notamment au niveau des groupes.

Il y avait donc un réel besoin de modernisation, pour avoir un régime adapté à l'industrie et ses risques, et permettre à terme une réelle intégration européenne dans le secteur assurantiel.

C. *De Solvabilité I vers Solvabilité II*

Le nouveau cadre règlementaire qui allait succéder à Solvabilité I se devait de tenir compte des critiques adressées à ce dernier, notamment dans le calcul de la marge de solvabilité, et des évolutions récentes du secteur financier, parmi lesquelles, les nouvelles normes règlementaires et comptables IFRS, les techniques de gestion des risques, et les standards de valorisation économique (MCEV).

Il fallait également encourager les organismes à mieux connaître et évaluer l'ensemble des risques auxquels ils sont exposés, mais également aborder l'autre

[25] Signifie l'adéquation des devises entre les actifs et les passifs. Cette règle a pour but de limiter le risque de change.

[26] Article R 332-3 du code des assurances

dimension importante dans la solvabilité des entreprises, à savoir la gouvernance. De plus, il fallait traiter la question de la confiance publique, en améliorant la transparence dans le secteur à travers la diffusion d'information, à la fois au régulateur et au public.

In fine, ces éléments ont poussé la Commission européenne à concevoir un nouveau régime de solvabilité, qui a débouché sur la directive *Solvabilité II*, dont l'objectif principal est de protéger les assurés en limitant les probabilités de faillite.

2) Solvabilité II : Gestion des risques pour les sociétés d'assurance

A. *Mise en place de Solvabilité II*

La directive 2009/138/CE, dite Solvabilité II, a été créée sous l'égide de la Commission européenne, qui s'est fondée sur les préconisations de l'EIOPA[27], chargé par le parlement européen de mener les études nécessaires pour reformer Solvabilité I.

Votée en 2009, Solvabilité II n'a été effective qu'à partir de 2016, son entrée en vigueur a pris du retard par rapport au calendrier initial, notamment à cause des *QIS*[28] proposés par l'EIOPA.

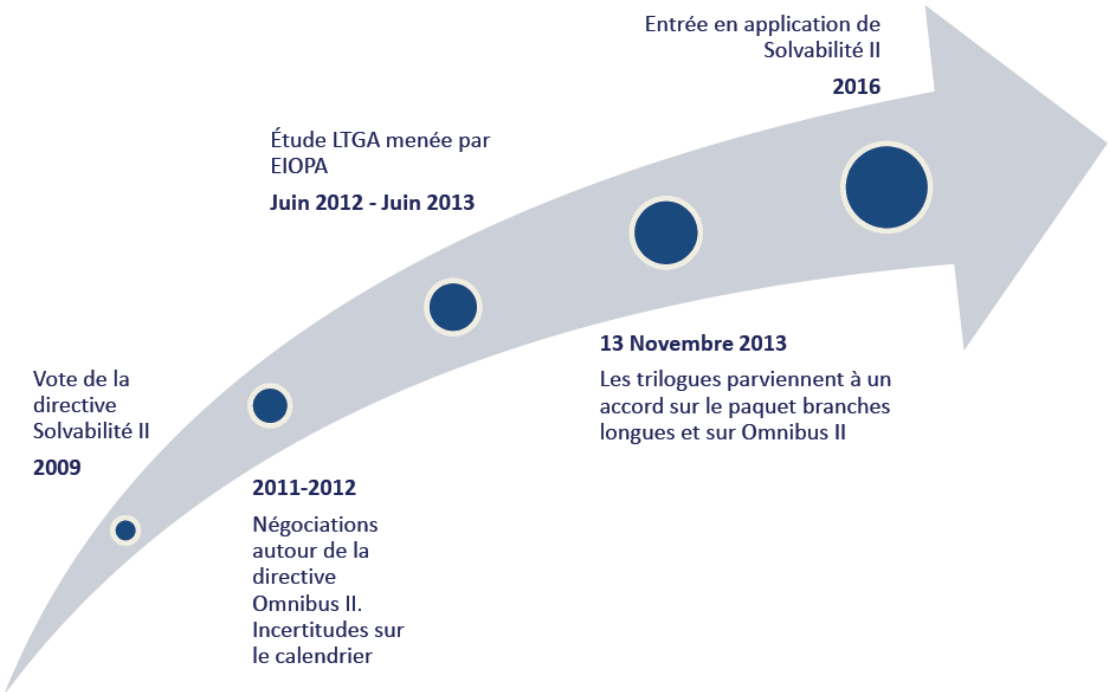


Figure 11 : Calendrier de l'entrée en application de Solvabilité II

[27] *European Insurance and Occupational Pensions Authority* (Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles) est un organe consultatif indépendant auprès du Parlement européen, ayant remplacé le CEIOPS en 2010.

[28] Les *Quantitative Impact Study* (Etudes d'impact), ont permis le calibrage de la règlementation avant son entrée en vigueur, en se basant sur les données d'assurance de certains pays, notamment l'Allemagne.

B. *Principes majeurs de la directive*

- Solvabilité II est une réglementation basée sur des principes (*principles-based*), plutôt que des règles (*rule-based*) ;
- Elle met les problématiques de gestion des risques et de gouvernance au cœur de la norme prudentielle, incitant ainsi les entreprises à la connaissance de leurs propres risques dans une approche prospective ;
- La situation financière des organismes est appréciée selon une vision économique et non comptable ;
- Les règles strictes en matière de gestion financière laissent place au principe de la personne prudente (PPP) ;
- L'ensemble des aspects sont pris en compte dans l'évaluation des risques : financiers, opérationnels, réputation, gouvernance, etc.

C. *Solvabilité II : Structure à 3 piliers*

A travers ses principes énoncés plus haut, Solvabilité II, épouse d'une façon plus habile la structure de risque propre à chaque assureur. La méthode de gestion des risques est personnalisée et permet la prise en compte uniquement des risques portés. De là, ressortent des exigences, notamment en termes de capital, plus en ligne avec le profil de l'entreprise et la réalité du risque subi.

Cette directive, qui s'est inspirée de la réglementation prudentielle du secteur bancaire *Bâle 2*, est, de la même manière que cette dernière, organisée en trois piliers.

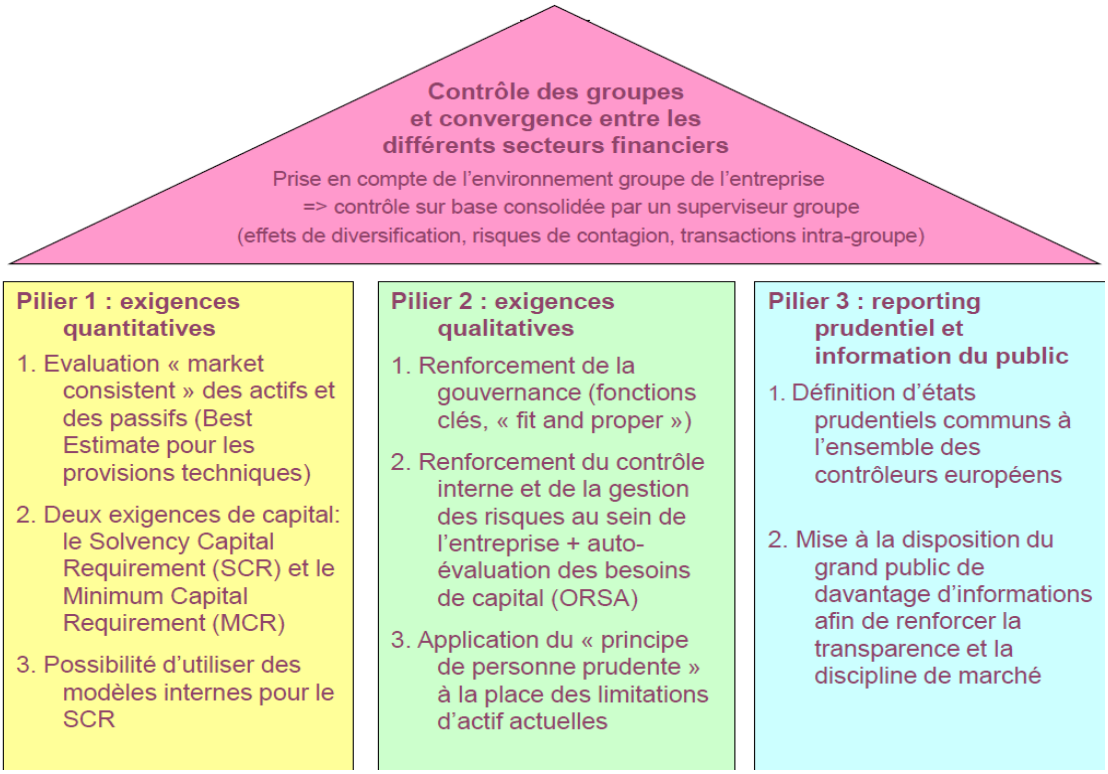


Figure 12 : Les trois piliers de Solvabilité II

1. Le pilier 1 est quantitatif. Il concerne l'évaluation économique du bilan prudentiel, pour la détermination à la fois du *Best Estimate* (BE), du *Risk Margin*

(RM) et des fonds propres (voir *infra*). Il explicite également le calcul des exigences du capital à mobiliser (SCR et MCR).

2. Le pilier 2 traite des exigences qualitatives, se rapportant au contrôle et au fonctionnement interne de l'entreprise. Il introduit l'exercice de l'*ORSA*, avec sa finalité de déclinaison de la tolérance propre au risque en appétence au risque. Il fixe des règles et des principes en matière de gouvernance, en définissant notamment des fonctions clefs, de gestion des opérations et des risques des organismes d'assurance, et des prérogatives de l'autorité de contrôle (l'ACPR).

3. Le pilier 3 concerne le *reporting* : il consiste en l'expression de règles précises (délais, données, *templates*, …) concernant la communication financière publique à destination des assurés et des investisseurs, et la communication prudentielle (états réglementaires) auprès de l'ACPR.

Nous allons détailler le premier pilier afin de donner les outils théoriques pour l'interprétation de la modélisation - et de ses résultats – du chapitre 3. Les deuxième et troisième piliers, brièvement introduits plus haut, ne seront quant à eux pas abordés davantage, car n'étant pas au cœur de la problématique posée dans ce mémoire.

D. *Valorisation du bilan sous Solvabilité II*

Les règles de calcul des provisions techniques, pour la détermination du passif, ainsi que la méthode de valorisation de l'actif, apparaissent dans le 1er pilier de la directive Solvabilité II.

Évaluation des provisions techniques

Les provisions techniques sont la valeur de « transfert » d'un portefeuille d'engagement au sens de Solvabilité II. Nous distinguons deux manières de calculer ces provisions techniques :

- Si l'engagement peut être répliqué par un actif financier (i.e. *Hedgeable*), alors la provision technique est égale à la valeur de l'actif de réplication.
- Sinon, la provision technique correspond à la somme du *Best Estimate* (meilleure estimation) et du *Risk Margin* (marge de risque) de l'engagement.

Dans l'article 77-4 de la directive 2009/138/CE dite Solvabilité II, une définition plus complète est donnée aux contrats réplicables :

« Lorsque de futurs flux de trésorerie liés aux engagements d'assurance ou de réassurance peuvent être, de manière fiable, répliqués au moyen d'instruments financiers pour lesquels il existe une valeur de marché fiable observable, la valeur des provisions techniques liées à ces futurs flux de trésorerie est déterminée à l'aide de la valeur de marché de ces instruments financiers »

En pratique, la plupart des contrats d'assurance ne sont pas réplicables et nécessitent donc le calcul de *Best Estimate* et du *Risk Margin,* que nous allons présenter ci-après.

Best Estimate

La Directive 2009/138/CE le défini dans son article 77 comme étant « *la meilleure estimation est égale à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent […] estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents* ».

C'est donc la valeur actuelle probable des flux financiers (entrants et sortants) futures, ci-après VAPF. L'actualisation se fait suivant une courbe de taux swaps, sans risque, communiquée par l'EIOPA.

Il doit également tenir compte des options et garanties futures, ainsi que des versements discrétionnaires dans le cadre de la clause de aux bénéfices.

Mathématiquement, nous pouvons définir le *Best Estimate* par :

$$BE = \sum_{t=0}^{\infty} \mathbb{E}_{\mathbb{Q}} \left\{ \prod_{s \leq t} \frac{1}{(1+r_s)} \times \left(CF_t^{out} - CF_t^{in} \right) \right\}$$

Avec :

- $\mathbb{Q}$: la probabilité risque-neutre
- CF_t^{out} et CF_t^{in} : Les flux financiers sortants et entrants à la date de projection t
- r_s : le taux d'actualisation sans risque

Risk Margin

Il correspond au coût des capitaux[29] à immobiliser pour continuer à exercer l'activité.

Mathématiquement, il s'écrit sous la forme :

$$RM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1+r(t+1))^{t+1}}$$

Avec :

- CoC : Coût de mobilisation des fonds propres (*Cost of Capital)*
- SCR_t: Capital de solvabilité requis pour l'année t (voir *infra*)
- $r(t+1)$: Taux zéro-coupon sans risque de maturité t+1

D'après les spécifications de l'EIOPA, le taux à retenir pour le *CoC* est de 6% par an.

Evaluation de l'actif

Les actifs financiers doivent être évalués de façon *Market Consistent*[30], et ce, en leur attribuant leur valeur d'échange ou de marché.

[29] Dit *CoC : Cost of Capital*

[30] Valeur intrinsèque ; méthode de valorisation faisant partie des normes comptables IFRS

Selon les cas, la valorisation d'un élément de l'actif s'opère comme suit:

- si l'instrument est liquide, la valeur de marché de celui-ci ;
- sinon, en faisant une comparaison avec la valeur de marché d'actifs équivalents, ou en utilisant des modèles de *pricing* (tarification).

Bilan prudentiel Solvabilité II

La structure de bilan, selon les règles de Solvabilité II, peut être schématisée ainsi:

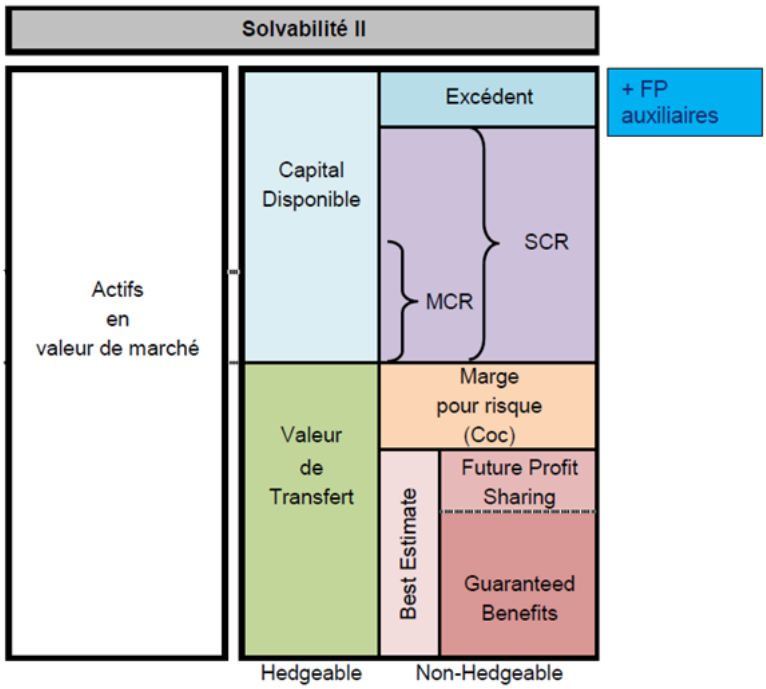


Figure 13 : La structure du bilan, selon les règles de Solvabilité II

Les fonds propres de base, définis comme la NAV[31], sont obtenus en soustrayant la « valeur de marché » des provisions techniques de la « valeur de marché » de l'actif.

Maintenant que les deux éléments constitutifs du bilan (l'actif et le passif) et la manière de les évaluer de façon *Market Consistent* ont été définis, il est temps de se pencher sur l'autre composante clé du pilier 1 de Solvabilité II, à savoir l'exigence en capital.

E. *Capitaux requis sous la règlementation Solvabilité II*

Le premier pilier de la directive contient également les règles de calcul des capitaux réglementaires et de solvabilité.

Exigences en capital : SCR et MCR

Le premier pilier définit 2 niveaux de besoin en capital :

[31] *Net Asset Valuation* (Actif net)

- le *Solvency Capital Requirement* (SCR) ;
- le *Minimum Capital Requirement* (MCR).

Ces derniers sont calculés en utilisant le bilan prudentiel.

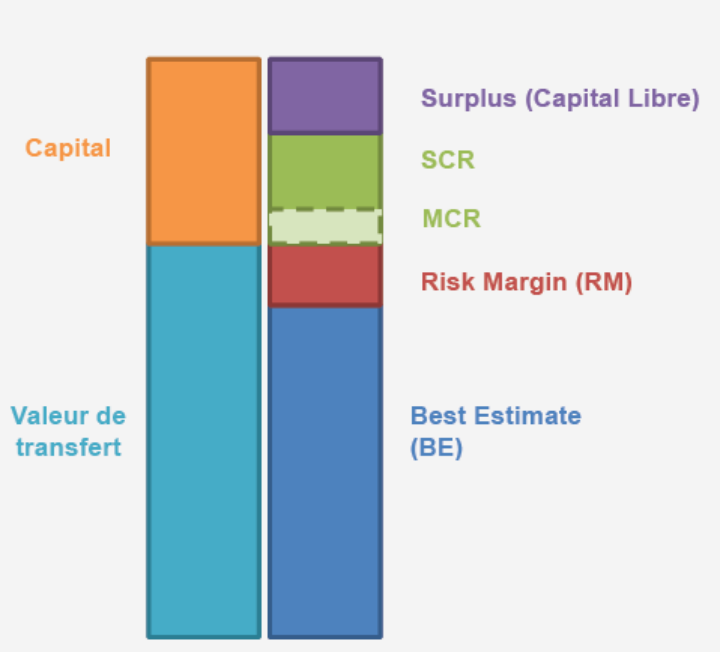


Figure 14 : Bilan prudentiel

SCR :

Le SCR est défini[32] par l'EIOPA comme la Value-at-Risk à 99,5 % de l'actif net à horizon 1 an, i.e. la perte maximum possible à horizon d'une année, avec une probabilité de 99,5 %. Son objectif est de vérifier que l'assureur détient suffisamment de fonds propres pour limiter sa probabilité de ruine à 0,5% sur une année. Soit un scénario de ruine tous les 200 ans d'activité.

Il peut être calculé par une formule standard (voir *chapitre 3*) ou dans le cadre d'un modèle interne (total ou partiel), propre à chaque organisme assureur. Le modèle interne est soumis à l'approbation préalable de *l'ACPR*[33] pour être utilisé. Nous n'allons aborder dans ce mémoire que l'approche formule standard.

En cas de fonds propres inférieurs au SCR, le régulateur pourrait mettre l'assureur sous surveillance.

Le principe de calcul du SCR, comme résumé dans la figure ci-dessous, consiste tout d'abord en la valorisation économique des actifs et des passifs. Suite à cela, après avoir calculé les capitaux requis par catégorie, l'ensemble est agrégé pour obtenir le BSCR (voir *infra*) et enfin le SCR.

[32] voir EIOPA (2014). *Spécifications techniques de Solvabilité II*

[33] *Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution*, organisme chargé de la surveillance de l'activité des banques et des assurances, et intégré à la Banque de France

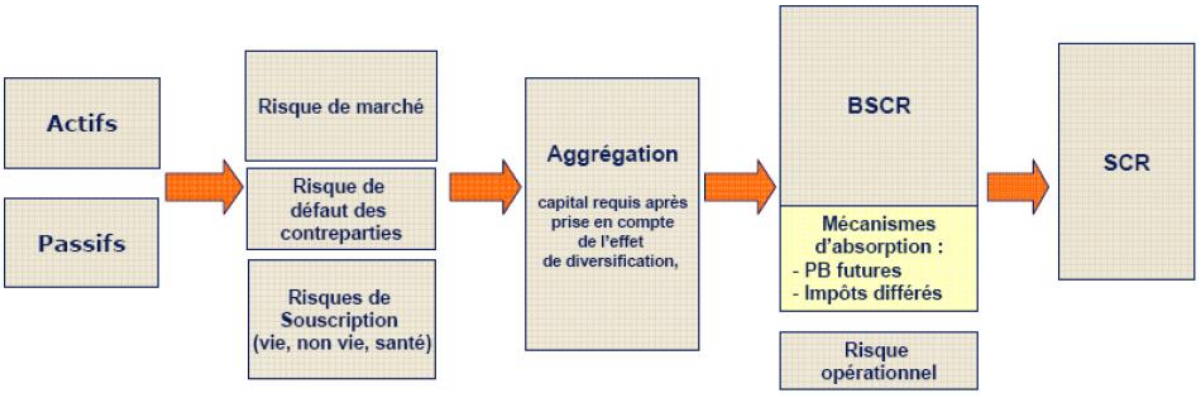


Figure 15 : Différentes étapes pour le calcul du SCR

Ces étapes seront revues en détail dans le *chapitre 3*, où le SCR sera calculé pour un portefeuille réel, pour les besoins de modélisation de ce mémoire.

MCR :

Le MCR est le montant minimal de fonds propres à détenir pour exercer l'activité d'assurance. Au bout de trois mois consécutifs avec des fonds propres inférieurs au MCR, l'ACPR peut retirer l'agrément de l'organisme.

Il est compris entre 25% et 45% du SCR et doit, pour certaines branches, respecter un seuil plancher.

Calcul du BSCR: *Basic Solvency Capital Requirement*

Pour l'utilisation de la formule standard, la méthode et les paramètres sont explicitement détaillés dans les spécifications techniques de la directive.

Les entités qui ne sont pas soumises à des risques atypiques et ayant des capacités limitées ou un déficit de données pour réaliser des calculs propres à leurs risques peuvent trouver dans la formule standard un moyen efficace et peu coûteux de surveiller leur niveau de solvabilité.

La formule standard du calcul du SCR se décompose en plusieurs modules de risques, comportant eux-mêmes différents sous-modules.

Les modules de risques contenus dans la formule standard sont les suivants :

- Risque de souscription (non-vie, vie, santé) ;
- Risque de marché ;
- Risque de défaut (ou de contrepartie) ;
- Risque associé aux incorporels ;
- Risque opérationnel, traité de façon particulière, par rapport aux autres risques.

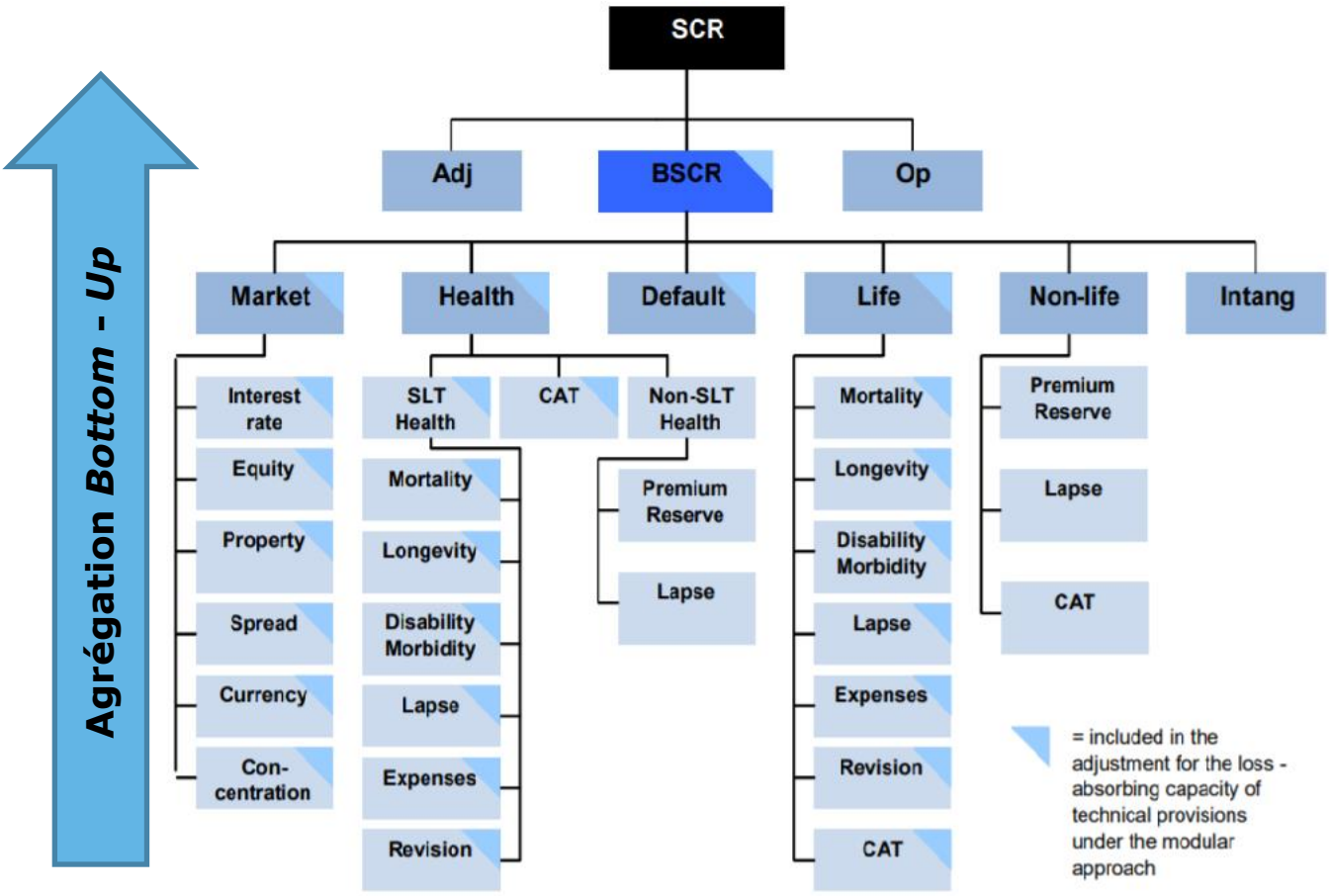


Figure 16 : Modules et sous-modules pour le calcul du SCR

Chaque sous module est regardé indépendamment des autres dans en premier lieu. On calcule l'exigence en capital associée au sous-module, comme la différence des fonds propres (NAV) avant et après un scénario de choc, défini pour chaque risque dans la formule standard.

$$SCR_{sous-module\ j} = \Delta NAV_{sous-module\ j} = NAV_{après\ choc\ j} - NAV_{avant\ choc}$$

Ensuite, les SCR des différents sous-modules de risques sont agrégés au niveau du module, en utilisant des coefficients de corrélations données par la formule standard. Ces corrélations représentent les effets de dépendances et de diversification entre les risques. En effet, le capital à mobiliser n'est pas la somme des capitaux.

$$SCR_{module} = \sqrt{\sum_{i,j=1\ldots N_{sous-modules}} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

De même, pour obtenir le BSCR (Basic Solvency Capital Requirement), on procède à une agrégation des différents modules de risques, calculés auparavant. On prend également en compte les effets de dépendances et de

diversification entre les risques à ce stade, en utilisant des corrélations entre modules de risque.

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

Nous verrons le détail des scénarios de chocs et des corrélations entre risques applicables dans le cas particulier de la modélisation numérique, faite dans le chapitre 3 de ce mémoire.

Enfin, on obtient le SCR, par la formule suivante :

$$SCR = BSCR + SCR_{operationnel} - max(0, Adj)$$

Avec :

BSCR : *Basic Solvency Capital Requirement*, correspond au capital de solvabilité requis de base ;

Adj : Ajustements dus aux effets d'absorption des pertes par les provisions techniques et les impôts différés, non pris en compte dans le BSCR ;

$SCR_{operationnel}$: Capital requis au titre du risque opérationnel.

En résumé, le calcul des SCR des différents sous-modules permet de calculer le SCR du module, puis le BSCR et enfin le SCR global. Cette approche est dite *bottom-up*, ou encore intra/inter modulaire.

$$SCR_{sous-module} \rightarrow SCR_{module} \rightarrow SCR_{global}$$

3) Institutions de retraite professionnelle et Solvabilité II

Lors de la publication de la directive Solvabilité II, il était prévu que les IRP y soient également soumis, ou du moins à une version similaire adaptée aux engagements de retraite, pour la mise en place d'un marché commun et stable de services financiers.

En effet, la directive IORP 1 à laquelle sont soumis les IRP demeure insuffisante pour la mesure de la solvabilité des organismes. Solvabilité II apporterait ainsi un plus grand niveau de protection pour les assurés.

Après un fort lobbying des états européens détenant des IRP, entre autres le Royaume-Uni, le Danemark, les Pays-Bas, la Suède et l'Irlande, sous l'égide de l'Association européenne des institutions paritaires de protection sociale, mettant en avant la spécificité des engagements portés par les IRP et des grandes différences entre ces structures et les organismes d'assurance, il a été décidé de ne pas étendre Solvabilité II à ces organismes.

En contrepartie, une réforme de IORP s'inspirant de Solvabilité II serait mise en place, en tenant compte des spécificités du marché de la retraite professionnelle.

Nous verrons dans cette sous-section les différents arguments avancés et qui ont permis aux IRP d'échapper à la directive Solvabilité II.

A. *Dimension sociale et vocation redistributive :*

Tout d'abord, un produit de retraite n'est pas à proprement parler un produit commercial, il comporte une dimension sociale, historique et parfois même culturelle. L'Association des fonds de pension néerlandais estime notamment que les IRP produisent des biens qui ressemblent davantage à des pensions d'Etat que des polices d'assurance.

Ainsi, le rôle des fonds de pension dans la société est différent de celui de l'assurance vie. Les premiers ont une responsabilité sociale, tandis que les seconds ont une vocation commerciale.

Il faut également souligner la différence fondamentale qui réside dans la finalité redistributive des IRP. En effet, les cotisations des salariés ne sont pas déterminées en fonction des risques encourus par le bénéficiaire, mais plutôt par le niveau de revenu. A la différence de l'assurance vie où il est courant d'exiger des questionnaires aux assurés sur la nature de leur activité professionnelle, mais aussi sur les habitudes de vie – entre autres si l'assuré a un passé de fumeur – pour ainsi déterminer une cotisation proportionnelle au risque encouru.

B. *Public visé*

Contrairement aux assureurs, les IRP ne démarchent pas de nouveaux affiliés sur le marché, ils disposent d'un certain nombre de sponsors (entreprises). Ainsi, les bénéficiaires leurs sont imposés par le sponsor, sans qu'ils aient la possibilité d'exclure les « mauvais » risques, ou même de diversifier les profils de risques, comme cela est souvent recherché dans l'assurance.

De plus, les régimes de retraite professionnelle sont souvent facultatifs. Augmenter les coûts de mise en place de régimes de retraite professionnelle, à travers l'augmentation des contraintes – notamment en matière de fonds propre – pourrait décourager certaines entreprises et les mener vers un gel ou une fermeture du régime.

C. *Partage de risque*

Par ailleurs, il existe des mécanismes de partage de risque au sein des fonds de pension qu'il n'est pas possible de retrouver au sein des compagnies d'assurances.

Les risques d'une société d'assurance sont portés par la société et ses actionnaires, tandis que les risques d'une IRP peuvent être portés collectivement par les employeurs (qui peut être amené à verser des cotisations supplémentaires dans certains pays[34]), l'IRP, les salariés, et dans certains cas par des mécanismes d'Etat. Il peut ainsi y avoir une certaine flexibilité dans le

[34] Notamment au Royaume-Uni à travers le système du *sponsor covenant.*

deuxième cas, permettant de rompre ou modifier (en baissant le niveau des prestations) des contrats sans contrepartie, en situation de crise ou s'il en va de la survie de l'entreprise.

De plus, les contrats de retraite professionnelle sont dans la plupart des cas financés par l'entreprise et le salarié, avec un plafond de cotisations annuelles fixé par la loi.

D. *Différences dans l'horizon et dans le profil de risque*

La duration des engagements des contrats de retraite est généralement supérieure à celle des contrats d'assurance vie.

Outre la duration des engagements, la nature du risque diffère entre les produits d'assurance classique et ceux des IRP. Les risques liés aux régimes de retraite professionnelle ne sont pas assurables et ne peuvent être transférés. En effet, lorsque les pensions de retraite sont calculées en fonction du dernier salaire, d'une condition de présence dans l'entreprise au moment du départ à la retraite, ou comportent une composante non maîtrisable, comme les revalorisations futures des salaires, il existe un fort aléa moral qui peut difficilement être transféré à une société d'assurance.

Par ailleurs, la contrainte de liquidité est relativement plus faible pour les IRP par rapport à l'assurance vie. Cette dernière offre en général une option de sortie constituée par le droit de rachat du contrat. Ce rachat anticipé du contrat d'assurance est susceptible de provoquer une insuffisance de liquidité pour la société. Alors que dans les engagements de retraite professionnelle, le rachat du contrat n'est généralement pas possible, et par conséquent, les IRP disposent d'une capacité de placements stratégiques puisque leurs investissements peuvent être effectués sans risques de sortie prématurée.

E. *Le Rôle d'investisseur*

De par leur place centrale sur les marchés financiers, les IRP, ne peuvent être soumis à des règles d'investissement qui pénalisent fortement la détention de certains types d'actifs financiers, jugés risqués. Cela pourrait avoir des effets néfastes sur l'économie en incitant fortement à la détention d'obligations d'Etat au détriment d'autres titres financiers tels que les actions ou les obligations d'entreprise. Une incitation de ce type constituerait un changement majeur dans les habitudes d'investissements de ces organismes.

La réallocation des actifs des IRP, qui se différencient des assureurs par leur qualité d'investisseurs à long terme, aurait une influence fortement négative sur la croissance en Europe.

Dernier argument de taille, les résultats du *QIS* organisés en 2012 (dont les résultats ont été publiés en 2014) ont démontrés que la mise en place de Solvabilité II pour les IRP aurait entrainé une immobilisation trop importante de capital requis, qui aurait pu mettre en péril les principaux sponsors et/ou IRP. De nombreux observateurs ont donc émis des craintes sur les conséquences

financières qu'aurait eu l'application de Solvabilité II aux IRP et furent un des principaux fondements de cette opposition.

F. *Conclusion*

Pour finir, rappelons que dans certains cas, les IRP ne s'engagent pas sur des niveaux de rente, mais plutôt des moyens de gestion, à la différence des assurances. Apporter un niveau de protection aussi élevé que dans le cadre de l'assurance ne parait pas fondé. De même que les spécificités de partage de risque des IRP rendent redondants d'autres formes de solvabilités telles que celles imposées aux assurances.

Aussi, bien que le profil de risque d'engagement de retraite puisse à première vue être similaire à celui d'engagement d'assurance vie, les IRP se distinguent par leur rôle social et leurs habitudes d'investissements, mais aussi par leur forme juridique.

Enfin, il n'est pas raisonnable de voir dans les IRP des concurrents aux compagnies d'assurance. Dès lors, l'instauration de normes prudentielles différentes pour les IRP et les assureurs ne saurait être perçue comme un frein à l'efficience des marchés et à la libre concurrence.

Pour toutes ces raisons, les IRP sont, à l'exemple des banques, foncièrement différents des assurances et requièrent de ce fait un cadre réglementaire différent.

II. Règlementation applicable aux institutions de retraite professionnelle

La directive 2016/2431/EU (IORP 2) est la deuxième directive concernant la retraite professionnelle en Europe, après la directive IORP 1. Elle fixe les règles relatives aux activités des institutions de retraite professionnelle (IRP) et des fonds de pension.

Cette directive ambitionne d'offrir des conditions propices à la création d'un marché unique des retraites professionnelles, en mettant en place des règles prudentielles ajustées à la retraite professionnelle et cohérentes avec les pratiques du marché existant, et en harmonisant les procédures transfrontalières (*Cross-border* pensions) entre Etats membres.

Son adoption signifie que les produits de retraite professionnelle peuvent être gérés soit par des compagnies d'assurances, avec la norme prudentielle Solvabilité II, ou bien sous une structure indépendante dont la forme reste à déterminer[35], et qui pourra gérer exclusivement les engagements de retraite professionnelle, sous la norme prudentielle IORP 2.

[35] Les structures prévues à cet effet en France sont les FRPS (*Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire*), voir *infra*

Avant de rentrer dans le cœur de la directive, nous allons introduire brièvement la directive IORP 1, ainsi que les principales raisons qui ont poussé le législateur européen à publier une nouvelle directive. Nous verrons ensuite les objectifs, ainsi que les principes phares portés par IORP 2.

1) Règlementation actuellement en vigueur : IORP 1

La première tentative de réformer et légiférer sur le sujet de la retraite professionnelle au niveau Européen est venue à travers la Directive 2003/41/EC, connue sous le nom de directive IORP 1, par le biais du Parlement européen le 3 juin 2003.

A. *Cadre réglementaire de la directive*

IORP 1 a constitué *« un premier pas législatif vers l'institution d'un marché intérieur des régimes de retraite professionnelle organisé à l'échelle de l'Union »* (Directive (UE) 2016/2341. *Préambule du texte législatif*). La commission européenne considérait déjà qu'un véritable marché intérieur des régimes de retraite professionnelle serait essentiel pour la croissance économique et la création d'emplois dans l'Union, tout en relevant le défi du vieillissement touchant plusieurs pays du continent.

IORP 1 poursuivait deux objectifs :

- mettre en place un cadre juridique européen pour impulser la création d'un marché unique dédié à la retraite professionnelle ;
- instaurer des règles prudentielles fondées sur le principe de prudence (dit «*PPP »*, pour *Prudent Person Principle*) au niveau européen, lesquelles devraient pousser les IRP à investir les actifs, en représentation des engagements de retraite, de manière prudente et avant tout dans l'intérêt des affiliés.

Néanmoins, malgré l'instauration d'IORP 1, les différences législatives en matière de droit social et de fiscalité entre les pays de l'Union ont continué à être un frein aux activités transfrontalières, notamment en matière de gestion de retraite professionnelle pour les IRP, lesquelles sont soumises à d'importantes barrières prudentielles d'un pays à l'autre.

De plus, l'article 4 de la directive IORP 1 a donné l'autorisation de placer les opérations de retraite professionnelle sous le périmètre de la directive dédiée à l'assurance vie à l'époque, la directive n° 2002/83/CE, dite Solvabilité I. Cette autorisation a donné la possibilité à certains Etats membre de ne pas se soumettre à la directive, à l'instar de la France qui, réticente à créer une structure assimilable à un « fonds de pension », à préférer rester en retrait.

B. *La directive face à l'évolution réglementaire assurantielle*

L'entrée en vigueur de Solvabilité II n'a pas concerné les IRP et fonds de pension européens, malgré une forte pression des compagnies d'assurance vie commercialisant des produits de retraite ou d'assurance vie assimilable à la retraite professionnelle.

Dès lors, la Commission européenne a souhaité rapprocher la norme prudentielle applicable aux IRP de celle applicable aux assureurs (Solvabilité II), partant du constat qu'IORP 1 n'irait pas assez loin en termes de mécanismes de sécurité. En effet, la nature des actifs financiers détenus par les IRP n'influe pas sur l'exigence en capital et donc du niveau de solvabilité avec IORP 1. Le risque de marché étant uniquement couvert par le principe de *PPP*[36].

Autre point d'attention, le niveau d'information à disposition du public était très faible par rapport à la pratique dans Solvabilité II, ce qui porte atteinte à la transparence et la crédibilité des organismes.

Tout ceci a fait apparaître aux yeux de la Commission la nécessité de réformer, afin d'accroitre le niveau de protection des bénéficiaires.

2) **Objectifs et contenu de la réglementaire future : IORP 2**

La directive n° 2016/2341/UE (ci-après « *IORP 2* ») qui concerne les activités et la surveillance des institutions de retraite professionnelle fut adoptée par le Parlement européen le 13 janvier 2017, et annule et remplace la directive IORP 1. Les Etats membres ont jusqu'au 13 janvier 2019 pour la transposer dans la législation nationale.

A. *Objectifs*

L'idée première derrière l'instauration d'IORP 2 est de promouvoir et développer le second pilier de la retraite, i.e. la retraite professionnelle, en Europe.

Ensuite, elle vise à harmoniser le marché européen de la retraite professionnelle pour davantage de concurrence. En effet, des différences réglementaires majeures existent et poussent les IRP à des arbitrages en matière de choix de localisation pour ses activités transfrontalières. Ainsi, l'instauration de normes prudentielles uniques et uniformes, tel que Solvabilité II, permettrait aux IRP d'opérer dans des conditions concurrentielles, contribuant ainsi à leur développement au sein de toutes les économies européennes.

Enfin, IORP 2 souhaite encourager la mobilité des travailleurs entre les États membres.

[36] *Prudent person principle* (principe de la personne prudent) est un principe Anglo-saxon qui signifie « agir en bon père de famille »

B. *Contenu du texte règlementaire*

La directive IORP 2 précise les règles et les normes applicables aux IRP au niveau européen et comporte plusieurs nouveautés par rapport à l'ancienne législation. Nous allons voir, brièvement, les principaux points abordés par cette directive.

Gouvernance

La première nouveauté concerne le volet de gouvernance des IRP (*Articles 20 à 30*). L'organe de gestion des IRP est responsable de l'alignement et du respect de la structure aux normes prudentielles adoptées en marge de la directive IORP 2.

Ainsi, il est attendu que les IRP se dotent d'un système de gouvernance efficace, garant d'une gestion saine et prudente de leurs activités. Cette exigence se manifeste à travers quatre principes de base :

- transparence des IRP ;
- séparation appropriée des activités et des responsabilités ;
- *reporting* des informations aux affiliés et aux bénéficiaires ;
- intégration des facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance dans la politique de placement et d'investissement.

Il est également prévu, à l'image de Solvabilité II, l'introduction de trois « *key functions* »[37] :

- Gestion de risque ;
- Audit interne ;
- Actuariat.

L'organisme sera ainsi capable de mettre en place un contrôle interne régulier pour suivre son exposition au risque, notamment à travers le *Own Risk and Solvency Assessment* (ci-après « *ORSA* »), qui doit être régulièrement effectué, et être pris en compte dans les décisions stratégiques du groupe.

Capital requis pour exercer

La capital requis comporte deux parties. La première est un pourcentage fixe (4% des primes) et la deuxième est dépendante de l'exposition au risque, et donc basé sur les conditions financières de chaque compagnie et des fonds de couverture de ses engagements.

Surveillance

La directive IORP 2 prône une réglementation et une surveillance appropriées au niveau de l'Union européenne et national pour la mise en place de régimes de retraite professionnelle sûrs et solides dans tous les États membres.

[37] Fonctions clés

Pour pouvoir exercer dans le cadre de cette directive, il est nécessaire de créer une structure assimilable à une IRP, avec l'autorisation du régulateur national (l'ACPR en France). La forme de la structure reste à déterminer par les Etats membres. En France par exemple, il n'existait pas de structure dédiée avant 2017 et la création des FRPS (voir *infra*).

Les règles de reporting prudentiel sont renforcées pour assurer le suivi de ces structures par le régulateur national et européen[38].

***Cross-border IORP* (IRP transfrontaliers)**
Renforcement et incitation d'un passage à un Cross border, en clarifiant les procédures pertinentes et en supprimant les obstacles superflus.

La directive part du principe que faciliter les activités transfrontalières des IRP et le transfert transfrontalier des régimes de retraite pourrait en particulier avoir des incidences bénéfiques sur les entreprises concernées et leurs employés. Ces incidences seraient réalisées indépendamment de l'État membre dans lequel les employés travaillent, grâce à la centralisation de la gestion des services de retraite fournis.

Finalement, une plus grande liberté de circulation des services de retraite professionnelle, tout en garantissant une meilleure protection des affiliés et des bénéficiaires.

3) Intérêts d'un cadre règlementaire distinct de Solvabilité II

Comme nous l'avons noté dans le premier chapitre, il y a une nécessité d'améliorer l'épargne-retraite complémentaire en général, et les régimes de retraite professionnelle en particulier. Ceci est d'autant plus important car la pression augmente sur les régimes de base et complémentaire de la Sécurité sociale, ce qui signifie que les retraités feront de plus en plus appel aux régimes de retraite professionnelle pour compléter leur pension de base.

Par conséquent, les IRP doivent bénéficier d'une attention législative, dans la mesure où ils jouent un rôle important dans la fourniture de prestations de retraite sûres, de même qu'ils financent l'économie à long terme, étant donné l'horizon lointain des produits de retraite.

En détenant des actifs pour une valeur de 2 500 milliards d'euros au nom d'environ 75 millions d'affiliés et de bénéficiaires, elles constituent un pan vital de l'économie européenne.

L'instauration d'un marché de retraite professionnelle concurrentiel au niveau européen facilite la mobilité des travailleurs, qui peut davantage l'être avec la perspective d'une portabilité des droits à la retraite.

[38] EIOPA : European Insurance and Occupational Pensions Authority

Enfin, comme cela est mentionné dans le préambule de la directive : « *Les règles prudentielles énoncées dans la présente directive visent autant à garantir un niveau élevé de sécurité pour tous les futurs retraités, en imposant des règles de surveillance rigoureuses, qu'à permettre une gestion saine, prudente et efficace des régimes de retraite professionnelle.* »

III. IORP 2 et Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire

Comme cela a été vu dans le sous-chapitre précédent, la directive IORP 2 a été le fruit de développements suite à la directive IORP 1 et les retours d'expérience des acteurs du marché. Les nouveautés apportées se situent en particulier sur les aspects qualitatifs de la directive, notamment la gouvernance et la transparence des IRP.

En France, la transposition de la directive est prévue dans le projet de loi *Pacte*[39] et son article 67.

1) **Les assureurs face à l'entrée en vigueur de Solvabilité II**

La transposition dans la législation française de la directive IORP 1 a été considérée comme un échec par les acteurs du marché. En effet, le gouvernement français a utilisé la permission donnée par la directive, consistant à soumettre les activités de retraite professionnelle aux normes applicables à l'industrie de l'assurance-vie, pour ne pas créer de structure spécifique dédiée à la retraite professionnelle, assimilable à une IRP et soumise à IORP 1.

Néanmoins, depuis l'adoption de la directive Solvabilité II, les compagnies d'assurances qui proposent des garanties de retraite d'entreprise, notamment dans les pays ou la culture de fonds de pension n'est pas développée - comme en France -, se retrouvent dans une situation de distorsion de concurrence face aux IRP européens. Ces derniers n'étant pas soumis à Solvabilité II, suite à une décision de 2008.

Cette décision d'extraire les IRP des normes prudentielles assurantielles a été le fruit de pressions, particulièrement exercées par les pays possédant historiquement des fonds de pension, notamment le Royaume-Uni ou les Pays-Bas. Ces derniers se sont d'ailleurs fortement impliqués dans l'élaboration d'une directive propre aux IRP.

[39] Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises (*Pacte*), est un projet de loi du gouvernement d'Édouard Philippe destiné à faire grandir les entreprises françaises et repenser la place des entreprises dans la société. Le projet de loi a été présenté en Conseil des ministres le 18 juin 2018, et a été examiné par la Commission spéciale de l'Assemblée nationale le 5 septembre.

2) La création des Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire

En France, en revanche, la retraite professionnelle ne pouvait réglementairement pas exister en dehors du marché de l'assurance vie et était donc soumise à la norme prudentielle Solvabilité II. C'est dans ce contexte que la loi relative à la transparence, à la lutte contre la corruption et à la modernisation de la vie économique (dite Sapin 2) a vu le jour en 2016, autorisant le gouvernement à légiférer par ordonnance pour autoriser la création de IRP sous le nom de *Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire* (FRPS).

Le législateur français a pris conscience de la situation défavorable, mais a également vu dans les FRPS un moyen de remédier aux problèmes de financement que connaissent les entreprises françaises, en particulier les PME.

A ce jour, la France compte (au moins) un FRPS, créé le 30 octobre[40].

Maintenant que les bases réglementaires de notre problématique sont posées, nous allons pouvoir modéliser un régime de retraite professionnelle à travers des données réelles, pour répondre à la problématique posée par ce mémoire, à savoir l'impact du transfert d'un régime de retraite professionnelle d'une structure assurantielle vers un FRPS.

[40] Les Echos (2018). *Aviva crée un premier fonds de pension « à la française »*

Chapitre 3 : Modélisations sur un portefeuille de retraite

Dans ce dernier chapitre, nous allons modéliser et étudier un produit de retraite professionnelle, de type article 39 (voir *chapitre 1*), afin de répondre à la problématique posée par ce mémoire, à savoir l'impact du transfert d'engagement de retraite dans un FRPS.

Nous commencerons par modéliser l'actif. En effet, cette modélisation est centrale pour l'évaluation du *Best Estimate*. Dans la deuxième section, nous étudierons les caractéristiques du portefeuille, puis nous l'évaluerons selon les normes IORP 2 et Solvabilité II. Dans la troisième section, nous étudierons les exigences en capital sous les deux normes afin de les comparer grâce aux résultats obtenus, dans la dernière et quatrième section.

I. Modélisation des actifs financiers

La mission principale d'un assureur commercialisant des produits de retraite (et d'assurance-vie d'une manière générale) est l'investissement dans des actifs financiers dans le but de couvrir le passif relatif aux engagements de retraite. L'assureur peut ainsi choisir d'investir dans différents paniers d'actifs, du moins risqué au plus risqué, et du moins rentable au plus rentable.

Afin de répondre à la problématique posée dans ce mémoire, nous allons mettre en place un modèle d'actifs financiers, que nous allons projeter.

Pour que notre étude soit cohérente, le modèle d'actif doit être conçu de telle manière à respecter les principes suivants :

- être capable de refléter la nature et la durée des engagements ;

- être calibré sur la courbe de taux sans risque utilisée pour actualiser les flux.

Dans notre démarche, nous allons commencer par définir des notions théoriques importantes dans la compréhension de ce chapitre.

Nous allons ensuite définir les paniers d'actifs retenus, ainsi que les modèles mathématiques servants à les modéliser. On veillera à calibrer ces derniers, en nous plaçons en univers risque-neutre (nous justifierons ce choix ci-après), et en respectant les conditions de marché observables au moment de la rédaction de ce mémoire.

Enfin, une fois nos modèles prêts, nous projetterons la trajectoire des différents actifs financiers pour obtenir l'évolution future et en déduire les rendements qui nous serviront, dans un premier temps, à revaloriser nos pensions et donc à estimer le passif, et dans un second temps, à déterminer l'exigence en capital.

1) Définitions préliminaires et rappels théoriques

Nous choisissons de nous placer en univers risque neutre[41] afin que la tarification de nos classes d'actifs soit cohérente avec les prix observés sur le marché.

Nous allons commencer par définir quelques outils de base dans la modélisation des taux.

A. *Zéro Coupon :*

On appelle un zéro coupon (ZC) de maturité *T* un titre financier obligataire qui paie 1 en *T*. Son prix dépend à la fois de la date *t* de valorisation et de la date *T* d'échéance du prêt.

A la date *t*, telle que *0 < t < T*, le prix du zéro coupon est noté *P(t, T)*, avec $P(T,T) = 1$.

On a :

$$P(0,T) = \frac{1}{(1+R(0,T))^T}$$

Avec :

- T : maturité de l'obligation
- $P(0,T)$: prix à l'instant $t = 0$ d'une obligation zéro-coupon
- $R(0,T)$: taux zéro-coupon

Le prix d'un ZC est strictement positif, ce qui nous permettra d'utiliser la dynamique log-normale du lemme d'Itô.

De plus, nous disposons de la propriété mathématique suivante qui nous permet d'utiliser les modèles de taux courts (voir *infra*):

- A *t* fixé, $[\, T \rightarrow P(t,T)\,]$ est dérivable.

Déterminer le prix du ZC revient à faire la tarification d'un produit dérivé, dont le sous-jacent est un taux.

A partir du prix *P(t, T)* d'une obligation ZC, on peut définir plusieurs types de taux.

B. *Taux courts*

On appelle taux court (ou taux instantané) la limite d'un taux quelconque *R(t, T)* lorsque T tend vers t. On le note r(t).

Le taux court ("short rate") en *t* est défini comme :

$$r(t) = \lim_{T \to t} R(t,T)$$

[41] On se place sous une mesure de probabilité selon laquelle l'espérance de rendement de tout actif correspond au taux sans risque

C. *Taux spot et taux forward*

Dans le lexique financier des transactions, on distingue deux modes de règlement (ou livraison), le *spot* et le *forward*. De la même manière, il existe des taux d'intérêt *spot* (au comptant) et des taux d'intérêt *forward* (à terme).

Les taux *forward* sont importants dans la modélisation d'actif, car ils permettent l'estimation d'un taux à une date future, et donc de projeter la trajectoire d'actifs financiers. En pratique, les acteurs financiers construisent une courbe théorique des taux spot et en extraient les taux forward (implicites), en utilisant la courbe des taux observés.

Parmi les taux de référence de la zone Euro, on retrouve les taux interbancaires publiés quotidiennement qui sont des taux *spot*, comme l'Euribor[42] qui est un groupe taux d'intérêt pour des maturités allant d'une semaine à un an.

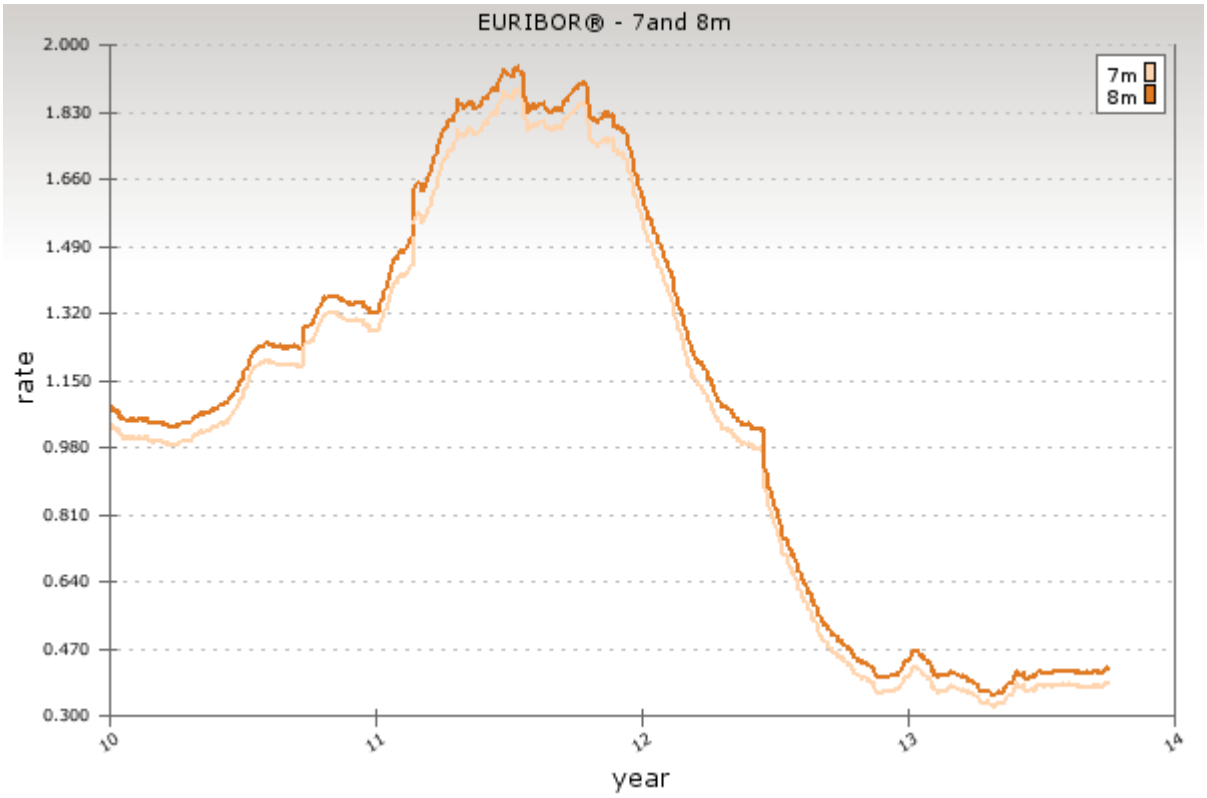


Figure 17 : Taux de référence Euribor 7 et 8 mois. Source des données : http://www.euribor-ebf.eu au 30 juillet 2018.

D. *Méthode de Monte Carlo*

La méthode utilisée pour effectuer nos calculs - notamment de Best Estimate ou de rendement d'un actif financier - est la procédure numérique de Monte Carlo. L'approche consiste à effectuer un grand nombre de simulations correspondant à des réalisations d'une variable aléatoire, dans le but d'estimer son espérance.

En pratique, cette méthode nous permet d'obtenir une approximation de $\mathbb{E}[f(X)]$, sachant que X est une variable aléatoire, f une fonction déterministe et $f(X)$ est

[42] Pour *Euro Interbank Offered Rate*

intégrable, et ce, en simulant un grand nombre de réalisation de variables aléatoires indépendantes $(X_i)_{1<i<n}$ et identiquement distribuées à la variable X. Le résultat théorique de la loi forte des grands nombres nous permet de dire que la valeur $\mathbb{E}[f(X)]$ est approchée par la moyenne arithmétique $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f(x_i)$, où x_i sont des réalisations de la suite de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées $(X_i)_{1<i<n}$.

Théorème (Loi des grands nombres)

Soit $(Y_n)_n$ une suite de variables aléatoires intégrables i.i.d. Alors :

$$\bar{Y}_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i \xrightarrow[n\to+\infty]{} E^{\mathbb{P}}(Y) \text{ p.s. et dans } L^1$$

Si les variables sont de plus de carré intégrable, la convergence est dans L^2.

Il est également important de connaître la précision de l'estimation, notamment pour comparer deux estimateurs distincts. Ainsi, le théorème suivant nous permet de mesurer cela :

Théorème

Soit $(Y_n)_n$ une suite de variables aléatoires intégrables i.i.d. Alors :

$$E^{\mathbb{P}}[|\bar{Y}_n - E(Y)|^2] = \frac{Var(Y)}{n}, \text{ où } \bar{Y}_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i.$$

D'autre part, si Y est une variable aléatoire dans L^1, la variable aléatoire définie par :

$$\hat{\sigma}_n^2 := \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y}_n)^2$$

C'est un estimateur sans biais de la variance de Y.

Ainsi, $\frac{\hat{\sigma}_n^2}{n}$ est un estimateur sans biais de la variance de $\bar{Y}_n$.

Pour terminer, nous rappelons le théorème de la limite centrale, qui peut être utile pour la construction d'intervalles de confiance :

Théorème Central Limite (TCL)

Soit $(Y_n)_n$ une suite de variables aléatoires i.i.d. de carré intégrable. Alors :

$$\sqrt{n}\cdot\left(\frac{\bar{Y}_n - E^{\mathbb{P}}(Y)}{\hat{\sigma}_n}\right) \xrightarrow{en\ loi} N(0,1)$$

où $\bar{Y}_n$ et $\hat{\sigma}_n$ sont tels que définis précédemment.

2) **Modélisation des classes d'actifs**

Il existe 4 principales classes d'actifs utilisées par les assureurs pour investir :

- Le monétaire ;
- Les obligations gouvernementales ou d'entreprise (dites *corporate bonds*) ;
- L'immobilier ;
- Les actions.

Nous allons nous appuyer, dans le cadre de ce mémoire, sur les obligations gouvernementales et les actions pour la modélisation de notre actif. La prépondérance de ces deux classes - qui concentrent généralement +80% des actifs des assureurs – justifie ce choix.

Dans notre modélisation de l'actif, nous voudrions déterminer la valeur des actifs financiers (risqué et non risqué) chaque année, jusqu'à un horizon donné.

Il existe deux manières de modéliser l'actif financier.

- ⇨ Modèle composite : un modèle pour chaque classe d'actif (action, obligation, immobilisation, monétaire) agrégé pour avoir une description globale de l'actif
- ⇨ Modèle intégré : un modèle global permettant la description de plusieurs actifs à partir d'une variable explicative de départ (Ahlgrim, Wilkie etc.)

Dans ce mémoire, nous allons nous appuyer sur un modèle composite et ainsi décrire successivement les obligations puis les actions. Cette modélisation s'avère en effet plus efficace pour construire un modèle global cohérent et dans une perspective long terme (Planchet et al. 2012).

Les simulations se feront à partir de scénarios d'actifs aléatoires, selon un modèle de Vasicek pour les taux courts obligataires et un modèle de Black Scholes pour les actions. Nous verrons dans la suite les raisons de ces choix ainsi que le détail de cette modélisation. Les paramètres des différents modèles seront préalablement fixés et supposés constants sur la durée de projection.

Bien que l'extinction de notre portefeuille arrive bien après 30 ans (voir *infra*), notre simulation d'actif va porter sur un horizon de 30 ans. Nous cristalliserons la performance des instruments financiers et les taux d'actualisation à partir de cet horizon, et les engagements de retraite demeurant à cette même date seront liquidés.

Par ailleurs, plutôt que d'introduire l'ensemble des modèles utilisables, nous n'allons présenter que le modèle retenu après avoir expliqué la cohérence du choix.

A. *Modélisation des taux courts (ou instantanées)*

L'objectif de cette partie est, dans un premier temps, la construction d'un modèle de taux court cohérent avec le marché. C'est-à-dire calibré de telle sorte qu'il reflète les prix observables sur le marché en t=0.

Puis dans un second temps, la projection des taux courts et des rendements de nos obligations zéro-coupon, ces derniers étant l'instrument de base des modèles de taux.

Introduction à la problématique

Le taux d'intérêt d'un prêt dépend de deux variables : la date *t* de valorisation et la date *T* d'échéance du prêt. Cette double dépendance constitue la principale difficulté du domaine des taux.

Le graphique représentant les taux de maturité T en fonction de T ($T \rightarrow Taux\ de\ maturité\ T$) est appelé une courbe de taux. C'est ce que nous cherchons à modéliser avec un modèle de taux courts.

Les taux courts instantanés permettent de reconstituer la courbe de taux (ou structure par termes des taux) à n'importe quelle date. La courbe de référence est la courbe dite zéro-coupon, définie plus haut. La reconstitution de la courbe des taux est rendue nécessaire car les taux zéro-coupons ne sont pas directement cotés sur le marché (Priaulet et al. 2000).

Choix du modèle

Parmi les modèles de taux intérêt les plus utilisés, on peut distinguer trois grandes familles :

- Modèles d'équilibre (Vasicek, Cox Ingersoll & Ross)
- Modèles qui s'appuient sur l'absence d'arbitrage (Hull & White, Ho-Lee)
- Modèles qui s'appuient sur la dynamique des taux forward (Heath Jarrow & Morton)

Ces modèles, pour pouvoir répliquer la réalité future des taux, doivent être calibrés, de sorte qu'ils donnent les mêmes prix que ceux observés sur le marché au départ ($pour\ tout\ T, P(0,T)$), et ce, en ajustant les paramètres du modèle étudié.

Les deux premières familles de modèles génèrent des taux *spot* (voir plus haut) pour construire la courbe des taux. Tandis que la dernière modélise l'ensemble de la courbe des taux comme suivant un processus vectoriel stochastique.

Chacune de ces familles présente des avantages et des inconvénients, nous allons néanmoins privilégier les modèles d'équilibre pour leur souplesse et leur facilité de paramétrage.

Il est à noter qu'il n'y a pas de hiérarchie entre les modèles, leur performance dépend grandement du contexte, notamment économique, et des spécificités du

marché bancaire étudié. Au vu de cela, nous choisissons le modèle de Vasicek pour la modélisation de notre courbe de taux courts.

Proposé par Vasicek (1977), ce modèle a longtemps été négligé au profit du modèle de Cox, Ingersoll & Ross (Cox et al. 1985), ci-après « *CIR* ». Le modèle *CIR* est plus difficile à manipuler que le modèle de Vasicek, en contrepartie de quoi il garantit la positivité du taux court.

Néanmoins, compte tenu des évolutions récentes du marché de taux, la positivité du taux court n'est plus une nécessité dans la mesure que ce dernier est négatif, ce qui était inimaginable il y a encore 5 ans. La figure ci-dessous présente l'évolution du taux court sur les dernières années.

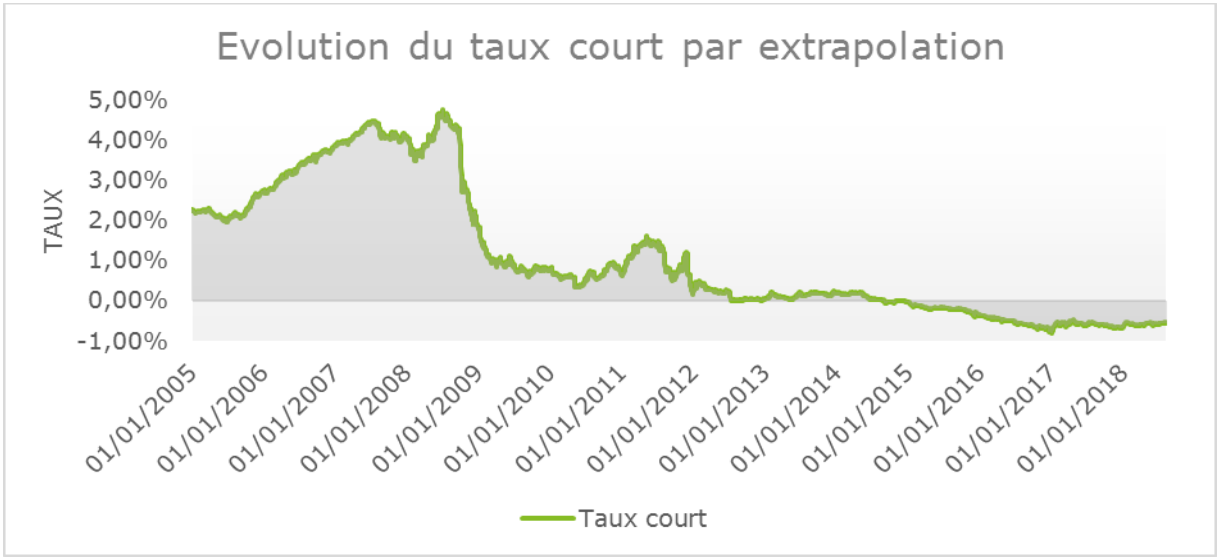


Figure 18 : Evolution du taux court de 2005 à 2018

Dans notre contexte économique actuel, l'utilisation du CIR serait incohérente, ce dernier ne permettant pas la modélisation de taux négatifs.

Le modèle de Vasicek est également préférable pour la facilité d'interprétation de ses paramètres, contrairement à d'autres modèles plus complexes.

Présentation du modèle

Le modèle de Vasicek est un modèle stochastique avec retour à la moyenne, c'est-à-dire que le taux converge vers un taux à long terme. Cette fonctionnalité est particulièrement intéressante lorsque l'on modélise des engagements de retraite dont l'horizon est lointain.

On se place dans un espace probabilisé (Ω,F,P), muni d'une filtration F(t). Alors, sous la probabilité risque neutre Q, le modèle décrit la dynamique des taux courts $\boldsymbol{r_t}$ qui suit un processus décrit par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$\boldsymbol{dr_t = a(b - r_t)d_t + \sigma dw_t} \qquad (1)$$

Avec :

- r_t : le taux instantané de distribution normale,
- a : vitesse de retour à la moyenne,
- b : taux d'intérêt court d'équilibre à long terme,
- σ : volatilité,
- w_t : mouvement brownien standard.

Dès lors, le prix d'une obligation zéro-coupon s'exprime avec les paramètre de Vasicek en utilisant la formule suivante :

$$P(t,T) = A(t,T)\, e^{-B(t,T)\, r_t} \qquad (2)$$

Avec :

- $A(t,T) = e^{\left(\left(b-\frac{\sigma^2}{2a^2}\right)(B(t,\ T)-(T-t))-\frac{\sigma^2}{4a}B(t,\ T)^2\right)}$
- $B(t,T) = \frac{1-\, e^{-a(T-t)}}{a}$

Cette écriture est commune aux modèles de structure par terme affine.

Données de marché

Comme l'exige l'environnement risque neutre, nous allons pour notre modélisation de taux courts utiliser des taux sans risque. En assurance, l'actualisation de flux financiers se fait à partir du taux technique, calculé à partir du TME[43], lui-même issu de l'indice TEC-10.

Avant de procéder au calibrage du modèle choisi, nous allons présenter et préparer les données qui vont être utilisées.

Indice TEC-n

Taux de l'Echéance Constante *n* ans, pour *n* variant de 1 à 30 ans, est le taux de rendement actuariel d'une valeur du Trésor fictive dont la durée de vie serait à chaque instant égale à *n* années.

Ce taux est obtenu par interpolation linéaire entre les taux de rendement actuariels annuels des 2 valeurs du Trésor qui encadrent au plus proche la maturité n. Il est publié de manière journalière par la Banque de France[44].

Néanmoins, nos modèles de projection devraient utiliser des taux zéro-coupon et pas des taux actuariels, comme le veulent les normes prudentielles en assurance. Il faut donc déterminer les taux zéro-coupon à partir des taux actuariels (TEC-n). La méthode la plus utilisée est celle du *bootstrap*.

[43] Taux moyen des emprunts d'états, correspond au rendement moyen des emprunts d'état et des obligations assimilables du trésor (OAT)

[44] Banque de France. *Les indices obligataires.*

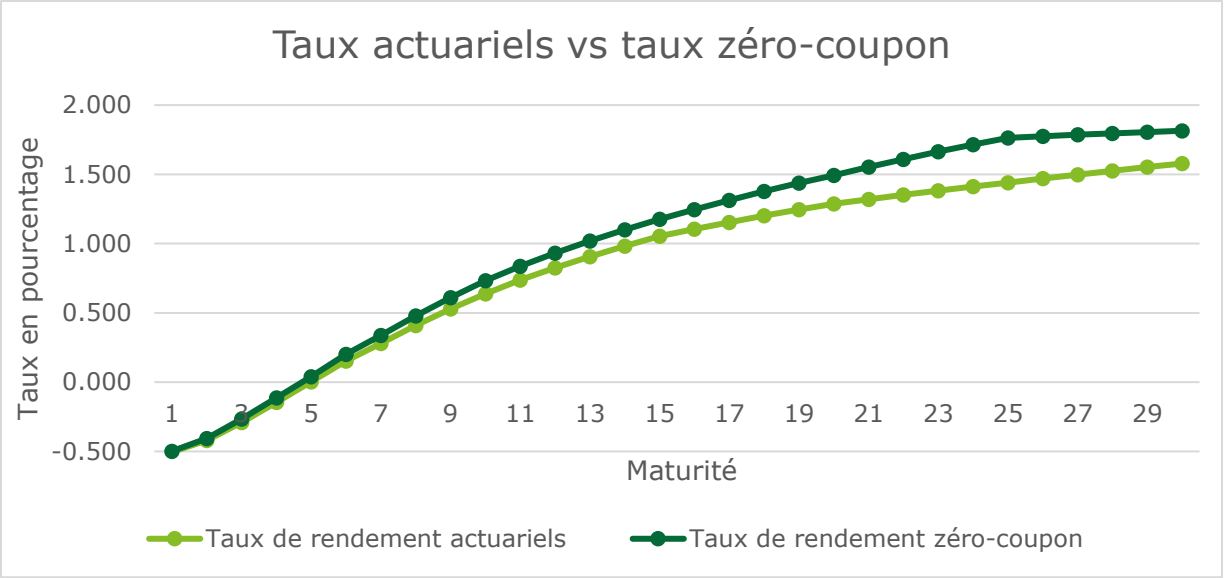


Figure 19 : Spread entre le taux actuariel et le taux zéro coupon

Pour la maturité 1, le taux de rendement ZC est égal au taux de rendement actuariel. Pour les autres maturités, on utilise la relation entre le taux de rendement actuariel et le taux de rendement ZC de la maturité précédente.

$$P(0,T) = \frac{1 - \frac{TRA_T}{TRA_{T-1}} \times (1 - P(0,T-1))}{1 + TRA_T}$$

Avec :

- *TRA :* Le taux de rendement actuariel
- *P(0, T)* : Prix d'une obligation zéro-coupon de maturité *T*.

Cette relation ne fera pas l'objet d'une démonstration dans ce mémoire.

A partir de cette expression, il est possible de calculer tous les prix d'obligation zéro-coupon pour un maturité *T*, en utilisant les prix d'obligation zéro-coupon de maturité antérieure. On commence par *P(0, 2)* puisque le taux zéro-coupon est égal au taux actuariel pour une maturité d'un an.

Par ailleurs, une interpolation par splines cubiques est utilisée pour obtenir les données TEC de maturités intermédiaires qui ne sont pas publiées par la Banque de France.

Le calibrage de notre modèle va se faire à partir des prix d'obligation zéro-coupon et pas des taux d'obligation zéro-coupon, c'est-à-dire les $P(0,T)$ pour T allant de 1 ans à 30 ans, à la date de valorisation $t = 0$.

Toutes les maturités ne sont pas données, néanmoins, à l'aide d'une interpolation logarithmique nous obtenons toutes les valeurs entre 1 et 30 ans.

On peut néanmoins obtenir les taux zéro-coupon correspondant en utilisant la formule du passage entre le prix et le taux zéro-coupon :

$$R(0,m) = P(0,m)^{-\frac{1}{m}} - 1 \qquad (3)$$

Avec :

- m : maturité de l'obligation,
- $P(0,m)$: prix à l'instant $t = 0$ d'une obligation zéro-coupon,
- $R(0,m)$: taux zéro-coupon.

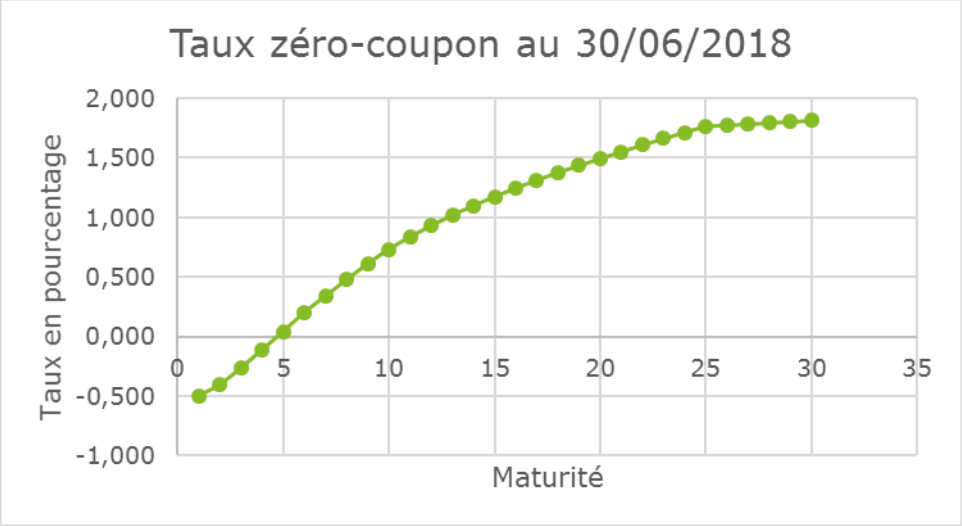


Figure 20 : Taux zéro coupon de différentes maturités au 30.06.18

Calibrage du modèle

Nous allons chercher ici à calibrer le modèle. Cela revient à déterminer convenablement les paramètres $r_0,\ a,\ b$ et σ.

Afin d'obtenir les valeurs des paramètres a et b, l'idée est de choisir des paramètres tels que notre modèle puisse générer des valeurs proches pour les prix $P(0,T)$ des obligations, observables sur le marché à la date d'évaluation.

Nous allons déterminer un minimum global de la fonction de coût qui mesure l'écart entre le modèle théorique et les observations du marché. Pour cela, la méthode des moindres carrés est utilisée.

Le couple $(a;b)$ recherché est solution du problème d'optimisation suivant :

$$\underset{(a,b)\in R^2}{\operatorname{argmin}}\{\sum_{T=1}^{n}(P^{obs}(0,T) - P^{th}(0,T))^2\}$$

Avec :

- $P^{obs}(0,T)$: prix de l'obligation zéro-coupon observable sur le marché,
- $P^{th}(0,T)$: prix de l'obligation zéro-coupon calculé par notre modèle - donnée par (2),
- n : nombre d'observations prises en compte dans notre calibrage.

Avant de résoudre ce problème de minimisation, nous estimons d'abord par interpolation le taux instantané r_0 tel que :

$$r_0 = \lim_{T \to 0} R(0,T)$$

Nous considérons une interpolation polynomiale au 4ème degré, nous avons donc besoin de 4 valeurs pour déterminer notre équation.

Le comportement de cette courbe est régi par l'équation :

$$R(0,T) = xT^3 + yT^2 + zT + r_0$$

car : $$\lim_{T \to 0} R(0,T) = \lim_{T \to 0} xT^3 + yT^2 + zT + r_0 = r_0$$

On suppose que notre courbe passe par $(T_i; B(0,T_i))_{i=1\ldots4}$.

Ainsi on a le système :

$$\begin{cases} R(0,T_1) = x{T_1}^3 + y{T_1}^2 + zT_1 + r_0 \\ R(0,T_2) = x{T_2}^3 + y{T_2}^2 + zT_2 + r_0 \\ R(0,T_3) = x{T_3}^3 + y{T_3}^2 + zT_3 + r_0 \\ R(0,T_4) = x{T_4}^3 + y{T_4}^2 + zT_4 + r_0 \end{cases}$$

On obtient les valeurs $x, y, z \; et \; r_0$ par produit matriciel entre l'inverse de la matrice (4x4) contenant les coefficients $(T_1, T_2, T_3, 1)$ et le vecteur contenant les quatre premiers taux zéro-coupon (4x1).

Enfin, nous retrouvons la solution à notre problème de minimisation initial, grâce à un programme informatique d'optimisation sur VBA. Les paramètres a et b trouvés sont ceux qui minimisent le plus la distance quadratique, et donc représentent (ou approchent) au mieux les prix zéros coupons observables sur le marché.

Dernier paramètre à déterminer, celui de la volatilité. Cette dernière est estimée à travers les données historiques des taux sans risque de court terme, avec la formule suivante :

$$V(r) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (r_i - \bar{r}\,)^2$$

Avec :

- r_i : la rentabilité à la date i
- $\bar{r}$: la rentabilité moyenne

<u>Résultat de la modélisation :</u>

⇨ $\sigma = 0{,}72\,\%$

- ⇨ $r_0 = -0{,}70\ \%$
- ⇨ $a = 12{,}1\ \%$
- ⇨ $b = 2{,}77\ \%$

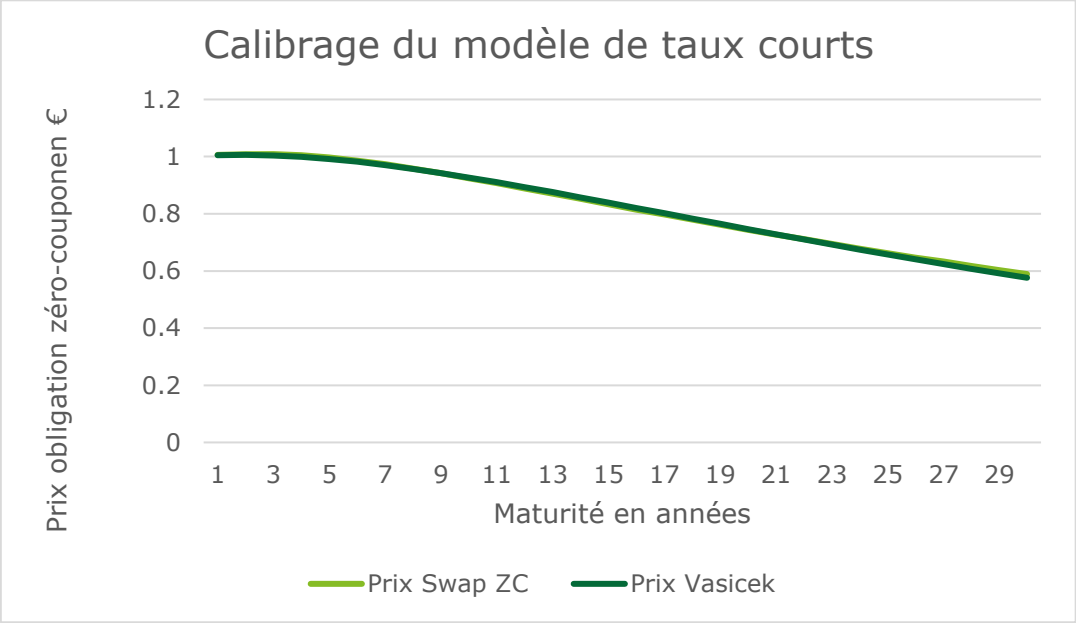


Figure 21 : Calibrage du modèle de Vasicek avec les prix observés sur le marché

Le passage du prix au taux associé est réalisé grâce à la relation (3).

On obtient les résultats de calibrage suivants :

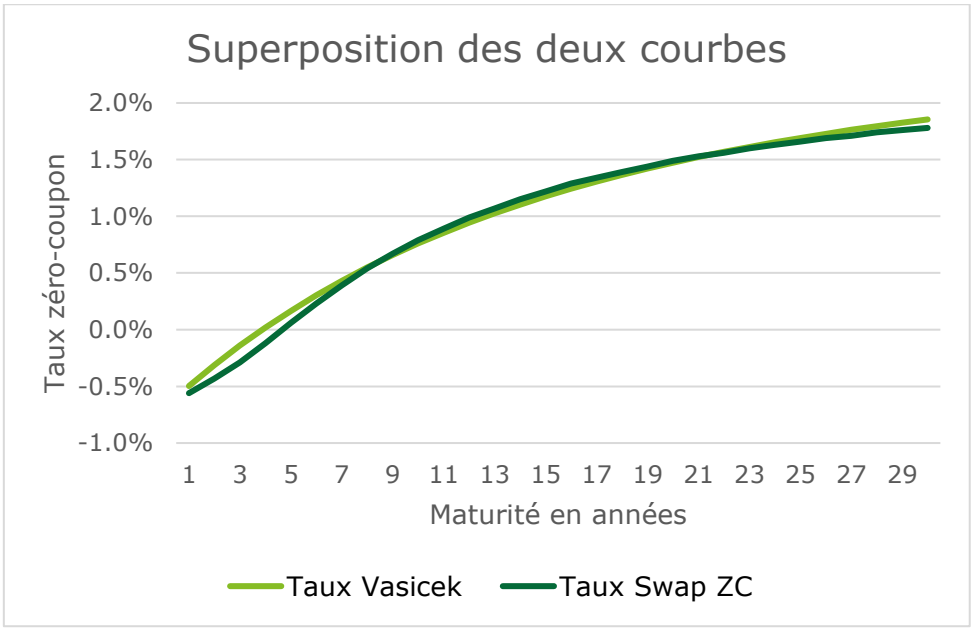


Figure 21 : Superposition de la courbe de taux des obligations zéros-coupons obtenus par le modèle et de celle observée sur le marché

Notons que notre modèle s'ajuste aux taux zéro-coupon observés sur le marché.

Nous pouvons d'ores et déjà nous attendre à ce que le taux court stagne autour de 2,8%, une fois ce niveau atteint, étant donné que le paramètre *b* de notre modélisation représente le taux court d'équilibre.

Projection du taux court

Après le calibrage du modèle de Vasicek, nous allons pouvoir déterminer l'évolution du taux court r_t sur notre horizon d'étude. En utilisant la formule (1), nous modélisons la courbe de taux courts instantanés sur les 30 prochaines années.

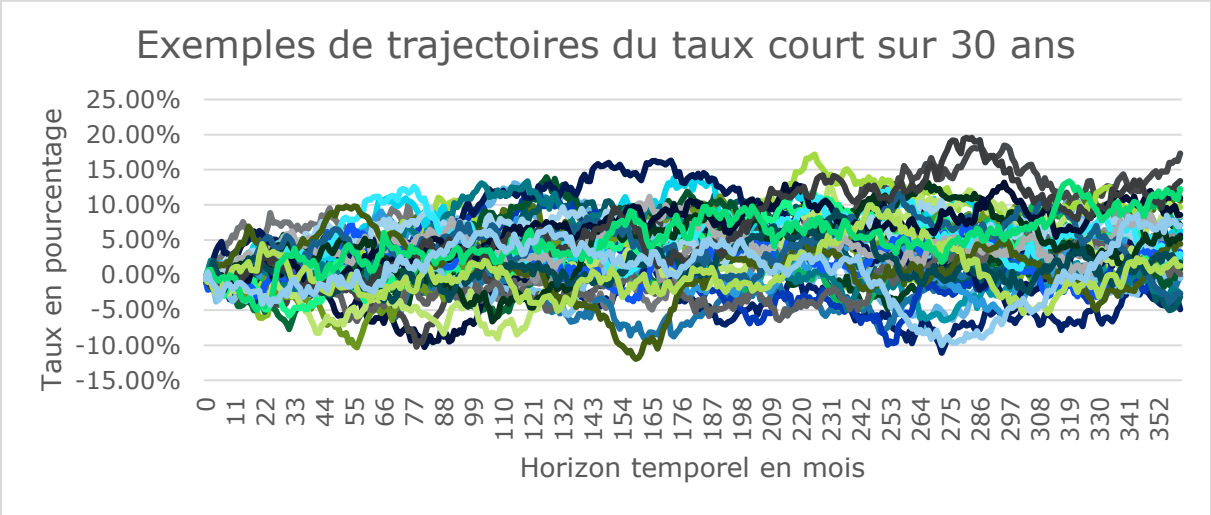


Figure 22 : Exemples de trajectoire du taux court

Le graphique ci-dessus nous permet d'afficher des exemples de simulations.

Par respect de l'approche de Monte Carlo, explicitée dans la première sous-section, un nombre de 1 000 simulations vont être effectuées. Nous allons voir en fin de chapitre que ce nombre est suffisant pour d'obtenir des résultats stables et convergents.

Maintenant que nous avons modélisé la courbe des taux courts pour chaque mois, nous pouvons passer à la modélisation de nos classes d'actifs, pour déterminer le taux de rendement des obligations gouvernementales zéro coupon et l'évolution de l'indice « action ».

B. *Projection du taux de rendement de l'actif obligataire*

Pour chaque simulation i du taux court instantané sur l'horizon étudié, on applique la relation (2) permettant d'obtenir le prix d'obligation zéro-coupon $P_i(t, T-t)$ puis en déduire le taux $R_i(t, T-t)$ correspondant, à l'aide de la relation (3). pour t allant de 1 à 30 ans.

Une fois que nous avons réalisé les simulations du taux de rendement zéro-coupon $R_i(t, T-t)$, nous pouvons obtenir une estimation du rendement moyen de cet actif obligataire. Pour cela, nous allons utiliser la méthode de Monte Carlo.

Ensuite la moyenne de ces simulations est calculée par :

$$R(t,T-t) = \frac{1}{1\,000}\sum_{i=1}^{1\,000} R_i(t,T-t)$$

Nous en déduisons les taux forward pour chaque année, i.e. le taux de rendement de l'actif obligataire pour les années futures *t*.

$$r_{obligation\ t} = \left[\frac{\left(1+R(s-\mathrm{t},T)\right)^{T}}{\left(1+R(s,T-t)\right)^{T-t}}\right]^{\frac{1}{t}} - 1$$

Les taux de rendement obtenus sont les suivants :

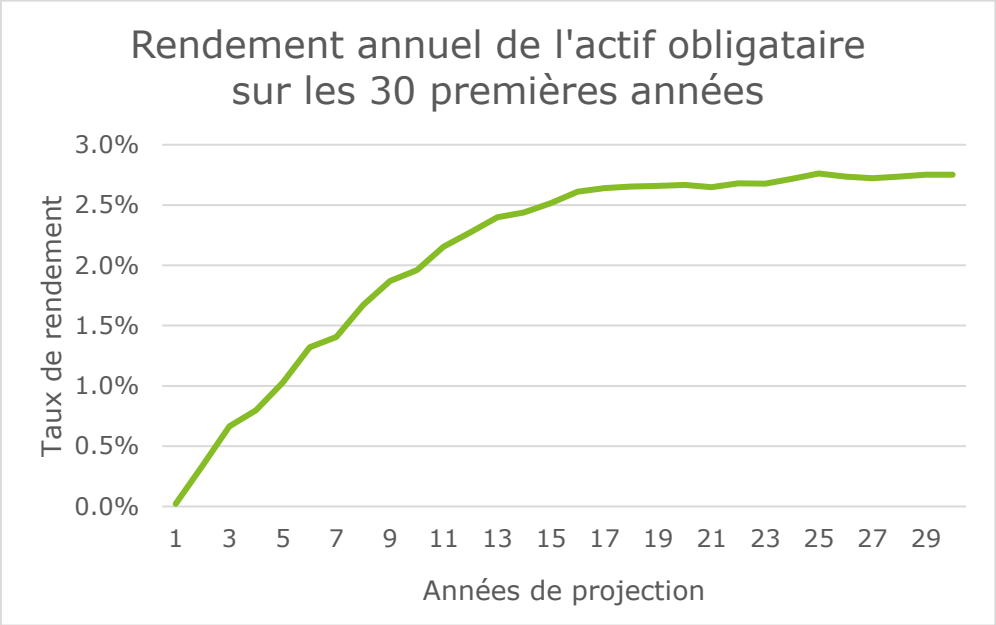


Figure 23 : Rendement annuel moyen de l'actif obligataire

C. *Modélisation de l'actif risqué*

Contexte et données utilisées

Afin de bénéficier d'une meilleure performance que celle attendue sur les obligations, les assureurs ont tendance à investir une partie de leurs actifs dans des actions.

Pour faire nos applications numériques, nous supposons que notre panier d'actions se compose des indices boursiers et de la répartition suivante :

Coca-cola	**40 %**
Unilever	**20 %**
Pepsi	**10 %**
Danone	**5 %**
Nestlé	**5 %**

Pour les besoins de notre modélisation, nous disposons des données boursières des indices utilisés sur les quatre dernières années (figure 25).

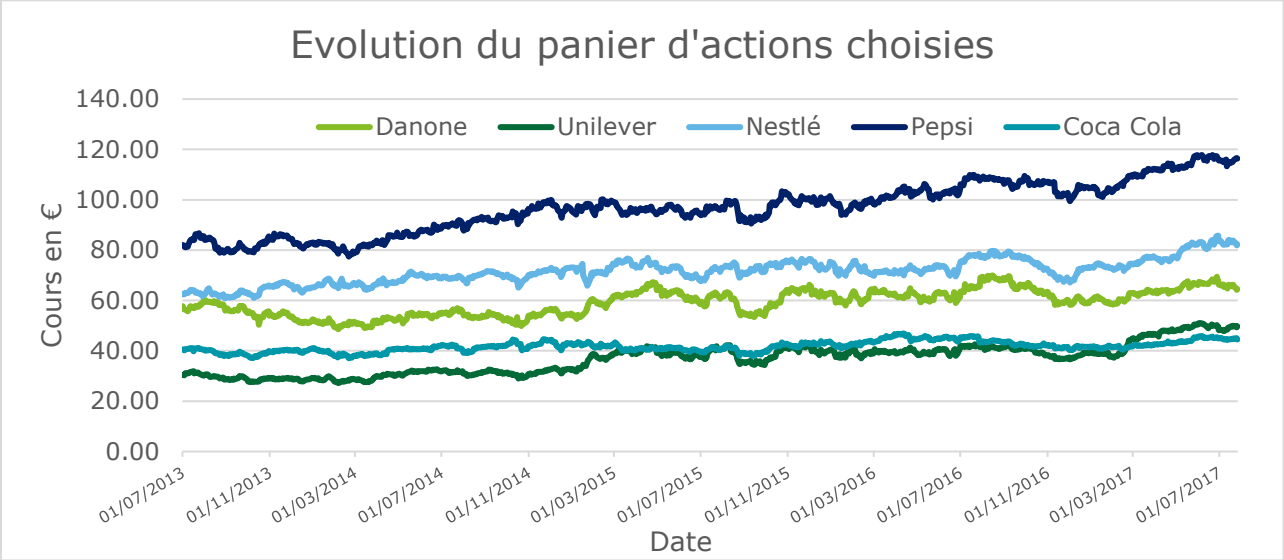


Figure 24 : Historique du cours des actions du panier d'actifs[45]

Choix du modèle de projection

Depuis sa parution en 1973 dans un article de Fischer Black et Myron Scholes, Black et Scholes est le modèle de référence pour la modélisation des actions et la tarification des options financières. Il est très utilisé dans le milieu financier, étant assez générale et n'ayant que peu de paramètres à calibrer.

Il se base principalement sur l'hypothèse de l'efficience des marchés financiers.

Sous la probabilité risque neutre dans laquelle nous nous plaçons, la dynamique de l'indice action est décrite par la solution de l'équation différentielle stochastique :

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma d\mathrm{W}_t \qquad (4)$$

Avec :

- S_t : le cours de l'action à la date t,
- $\mu = r$*: drift* (ou paramètre de dérive) de l'action (r : taux sans risque),
- σ : la volatilité du rendement de l'action,
- W_t : mouvement brownien standard.

Pour résoudre l'équation (4), on utilise le lemme d'Itô[46] à la fonction $\ln(S_t)$, on obtient :

[45] Données récupérées depuis Bloomberg
[46] Voir annexe 1

$$S_{t+dt} = S_0 \cdot e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot(t+dt)+\sigma\cdot W_{t+dt}}$$

Il est possible d'expliciter le lien entre deux instants du processus :

$$\left.\begin{aligned} S_{t_1} &= S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t_1 + \sigma W_{t_1}\right) \\ S_{t_2} &= S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t_2 + \sigma W_{t_2}\right) \end{aligned}\right\} S_{t_2} = S_{t_1} \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(t_2 - t_1) + \sigma\left(W_{t_2} - W_{t_1}\right)\right) \quad (5)$$

Avec

$$W_{t_2} - W_{t_1} \sim \mathcal{N}(0, t_2 - t_1)$$

C'est cette dernière expression (5) que nous utiliserons pour simuler le cours de l'action. Le brownien à simuler suit donc une loi normale de moyenne nulle et de variance $(t_2 - t_1)$.

Il est à noter que certaines des hypothèses du modèle ne sont pas toujours vérifiées dans la réalité. Notamment en ce qui concerne l'épaisseur des queues de distribution des rendements empiriques qui font que la distribution des rendements n'est pas forcément log-normale.

En supposant que les rendements soient gaussiens, nous sous-estimons ainsi les variations de grande amplitude qu'on le peut observer au cours des crashs boursiers.

Une solution a été proposée par Merton [1976] et qui consiste à prendre en compte les discontinuités des cours des actions. Nous n'allons pas aborder ce dernier point dans le présent mémoire.

Estimation des paramètres

Pour calibrer notre modèle, nous avons besoin d'estimer ses paramètres.

Rendement logarithmique

Les rentabilités annuelles nous permettent de mesurer l'appréciation et la dépréciation de la valeur d'un actif risqué.

Nous définissons le rendement logarithmique de l'actif entre deux dates t_i et $t_{i+\Delta}$ par :

$$R_{t_i,\Delta}(S) = \log\left(\frac{S_{t_{i+\Delta}}}{S_{t_i}}\right)$$

$$R_{t_i,\Delta}(S) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t_i + \sigma(B_{t_{i+\Delta}} - B_{t_i})$$

Où $B_{t_{i+\Delta}} - B_{t_i}$ suit une loi normale $(0, \Delta t_i)$

On s'intéresse en particulier aux rendements logarithmiques journaliers.

On pose donc : $\Delta t_i = \frac{1}{m}$

Avec : $m =$ le nombre de jours ouvrés dans l'année $= 252$.

On obtient ainsi :

$$R(S) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma \mathcal{N}\left(0, \frac{1}{\mathrm{m}}\right) \sim \mathcal{N}(\mu - \frac{\sigma^2}{2}, \frac{\sigma^2}{m})$$

Les estimateurs du maximum de vraisemblance d'une loi normale d'espérance $\mu - \frac{\sigma^2}{2}$ et de variance $\frac{\sigma^2}{m}$ sont :

$$\hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2} = \overline{R(S)} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i(S)$$

$$\frac{\hat{\sigma}^2}{m} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (R_i(S) - \overline{R(S)})^2$$

Les estimateurs ci-dessus étant biaisés, nous allons estimer les quantités voulus par des estimateurs non biaisés :

$$\hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2} = \overline{R(S)} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} R_i(S)$$

$$\frac{\hat{\sigma}^2}{m} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (R_i(S) - \overline{R(S)})^2$$

Le *drift* μ

En environnement monde réel, la démarche aurait été d'estimer le drift μ par l'équation : $\hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2} = \overline{R(S)} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} R_i(S)$. Néanmoins, en environnement risque neutre, le paramètre μ est égal à la rentabilité de l'actif sans risque (de maturité 1 an).

La volatilité σ

Il nous reste à déterminer le second paramètre, qui correspond à la volatilité. Celle-ci est estimée, pour chaque indice boursier, à partir des cours historiques.

Nous utilisons les rendements logarithmiques journaliers $R(S)$ définis précédemment.

L'estimateur du maximum de vraisemblance de σ^2 se détermine suivant :

$$\frac{\hat{\sigma}^2}{m} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (R_i(S) - \overline{R(S)})^2$$

Ainsi, la volatilité annuelle peut s'estimer à partir de :

$$\hat{\sigma} = \sqrt{m} \times \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(R_i(S) - \overline{R(S)}\right)^2}$$

Avec :

- $m = 252$: nombre de jours ouvrés dans l'année
- $n = 1016$: nombre d'observation (cours boursier) pour l'estimation
- S_i : cours de l'action en date i
- $\overline{R(S)} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} R_i(S)$: moyenne des rendements logarithmiques journaliers sur la période d'observation
- $R_i(S) = \log(\frac{S_i}{S_{i-1}})$: rendement logarithmique journalier

Certains traitements sont parfois nécessaires, notamment pour ce qui est des pics de volatilité extraordinaires.

Dans l'idée, les rendements journaliers sont retraités afin de lisser les « pics extraordinaires ». Pour cela, nous employons une méthode d'écrêtage que l'on implémente comme suit :

- Soit α un seuil d'écrêtage dont nous avons défini la valeur (5%)
- Nous définissons un intervalle contenant $(1-\alpha)\%$ des données qui sont alors considérées comme des rendements « ordinaires ».
- Les $\alpha\,\%$ de données restantes sont considérés comme des pics « extraordinaires », et elles sont lissées afin qu'elles intègrent l'intervalle précédemment défini.

Illustration :

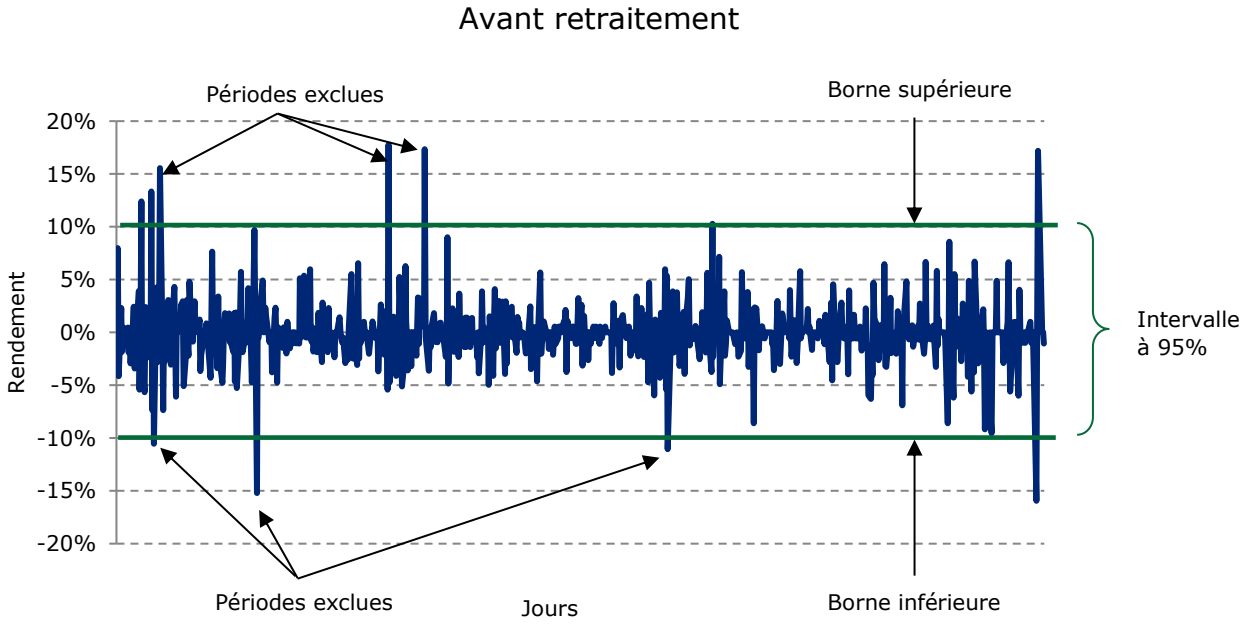


Figure 25 : Rentabilités journalière avant retraitement

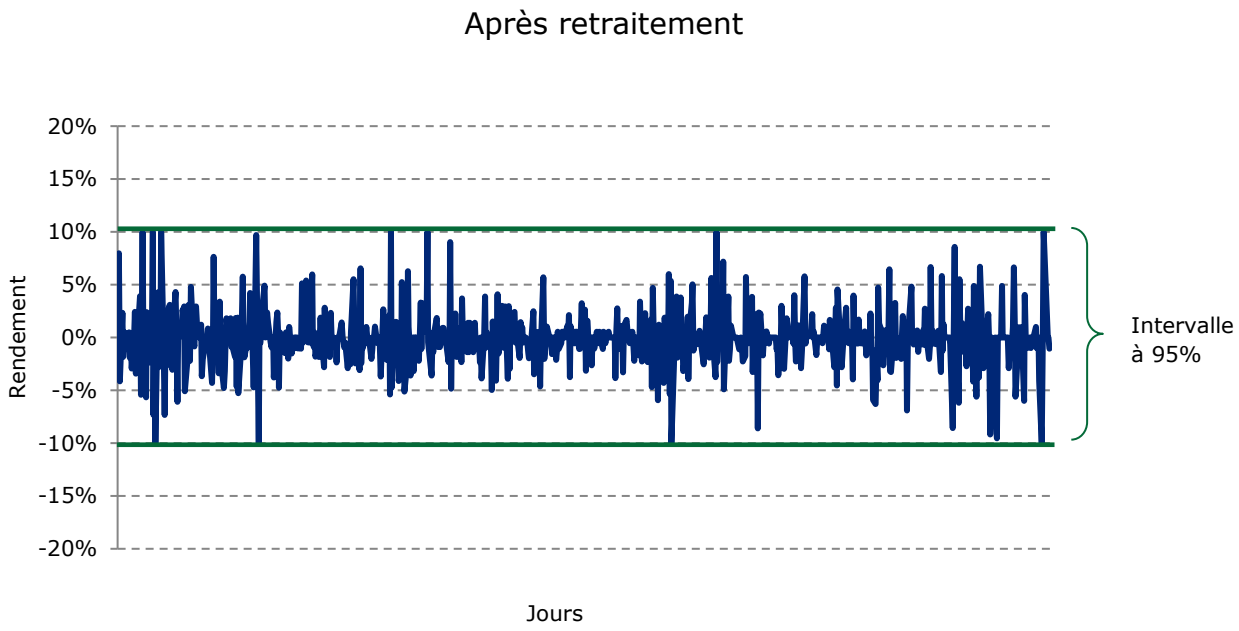


Figure 26 : Rentabilités journalière après retraitement

On retrouve :

	Volatilité historique « brute »	Volatilité historique *après retraitement*
Danone	20,1%	**17,7%**
Unilever	20,7%	**18,0%**
Nestlé	15,2%	**13,4%**
Pepsi	13,9%	**12,4%**
Coca Cola	14,2%	**12,2%**

Tableau 3 : Composition du portefeuille d'actions

Notons qu'en univers risque-neutre, cette approche classique pour déterminer la volatilité n'est pas tout à fait correcte. En effet, l'approche risque neutre est fondé sur la vision aujourd'hui, et non historique. Il aurait fallu déterminer la volatilité implicite, qui se calcule à travers les prix des options côtés sur le marché.

Par souci de simplicité, nous allons considérer que les volatilités historiques correspondent aux volatilités implicites dans le cadre de ce mémoire.

Corrélations des cours boursiers

Afin de refléter correctement le comportement des marchés financiers, nous allons chercher à déterminer les corrélations qui peuvent exister entre les cours de nos différentes actions.

Pour projeter le cours de l'action, il faut générer un mouvement brownien pour chacune des actions. Les indices n'étant pas indépendants entre eux, notre simulation du mouvement brownien doit prendre en compte la corrélation des cours historiques. Pour cela, nous utiliserons la matrice de *Cholesky*.

Matrice de covariance – matrice de corrélation

Nous allons commencer par calculer la matrice de corrélation des indices boursiers à partir des rendements logarithmiques journaliers des différents indices. Cette matrice s'obtient à travers la matrice de covariance.

On définit la matrice de covariance Σ de la manière suivante :

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & cov_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cov_{1,n} & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

On obtient ainsi la matrice des corrélations $\Omega = (\rho_{i,j})_{i,j}$ avec :

- Si $i \neq j$ $\quad \rho_{i,j} = \frac{cov_{i,j}}{\sqrt{\sigma_i^2}\sqrt{\sigma_j^2}}$
- Si $i = j$ $\quad \rho_{i,i} = \frac{cov_{i,i}}{\sqrt{\sigma_i^2}\sqrt{\sigma_i^2}} = 1$

Ainsi : $$\Omega = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & \rho_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1,n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

	Danone	Unilever	Nestlé	Pepsi	Coca Cola
Danone	100,0%	69,9%	52,7%	29,7%	25,6%
Unilever	69,9%	100,0%	58,3%	33,5%	29,6%
Nestlé	52,7%	58,3%	100,0%	26,6%	21,8%
Pepsi	29,7%	33,5%	26,6%	100,0%	62,6%
Coca Cola	25,6%	29,6%	21,8%	62,6%	100,0%

Tableau 4 : Matrice de corrélation

Factorisation de Cholesky

Soit Y un vecteur aléatoire gaussien centré réduit. On pose : $X = AY + b$

On en déduit que X est un vecteur gaussien de moyenne b et de matrice de covariance $\Sigma = AA^T$. La matrice A est déterminé par une factorisation de Cholesky.

Théorème (Factorisation de Cholesky)

Si (Σ) une matrice symétrique définie positive, alors il existe une unique matrice réelle triangulaire inférieur A, tel que : $\Sigma = AA^T$

Soit $\Sigma = (\rho_{i,j})_{\,i,j\in[1,n]}$, la matrice de Cholesky $A = (a_{i,j})_{\,i,j\in[1,n]}$ s'obtient par l'application de algorithme suivant :

- Pour $j = 1$: $a_{i,1} = \rho_{i,1}$

- Pour $j > 1$: $a_{i,j} = \frac{\rho_{i,j-\sum_{k=1}^{j-1} l_{i,k} l_{j,k}}}{\sqrt{\rho_{j,j-\sum_{k=1}^{j-1} l_{j,k}{}^2}}}$

On obtient ainsi la matrice A à l'aide de la décomposition de Cholesky. En multipliant le vecteur gaussien centré réduit Y par la matrice de Cholesky A, on obtient le vecteur X dont la matrice de corrélation est égale à Σ.

$A =$

100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
69,9%	71,5%	0,0%	0,0%	0,0%
52,7%	29,9%	79,5%	0,0%	0,0%
29,7%	17,7%	7,0%	93,6%	0,0%
25,6%	16,4%	4,2%	55,4%	77,4%

D'après la formule (5) vue précédemment, on a :

$$S_{t_i} = S_{t_{i-1}} e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(t_i - t_{i-1}) + \sigma(B_{t_i} - B_{t_{i-1}})} \qquad (6)$$

Avec :

$$B_{t_i} - B_{t_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, \Delta t_i)$$

Rappelons que :

$$\text{Si } X \sim \mathcal{N}(0,1) \quad \text{alors} \quad X^* = \sqrt{\Delta t_i} X \sim \mathcal{N}(0, \Delta t_i)$$

En utilisant les résultats obtenus par la décomposition de Cholesky, nous obtenons un vecteur de browniens corrélés W tel que :

$$W = \begin{pmatrix} B^1_{t_i} - B^1_{t_{i-1}} \\ B^2_{t_i} - B^2_{t_{i-1}} \\ B^3_{t_i} - B^3_{t_{i-1}} \\ B^4_{t_i} - B^4_{t_{i-1}} \\ B^5_{t_i} - B^5_{t_{i-1}} \end{pmatrix} = \sqrt{\Delta t_i} \times A \times \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{pmatrix}$$

Avec :

- $X_i \sim \mathcal{N}(0,1)$,
- A : matrice de Cholesky obtenue précédemment,
- Δt_i : le pas de projection.

Le vecteur aléatoire W, de taille égale au nombre d'actions considérées $(q = 5)$, reflétera alors les corrélations observées sur les cours historiques entre les différentes actions et servira comme base de simulation des cours futurs.

Il est à noter que les mouvements browniens de notre actif risqué sont également corrélés au mouvement brownien utilisé dans la projection de notre modèle de taux, car la dynamique des actions n'est pas indépendante de celle des taux. Toutefois, nous faisons le choix de négliger cette corrélation entre les deux instruments financiers dans le cadre de ce mémoire par souci de simplicité.

Outre ce dernier point, le choix fait de supposer la volatilité comme constante est éloigné de la réalité.

Projection de notre actif financier risqué

Maintenant que les paramètres de chacune de nos actions sont estimés, et que les browniens sont corrélés, nous allons pouvoir projeter le cours de chacune des actions de notre panier, à tout instant, grâce à la formule fermée de Black & Scholes (6), que nous avons obtenu en résolvant l'équation différentielle du modèle.

La simulation du brownien se fera sur R plutôt que sur Excel, ce dernier n'ayant pas de générateur robuste de variables aléatoires. Le paramètre μ sera récupéré des simulations de taux courts effectués précédemment. Enfin, le pas de projection sera mensuel, pour une meilleure précision.

En considérant que les prix initiaux des actions, nous projetons l'indice actions avec 1 000 simulations, et on obtient l'espérance du cours en appliquant la méthode de Monte Carlo.

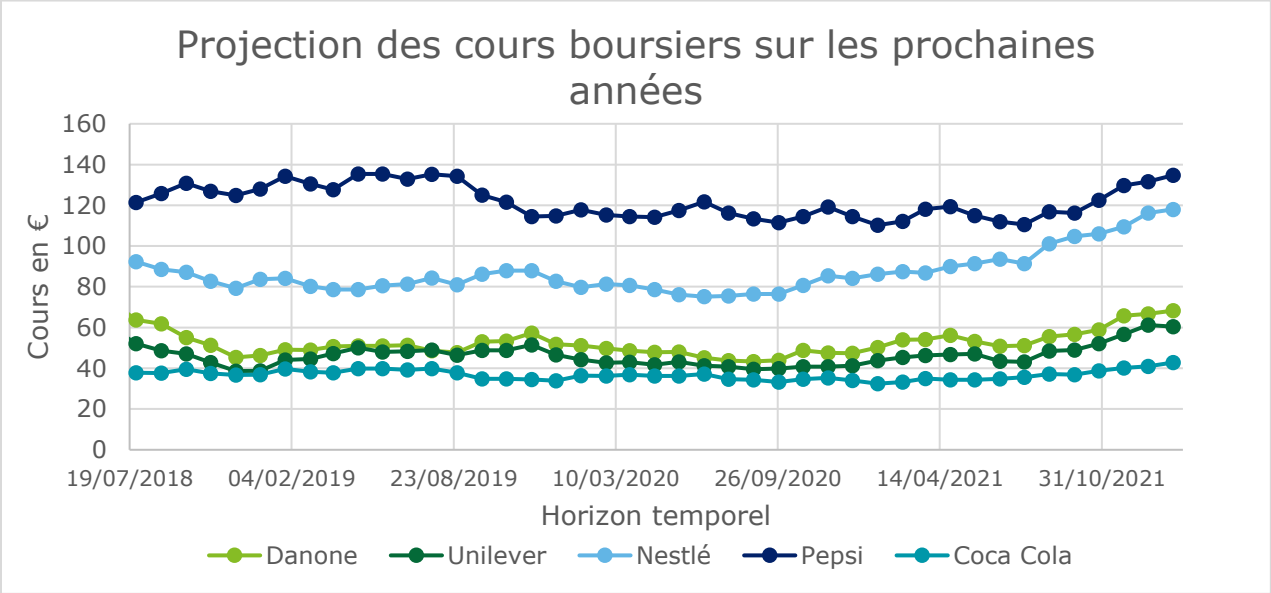


Figure 27: Projection des cours boursiers sur les cinq premières années

La figure ci-dessous illustre la projection de notre placement de 100 euros sur les 30 prochaines années, ceci étant la trajectoire moyenne obtenu au travers de milliers de simulations.

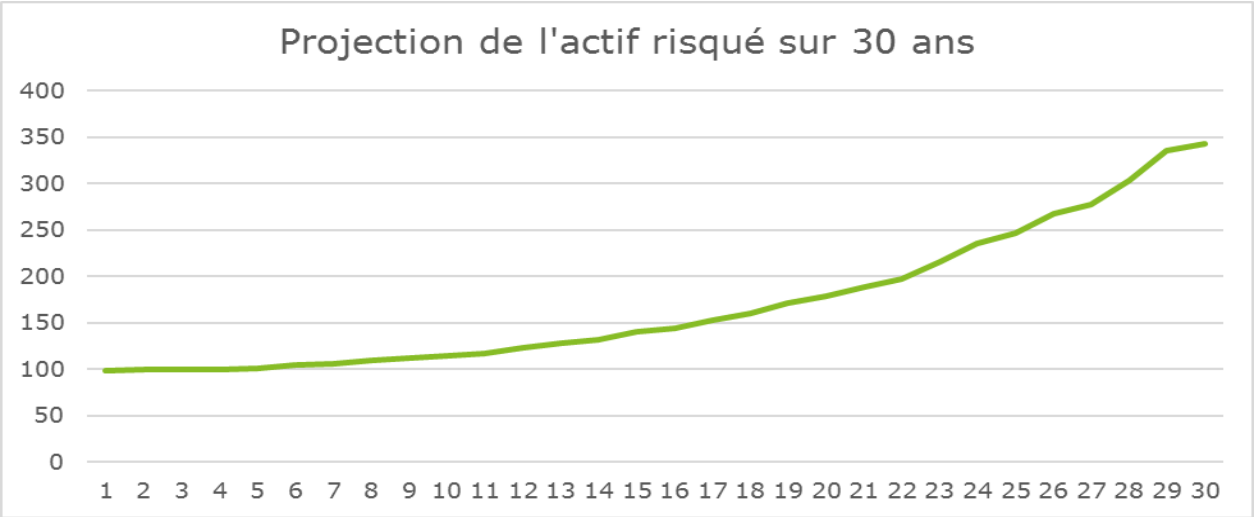


Figure 28 : Evolution de l'actif risqué avec le modèle Black & Scholes

3) **Comportement global du portefeuille d'actif**

Dans cette sous-section, nous allons déterminer le rendement global de notre portefeuille, en considérant l'allocation arbitraire suivante :

	Obligations	Actions
Quote-part de l'actif	80%	20%

Tableau 5 : Composition globale du portefeuille

Ainsi, le rendement global de notre actif se calcule comme le rendement de chaque classe d'actif pondéré de son poids dans le portefeuille.

$$r_{global} = 80\,\% \times r_{obligations} + 20\,\% \times r_{actions}$$

On en déduit le rendement annuel sur les 30 prochaines années :

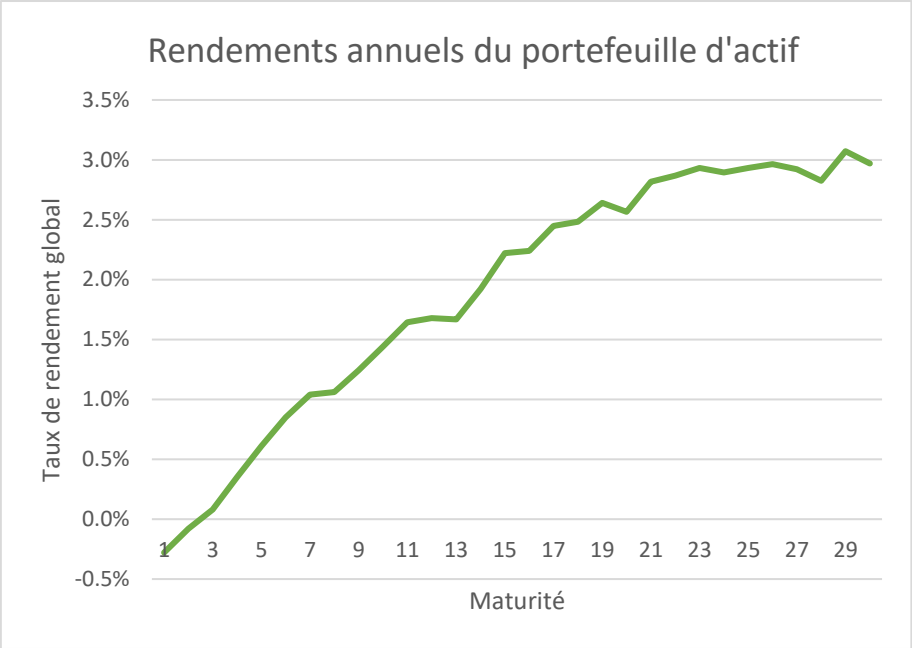


Figure 29: Rendements annuels globaux de l'actif sur les 30 premières années

Il apparait que notre modélisation par méthode de Monte Carlo ne converge pas avec le faible nombre d'itérations utilisées, et l'aléa généré par Excel. Il aurait fallu générer des lois normales plus robustes et utiliser au moins 10.000 itérations pour obtenir des résultats qui convergent.

II. Modélisation du passif de retraite

Par souci de confidentialité, les données utilisées pour cette section ont été retravaillées et ne sont donc pas les résultats réels issus du portefeuille. De plus, les calculs sont effectués hors impôts et les frais de gestion sont négligés.

Le contrat étudié est un contrat d'assurance retraite en run-off. C'est-à-dire que jusqu'à extinction, il ne prend en compte ni nouvel assuré, ni nouvelle cotisation. Nous commencerons par présenter le portefeuille, puis nous déterminerons les hypothèses démographiques et financières applicables, avant de procéder à l'évaluation du régime selon les normes Solvabilité II et IORP 2.

1) **Présentation des données**

Nous nous basons pour cette étude sur les données d'un groupe industriel du CAC40, client du cabinet Deloitte, qui met à disposition des directeurs du groupe un régime Article 39.

A. *Présentation du régime*

Cet article 39 est offert aux salariés ayant respecté les conditions suivantes, prévues dans l'accord d'entreprise :

- ✓ Ne pas démissionner du groupe avant le départ en retraite
- ✓ Disposer d'une retraite de la sécurité sociale française avec un taux de liquidation plein (50%)
- ✓ Acquérir un minimum de 5 ans d'ancienneté en étant directeur

Deux plans de retraite sont proposés dans le cadre de cet article 39 :

- ✓ Un régime de retraite « chapeau »
- ✓ Un régime de retraite additionnel

A noter qu'il n'est pas possible de bénéficier à la fois des deux régimes de retraite.

Les régimes mentionnés se basent sur une rémunération annuelle de référence pour le calcul de la pension qui va être versée. Elle correspond à la moyenne des trois dernières rémunérations avant le départ en retraite.

Nous verrons lors de l'évaluation comment la manière dont sont projetés les salaires jusqu'à l'âge de départ à la retraite, pour estimer cette moyenne le plus précisément possible.

B. *Présentation des données et de la population*

Pour chaque individu de notre base de données, nous disposons des informations suivantes :

—la date de naissance ;

—le sexe ;

—la date d'entrée dans le groupe ;

—la date d'accession au statut de directeur ;

—les salaires annuels des 10 dernières années.

Voici les informations majeures sur les données du régime de retraite :

	Age	Salaire annuel (en €)	Ancienneté groupe actuelle	Ancienneté groupe à la retraite
Minimum	44,8	95 580	7,8	9
Médiane	54,2	206 028	21,2	36
Moyenne	54,3	254 071	23	34,8
Maximum	69,6	2 000 000	37	44

Tableau 6 : Statistiques descriptives

C. *Statistiques descriptives*

Nous allons maintenant présenter quelques statistiques descriptives sous forme graphique. Cette démarche, en plus de présenter le contexte de l'étude, nous permettra de détecter d'éventuelles données aberrantes.

Etant donné l'expérience que requiert le statut de directeur, les âges de la population sont, pour la plupart, contenus entre 50 et 58 ans, comme on peut le voir dans le box-plot suivant :

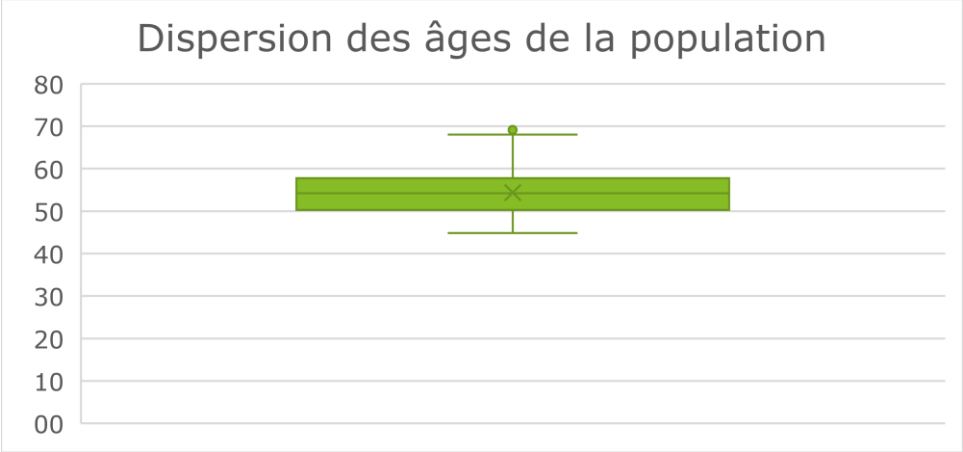


Figure 30 : Box plot des âges de la population

Les salaires quant à eux sont plus dispersés au sein de la population[47], la majeure partie de la population perçoit tout de même entre 100 000 et 300 000 euros. Nous rappelons qu'il s'agit de directeurs d'un grand groupe industriel.

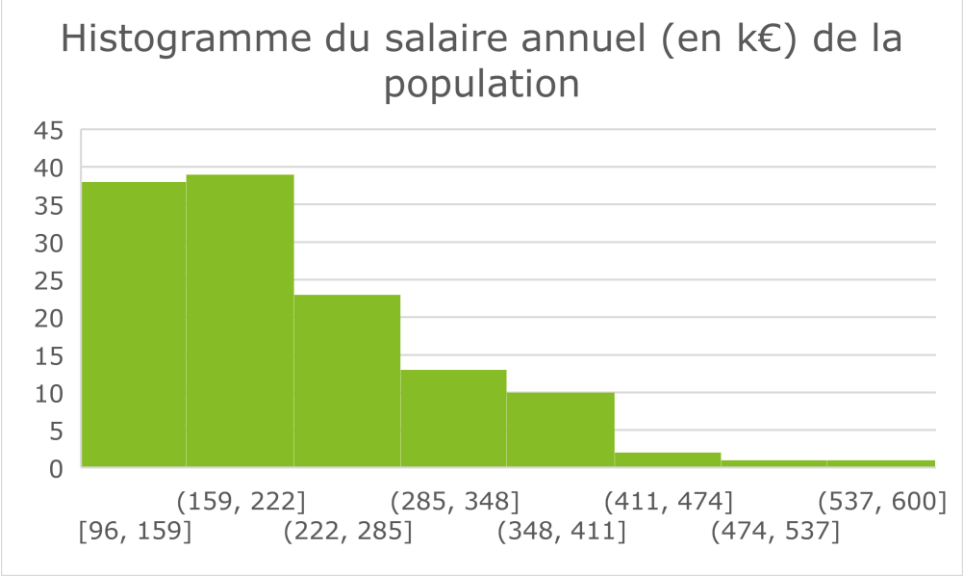


Figure 31 : Histogramme du salaire annuel de la population

[47] Les 3 plus hauts salaires ont volontairement été exclus de la représentation graphique pour en faciliter la lecture

Les anciennetés de la population sont différentes, tous ne sont pas au même stade de leur carrière, du fait des différences d'âge.

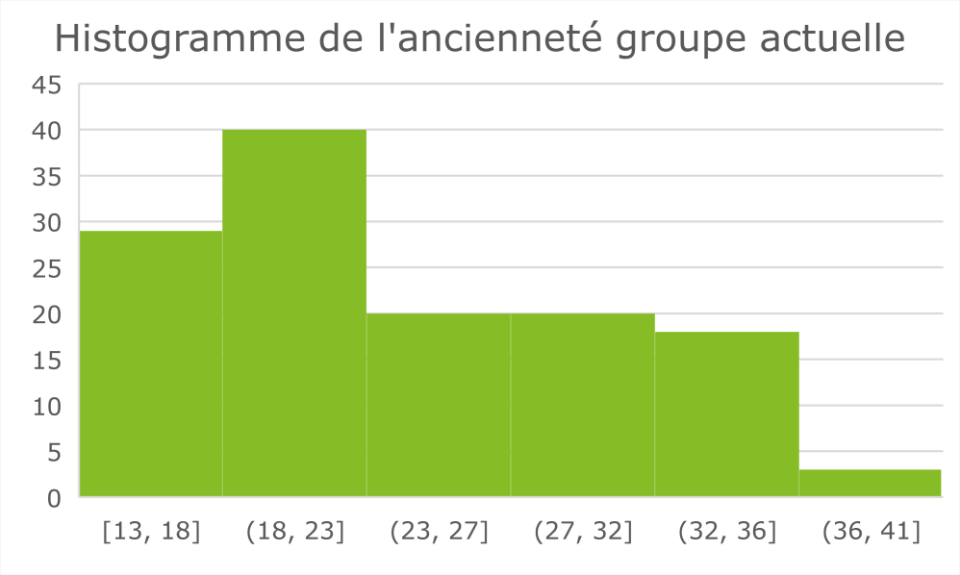


Figure 32 : Histogramme de l'ancienneté groupe de la population

Enfin, multiples tests numériques ont été effectués sur les données afin de vérifier qu'elles ne comportent pas d'erreur de saisi. Nous avons notamment vérifié que les âges et les salaires ne sont pas trop bas ou trop élevés. De même qu'on a vérifié que la date d'ancienneté ne précède pas la date de naissance, que l'entrée en entreprise n'est pas intervenu avant 18 ans, qu'il n'y a pas eu de baisse de salaire d'une année à l'autre (sauf si cela a bien été confirmé par l'entreprise) et que les taux augmentations de salaires sont cohérents.

2) **Évaluation du régime**

Avant d'évaluer le régime, il faut tout d'abord fixer les hypothèses qui serviront lors de l'évaluation.

A. *Définition des hypothèses actuarielles*

Les hypothèses sont déterminées par l'entreprise et son actuaire. L'objectif est de réduire les pertes/gains actuariels dus aux changements d'hypothèses d'une année à l'autre, et d'évaluer les engagements de manière fiable pour donner une image de la situation financière de l'entreprise.

On distingue deux catégories d'hypothèses : démographiques et financières.

Les hypothèses démographiques
Regroupent les hypothèses liées à la population adhérente au régime.

Le taux de mortalité :
Permet d'estimer le nombre de vivants d'une année à l'autre. Il se calcule à l'aide de tables de mortalité, elles-mêmes établies par des actuaires.

On distingue deux types de table:

- les tables statiques, où les données sont fondées sur l'étude de la population entière

- les tables prospectives[48], où les données sont fondées sur une seule génération. Leur construction nécessite de projeter les taux de mortalité, à partir d'observations et d'extrapolations des autres tables d'expérience, étant donné qu'on ne peut attendre « l'extinction » de la génération.

Notre régime s'apparente à un régime de rentes viagères, les tables les plus adaptées sont donc les tables prospectives, étant donné qu'elles sont plus réalistes que les tables statiques.

Les tables de mortalité retenues sont :

- TGH05 (hommes)
- TGF05 (femmes)

Il s'agit de tables réglementaires homologuées depuis le 1er août 2006. Elles fournissent les données brutes du nombre de survivants de 0 à 120 ans pour les générations nées entre 1905 et 2005.

Les taux de turnover :
Permettent de quantifier la rotation des salariés d'un groupe, et donc d'estimer le nombre de personnes qui seront présentes au moment de la liquidation de leurs droits.

Ces taux sont intégrés dans des tables de turnover, qui expriment la probabilité de présence dans l'entreprise, en fonction de l'âge, et même parfois de la *CSP*[49]. Ce genre de tables est généralement construit en interne, et fait l'objet d'un suivi régulier.

Dans le cadre de notre évaluation, nous supposons qu'il ne peut plus y avoir de nouveaux employés éligibles à l'article proposé, on va donc utiliser le taux de sortie (probabilité que le bénéficiaire soit présent au moment de la liquidation) et non le taux de rotation du personnel. En effet, le taux de rotation inclut également les entrées.

Le taux de sortie se calcule de la manière suivante :

[48] Egalement appelées tables générationnelles
[49] Catégorie Socio-Professionnelle

$$Taux\ moyen\ de\ sortie = \frac{Départs}{Effectif}$$

Avec :

$Départs$: Le nombre de démissionnaire sur l'année. On ne prend pas en compte les départs en retraite, ni les restructurations ou licenciements.

Comme on peut le voir, le taux de turnover baisse à mesure qu'on avance dans l'âge. Ceci est totalement en ligne avec la réalité du marché du travail : un jeune salarié est plus mobile qu'un salarié âgé.

Age	Taux de Turnover
15-25	17,87 %
26-30	13,64 %
31-35	9,97 %
36-40	6,87 %
41-45	4,33 %
46-50	2,36 %
51-55	0,95 %
56 et plus	0 %

Tableau 7 : Table de Turnover de l'entreprise étudiée

On soulignera l'importance de la bonne précision de ces taux, puisqu'il influe grandement sur l'évaluation d'un régime. Comme cela a été indiqué, le droit à ce régime est conditionné à la présence du salarié dans l'entreprise au moment du départ en retraite.

Plus généralement, en France, les droits à la retraite dans le cadre d'un régime à prestations définies ne sont pas acquis.

L'âge début carrière :

Généralement inconnue, cette donnée est important pour fixer le niveau de la pension versée par la sécurité sociale, qui influe directement sur le montant de la retraite supplémentaire sont. Il est donc nécessaire de fixer un âge hypothétique de début de carrière.

Dans notre évaluation, nous allons considérer que l'âge moyen de début de carrière est de 22 ans, étant donné que la population est exclusivement composée de cadres ayant fait des études supérieures.

L'âge de départ à la retraite :

Cette hypothèse est primordiale pour nos calculs, en effet elle permet de fixer l'horizon - et donc niveau de l'engagement, qui dépend généralement de l'ancienneté acquise au moment de la liquidation des droits - mais aussi la durée (probable) de versement des pensions.

Dans le régime évalué, l'âge de départ en retraite minimal est l'âge qui permet d'avoir un taux plein dans le régime de la SS. Ainsi, tenant compte des spécificités de l'entreprise et par anticipation aux évolutions futures, l'âge de

référence est le minimum entre 67 ans et l'âge de début de carrière auquel on rajoute le nombre de trimestres de cotisation nécessaire pour disposer du taux plein pour la retraite de la Sécurité Sociale.

Le tableau fournissant le nombre de trimestres nécessaires à l'obtention du taux plein de la Sécurité sociale et l'âge maximum de retraite est donné en annexe D.

Les autres hypothèses démographiques :

Le taux de nuptialité

Cette donnée nous sert à estimer la valeur des pensions de réversion, en cas de décès du bénéficiaire avant son/sa concubin.e.

Nous n'avons pas l'information statut marital des salariés dans les données utilisées. Nous estimons le taux de nuptialité à 80 % à partir de l'historique de l'entreprise.

La différence d'âge entre conjoint

Pour estimer le cout de la réversion, l'âge du conjoint doit être déterminé.
D'après l'étude démographique de l'INSEE[50] sur le sujet, publiée en 2016, la différence d'âge moyenne entre deux conjoints est de 4 ans.

Néanmoins, en s'appuyant sur les données de la population étudiée (cadres), on a retenu que les hommes étaient plus âgés que les femmes de 3 ans.

Le taux de réversion

Le taux de réversion est le pourcentage de la rente que le régime promet de reverser au profit du conjoint, en cas de décès du bénéficiaire. Ce taux est fixé à l'avance à 60 %.

Les hypothèses financières

Ces hypothèses, de même que celles vu précédemment doivent refléter la réalité du marché à la date d'évaluation.

Le taux d'inflation

Il existe deux méthodes principales pour déterminer ce taux:

- Se baser sur les prévisions[51] de BCE (La Banque Centrale Européenne) à travers son Indice des prix à la consommation harmonisé[52] , tout en gardant en tête que son rôle principal consiste à garder l'inflation inférieure mais porche de 2%. C'est une vision dite *macroéconomique*.

[50] INSEE (2016). *Différence d'âge entre conjoints*
[51] BCE (2018). *Prévision sur l'inflation*
[52] L'IPCH est un indice des prix à la consommation (IPC) calculé pour chacun des pays de l'Union européenne et quelques autres pays européens ; il permet de calculer le niveau de l'inflation de façon la plus comparable possible pour tous les pays et est utilisé par la BCE comme indicateur de stabilité des prix et comme moyen de vérifier le respect du critère de convergence concernant l'inflation.

- Déterminer l'inflation implicite à partir des swaps d'inflation. C'est une vision dite de marché.

Nous allons utiliser les prévisions à long terme de la BCE dans le cadre de ce mémoire. Ainsi, le taux d'inflation retenu est de 1,75 %. En effet, il paraît plus réaliste de considérer un taux d'inflation légèrement inférieur à 2 %.

Le taux d'augmentation des salaires

Ce taux permet de déterminer la carrière des salariés pour le calcul de la retraite, ou du montant de la pension dans le cadre d'un régime additif.

L'augmentation de salaire est généralement due à trois facteurs:

— l'inflation,
— l'évolution du grade,
— l'augmentation du pouvoir d'achat.

Le taux retenu est de 3 %, en prenant en compte ces facteurs ainsi que la politique RH du groupe.

Le taux de revalorisation des rentes :

Correspond à l'engagement de revalorisation des pensions par anticipation. En langage assurantiel, il est connu sous le terme « taux technique ».

Il est déterminé contractuellement entre l'assureur et l'assuré, et ne peut excéder un certain niveau dicté par la loi (60% du TME).

Dans le cadre de notre étude, le taux technique retenu au 31 décembre 2017 est de 0,25 %.

Participation aux bénéfices

Dans le cadre de ce mémoire, nous faisons l'hypothèse que le contrat garantie aux bénéficiaires une participation aux bénéfices à hauteur de 90% des rendements financiers, versée durant l'année de la réalisation.

Versement des flux

Les versements de pensions ont lieu de manière trimestrielle, en fin de période[53].

Les autres hypothèses économiques

Le taux de revalorisation du salaire de référence ARRCO, AGIRC :

Ce taux sera supposé de 1%, compte tenu de la tendance des dernières décennies.

Le taux de revalorisation du point ARRCO et AGIRC :

Le taux de revalorisation du salaire de référence ARRCO et AGIRC retenu est de 1,25 %.

[53] Dans le jargon actuariel, on appelle cela un versement à terme *échoir*

Le taux de revalorisation du Plafond Annuel de la Sécurité Sociale (PASS) :
Avec un taux d'inflation considéré proche 2%, nous retiendrons 2 % comme taux de revalorisation du PASS.

A titre de comparaison, en moyenne sur les deux dernières décennies, la revalorisation du PASS est d'environ 2,3 %.

Récapitulatif des hypothèses

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des hypothèses précédemment définies:

Date dévaluation	31/12/2017
Hypothèses démographiques	
Table de mortalité	TGH05-TGF05
Table de turnover	cf. Tableau
Age d'entrée dans la vie active	22 ans
Age de départ en retraite	cf. annexes
Hypothèses financières	
Taux d'inflation	1,75 %
Taux d'augmentation des salaires	3 %
Taux de revalorisation des rentes	0,25 %
Taux de revalorisation du PASS	2 %
Taux de revalorisation des points ARRCO-AGIRC	1,25 %
Taux de revalorisation des salaires de référence ARRCO-AGIRC	1 %

Figure 33 : Récapitulatif des hypothèses

Actualisation des flux

L'actualisation des flux financiers se fait à l'aide de taux sans risque zéro-coupon, plutôt que des taux actuariels.

Pour cette hypothèse, les taux retenus diffèrent selon si on se place sous la norme Solvabilité II ou IORP 2.

Pour IORP 2, la norme veut que les flux soient actualisés par le taux technique défini précédemment.

Tandis que pour Solvabilité II, l'actualisation des flux financiers se fait par l'intermédiaire des taux simulés dans un environnement risque neutre, à l'image de la simulation effectuée dans la section I de ce même chapitre. Le taux d'actualisation[54] applicable sera présenté plus bas, lorsqu'on fera l'évaluation du *Best Estimate* du passif.

[54] Qu'on peut également nommer « Déflateur »

B. *Calcul de la VAPF*

Nous allons maintenant pouvoir calculer le capital constitutif avec méthodes d'évaluation : en comptabilité historique par respect à la norme IORP 2, et en *Best Estimate* par respect à Solvabilité II.

Nous allons dans un premier temps, pour chaque bénéficiaire, calculer la pension annuelle, et en déduire le capital constitutif.

Niveau de la pension de retraite supplémentaire

Il existe deux types de retraite « article 39 » octroyés par l'entreprise : retraite additionnelle et retraite chapeau. Leur cumul n'est pas possible.

Leur coût est déterminé comme suit :

Régime de retraite additionnelle

Le montant annuel garanti de la rente est défini par la formule suivante :

$$Rente = (1{,}5\ \% \times Tranche_A + 3\ \% \times Tranche_B) \times \min(20, ancienneté\ à\ terme)$$

Avec :

$Tranche_A$= rémunération de référence comprise entre 3×PASS et 8×PASS

$Tranche_B$= rémunération de référence supérieure à 8×PASS

Régime de retraite chapeau

Le coût de ce régime pour un bénéficiaire correspond à la différence entre un haut de chapeau et un bas de chapeau :

$$Rente = Haut\ chapeau - Bas\ chapeau$$

Le haut de chapeau est déterminé avec la formule suivante :

$$Haut\ chapeau = 2\ \% \times Années\ d'ancienneté \times Salaire_{ref}$$

Avec :

$Années\ d'ancienneté$: nombre compris entre 25 et 32,5 années, autrement on considère un taux de remplacement de 50% ou bien de 65%.

$Salaire_{ref}$: correspond à la rémunération annuelle moyenne des trois dernières années précédant la retraite.

$Bas\ chapeau$: Rentes obtenues au titre des régimes de retraite obligatoires.

Les deux derniers éléments n'étant pas disponibles au moment de l'évaluation, on procède à une reconstitution de la carrière afin de les estimer.

Reconstitution de la carrière

N'ayant pas à notre disposition les données concernant la carrière du bénéficiaire (salaires antérieurs à 2008 et postérieurs à 2017, points AGIRC/ARRCO détenus), nous allons tenter de les estimer.

Pour la reconstitution de salaire de la période postérieure à l'évaluation, on détermine les salaires futurs grâce à l'hypothèse d'augmentation des salaires de 3% défini précédemment, avec la formule :

$$Salaire_n = Salaire_{2017} \times \left(1 + taux_{augmentation\ salaire}\right)^{(n-2017)}$$

$Avec\ \ n > 2017$

Pour reconstruire la courbe de salaires entre le début de carrière et 2008, on va supposer le salaire de début de carrière est égal à 100% du PASS de l'année en question. Ce choix, arbitraire, permet de ne pas avoir une reconstitution ou le salaire de départ est égal à plusieurs fois le PASS, ce qui est incohérent et déconnecté des pratiques du marché.

A partir des données de salaire, on va effectuer une interpolation linéaire pour estimer les autres salaires non connus, du début de la carrière à la retraite.

Voici un exemple de reconstitution pour un salarié sur sa 33ème année de carrière :

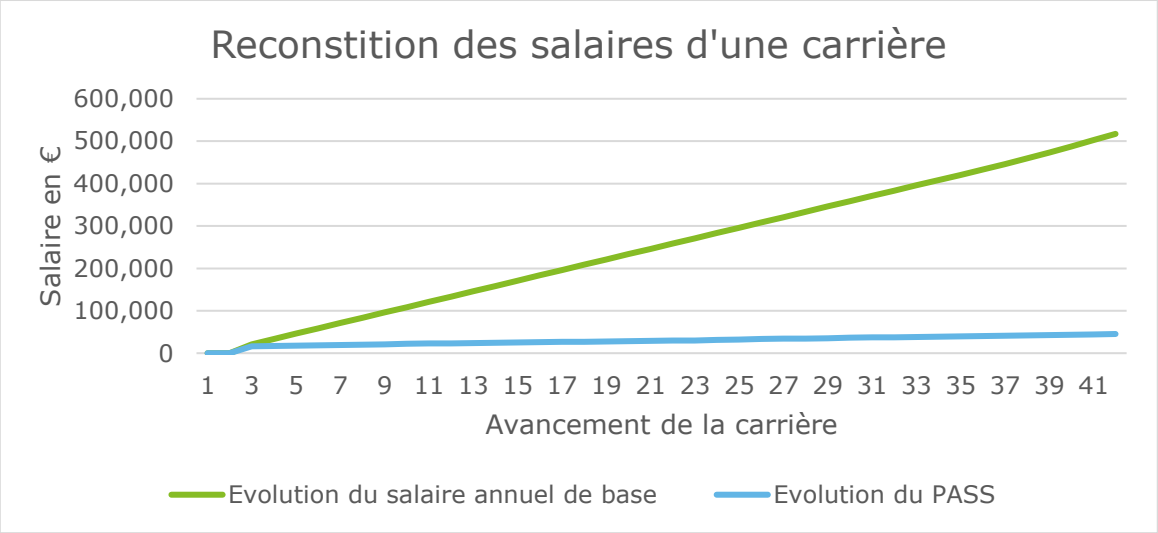


Figure 34 : Evolution du salaire d'un individu et évolution du PASS

A partir de ces nouvelles données estimées, on va être en mesure de calculer les cotisations aux caisses de retraite supplémentaire obligatoire (AGIRC, ARRCO) pour chaque bénéficiaire avec que les 25 meilleurs salaires annuels, pour déterminer le montant de rente perçue au titre des autres régimes (*Bas de chapeau*).

Reconstitution de la retraite

On a la formule suivante :

$$Bas\ chapeau = Rente_{SS} + Rente_{ARRCO} + Rente_{AGIRC}$$

On va chercher maintenant à déterminer les termes de cette formule.

Rente de base de la *CNAV* :

Le régime de base fournit une pension de base calculée grâce à la formule :

$$Rente_{SS} = S_{ref} \times T \times \frac{DA}{DR}$$

Avec :

- S_{ref} : le salaire de référence calculé comme moyenne des 25 meilleurs salaires plafonnés au PASS.
- T : le taux de pension est plafonné à 50% (taux plein) est fonction de l'âge de départ en retraite, du nombre de trimestres de cotisations et d'autres aspects sociaux (nombre d'enfants à charge etc.).
- DA : la durée d'assurance acquise est le nombre de trimestres pendant lesquelles le bénéficiaire a cotisé.
- DR : la durée d'assurance requise est le nombre de trimestres de cotisation nécessaires selon la date de naissance du bénéficiaire[55].

Dans le cas particulier de notre évaluation, il est supposé que les bénéficiaires prennent leur retraite lorsqu'ils disposent du taux plein. Ainsi, en supposant que l'ensemble des bénéficiaires atteignent le taux plein avec la durée d'assurance acquise, et non à l'atteinte de l'âge de 67 ans, la formule de la rente annuelle se simplifie, et on obtient :

$$Rente_{SS} = S_{ref} \times 50\%$$

En appliquant cela pour un individu, comme illustré dans la figure, on retrouve la rente annuelle au titre du régime de base, égale à *23 228€*.

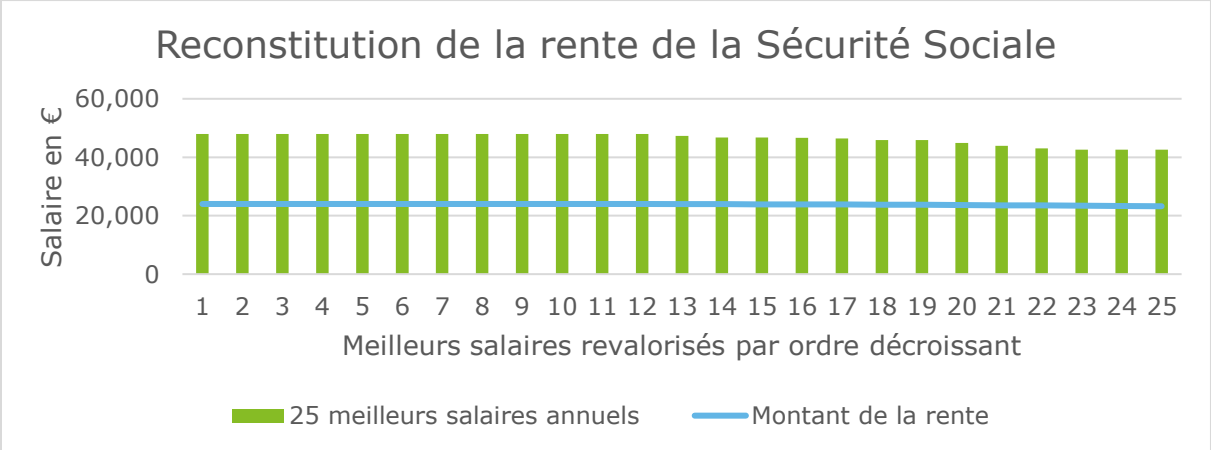


Figure 35 : 25 meilleurs salaires (plafonnés au PASS) et montant de la rente

[55] Voir tableau annexes 3

Nous pouvons remarquer que la plupart des bénéficiaires de notre portefeuille disposent de ce même niveau de rente issu de la SS, étant donné que nous avons supposé, d'un côté, qu'ils disposent du taux plein, et d'un autre côté, qu'ils débutent tous à 100% du PASS et que leurs augmentations de salaire sont généralement supérieures aux taux de revalorisation du PASS.

A noter que les PASS des années précédentes sont revalorisés au prix d'aujourd'hui, à hauteur de 2% par an.

Rente AGIRC/ARRCO

L'historique des PASS des années précédentes permet de délimiter les tranches de cotisations. De même, l'historique des salaires de référence et des valeurs de points AGIRC et ARRCO à chacune des années de la carrière nous permettra ensuite de calculer le nombre de points acquis pour les retraites supplémentaires obligatoires.

Pour une année donnée, on a :

$$Nombre\ de\ points\ AGIRC/ARRCO = \frac{Montant\ des\ cotisations}{Salaire\ de\ référence}$$

Comme on peut le voir dans la figure ci-dessous, dans le cas précis d'un bénéficiaire, le nombre de points acquis est estimé de manière prospective, sur les années précédentes mais aussi les années futures.

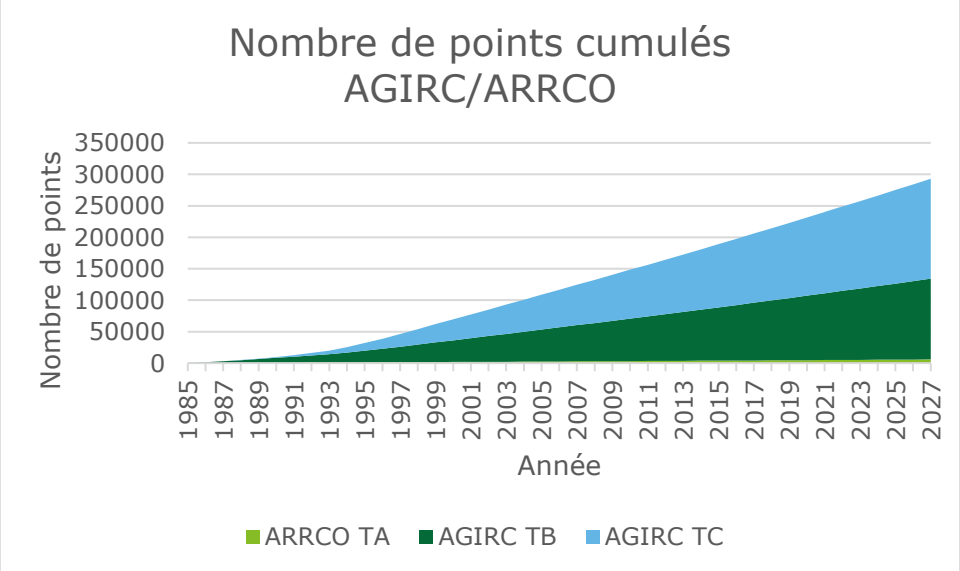


Figure 36 : Nombres de points AGIRC et ARRCO accumulés durant la carrière

On détermine ensuite les rentes annuelles au titre des régimes AGIRC et ARRCO avec les formules suivantes :

$$Rente_{ARRCO} = (\sum Nombre\ points\ ARRCO_i) \times Vpoint\ \text{à}\ date_{ARRCO_i}$$

$$Rente_{AGIRC} = (\sum Nombre\ points\ AGIRC_i) \times Vpoint\ \text{à}\ date_{AGIRC_i}$$

A noter qu'il y a un taux d'appel[56] à 125% du taux de cotisation. Autrement dit, le bénéficiaire et son employeur cotisent à hauteur de 125%, mais seuls 100% donnent droit à l'acquisition de points, la différence servant à combler le déficit des caisses.

	Nombre de points	Valeur du point en €	Pension en €	Pensions totales annuelles en €
Sécurité Sociale			23 228	23 228
ARRCO TA	5 931	1,41	8 363	8 363
AGIRC TB	128 354	0,49	62 944	140 800
AGIRC TC	158 762	0,49	77 856	
			TOTAL	**172 391**

Tableau 8 : Récapitulatif des pensions légales de retraite obligatoire.

Autres rentes

Certains des bénéficiaires détiennent d'autres droits de retraite autre que ceux du régime obligatoire, notamment les plans d'épargne retraite professionnelle supplémentaire (plans Article 83, plan Madelin etc.), et nécessite donc d'être pris en compte dans le calcul du bas du chapeau.

Probabilités de présence

Le versement des pensions est conditionné par la présence de l'individu dans l'entreprise.

On va d'abord calculer la probabilité d'être vivant le jour du départ à la retraite, et ensuite la probabilité de ne pas quitter l'entreprise à l'avenir, pour chaque individu.

Probabilité de survie

La probabilité de survivre d'une année à l'autre pour n individu d'âge x se détermine comme étant : $p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$

On en déduit que la probabilité qu'un individu d'âge x soit en vie au moment du départ à la retraite (départ prévu à l'âge $x+k$), correspond à la probabilité qu'il survive pendant les k années qui suivent. Cette quantité se calcule par la relation :

$$_kp_x = \prod_{i=0}^{k-1} p_{x+i}$$

On rappelle que les quantités l_x pour tout x, se trouve dans la table de mortalité considérée (tables générationnelles TGH TGF 05), et correspondent aux nombres de survivant à l'âge x en partant d'une population initiale au nombre de 100 000 individus à la naissance.

[56] Le pourcentage d'appel, mis en place dès 1952 à l'AGIRC, était à l'origine inférieur à 100%. Il s'agissait alors de limiter la constitution de réserves, en n'appelant pas l'intégralité des cotisations que le régime aurait dû recevoir sur la base du taux contractuel.

Probabilité de présence en entreprise

La probabilité d'être présent dans l'entreprise lors du départ en retraite se calcule à partir de la table de Turnover retenue. Mathématiquement, cette probabilité de présence s'exprime comme suit :

$$ {}_kp_x{}' = \prod_{i=1}^{k}(1 - t_{x+i}) $$

- ${}_kp_x{}'$: Probabilité qu'un employé d'âge x soit présent dans l'entreprise à l'âge $x + k$
- t_{x+i} correspond au taux de turnover à l'âge $x + i$

Coefficient de rente viagère

Pour estimer le « capital constitutif » il nous faut déterminer le montant de la pension annuelle mais aussi la durée durant laquelle cette rente sera versée. Cette durée est appelée le coefficient de rente viagère, et est noté a_x .

Il correspond à la valeur à aujourd'hui du versement annuel de 1€, jusqu'au décès du bénéficiaire. Mathématiquement, il est déterminé à partir de la relation suivante :

$$ a_x = \sum_{i=1}^{\infty} v^i \times {}_iq_x \times s^i $$

Avec :

$v = \frac{1}{1+r}$: facteur d'actualisation où r est le taux d'actualisation,

${}_iq_x$: probabilité qu'un individu d'âge x soit en vie encore pendant i années,

s : taux de revalorisation des rentes.

Une fois cette quantité déterminée, il suffit de la multiplier par le montant annuel de la pension pour déterminer le capital constitutif, néanmoins, dans le cadre de ce régime, il existe une clause de réversion en cas de décès du bénéficiaire et de survie du conjoint, et ce, jusqu'au décès du conjoint. Il faut ainsi prendre en compte la réversion dans le calcul du coefficient de rente viagère.

On définit le coefficient de rente $a_{x|y}$ comme étant la valeur à aujourd'hui du versement de 1 € à partir du moment où le bénéficiaire, d'âge x, décède et que le conjoint, d'âge y, est encore en vie.

Mathématiquement, il correspond à la quantité :

$$ a_{x|y} = \sum_{i=1}^{\infty} v^i \times {}_ip_y \times {}_iq_x \times s^i $$

Avec :

v , ${}_iq_x$, s: tels que définis précédemment

${}_ip_x$: probabilité qu'un individu d'âge y soit en vie encore pendant i années

La réversion de la pension n'est pas complète, le taux de réversion est seulement de 60%. Ainsi, le coefficient de rente viagère total s'exprime à travers les notations vues précédemment comme étant :

$$coefficient\ de\ rente\ viagère = a_x + 60\ \%\ a_{x|y}$$

Jusqu'ici, nous avons considéré que le versement est annuel dans le coefficient de rente, or dans notre cas, il s'agit un versement trimestriel[57]. On définit le coefficient de rente viagère ${a_x}^{(m)}$ comme étant un coefficient de rente ayant m versements sur une année. Mathématiquement, il s'exprime comme suit :

$${a_x}^{(m)} = \sum_{i=1}^{\infty} v^{\frac{i}{m}} \times {}_{\frac{i}{m}}p_x \times s^{\frac{i}{m}}$$

Avec les mêmes termes que précédemment.

Le calcul de la quantité peut sembler fastidieux, néanmoins il existe une approximation[58] avec un coefficient de rente annuelle :

$${a_x}^{(m)} = a_x + \frac{m-1}{2m}$$

Ainsi, dans le cas d'un versement trimestriel, on a :

$${a_x}^{(4)} = a_x + \frac{3}{8}$$

On peut dès lors en déduire l'écriture finale du coefficient de rente viagère :

$$coefficient\ de\ rente\ viagère^{(4)} = a_x + 60\ \%\ a_{x|y} + \frac{3}{8} \times (1 + 60\%)$$

Calcul du capital constitutif

Pour le calcul du capital constitutif, nous avons la formule suivante :

$$Capital\ constitutif = Rente \times {}_kp_x \times {}_kp_x{}' \times (a_{x+k} + 60\ \%\ a_{x+k|y+k} + \frac{3}{8})$$

Avec :

$Rente$: Montant de la rente annuelle à verser

${}_kp_x$: Probabilité de survie jusqu'au départ à la retraite

[57] La pension de réversion est considérée, elle, annuelle

[58] La démonstration de cette approximation ne sera pas faite

${}_kp_x'$: Probabilité de présence dans l'entreprise au moment du départ à la retraite

a_{x+k}: Coefficient de rente viagère pour un individu âgé de $x+k$ ans.

$a_{x+k|y+k}$: Coefficient de rente viagère de réversion

Par ailleurs, en rajoutant le facteur d'actualisation, on peut calculer la valeur actuelle des prestations futures. Ainsi, on actualise sur la période d'activité restante entre la date d'évaluation et la date de départ en retraite.

La VAPF s'exprime mathématiquement comme :

$$VAPF = Rente \times {}_kp_x \times {}_kp_x' \times \frac{1}{(1+r)^d} \times (a_{x+k} + 60\,\%\, a_{x+k|y+k} + \frac{3}{8})$$

Avec :

- $\frac{1}{(1+r)^d}$: facteur d'actualisation, où r est le taux d'actualisation, et d la durée résiduelle avant le départ à la retraite
- Les autres termes sont tels qu'ils ont été défini précédemment.

Nous reprenons l'exemple du calcul individuel présenté jusqu'ici, voici les résultats finaux obtenus :

Résultats (régime Chapeau)	Montants
Rente	279 155 €
Rente de réversion	167 493 €
Coefficient de rente	33,15
Capital constitutif	9 253 918 €
VAPF	7 679 695 €

Tableau 9 : Calcul de la VAPF d'un individu

Nous en faisons de même pour l'ensemble des individus du portefeuille, nous obtenons les résultats suivants :

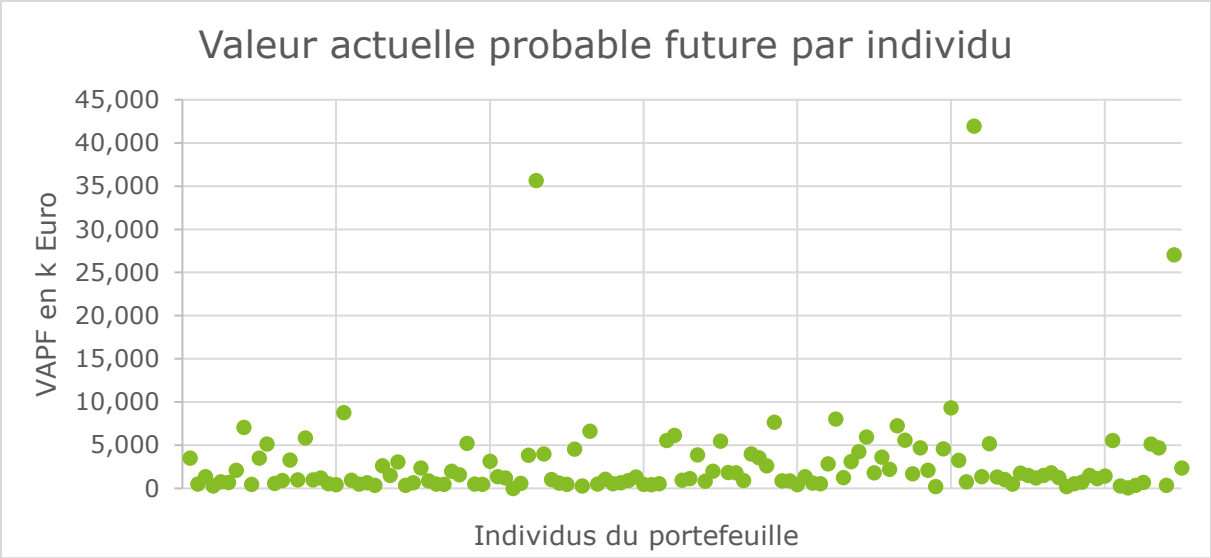


Figure 37 : VAPF pour chacun des individus du portefeuille

L'échéancier du plan, c'est-à-dire les flux à prévoir dans les années à venir, dans l'état actuel du plan, est ensuite calculé.

Ainsi, à chaque date, est évalué l'échéancier des flux à payer du plan. Ce calcul se fait sous l'hypothèse que le plan reste figé à cette date, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de revalorisation des droits, que la population suit la table de mortalité, et qu'il n'y aura pas de transfert vers un autre plan.

C. *Duration du passif*

La duration du passif est la mesure de la durée moyenne d'attente pour payer les flux au titre des engagements de retraite. Cette mesure est importante dans la mesure où elle définit l'horizon de gestion et la stratégie d'investissement.

On définit la valeur actuelle des engagements futurs de l'employeur (passif) par :

$$P = \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{(1+r)^{ti}}$$

- F_i : flux (prestations) versé l'année i
- r : taux d'intérêt

La duration, en tant que durée moyenne de l'engagement pondérée par les futurs cash-flows actualisés, est calculée de la façon suivante :

$$D = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i \times F_i}{P \times (1+r)^{t_i}}$$

Par ailleurs, le terme $\sum_{i=1}^{n} \frac{t_i \times F_i}{P \times (1+r)^{t_i}}$ peut être vu comme une somme de temps (t_i) pondérée par les « poids » $\frac{F_i}{P \times (1+r)^{t_i}}$, ce qui correspond donc au calcul d'une durée moyenne.

Les termes $\frac{F_i}{P\times(1+r)^{t_i}}$ peuvent être assimilés à des poids car ils sont positifs et la somme de ces poids vaut 1.

Dans le cas étudié, la duration du passif est de 11,8 ans.

D. *Evaluation du régime sous Solvabilité II*

L'actif étant constitué d'une ligne obligataire zéro-coupon 10 ans et d'un panier d'actions (voir plus haut), son évaluation est simple car nous disposons de la valeur de marché. En revanche, l'évaluation du passif est plus délicate puisque nous ne disposons pas de la valeur de marché des engagements qui permet de déterminer le *Best Estimate* des flux de passif.

Dans ce cas-là, on va actualiser avec les taux sans risque zéro-coupon issus de notre projection de l'actif effectué dans le chapitre précédent.

Dans les mêmes conditions que celles du sous-chapitre précédent, nous avons 1000 scénarios de projection de taux nous permettant d'obtenir les 1000 scénarios de déflateur. Pour un scénario donné, le déflateur est calculé par :

$$Deflateur\ (t,T) = e^{\int_t^T r(s)ds}$$

Avec :

- $T - t$: Pas de projection (mensuel).
- $r(s)$: Taux court à l'instant s.

On retrouve un ainsi les scénarios déflateurs, dont certains sont dans le graphique ci-dessous.

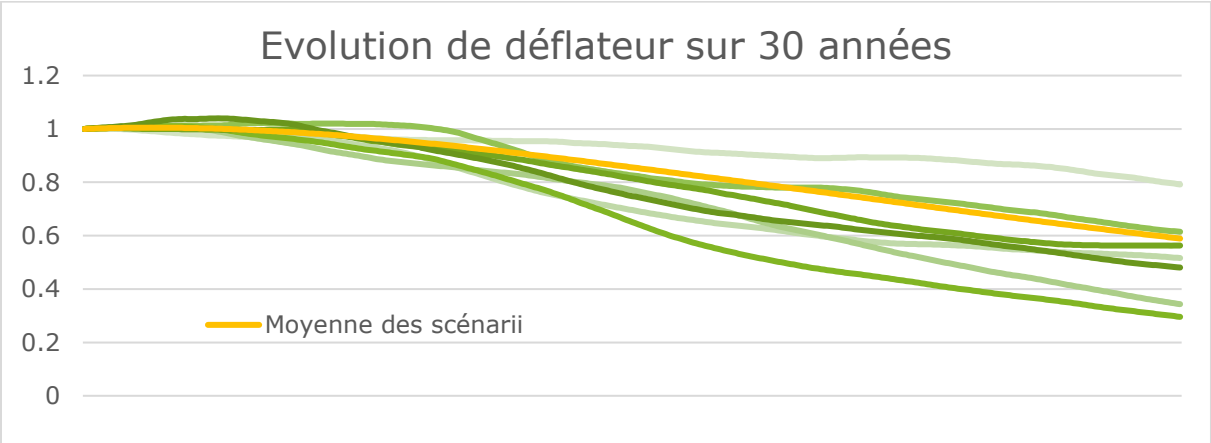


Figure 38 : Exemples de scénarios du déflateur et comportement moyen

Nous allons donc recalculer la VAPF pour chaque scénario, en utilisant comme taux d'actualisation, le déflateur simulé.

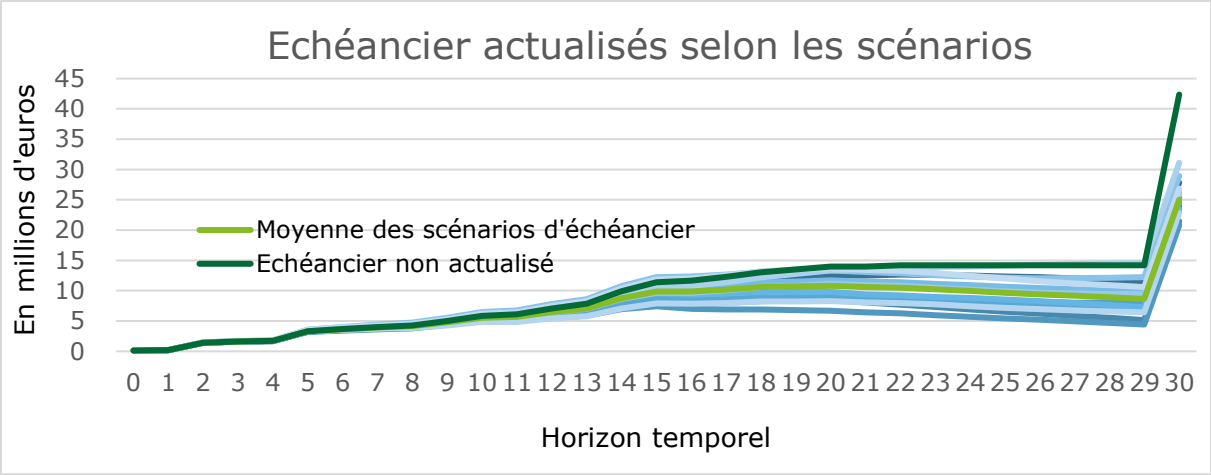


Figure 39 : Echéancier actualisés selon différents exemples de scénarii

Pour déterminer le niveau de fonds propres, il faut calculer le *Best Estimate* du contrat. Ainsi, partant de la situation initiale, on projette les flux financiers futurs, probabilisés par les hypothèses définies, jusqu'à l'extinction des engagements. Ces flux sont probabilisés à partir des hypothèses moyennes définies.

Le *Best Estimate* correspond en réalité à la moyenne des VAPF calculées selon chaque scénario de projection. La différence entre deux VAPF calculées dans deux *scenarii* différents réside entre autres dans le taux d'actualisation appliqué.

Comment nous pouvons le voir sur le graphique qui suit, les valeurs des VAPF sont autour de 200 millions d'euros, bien que dans certains scénarii, cette quantité peut atteindre jusqu'à 400 millions d'euros.

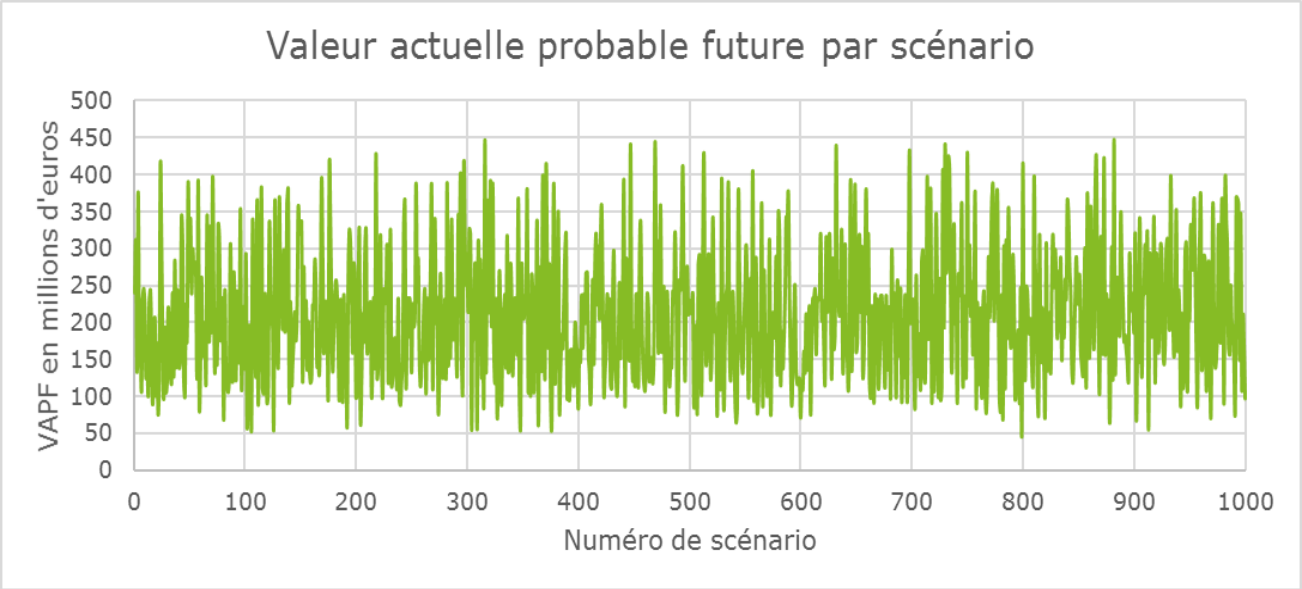


Figure 40 : VAPF globale pour chaque scénario simulé

A partir de ces scénarii, nous calculons le *Best Estimate*. On retrouve :

BE = 239,4 millions €

On peut s'assurer que le calcul de la moyenne est stable, en affichant l'évolution de cette moyenne au fur et à mesure que le nombre de *scenarii* pris en compte pour le calcul de la moyenne augmente.

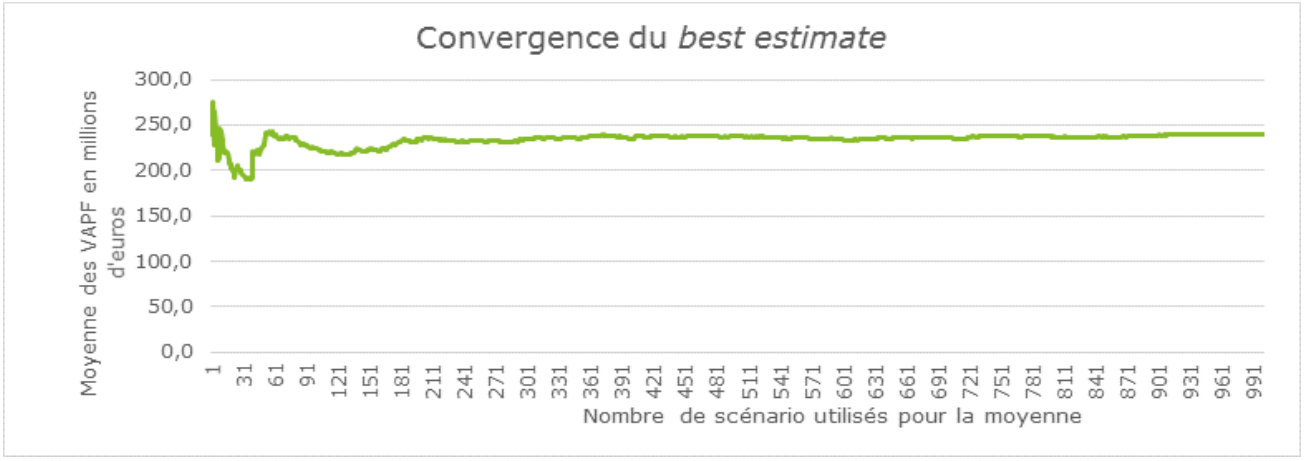


Figure 41 : Convergence du Best Estimate

On peut voir que cette quantité converge bien au bout de 400 itérations, ce qui nous conforte dans notre choix d'utiliser 1000 simulations.

E. *Cas d'évaluation dans le cadre de IORP 2*

Le graphique suivant présente l'échéancier au fil des années :

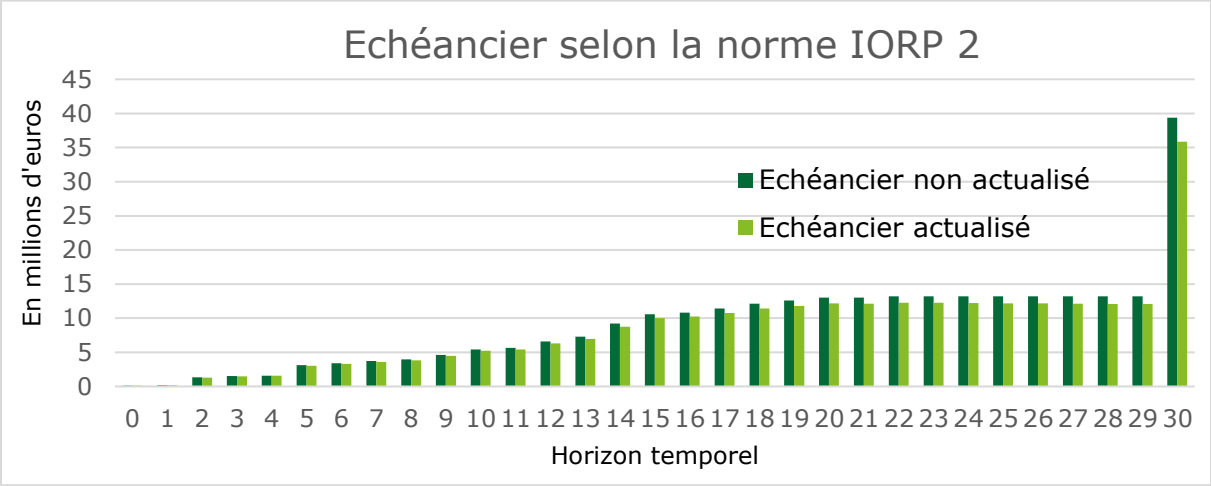


Figure 42 : Echéancier du plan

En calculant les provisions mathématiques, qui correspondent à la VAPF globale. On retrouve :

PM = 267.4 millions €

Nous pouvons d'ores et déjà dresser un premier comparatif entre les deux normes, à partir des résultats du la valorisation du passif selon Solvabilité II et IORP 2.

Il apparait que le *Best Estimate* de la norme Solvabilité II soit plus faible que dans la valorisation du passif du contrat étudié sous IORP 2 (-10%).

Cette différence est due à une actualisation à un taux sans risque issu d'une courbe swap, au lieu d'une actualisation par le taux technique.

III. Comparaison Assurances et FRPS

Nous allons dans cette section analyser les résultats numériques obtenus précédemment, et ensuite calculer les exigences en fonds propres dont nous avons besoin pour réglementairement pouvoir commercialiser le contrat de retraite professionnel étudié dans ce mémoire.

1) Calcul du niveau de fonds propres

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons faire l'hypothèse forte que l'ensemble des engagements de retraite sont transférés à la date d'aujourd'hui, avec un tarif

correspondant à 300 millions d'euros (chargements inclus). Le *Risk Margin* de Solvabilité II, est lui égal à 26 millions d'euros (voir *infra* pour le détail du calcul).

Nous émettons également un certain nombre d'hypothèses simplificatrices :

- La même allocation de portefeuille est gardée tout au long de la projection.
- Les provisions de notre passif sous IORP 2 sont composées uniquement par les provisions mathématiques
- Nous supposons qu'il n'y a pas de réassurance

On va pouvoir maintenant définir le niveau de fonds propres, comme défini dans chacune des deux réglementations.

Sous la règlementation Solvabilité II, le niveau de fonds propres est de :

$$FP_{sovabilité\,2} = Actifs - Best\ Estimate - Risk\ margin = 300 - 239{,}4 - 26 = 35{,}6\ millions\ €$$

Sous la norme IORP 2, les fonds propres correspondent à l'actif, diminué de la provision mathématique et des autres provisions règlementaires (qu'on a négligé). Le niveau de fonds propres est de :

$$FP_{IORP\,2} = Actifs - PM = 300 - 267{,}4 = 32{,}6\ millions\ €$$

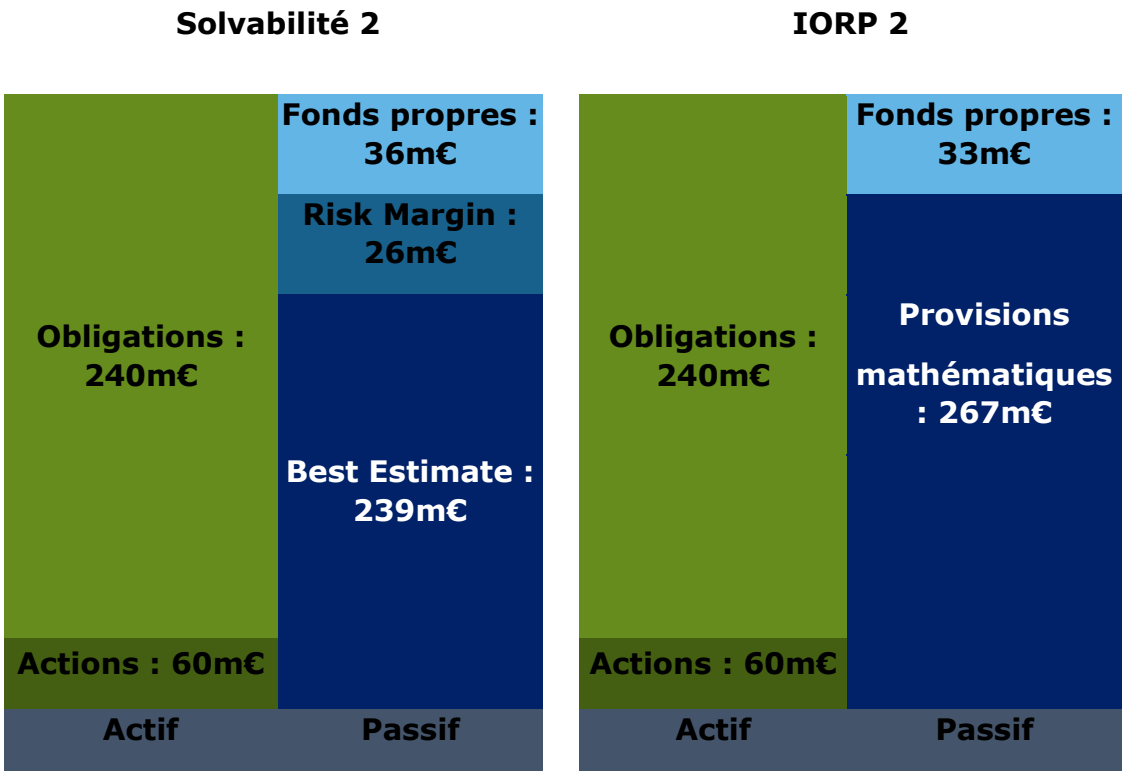


Figure 43 : Bilan prudentiel (Solvabilité II) et bilan comptable (IORP 2)

On retrouve des niveaux de fonds propres assez similaires, sous Solvabilité II et IORP 2.

2) **Calcul de l'exigence en capital sous Solvabilité II**

Pour calculer le Capital de solvabilité Requis (SCR) le directive Solvabilité II se base sur une étude de l'ensemble des risques. Néanmoins, pour donner la possibilité aux petits assureurs d'évaluer leurs risques à un coût raisonnable, l'EIOPA a mis en place une formule standard[59] permettant le calcul de l'exigence en capital sans avoir à créer son propre modèle – qui est plus proche de la réalité dans la mesure où il est calibré sur l'expérience propre de l'assureur.

La formule standard repose sur un ensemble de modules et de sous-module (représentant un risque) à évaluer, que l'on agrège par la suite grâce à des matrices de corrélation.

$$SCR_{module} = \sqrt{\sum_{i,j=1\dots N_{sous-modules}} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j}$$

Le portefeuille étudié portant exclusivement des engagements de retraites, les modules de souscription non-vie et de souscription santé n'interviennent pas dans le calcul.

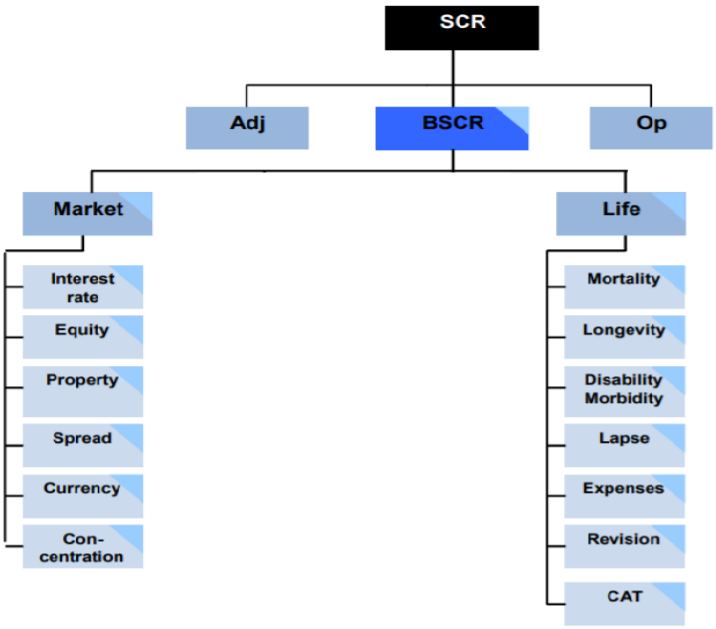


Figure 44 : Arbre de SCR contenant uniquement le risque marché et le risque souscription vie

A. Calcul du module de risque marché

Ce module de risque est composé des sous-modules suivants :

- Mkt_fx : risque de change ;
- Mkt_int : risque de taux d'intérêt ;
- Mkt_conc : risque de concentration ;

[59] EIOPA (2014). *Spécifications techniques de Solvabilité II*

- Mkt_prop : risque immobilier ;
- Mkt_eq : risque d'actions ;
- Mkt_sp : risque de « spread » ou risque de signature.

Classe d'actif	Risque de marché					
	Action	Taux	Spread	Concentration	Immobilier	Change
Obligation		x	x	x		
Actions	x			x		
Immobilier				x	x	

Figure 45 : Tableau de dépendance des risques selon les classes d'actif

Il faut ainsi étudier le portefeuille complet, ligne à ligne et avec précision, pour déterminer le risque de marché.

Le risque de taux d'intérêt

Le risque de taux représente le risque que la courbe des taux chute ou au contraire grimpe. En effet, les fluctuations de la courbe des taux vont avoir une influence à la fois sur l'actif mais aussi sur le passif.

Le niveau des chocs à appliquer est en fonction de la maturité. Dans la présente modélisation, les obligations retenues ont une maturité de 10 ans, dès lors le taux de choc applicable est de 42% dans le cas d'un choc haussier, et -33% dans le cas d'un choc baissier[60].

$$R_{hausse} = R_0 + R_0 \times 0{,}42$$

$$R_{baisse} = R_0 - R_0 \times 0{,}33$$

Ainsi notre actif diminue de :

SCRh = 8,6 millions €

SCRb = 0,9 millions €

En sélectionnant le scénario le plus conservateur (entre la hausse et la baisse), nous obtenons le SCR du sous module *Taux d'intérêt* en m€ :

Mkt_int = 8,6 m€

Le risque d'action

La présence d'actions dans le portefeuille d'actifs nécessite le calcul du SCR du sous module *Equity*, qui couvre le risque d'action, ces instruments financiers ayant une valeur volatile sur le marché boursier.

Une distinction est faite entre les actions émises dans les pays de l'EEE ou l'OCDE (Type 1) et les actions des marchés émergents (Type 2). Le type 2 est également attribué au participations dans les entreprises non cotées[61]. Le choc infligé sera différent selon cette classification.

[60] Les chocs sont explicités dans les spécifications techniques de l'EIOPA ([p.142, SCR.5.4.Mkt_int interest rate risk])

[61] Qu'on appelle *Private Equity* dans le langage financier

	Type 1	Type 2
Baisse de la valeur de marché	46,50%	56,50%[62]

Tableau 10 : Chocs applicables aux actions – Source : Spécifications techniques de l'EIOPA

Il existe une exception qui permet un facteur de dépréciation de seulement -22%, en cas de participations stratégiques ou d'investissements d'actif cantonné à des engagements de retraite dont la duration est supérieure à 12 ans.

Notre portefeuille d'actifs risqués se compose d'actions (selon le référentiel Solvabilité II) de type 1. Ainsi, le SCR du sous-module *Equity* se calcule en appliquant un choc de 46,5% à la valeur de marché des actions en portefeuille.

Pour ce contrat, on obtient (en M€) :

Mkt_eq = 27,9 millions d'euros

Autres risques du module marché

Les autres sous-modules faisant partie du module marché sont les suivants :

Risque immobilier :

Etant donné le contexte dans lequel on se place, le sous module immobilier n'est pas calculé car il n'est pas représenté dans notre classe d'actif.

Risque de change :

Ce risque est lié à la possession par la société d'actifs ou de contrats en monnaie étrangère et résulte des variations des cours des devises. Il n'est pas calculé car les pensions sont versées dans la même monnaie (€).

Risque de Spread :

Il est défini comme le risque que le débiteur n'honore pas ses engagements, en matière de remboursement de ses obligations. Ce risque n'est pas pris en compte car l'obligation représentée dans notre classe d'actif est gouvernementale (OAT) et, dès lors, considérée non risquée.

Risque concentration :

Ce module valorise le risque que le portefeuille d'actifs se concentre sur une société en particulier. Par ailleurs, ce module ne concerne pas les risques de concentration géographique, sectorielle etc. Ce risque concerne les actifs financiers par ailleurs couverts par les risque d'*Equity*, de *Spread* et d'immobilier.

Il est considéré nul puisque l'actif risqué est composé d'indices dont le plus fort poids est inférieur à 3% de l'actif global, ce qui le place en deçà des franchises de concentration selon la notation *(rating)* de l'émetteur :

[62] Les taux précisés dans les spécifications techniques sont de 39% et 49%. Les chiffres indiqués prennent en compte l'ajustement symétrique (*Equity dampener*) à hauteur de 7,5% tel que spécifié dans l'article 106 de la directive 2009/138/EC

- 3% pour les A et plus
- 1,5% pour les BBB et moins

Les obligations étant elles des OAT, donc émises par un émetteur de l'Union Européenne et avec une notation de AA (d'après *Fitch Ratings* et *Standard & Poor's*), ne comportent pas de risque de concentration.

Calcul du SCR marché

Maintenant que l'on a défini tous les sous-modules du SCR marché, on peut – à l'aide de la matrice de corrélation présentée ci-dessous – calculer le SCR du module.

CorrMkt	*Interest*	*Equity*	*Proprety*	*Spread*	*Currency*	*Concentration*
Interest	1					
Equity	A	1				
Proprety	A	0,75	1			
Spread	A	0,75	0,5	1		
Currency	0,25	0,25	0,25	0,25	1	
Concentration	0	0	0	0	0	1

Tableau 11: Matrice de corrélation du module marché

Avec *A=0* lorsque le choc de taux d'intérêt retenu est celui de la hausse, et *A=0,5* dans le cas contraire (baisse).

Ainsi, on retrouve pour le SCR marché :

$$SCR_{marché} = \sqrt{Mkt_int^2 + Mkt_eq^2} = 29{,}2\ millions\ €$$

B. SCR Life

Le risque de souscription que comporte le portefeuille modélisé dans ce mémoire est uniquement celui relatif à l'assurance-vie, en effet, les engagements de retraites sont dans certains cas assimilables à des engagements d'assurance vie.

Dans notre exemple de modélisation, seul le risque de longévité est considéré.

Le risque de longévité $Life_{long}$ correspond à une diminution instantanée et permanente du taux de mortalité de 20%.

On retrouve :

$$SCR_{vie} = Life_{long} = 26 \text{ millions } €$$

C. Calcul du SCR global

BSCR

Avant de calculer le SCR global, nous allons déterminer le BSCR (*Basic Solvency Capital Requirement*), dont le calcul se fait avec la formule :

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

Le BSCR est le capital requis avant tout ajustement. Dans notre cas, il résulte de l'agrégation des modules de risques Market et Souscription (Vie), dont la corrélation est de 0,55.

On obtient en m€ :

$$BSCR = \sqrt{0{,}55 \times SCR_{vie} \times SCR_{marché}} = 20{,}4\ millions\ €$$

SCR opérationnel

Il nous faut également calculer le risque opérationnel, qui couvre les risques relatifs à la gouvernance, et dont le calcul dans la formule standard est forfaitairement calculé à partir de la formule suivante :

$$SCR_{op} = min(0{,}3.BSCR;\ Op) + 0{,}25.Exp_{ul}$$

Avec:

- Le terme Exp_{ul} fait référence aux frais (*Expenses)* dépensés sur les 12 derniers mois, et sera donc nul du fait que nous ne prenons pas en compte les frais dans notre modélisation.
- Le terme Op exprime la charge du business dont le risque est porté par les assurés, et se détermine comme suit :

$$Op = max(Op_{premiums}; Op_{provisions})$$

Où :

$$\begin{aligned} Op_{premiums} = {} & 0.04 \cdot (Earn_{life} - Earn_{life-ul}) + 0.03 \cdot Earn_{nonlife} \\ & + 0.04 \cdot \max\left(0, Earn_{life} - Earn_{life-ul} - 1.2 \cdot (pEarn_{life} - pEarn_{life-ul})\right) \\ & + 0.03 \cdot \max(0, Earn_{nonlife} - 1.2 \cdot pEarn_{nonlife}) \end{aligned}$$

$$Op_{provisions} = 0.0045 \cdot \max(0,\ TP_{life} - TP_{life\text{-}ul}) + 0.03 \cdot \max(0, TP_{non\text{-}life})$$

Etant donné le manque de données nécessaires pour faire le calcul du terme Op, nous allons supposer que ce terme est supérieur à 30% du BSCR, pour simplifier le calcul du SCR opérationnel.

Ainsi, en m€ :

$$SCR_{op} = 0{,}3 \times BSCR = 6{,}1\ millions\ €$$

SCR global

Enfin, le SCR global est la somme de trois éléments :

$$SCR = BSCR + SCR_{op} - max\ (0,\ Adj)$$

Le facteur Adj est l'ajustement du BSCR dû à l'absorption des pertes, qui peut se produire grâce à la participation aux bénéfices ou aux impôts différés. Il peut être vu comme un indicateur de la capacité du contrat à absorber lui-même des

pertes sans recours aux fonds propres. Dans un souci de simplification, nous allons considérer que : *max (0, Adj) = 0.*

On obtient ainsi, en m€, le SCR global du contrat modélisé :

$$\boldsymbol{SCR = 26,6\ millions}\ €$$

3) **Evolution de l'exigence en capital sous Solvabilité II**

Pour les besoins de notre comparaison, nous aurons besoin de projeter l'évolution du SCR sur le temps pour le contrat d'assurance modélisé, jusqu'à extinction de celui-ci.

Pour cela, nous allons utiliser une démarche proposée par l'EIOPA[63] et qui consiste en l'approximation du SCR globale pour chaque année, en supposant que celui-ci est proportionnel aux Best Estimate projeté chaque année.

Ainsi, on a :

$$SCR_i = SCR_0 \times (BE_i / BE_0)$$

Avec :

SCR_i : SCR attendu pour l'année i

SCR_0 : SCR réel à aujourd'hui

BE_i : Best Estimate attendu pour l'année i

BE_0 : Best Estimate à aujourd'hui

Ainsi, on retrouve les SCR pour les prochaines années, comme illustré sur la figure ci-dessous.

[63] Voir [14,EIOPA (2013)], p.87

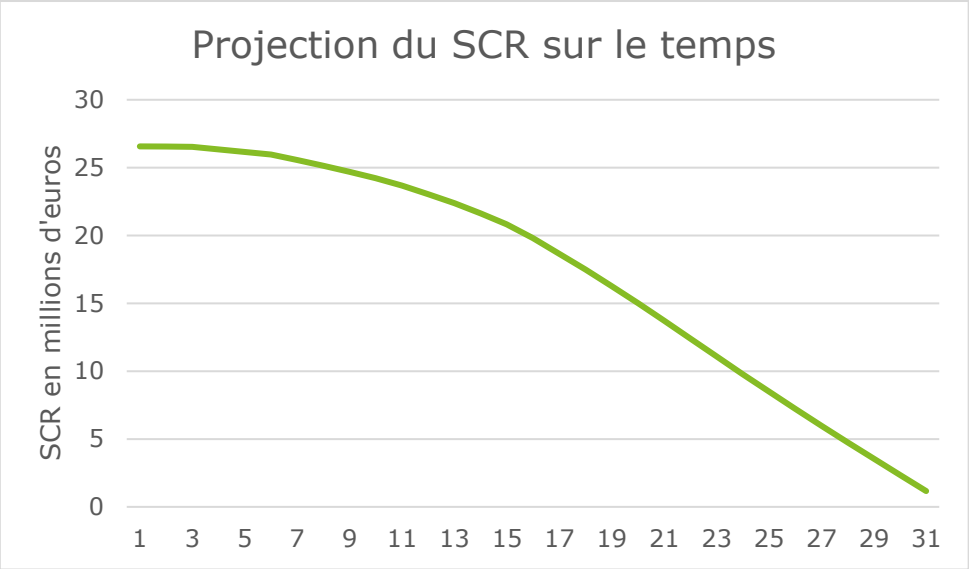


Figure 46 : Projection du SCR sur l'horizon temporel

On peut également déterminer la valeur du SCR à aujourd'hui, c'est-à-dire, le SCR actualisé :

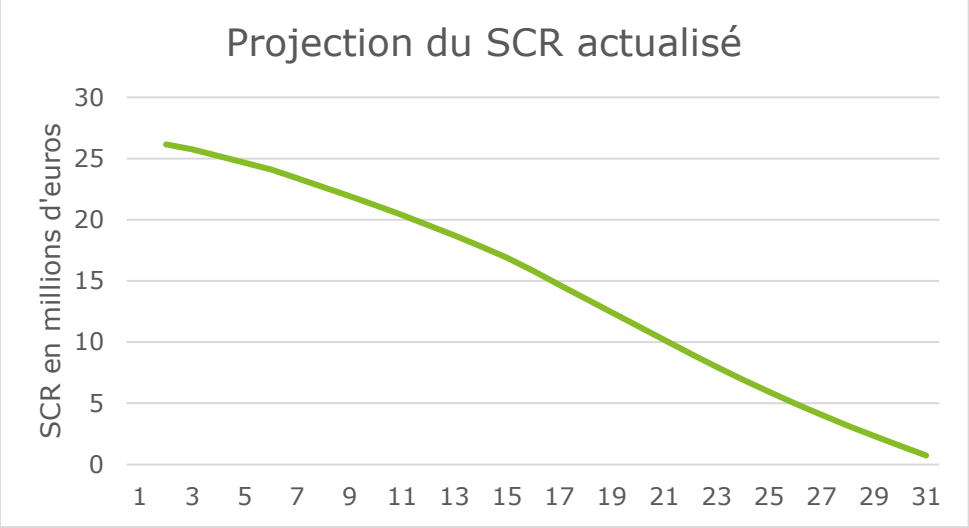


Figure 47 : Projection du SCR actualisé sur l'horizon temporel

Avec cette approximation du SCR pour les années futures, nous allons pouvoir calcul le *Risk Margin* (voir Chapitre 2) qui s'exprime comme étant le cout du capital à mobiliser pour exercer l'activité d'assureur du contrat modélisé en particulier.

D'après les spécifications techniques de l'EIOPA, le *Risk margin* de l'ensemble du portefeuille est égal à :

$$RM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r(t+1))^{t+1}}$$

Avec :

- CoC : Coût de mobilisation des fonds propres (*Cost of Capital)*

- SCR_t: Capital de solvabilité requis pour l'année t
- $r(t+1)$: Taux zéro-coupon sans risque de maturité t+1

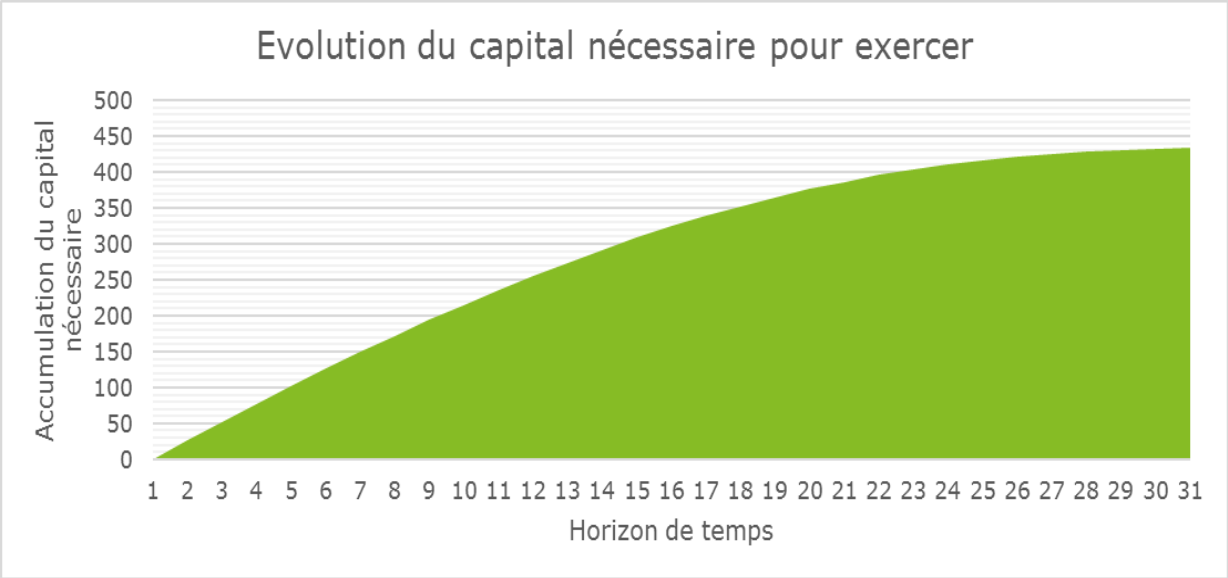


Figure 48 : Accumulation des capitaux requis pour exercer

Le coût de mobilisation des fonds propres est un taux de 6% fixé par l'EIOPA dans les spécifications techniques, et n'ayant pas vocation à varier même en période de taux bas comme celle qu'on a connu ces dernières années.

Ainsi, le *Risk Margin* obtenu est, en m€ :

RM = 6% x 433 = 26 millions €

4) Evaluation de l'exigence de marge de solvabilité sous IORP 2

On se place à présent sous le référentiel IORP 2, régime prudentiel auquel sont soumis les FRPS, comme cela a été vu dans le chapitre 2.

L'exigence en marge de solvabilité (EMS) s'exprime comme un pourcentage forfaitaire des primes perçues pour un contrat donné.

Dans notre exemple, nous avons supposé que les primes étaient de 300 millions d'euros. Ainsi, d'après les spécifications techniques de la directive, l'EMS est égale à :

$$EMS = 4\% \times primes = 12\, millions\ €$$

IV. Effets d'un transfert du contrat vers un Fonds de Retraite Professionnelle Supplémentaire

1) **Capital requis et ratio de solvabilité**

Durant le sous chapitre précédent, nous avons pu calculer les exigences en capital selon les référentiels IORP2 et Solvabilité II pour un même contrat de retraite professionnel supplémentaire à prestations définies, dit « Article 39 ».

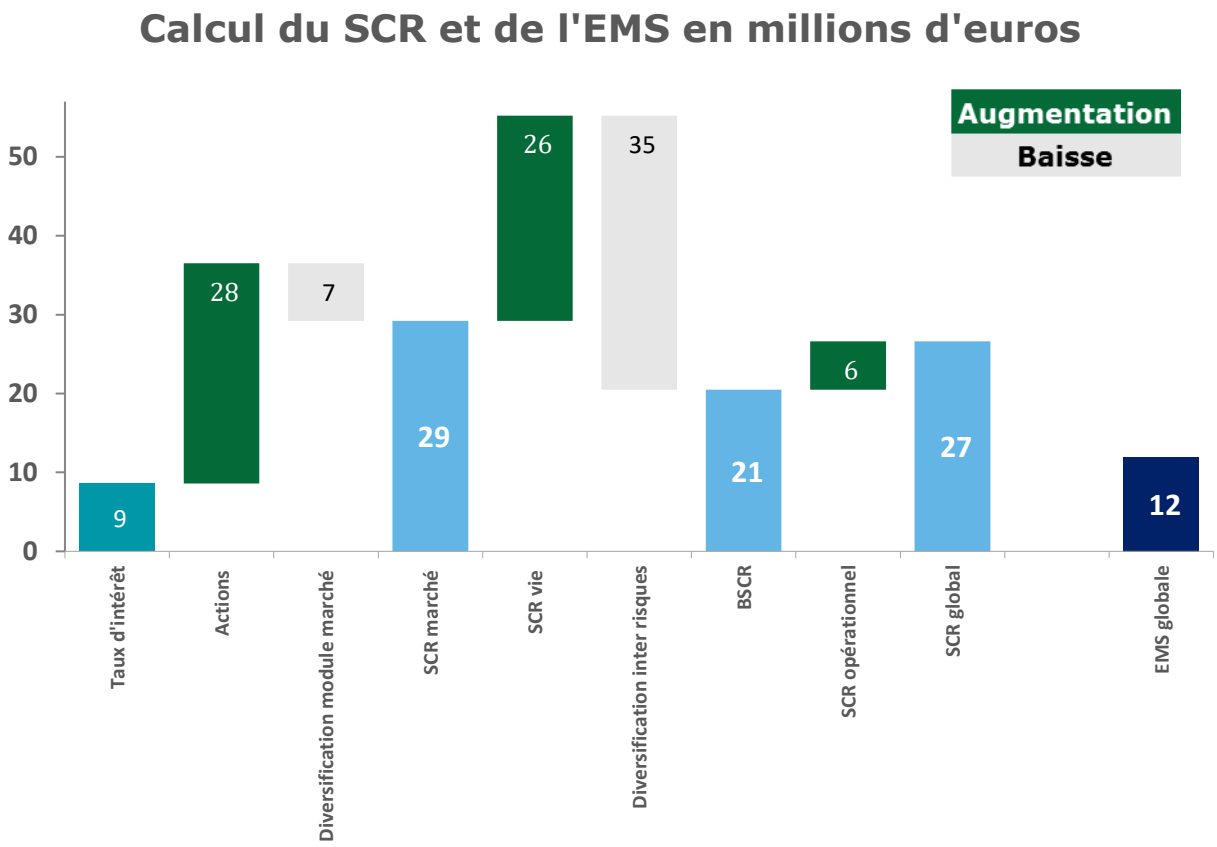


Figure 49 Récapitulatif des exigences en capital

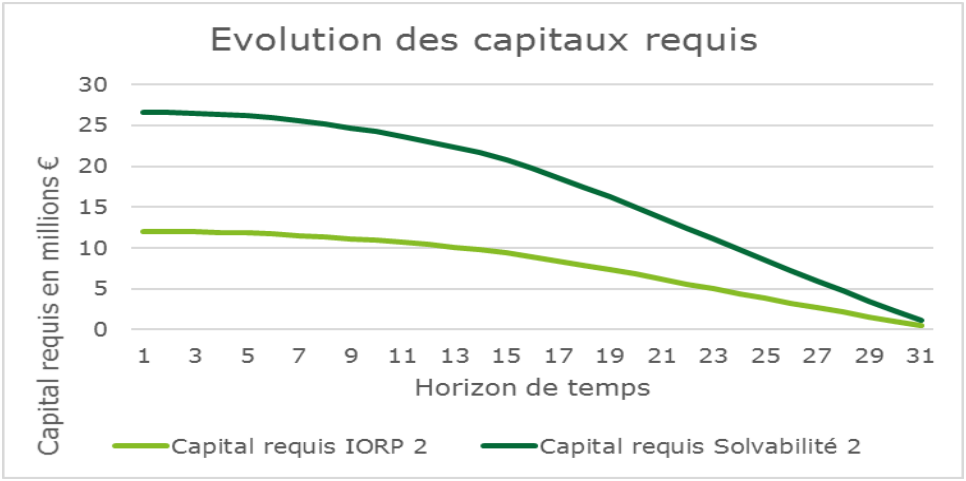


Figure 50 : Evolution dans le temps du capital requis selon IORP 2 et Solvabilité II

Cette différence devrait s'accentuer avec la révision de la formule standard de Solvabilité II qui doit entrer en vigueur en janvier 2019.

En effet, les chocs de taux ont été jugés inadaptés aux risques encourus par l'EIOPA, qui a donc décidé d'amplifier ces chocs, comme illustré sur la figure ci-dessous.

Les effets de ce changement pourraient augmenter fortement le SCR des assurances-vie[64].

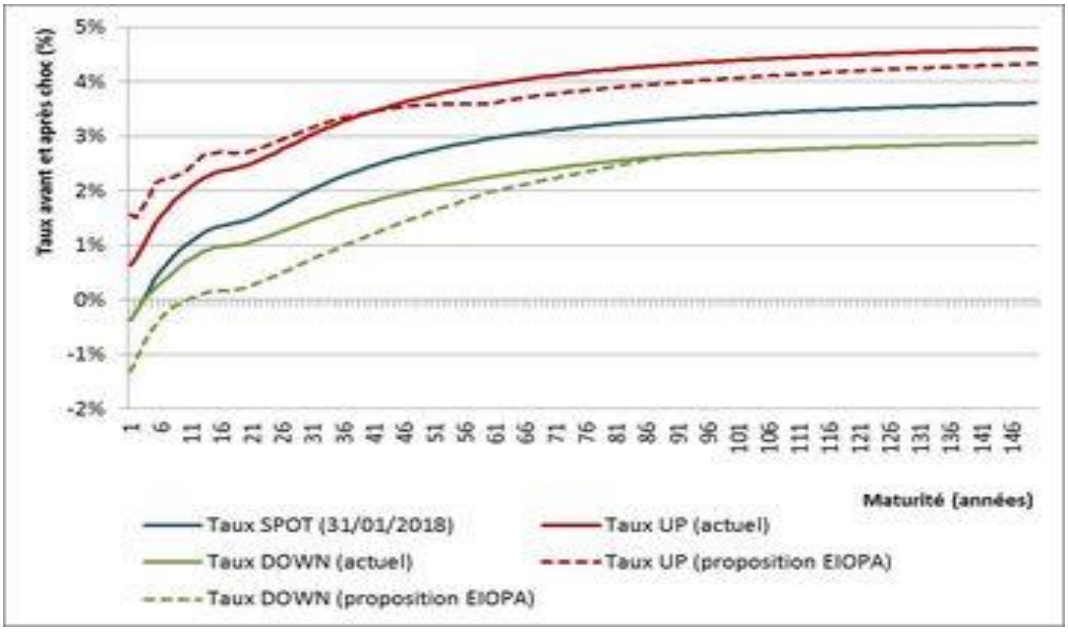


Figure 51 : Révisions de la formule standard et chocs de taux. (CPR AM, 2018. Révision de SII).

Il n'est pas pertinent de baser notre comparaison uniquement sur le niveau de capital exigé, en effet, le régulateur utilise l'indicateur économique du *Ratio de Solvabilité* pour apprécier le niveau de solvabilité d'une structure commercialisant des contrats d'assurance.

Cet indicateur est important dans la mesure où il figure à la fois dans les *reporting* publics que pour le régulateur (l'ACPR), un faible ratio de solvabilité peut non seulement contraindre le régulateur à intervenir dans la gestion, voire à retirer l'autorisation d'exercer, mais aussi donner des signaux négatifs aux consommateurs et aux marchés financiers, ce qui peut porter préjudice à l'activité économique future.

Le ratio de solvabilité s'exprime comme étant :

Ratio de Solvabilité = Fonds Propres / SCR

Avant de comparer le ratio de solvabilité, il faut donc déterminer les fonds propres dans chacun des deux référentiels. En effet, la quantité de fonds propres diffère d'un cas à l'autre, comme nous avons pu le voir dans la section précédente (Chapitre 3 - III).

[64] GALEA (2018), *Revue Solvabilité 2.*

On peut maintenant comparer les Ratio de solvabilité des deux structures, portant le même contrat d'assurance, mais soumises à des régimes prudentiels différents.

	Fonds propres en m€	Capital requis en m€	Ratio de solvabilité
Solvabilité II	35,6	26,6	**134%**
IORP 2	32,6	12	**270%**

Tableau 12 : Comparaison des deux normes

Au vu des résultats obtenus, le ratio de solvabilité sous IORP 2 certes plus élevé que sous Solvabilité II. Néanmoins, cette différence pourrait rapidement baisser avec la hausse des taux d'obligation que les acteurs financiers anticipent en Europe, notamment avec la fin du *Quantitative Easing* de la BCE. Cela permettrait de baissait la valorisation du passif en *Best Estimate,* et ainsi dégager plus de fonds propres et augmenter le ratio de solvabilité.

Par ailleurs, le résultat présenté ci-haut ne prend pas en compte un éventuel capital *add-on* que pourrait exiger l'ACPR par un FRPS, si les stress test démontre une fébrilité au niveau de la couverture des engagements souscrits. Cela pourrait également réduire la différence entre les deux ratios de solvabilité obtenus.

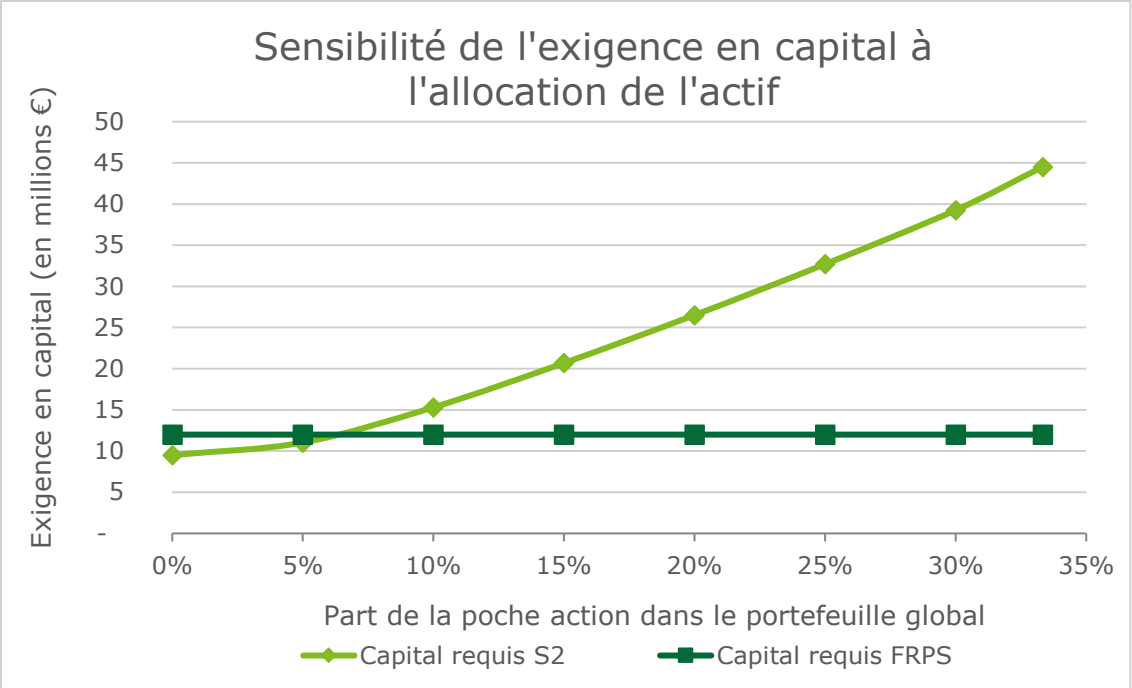
In fine, nous ne pouvons affirmer, à partir des résultats sur les exigences en capital et les ratios de solvabilité, qu'il serait absolument plus avantageux de transférer les engagements de retraite professionnelle vers une structure FRPS.

2) **Sensibilités des résultats à l'allocation de l'actif**

L'objectif de cette sous-section est d'analyser comment le capital requis et l'indicateur de solvabilité d'une compagnie d'assurance varient en fonction de l'allocation d'actif choisie. En particulier, nous étudierons la variation en fonction du poids des actions dans le portefeuille global.

En partant de scénarios arbitraires de part d'actions, nous allons modéliser la variation du capital requis au titre du module marché. Les scénarios envisagés correspondent à une part actions entre 0% et 33%, par pas de 5% jusqu'à 30%, puis 3,33%.

La figure suivante présente l'évolution du capital requis de la compagnie d'assurance soumis à Solvabilité 2, en fonction de la part d'action dans le portefeuille.



Ces résultats montrent que le capital requis augmente très fortement dès lors que la part en action augmente. En effet, l'évolution du SCR est entraînée essentiellement par l'évolution du SCR marché, lui-même fortement impacté par le SCR actions.

Bien que ce résultat aille dans le sens que les FRPS seraient incités à investir leurs actifs en action, on peut également se demander si l'exigence en capital peut décrire de manière fiable les profils de risque propres à ces nouveaux véhicules. En effet, l'investissement en action demeure risqué, et peut engendrer des pertes que ces structures ne pourraient couvrir avec un faible niveau de fonds propres.

3) **Limites de la comparaison**

Le présent mémoire s'établit dans le cadre particulier d'un contrat de retraite d'une entreprise du CAC 40, externalisé auprès d'un assureur. Les conclusions et les résultats issus de cette modélisation ne peuvent donc refléter précisément l'impact qu'aurait le transfert d'engagements de retraite d'une structure assurantiel à une structure FRPS.

En effet, l'étude d'impact chez les assureurs fait l'objet d'études approfondies sur des thèmes plus *business* (Coûts de transferts, compte de résultats, dividendes, etc.), et qui prennent en comptes des particularités, non abordés dans ce mémoire dans un souci de simplicité et d'accès aux données.

Aussi, mon étude serait plus complète si elle pouvait mesurer la sensibilité des résultats de la comparaison par rapport aux conditions économiques et démographiques, pour apprécier l'intérêt de la création des FRPS à la lueur des

évolutions futures qu'on anticipe sur le marché (hausse des taux, baisse de la mortalité, etc.). Il aurait aussi fallu étudier le comportement des deux structures vis-à-vis des impôts. Notamment par son aspect différé qui permet, aux assureurs de sous Solvabilité II, d'absorber certaines de leurs pertes futures et ainsi réduire le capital requis à travers l'évaluation prospective des impôts futurs.

De même, l'évolution des autres réserves comptables (telle que la provision pour risque d'exigibilité ou la provision pour aléa financiers) n'a pas été traitée. L'étude de cette évolution pourrait réconforter sur le choix de création d'un FRPS. Il faut néanmoins avoir en tête que les assureurs portants des engagements de retraite professionnelle supplémentaire offrent des taux techniques assez hauts, qui permettent de respecter la règle imposée en matière de réversion de la participation aux bénéfices.

Par ailleurs, certaines simplifications ont été faites sur la partie modélisation, pour se consacrer sur les problématiques centrales posées par ce mémoire.

La modélisation du passif ne prend pas en compte les frais de gestion du contrat d'assurance étudié. Cette composante, bien qu'importante dans la tarification du contrat, devrait impacter à proportions égales les assureurs et les FRPS.

Sur la modélisation d'actif, les taux utilisés pour le calibrage du modèle de taux courts sont les taux TEC (voir plus haut) et non les taux swap sans risques, comme le préconise l'EIOPA. L'utilisation de ces taux pourrait faire réduire le *Best Estimate*, étant donné que les taux TEC sont encore moins risqués que les taux swap. Il a également été choisi d'utiliser les volatilités historiques pour le modèle de Black et Scholes, au lieu des volatilités implicites, comme le veut la théorie en univers risque neutre. Le calcul des volatilités implicites se déduisent des prix des options financières sur les indices étudiés, qui ne sont pas disponibles dans l'environnement ou s'est déroulé mon stage. Toutefois, cela ne devrait pas générer un impact significatif sur les résultats obtenus.

Enfin, les effets possibles de la multiplication des FRPS sur l'économie française n'ont pas été traités de manière exhaustive. La raison principale étant le manque d'accès aux données financières et économiques nécessaire pour mener une étude complète. Un prolongement du sujet pourrait se faire sur ces questions-là.

Conclusion

Dans le cadre de la création des FRPS avec la loi Sapin 2, ce mémoire s'est intéressé à l'étude d'impact qu'entrainerait le transfert d'engagements de retraite professionnelle d'une structure assurantielle à un FRPS.

Nous avons tout d'abord présenté le système de retraite français, et mis en évidence ses déséquilibres financiers, et ses perspectives, notamment face au « papy-boom » qui se profile. Ce dernier présage une baisse de la profitabilité des régimes obligatoires, ce qui rendrait nécessaire le recours à la retraite complémentaire (professionnelle ou individuelle).

Ensuite, nous avons rappelé le cadre règlementaire de la retraite professionnelle en France et en Europe, en comparant les normes prudentielles applicables aux futurs FRPS avec les normes prudentielles assurantielles, Solvabilité II. Cette analyse a permis d'exposer les enjeux de notre étude, en détaillant les raisons ayant poussé à créer une norme réglementaire distincte pour les activités de retraite professionnelle, IORP 2, et les critiques faites à Solvabilité II pour le cas particulier des engagements de retraite en France.

Après avoir construit notre modèle d'actif (Vasicek et Black & Scholes), nous avons défini les hypothèses actuarielles afin d'évaluer le passif d'un contrat de retraite professionnelle de type « Article 39 », selon les deux environnements Solvabilité II et IORP 2. L'objectif étant de déterminer l'exigence en capital, pour un même niveau d'allocation d'actif, selon les deux normes, en utilisant la formule standard.

Dans ce cas particulier, avec les différentes hypothèses émises tout au long de notre étude, l'exigence en capital est moins forte pour un FRPS par rapport à un assureur. Les FRPS offrent ainsi des avantages pour la gestion de ce type d'engagements.

Tout d'abord, le surplus de fonds propres à immobiliser selon Solvabilité II entraine un coût, coût qui se répercute dans la tarification des produits.

De plus, lorsque les actifs des assureurs sont investis en actions, Solvabilité II peut les contraindre à un changement de l'allocation en cas de survenance de difficultés boursières. En effet, pour avoir un niveau de fonds propres supérieur au SCR et donc continuer à exercer, les assureurs peuvent choisir l'option de réduire leur exposition aux actions, gourmands en fonds propres à mobiliser, en les remplaçant par des obligations souveraines.

Cela aurait deux conséquences :

- baisser le Best Estimate (et donc augmenter les fonds propres), avec la baisse de la volatilité des actifs.
- baisser le SCR, avec la baisse du module risque de marché.

En somme, cela permettrait d'augmenter le ratio de solvabilité. Mais cette sortie de crise signifie la vente des actifs risqués en moins-values, ce qui pénalisera fortement les assurés.

Sous IORP 2, l'assureur ayant une exigence en capital forfaitaire insensible aux mouvements boursiers ne sera pas tenu de vendre ces titres en moins-values, au lieu de cela, il attendra le bon moment pour modifier son allocation d'actifs.

Cette insensibilité de l'exigence en capital sous IORP 2 permettrait également d'orienter les investissements des assureurs vers des titres plus risqués. Ce faisant, l'économie française serait davantage alimentée par l'épargne retraite, tout en accordant de meilleurs rendements pour les épargnants.

Si l'exigence en capital sous FRPS présente l'avantage d'être simple à appréhender et à mettre en œuvre, et que les règles prudentielles se veulent incitatives à l'investissement en actions, plusieurs incertitudes restent à évaluer.

Tout d'abord, les impacts des tests de résistance n'ont pas été évalués. Ils pourraient entrainer d'un éventuel capital *add-on*, baissant l'attractivité de ces nouveaux véhicules en terme d'exigence en capital à mobiliser.

De plus, le cadre d'appétence au risque et les tolérances associées des FRPS resteraient à définir. En effet, l'exigence en capital, qui peut être vue comme un thermomètre au risque, s'avère ne pas être assez fidèle au profil de risque sous FRPS, car elle se base davantage sur une vision rétrospective que prédictive, et ne prends pas en compte de façon explicite les risques, entre autres, financiers et opérationnels.

Par ailleurs, l'actualisation avec le taux technique, souvent quasi nul, qui résulte du cadre FRPS pourrait être moins avantageuse par rapport à l'actualisation au taux de marché prévue dans Solvabilité II, comme nous l'avons montré dans le cadre de notre étude. Cette différence serait d'autant plus grande dans un contexte de hausse future probable des taux directeurs européens.

En somme, bien que les FRPS semblent assouplir les règles prudentielles et offrir un cadre plus attrayant pour les assureurs, plusieurs incertitudes demeurent et semblent expliquer le manque d'engouement à créer des FRPS en France.

Enfin, la précision des résultats pourrait être améliorée en augmentant le nombre de simulations, et en prenant en compte les dispositions particulières en vigueur, notamment la transitoire IORP (« taux » et « provisions ») qui vise à lisser sur 16 ans les hausses de provisions techniques liées au passage de Solvabilité I à Solvabilité II.

Ce mémoire pourrait constituer le point de départ d'une étude plus approfondie sur ces nouveaux véhicules de gestion d'engagement de retraite, en intégrant des problématiques telles que la définition de l'appétence au risque, et l'allocation d'actif optimale sous ce nouveau cadre prudentiel.

Un autre travail, plus complexe, serait de déterminer le coût d'opportunité de passage en FRPS pour un assureur diversifié : les gains potentiels du passage en FRPS sont-ils supérieurs à la perte des effets de mutualisation des risques au passif et de diversification de l'actif favorisés par Solvabilité II ?

Bibliographie

OUVRAGE

BRIGO, D. et MERCURIO, F. (2006). *Interest Rate Models-theory and Practice: With Smile, Inflation and Credit*. Springer

CRIST, W. et LE DUIGOU, J. (2010). *Les fonds de pension : Pour & Contre*. Grasse, Les Échos.

HULL, J. (2007). *Options, futures et autres actifs dérivés*. Pearson

LE CROM, J.P. (2001). *Les assurances sociales dans La Protection sociale sous le régime de Vichy*. Presses universitaires de Rennes.

Martellini, L. et Priaulet, P. (2000). *Produits de taux d'intérêt: Méthodes dynamiques d'évaluation et de couverture*. Economica

PLANCHET, F., THEROND, P. et JACQUEMIN, J. (2005). *Modèles financiers en assurance*. Economica

POLLET , G. et RENARD, D. (1995). *Genèses et usages de l'idée paritaire dans le système de protection sociale français*. Revue française de science politique.

ARTICLES

BLACK F., SCHOLES M. (1973]. *The pricing of options and corporate liabilities*. Journal of Political Economy

Conseil d'orientation des retraites (2016). *Le taux de remplacement du salaire par la retraite diminue au fil des générations*. http://www.cor-retraites.fr/IMG/pdf/doc-3400.pdf

Cox, J. C., Ingersoll, J. E. et Ross, S. A. (1985). *A theory of the term structure of interest rates.* Econometrica

Deloitte (2016). *Les français et la préparation des retraites* https://www2.deloitte.com/fr/fr/pages/services-financier/articles/barometre-retraite-2016.html

TEXTES JURIDIQUES

PARLEMENT EUROPEEN et CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE (2016). Directive (UE) 2016/2341 du 14 décembre 2016 concernant les activités et la surveillance des institutions de retraite professionnelle (IORP 2). OJ L. 354.

PARLEMENT EUROPEEN et CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE (2009). Directive 2009/138/CE du 25 novembre 2009 sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice (solvabilité II). OJ L. 335/1.

PARLEMENT EUROPEEN et CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE (2003). Directive 2003/41/CE du 3 juin 2003 concernant les activités et la surveillance des institutions de retraite professionnelle (IORP 1). OJ L. L 235/10.

REPUBLIQUE FRANÇAISE (2017). Ordonnance n° 2017-484 du 6 avril 2017 relative à la création d'organismes dédiés à l'exercice de l'activité de retraite professionnelle supplémentaire et à l'adaptation des régimes de retraite supplémentaire en unités de rente. JORF n°0083.

MEMOIRES

CHEVALLIER, A. (2017). *La différence de gestion du risque entre un contrat placé sous la réglementation FRPS et son équivalent sous Solvabilité 2*. Mémoire d'actuariat, EURIA

COHEN, E. (2016). *Impact du contexte règlementaire sur le pilotage d'un régime Branche 26*. Mémoire d'actuariat, ENSAE

CONVERSET, G. (2016). *Intérêts de la mise en place des fonds de pensions à la française*. Mémoire d'actuariat, EURIA

COUDERT, M. (2014). *La gestion regroupée de plusieurs fonds de pension européen par un Cross-border IORP*. Mémoire d'actuariat, ISFA

GEMELGO, P. et HOUSSEAU, S. (2014). *L'assurance retraite supplémentaire : de Solvabilité I à Solvabilité II*. Mémoire d'actuariat, CNAM

SURU, A. (2011). *Le rachat : modélisations et préconisations*. Mémoire d'actuariat, Université Paris Dauphine

SITES INTERNET

https://www.lemonde.fr/economie/article/2013/07/26/quand-charles-vi-le-fou-inventait-la-retraite_3454115_3234.html (Le Monde. *Ordonnance du 31 octobre 1784*)

https://www.la-retraite-en-clair.fr/cid3198144/savez-vous-combien-caisses-retraite-existe-france.html (Sondage 2016. *La retraite en claire*)

https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc_id=10671&fg=1 (*Congrès du 23 juin 2017 de l'Institut des Actuaires, FRPS*)

https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc_id=12701&fg=1 (*1er Rendez-vous CAP, 8 mars 2018, Institut des Actuaires, GT FRPS*)

https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc_id=9631&fg=1 (*Conférence 9 mars 2017 avec la participation de l'ACPR, Institut des Actuaires*)

http://www.cor-retraites.fr/IMG/pdf/doc-2126.pdf (*Règlementation relative à l'épargne retraite depuis 2010*)

https://www.lassuranceretraite.fr/cs/Satellite/PUBPrincipales/SalariesPlus55/Comprendre-Retraite55/Regime-General-Salaries55/Presentation-Regime-General55?packedargs=null (*Présentation de la retraite en France*)

https://www.lesechos.fr/15/01/2018/lesechos.fr/0301150662494_la-faillite-du-geant-du-btp-carillion-cree-un-veritable-seisme-au-royaume-uni.htm (Les Echos. *La faillite du géant du btp Carillon crée un véritable seisme au Royaume-Uni*)

https://www.lesechos.fr/finance-marches/banque-assurances/0600059251262-aviva-cree-un-premier-fonds-de-pension-a-la-francaise-2217835.php (Les Echos. *Aviva crée un premier fonds de pension « à la française »)*

http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/fp-isfa.nsf/0/FE8AD6D32B953971C125773300703808/$FILE/GSE_AK_v1.3.pdf?OpenElement (Planchet, F. et Kamega, A. (2012). *Générateurs de scénarios économiques en assurance*)

https://www.banque-france.fr/statistiques/taux-et-cours/les-indices-obligataires (Banque de France. *Les indices obligataires*)

http://www.insee.fr/fr/insee-statistique-publique/colloques/acn/pdf11/texte_gautron.pdf (*Norme IAS 19*)

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-sd2006&page=irweb/sd2006/dd/sd2006_mortalite.htm

(*Table de mortalité INSEE*)

https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/hicp/html/index.fr.html (BCE. *Prévision de l'inflation*)

https://eiopa.europa.eu/regulation-supervision/insurance/solvency-ii/solvency-ii-technical-specifications (EIOPA. *Spécifications techniques de Solvabilité II*)

https://data.oecd.org/fr/pension/actifs-des-fonds-de-pension.htm

(*OCDE Données sur les fonds de pension*)

https://www.cpr-am.fr/particuliers/Common-Content/Actualites/France/2018/Experts/Revision-de-Solvabilite-2-quelques-assouplissements-a-l-actif-mais-un-recalibrage-consequent-du-risque-de-taux-d-interet (CPR AM, 2018. *Révision de Solvabilité 2)*

http://www.galea-associes.eu/2018/06/revue-solvabilite-2-ce-quil-faut-savoir/ (*Revue Solvabilité 2).*

https://www.insee.fr/fr/statistiques/2121591 (INSEE. *Différence d'âge entre conjoints*)

Annexes

Annexe 1 : Démonstration de l'écriture du modèle Black & Scholes.....133
Annexe 2 : La retraite en France.....134
Annexe 3 : Age de départ et durée d'assurance règlementaires.....135
Annexe 4 : Table des figures.....136

ANNEXE 1

Démonstration de l'écriture du modèle Black & Scholes

Dynamique de l'indice action est décrite par l'équation différentielle stochastique vérifiée par (S_t) :

$$\mathrm{d}S_t = \mu . S_t . \mathrm{dt} + \sigma . S_t . \mathrm{dWt}$$

Lemne d'Itô :

Soit B_t un mouvement brownien standard sous la probabilité historique

Soit $(\mathcal{F}_t)_t$ la filtration naturelle des mouvements browniens

Soit $(X_t)_t$ un processus d'Itô ; c'est-à-dire un processus stochastique de la forme : $dX_t = \mu_t\, dt + \sigma_t\, dB_t$ telle que :

- les fonctions μ_t et σ_t soient $\mathcal{F}_t -$ adaptées
- $\int_0^t |\mu_s| ds < \infty$ et $\int_0^t |\sigma_s|^2 ds < \infty\ \mathbb{P} - ps$

Soient U un intervalle ouvert, une fonction $f \epsilon\, C^{1,2}(\mathbb{R}_+, U)$

Alors $df(t, X_t) = \frac{f(t,X_t)}{dt} dt + \frac{df(t,X_t)}{dx} dX_t + \frac{1}{2}\frac{d^2 f(t,X_t)}{dx^2} d < X >_t$

Application à $Y_t = \ln(S_t)$:

$$dY_t = \frac{1}{S_t} dS_t - \frac{1}{2S_t} d < S >_t = \frac{1}{S_t} dS_t - \frac{1}{2{S_t}^2} \sigma^2 {S_t}^2 dt = \frac{1}{S_t} S_t(\mu dt + \sigma dB_t) - \frac{1}{2}\sigma^2 dt = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right) dt + \sigma dB_t$$

D'où, par intégration, $Y_t = Y_0 + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right) t + \sigma B_t$

Par ailleurs, on sait que $Y_t = \ln(S_t)$, donc :

$$S_t = e^{Y_t} = e^{Y_0 + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma B_t} = S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma B_t}$$

en posant $S_0 = e^{Y_0}$

On obtient ainsi une écriture explicite de (S_t) à partir de l'équation différentielle stochastique ci-haut.

On peut également déterminer une écriture (explicite) de l'indice boursier en t+dt en fonction de l'indice en t :

$$S_{t+dt} = S_0 \cdot e^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot(t+dt)+\sigma\cdot W_{t+dt}} \quad \mathbb{P}-p.s.$$

$$S_{t+dt} \quad = S_0 \cdot e^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot(t+dt)+\sigma\cdot(W_{t+dt}-W_t+W_t)}$$

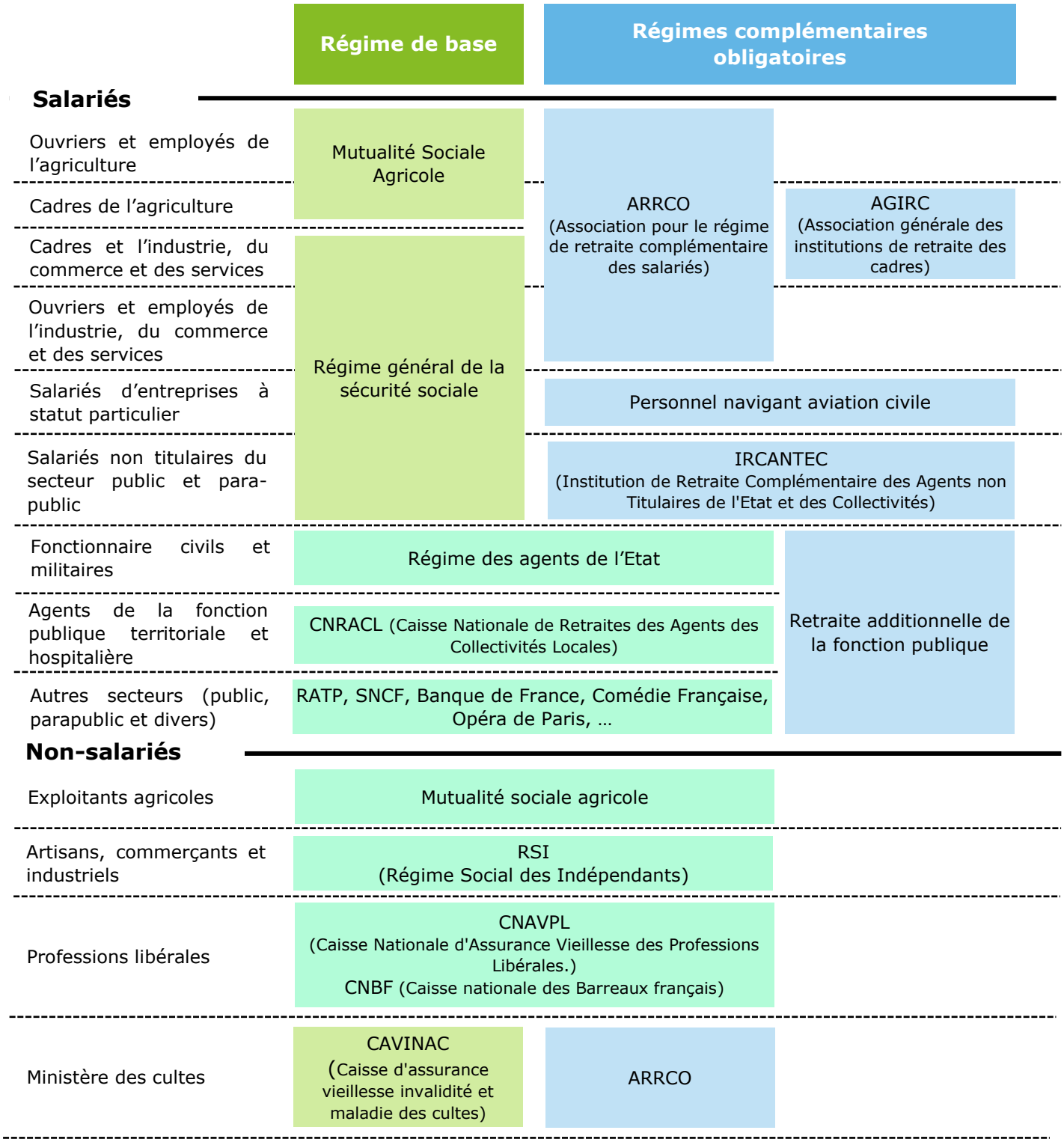
$$S_{t+dt} = S_0 \cdot e^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot t+\sigma\cdot W_t} \cdot e^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot dt+\sigma\cdot(W_{t+dt}-W_t)}$$

$$\boxed{S_{t+dt} = S_t \cdot e^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)\cdot dt+\sigma\cdot(W_{t+dt}-W_t)}}$$

$$S^i_{t_n} = S^i_{t_{n-1}} \exp\left(\left(r^{f,i}_{t_{n-1}\to t_n} - \frac{\sigma^2}{2}\right)(t_n - t_{n-1}) + \sigma\left(W^i_{t_n} - W^i_{t_{n-1}}\right)\right)$$

ANNEXE 2

La retraite en France



ANNEXE 3

Age de départ et durée d'assurance règlementaires

Date de naissance de l'assuré	Age pour l'obtention du taux plein automatique
Avant le 1er juillet 1951	65 ans
Du 1er juillet 1951 au 31 décembre 1951	65 ans et 4 mois
1952	65 ans et 9 mois
1953	66 ans et 2 mois
1954	66 ans et 7 mois
à compter du 1er janvier 1955	67 ans

Dates de naissance de l'assuré	Durée d'assurance requise pour le taux plein
entre le 1er janvier 1958 et le 31 décembre 1960	167 trimestres
entre le 1er janvier 1961 et le 31 décembre 1963	168 trimestres
entre le 1er janvier 1964 et le 31 décembre 1966	169 trimestres
entre le 1er janvier 1967 et le 31 décembre 1969	170 trimestres
entre le 1er janvier 1970 et le 31 décembre 1972	171 trimestres
A partir du 1er janvier 1973	172 trimestres

ANNEXE 4

Tables des figures

Figure 1 : Retraite en France Retraite obligatoire (Retraite de base SS, Retraite complémentaire : AGIRC ARRCO), Retraite supplémentaire d'entreprise, Retraite supplémentaire individuelle, ... 27
Figure 2 : Evolution du PASS entre 1985 et 2017 29
Figure 3 : Tranches de cotisations pour les cadres et non cadres 31
Figure 4 : Evolution de la valeur d'achat de point entre 1998 et 2018 31
Figure 5 : Evolution de la valeur de service de point entre 1998 et 2018 32
Figure 6 : Taux de remplacement par tranche de salaire (COR, 2016, Le taux de remplacement du salaire par la retraite diminue au fil des générations) 33
Figure 7 : Taux de remplacement médian par génération pour les retraités à carrière complète (Drees, 2017, https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/fiche7-9.pdf) 34
Figure 8 : Projection du TRI par génération. (INSEE) 34
Figure 9 : Evolution de la répartition de la population par tranches d'âges (INSEE) 35
Figure 10 : DREES, les retraités et les retraites, édition 2017, chiffres à fin décembre 2015. 36
Figure 11 : Calendrier de l'entrée en application de Solvabilité II..... 43
Figure 12 : Les trois piliers de Solvabilité II 44
Figure 13 : La structure du bilan, selon les règles de Solvabilité II..... 47
Figure 14 : Bilan prudentiel 48
Figure 15 : Différentes étapes pour le calcul du SCR 49
Figure 16 : Modules et sous-modules pour le calcul du SCR 50
Figure 17 : Taux de référence Euribor 7 et 8 mois. Source des données : http://www.euribor-ebf.eu au 30 juillet 2018...... 63
Figure 18 : Evolution du taux court de 2005 à 2018 67
Figure 19 : Spread entre le taux actuariel et le taux zéro coupon 69
Figure 20 : Taux zéro coupon de différentes maturités au 30.06.18 70
Figure 21 : Calibrage du modèle de Vasicek avec les prix observés sur le marché 72
Figure 22 : Exemples de trajectoire du taux court 73
Figure 23 : Rendement annuel moyen de l'actif obligataire 74
Figure 24 : Historique du cours des actions du panier d'actifs 75
Figure 25 : Rentabilités journalière avant retraitement..... 78
Figure 26 : Rentabilités journalière après retraitement..... 79
Figure 27: Projection des cours boursiers sur les cinq premières années 82
Figure 28 : Evolution de l'actif risqué avec le modèle Black & Scholes 83
Figure 29: Rendements annuels globaux de l'actif sur les 30 premières années 84
Figure 30 : Box plot des âges de la population 86
Figure 31 : Histogramme du salaire annuel de la population 86
Figure 32 : Histogramme de l'ancienneté groupe de la population 87
Figure 33 : Récapitulatif des hypothèses 92
Figure 34 : Evolution du salaire d'un individu et évolution du PASS..... 94

Figure 35 : 25 meilleurs salaires (plafonnés au PASS) et montant de la rente .. 95
Figure 36 : Nombres de points AGIRC et ARRCO accumulés durant la carrière . 96
Figure 37 : VAPF pour chacun des individus du portefeuille.....101
Figure 38 : Exemples de scénarios du déflateur et comportement moyen 102
Figure 39 : Echéancier actualisés selon différents exemples de scénarii.....103
Figure 40 : VAPF globale pour chaque scénario simulé 103
Figure 41 : Convergence du Best Estimate 104
Figure 42 : Echéancier du plan.....105
Figure 43 : Bilan prudentiel (Solvabilité II) et bilan comptable (IORP 2) 106
Figure 44 : Arbre de SCR contenant uniquement le risque marché et le risque souscription vie.....107
Figure 45 : Tableau de dépendance des risques selon les classes d'actif.....108
Figure 46 : Projection du SCR sur l'horizon temporel.....113
Figure 47 : Projection du SCR actualisé sur l'horizon temporel 113
Figure 48 : Accumulation des capitaux requis pour exercer.....114
Figure 49 Récapitulatif des exigences en capital 115
Figure 50 : Evolution dans le temps du capital requis selon IORP 2 et Solvabilité II 115
Figure 51 : Révisions de la formule standard et chocs de taux. (CPR AM, 2018. Révision de SII). 116

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparaison des systèmes Beveridgien et Bismarckien..... 23
Tableau 2 : Taux de cotisation à la retraite de base 28
Tableau 3 : Composition du portefeuille d'actions 79
Tableau 4 : Matrice de corrélation 80
Tableau 5 : Composition globale du portefeuille 83
Tableau 6 : Statistiques descriptives..... 85
Tableau 7 : Table de Turnover de l'entreprise étudiée 89
Tableau 8 : Récapitulatif des pensions légales de retraite obligatoire. 97
Tableau 9 : Calcul de la VAPF d'un individu.....100
Tableau 10 : Chocs applicables aux actions – Source : Spécifications techniques de l'EIOPA 109
Tableau 11: Matrice de corrélation du module marché 110
Tableau 12 : Comparaison des deux normes.....117